รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) ในอาหารไก่กระทง ที่มีต่อการเติบโต ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อ

(Effects of Crude Turmeric Extract (*Curcuma longa* Linn) Supplemented in Broiler Rations on Growth Performance, Carcass Characteristics and Meat Quality)

โดย

ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ (Chaiyawan Wattanachant)

สุธา วัฒนสิทธิ์ (Sutha Wattanasit)

อรุณพร อิฐรัตน์ (Arunporn Itharat)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

พ.ศ. 2553

ชื่องานวิจัย ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) ในอาหารไก่กระทง ที่มีต่อการเติบโตและลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ

ผู้วิจัย ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ สุธา วัฒนสิทธิ์ และอรุณพร อิฐรัตน์

บทคัดย่อ

ศึกษาเทคนิคการเตรียมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) เพื่อผสมในอาหารไก่กระทง และการหาระดับการใช้ที่เหมาะสมในอาหารสำหรับการผลิตไก่กระทง โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 การทดลอง สำหรับการทดลองการสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ และหาเทคนิคการผสมที่เหมาะสมโดยใช้สารยึดเกาะ (สารอวิเซล, โพลี-ไวนิลไพโรลิดีน และสารโซเดียมอะจิเนต) และสารเจือจาง (ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง รำละเอียด และแล็กโทส) เพื่อนำไปผสมในอาหารไก่กระทง โดยพิจารณาลักษณะทางกายภาพ ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และขนาดอนุภาคที่เหมาะสม พบว่า การสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันโดยการใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ได้ปริมาณสารสกัดหยาบ เท่ากับ 25.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักขมิ้นชันผง หรือคิดเป็น 8.35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักขมิ้นชันสด ซึ่งสารสกัดหยาบนี้มีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ เท่ากับ 26.66 เปอร์เซ็นต์ และความสามารถต้านอนุมูลอิสระมีค่า EC_{50} เท่ากับ 6.98 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากการผสมสารสกัดหยาบกับสารยึดเกาะและสารเจือจาง พบว่า สารผสมที่ใช้แล็กโทส และใช้โซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีความเหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เพราะสารผสมมีลักษณะแห้ง และผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีที่สุด รวมทั้งยังมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ (29.86 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าเมื่อเทียบกับสารผสมชนิดอื่นๆ สำหรับขนาดของอนุภาคที่เหมาะสม พบว่า เมื่อนำสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และผ่านแร่งเบอร์ 14 มีความสามารถในการไหลดีกว่า (θ = 28.81 องศา) และมีความกร่อนต่ำที่สุด (1.97%) นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระมีค่า EC_{50} เท่ากับ 10.94 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เท่ากับ 90.92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีปริมาณโปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม เถ้า และไนไตรเจน- ฟรีเอ็กซ์แทรก เท่ากับ 0.38, 5.57, 1.57, 0.40 และ 92.09 เปอร์เซ็นต์บนฐานของวัตถุแห้ง ตามลำดับ

ศึกษาค่าความคงตัวของสี สารเคอร์คูมินอยด์ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางในสภาวะต่างๆ ได้แก่ แสง ความร้อน (อุณหภูมิห้อง, 45, 55, 65 และ 85 องศาเซลเซียส) และความเป็นกรด-ด่าง (4, 7 และ 10) โดยทำการทดสอบในระยะเวลาการเก็บ 7 วัน และศึกษาความคงตัวในสภาวะเร่งเป็นเวลา 4 เดือน โดยทดสอบค่าสี ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน พบว่าแสงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของ

สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง แต่ทำให้ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ ลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้ หลังจากเก็บรักษาไว้นาน 7 วัน พบว่าสีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางเปลี่ยนเป็นสีเหลืองออกน้ำตาล (ค่า L* และ b* ลดลง) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ การเก็บสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางภายใต้อุณหภูมิสูง (65 และ 80 องศาเซลเซียส) มีผลทำให้สีออกน้ำตาล (ค่า L*, a* และ b* ลดลง) และปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ลดลง แต่ความร้อนไม่มีผลต่อความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บมีแนวโน้มทำให้สีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางเปลี่ยนเป็นสีออกน้ำตาล ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระลดลง โดยเห็นผลชัดในกลุ่มที่เก็บไว้ในอุณหภูมิสูง ขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีความคงตัวของสี ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในสภาวะเป็นกรด รองลงมา คือ สภาวะเป็นกลาง และเป็นด่าง ตามลำดับ สำหรับความคงตัวในสภาวะเร่ง พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีความคงตัวในสภาวะเร่งมากกว่าขมิ้นชันผง แต่ความคงตัวของสารเคอร์คูมินอยด์ในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันยังไม่ชัดจน ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณความชื้น สำหรับความคงตัวในสภาวะเร่งของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางในสภาวะเร่ง พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่าขมิ้นชันผง แต่ต่ำกว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน

เมื่อศึกษาถึงระดับของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เหมาะสมสำหรับผสมในอาหารต่อสมรรถภาพเจริญเติบโต ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของไก่กระทง โดยนำไก่กระทงพันธุ์ฮับบาร์ดเพศผู้อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 120 ตัว สุ่มไก่เข้าทดลองตามแผนทดลองแบบสุ่มตลอด แบ่งไก่ทดลองเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ซ้ำ ให้ได้รับอาหารที่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ในอาหารสูตรควบคุม ทั้งนี้ไก่ทดลองได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ (*ad libitum*) เลี้ยงจนอายุครบ 6 สัปดาห์ จึงนำไปฆ่าเพื่อศึกษาซาก ทั้งนี้ผลการศึกษา พบว่าการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมในอาหารใช้เลี้ยงไก่กระทงในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการตายของไก่อายุ 6 สัปดาห์ ($P>0.05$) ในส่วนของค่าทางโลหิตวิทยา พบว่า ไม่มีผลต่อค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น จำนวนเม็ดเลือดขาว ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ($P>0.05$) แต่ทำให้ค่า TBAR ของเลือดลดลง ($P<0.05$) ในแง่ของลักษณะซาก พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักซาก และองค์ประกอบซากส่วนอื่นๆ แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไขมันในช่องท้องสูงขึ้น ($P<0.05$) การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ความสามารถในการ-อุ้มน้ำของเนื้อ ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ ปริมาณโภชนะในเนื้อ และระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่กระทง ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.08 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้สีหนังบริเวณหน้าอกมีค่าสี คือค่า b* สูงขึ้น ($P<0.05$) และทำให้ค่า b* ของไขมันช่องท้องลดลง ($P<0.05$) นอกจากนี้การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.6 และ 0.8

เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่า TBAR ของเนื้อไก่ลดลง ($P<0.05$) มากกว่าไก่ทดลองกลุ่มอื่นๆ แสดงว่าการเสริมสารสกัดจากขมิ้นชันออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทำให้เนื้อไก่มีสารที่เป็นอนุมูลอิสระน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อทำการศึกษาซ้ำถึงผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปสารผสมที่มีต่อสมรรถภาพเจริญเติบโต ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของไก่กระทง โดยนำไก่กระทงพันธุ์สับบาร์ด เพศผู้ จำนวน 100 ตัว มาสุ่มเข้าทดลองตามแผนทดลองแบบสุ่มตลอด แบ่งไก่ทดลองเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 5 ซ้ำ ให้ได้รับอาหารที่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ในอาหารสูตรควบคุม โดยไก่ทุกตัวได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ (*ad libitum*) เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการใช้อาหารของไก่ทดลอง ($P>0.05$) และไม่มีผลทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักซาก และองค์ประกอบซากส่วนอื่นๆ มีค่าแตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้นไขมันในช่องท้องซึ่งมีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้นเมื่อปริมาณสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีทำให้เนื้อส่วนอกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ค่าแรงตัดผ่าน และคุณค่าทางโภชนะ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่การเสริมสารผสมมีผลทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลที่สะสมในเนื้อ และค่า TBAR ของเนื้อลดลง ($P<0.05$) ทั้งนี้ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้หนังบริเวณหน้าอกมีสีเหลืองขึ้น ($P<0.05$) รวมทั้งการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันทุกระดับยังมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มสูงขึ้น

Research Title Effects of Crude Turmeric Extract (*Curcuma longa* Linn.) Supplemented in Broiler Rations on Growth Performance, Carcass Characteristics and Meat Quality

Author Chaiyawan Wattanachant, Sutha Wattanasit and Arunporn Itharat

ABSTRACT

Preparation technique for extracting crude turmeric (*Curcuma longa* Linn.) for mixing in broiler feed as well as the suitable level of crude turmeric extract in feed for broiler production were studied. The study was divided into 4 experiments. In the first experiment, turmeric was extracted with 95% ethanol and a suitable mixing technique with different binders (avicel, polyvinylpyrrolidine and sodium alginate) and diluents (corn meal, soy bean meal, rice bran and lactose) for broiler ration was obtained. Particle size, physical characteristics, curcumimnoids content, antioxidant activity, and chemical composition of turmeric extract diluent were determined. From the study, it was found that the turmeric extract contained 25.50% of dry weight or 8.35% of fresh turmeric weight. Turmeric extract also contained 26.66% of curcuminoid, and antioxidant activity showed 6.98 μg/ml of EC_{50}. For mixture of turmeric extract with binder and diluent, it was indicated that turmeric extract with lactose and 5% sodium alginate resulted in the best mixture because of a higher curcuminoids content (29.86%) and good homogeneity with the diluent. From the study, an antioxidative value (EC_{50}) of the mixture was 10.94 μg/ml. Suitable particle size was found after the mixture was heated to 55^{0}C and passed through a No. 14 sieve. This was due to the best flowability (θ = 28.81) and the lowest friability (1.97%). The percentage of dry matter content of turmeric extract with diluent was 90.92 while the crude protein, crude fat, crude fiber, ash, and NFE were 0.38, 5.57, 1.57, 0.40, and 92.09% DM, respectively.

Effects of light, heat (room temperature, 45, 55, 65, and 80^{0}C), and pH (4, 7, and 10) on the stability of color, curcuminoids content, and antioxidant activity of the turmeric extract with diluent during 7 days of storage were determined. In addition, stability of the turmeric extract with diluent at accelerated temperature (45^{0}C) during 4 mouths of storage was also obtained. The results showed that daylight had no effect on color and radical scavenging activity of the turmeric extract with diluent while the curcuminoids content was slightly reduced. After storage for 7 days, the color of the turmeric extract with diluent was yellow-brown (L* and b* were reduced) but there was no effect either on curcuminoids content or radical scavenging activity. At high temperature (65^0 and 80^{0}C), the color of the turmeric extract with diluent was brown (L*, a* and b* were reduced) and the curcuminoids content of the turmeric

extract with diluent was reduced. Nevertheless, there was no effect on radical scavenging activity. The color tended to be brown, and curcuminoids content and radical scavenging activity of the turmeric extract with diluent tended to be reduced when storage time and temperature increased. Under acidic conditions, it was found that color, curcuminoid contents, and radical scavenging activity of the turmeric extract with diluent were more stable than those kept under either alkaline or neutral conditions. Under accelerated temperature conditions, the content of curcuminoids in the turmeric extract with diluent performed more stably than the curcuminoids content in turmeric powder. However, the stability of curcuminoids in the turmeric extract was unclear due to the influence of moisture content. The stability of antioxidant activity of the turmeric extract with diluent was more stable than the powder form but less than the turmeric extract.

Suitable levels of crude turmeric extract (*Curcuma longa* Linn.) supplementation on broiler feed on growth performance, hematology, carcass characteristics, and meat quality of the broilers were determined. One hundred twenty 3-week-old male Hubbard were randomly allotted into a completely randomized 5-group whereas each group consisted of six replications with 4-broilers per replication. Chickens were fed with concentrate diet containing 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, and 0.8% of turmeric extract (*ad libitum*) at the age of 3 to 6 weeks old. Broilers were slaughtered for carcass measurement at the age of 6 weeks old. From this study all crude turmeric extract supplementations resulted in no significant differences in body weight gain, feed intake, feed conversion ratio or mortality rate of 6-week-old broilers ($P>0.05$). With regard to hematology, the crude turmeric extract supplementation resulted in no significant differences in PCV, WBC, or cholesterol in blood ($P>0.05$). The turmeric extract supplementation at 0.4, 0.6, and 0.8% reduced the TBAR in blood samples ($P<0.05$). All crude turmeric extract supplementations resulted in no significant differences in carcass weight or carcass composition of the broiler. However, broilers fed a diet with 0.4, 0.6, and 0.8% of crude turmeric extract exhibited significantly higher abdominal fat than other groups ($P<0.05$). Meat from broilers that were given crude turmeric extract supplementation did not show any significant differences in pH, water holding capacity, shear force value, proximate composition, or cholesterol content ($P>0.05$). Broilers fed a diet with 0.8% of turmeric extract saw an increased b*value of the breast skin over other groups ($P<0.05$). However, the b*value of abdominal fat of the broilers fed a diet with 0.8% was markedly lower than the others ($P<0.05$). Broilers fed a diet with 0.6 and 0.8% of turmeric extract showed lower TBAR value in meat than those fed with 0, 0.2 and 0.4% ($P<0.05$). The results show that the turmeric extract can significantly reduce free radicals in the meat of broiler chickens ($P<0.05$).

Moreover, the effects of crude turmeric extract (*Curcuma longa* Linn.) supplementations on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of broiler chicken were restudied. One

hundred 1-day-old male Hubbard were randomly allotted into a completely randomized 5-group consisting of five replications per group. Diet containing 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, and 0.8% of turmeric extract were *ad libitumly* fed to the broilers from the first day of age until the age of six weeks. At the end of the experimental period, broilers were sacrificed for carcass measurement and meat quality study. Results showed that all crude turmeric extract supplementations gave no significant differences in body weight gain, feed intake, or feed conversion ratio of broilers ($P>0.05$). All crude turmeric extract supplementation resulted in no significant differences in carcass weight or carcass composition of the broilers ($P>0.05$). However, increases of crude turmeric extract supplementation significantly increased the abdominal fat percentage of broilers ($P<0.05$). All crude turmeric extract supplementations gave no significant differences in pH, water holding capacity, shear force value or proximate composition of breast meat ($P>0.05$). Nevertheless, the cholesterol and TBAR values increased as the percentage of turmeric extract supplementation increased ($P<0.05$). Increases in the percentage of crude turmeric extract in the diet resulted in increased yellowness of the breast skin ($P<0.05$). In addition, all crude turmeric extract supplementations increased feed cost per body weight gain.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ คณะเภสัชศาสตร์ และสำนักวิจัยและพัฒนา ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ และอุปกรณ์ สำหรับการวิจัย รวมทั้งอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ

ไชยวรรณ วัฒนจันทร์

สุธา วัฒนสิทธ์

อรุณพร อิฐรัตน์

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		ค
Abstract		ฉ
กิตติกรรมประกาศ		ฌ
สารบัญ		ญ
รายการตาราง		ฐ
รายการภาพ		ฒ
รายการตารางผนวก		ต
รายการภาพผนวก		ท
บทที่		
1	บทนำ	1
	บทนำต้นเรื่อง	1
	วัตถุประสงค์	3
2	ตรวจเอกสาร	4
	การใช้สมุนไพรเพื่อการผลิตสัตว์	4
	สารต้านออกซิเดชัน (antioxidation)	4
	ขมิ้นชัน (turmeric)	6
	คุณภาพเนื้อ (meat quality)	12
3	**การทดลองที่ 1 การสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และการหาเทคนิคเพื่อผสมในอาหารไก่กระทง**	14
	บทนำ	14
	วัตถุประสงค์	14
	วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	14
	ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	19
	สรุป	33
4	**การทดลองที่ 2 การศึกษาความคงตัวของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง**	34
	บทนำ	34

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	วัตถุประสงค์	34
	วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	34
	ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	35
	สรุป	66
5	**การทดลองที่ 3 การหาสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เหมาะสมสำหรับผสมในอาหารไก่กระทง**	**68**
	บทนำ	68
	วัตถุประสงค์	68
	วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	68
	ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	80
	สรุป	99
6	**การทดลองที่ 4 ผลการใช้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อสมรรถภาพการเติบโตของไก่กระทง**	**101**
	บทนำ	101
	วัตถุประสงค์	101
	วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	102
	ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	105
	สรุป	120
7	**สรุปและข้อเสนอแนะ**	**121**
	สรุป	121
	ข้อเสนอแนะ	122
เอกสารอ้างอิง		**123**
ภาคผนวก		**131**
ภาคผนวกที่		
ก	ภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมและการสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์	132
ข	ตารางแสดงผลการทดลองของการทดลองที่ 2	134

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
ค	ข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 3 และ 4	145
ง	ภาพแสดงการเลี้ยงไก่กระทง	149
จ	ภาพแสดงลักษณะซากและเนื้อหน้าอกของไก่กระทง	150
ฉ	บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์	153

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปอร์เซ็นต์ของขมิ้นชันผงต่อน้ำหนักขมิ้นชันสด เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อน้ำหนักขมิ้นชันผง และเปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อน้ำหนักขมิ้นชันสด	19
2	เปอร์เซ็นต์ของสารเคอร์คูมินอยด์ในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางแบบต่างๆ	28
3	ค่าความสามารถในการไหลและความกร่อนของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสาร เจือจางที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน	30
4	องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง (%ในสภาพแห้งไม่มีความชื้น)	31
5	ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง ขมิ้นชันผง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	32
6	ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง	32
7	ค่าความคงตัวในสภาวะเร่งของปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง	63
8	ค่าความคงตัวในสภาวะเร่งของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยรายงานค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร	65
9	ค่าความคงตัวในสภาวะเร่งของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยรายงานค่า EC_{50} (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	65
10	ส่วนประกอบของอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 3 - 6 สัปดาห์	69
11	การจัดการตัวอย่างเนื้อไก่ที่สุ่มเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้านต่างๆ	76
12	ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจชิม	80
13	องค์ประกอบทางเคมีจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของสูตรอาหารสำหรับไก่กระทงช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์	81
14	ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการใช้อาหาร และอัตราการตายของไก่กระทงอายุ 3-6 สัปดาห์	82

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในอาหารและปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ที่สัตว์ได้รับ	84
16	ต้นทุนค่าอาหารของการเลี้ยงไก่กระทงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ	85
17	ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อค่าทางโลหิตวิทยาของไก่กระทงอายุ 4 และ 6 สัปดาห์	86
18	องค์ประกอบของซากไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ	88
19	ความเป็นกรด-ด่างในเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ	92
20	ค่าสีของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้องของไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ	93
21	ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ	94
22	ค่าแรงตัดผ่านเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ ต่างๆ	95
23	คุณค่าทางโภชนะ (%) ของเนื้อไก่กระทงอายุ 6 สัปดาห์ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ	96
24	ระดับคอเลสเตอรอล และค่า TBARS ในเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ	97
25	ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชันต่อผลการตรวจประเมินลักษณะบางประการของเนื้อไก่สด (n = 12)	98
26	ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชันต่อผลการตรวจชิมเนื้อไก่ที่ต้มสุกแล้ว (n = 12)	99
27	ส่วนประกอบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 1 - 3 สัปดาห์	103
28	การจัดการตัวอย่างเนื้อไก่ที่สุ่มเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้านต่างๆ	104
29	องค์ประกอบทางเคมีจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของสูตรอาหารสำหรับไก่กระทงช่วงอายุ 1 – 3 และ 4 - 6 สัปดาห์	105

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
30	ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม และปริมาณอาหารที่กิน อัตราการใช้อาหาร ของไก่กระทงอายุ 1 - 6 สัปดาห์ (mean±SD)	107
31	ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในอาหารและปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ที่สัตว์ได้รับ (mean±SD)	109
32	องค์ประกอบของซากไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)	110
33	ความเป็นกรด-ด่างในเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ (mean±SD)	112
34	ค่าสีของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้องของไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)	114
35	ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ (mean±SD)	115
36	ค่าแรงตัดผ่านเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ ต่าง ๆ (mean±SD)	116
37	คุณค่าทางโภชนะ (%) ของเนื้อไก่กระทงอายุ 6 สัปดาห์ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ (mean±SD)	117
38	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ปริมาณอาหารที่ไก่กิน และต้นทุนค่าอาหาร (mean±SD)	118

รายการภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของเคอร์คูมินอยด์	7
2	มุมแองเกิ้ลออฟรีโพส	19
3	ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับสารอวิเซลที่ระดับต่างๆ (ก) สารผสมสารอวิเซล 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก2); (ข) สารผสมสารอวิเซล 10 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข 2); (ค) สารผสมสารอวิเซล 20 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ค1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ค2)	21
4	ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับสารพีวีพีที่ระดับต่างๆ (ก) สารผสมสารพีวีพี 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก2); (ข) สารผสมสารพีวีพี 10 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)	22
5	ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับสารโซเดียม อะจิเนต (ก) สารผสมโซเดียม อะจิเนต 2 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก 2); (ข) สารผสมโซเดียม อะจิเนต 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)	23
6	ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกากถั่วเหลืองร่วมกับการใช้ (ก) สารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก 2); (ข) สารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)	25
7	ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับข้าวโพดบดร่วมกับการใช้ (ก) สาร อวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก 2); (ข) สารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)	25
8	ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับรำละเอียดร่วมกับการใช้ (ก) สารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก 2); (ข) สารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)	26

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
9	ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับแล็กโทสร่วมกับการใช้ (ก) สารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก 2); (ข) สารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)	27
10	ลักษณะอนุภาคของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่ใช้ทดสอบความกร่อน และความสามารถในการไหล	29
11	ผลของแสงต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)	37
12	ผลของแสงต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)	38
13	ผลของแสงต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)	39
14	ผลของแสงต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือ-จาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)	41
15	ผลของแสงต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)	43
16	ผลของความร้อนต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)	45
17	ผลของความร้อนต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)	47
18	ผลของความร้อนต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)	49
19	ผลของความร้อนต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)	51
20	ผลของความร้อนต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)	53
21	ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)	55

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	ค่าแรงตัดผ่านเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ ต่างๆ (mean±SD)	57
23	คุณค่าทางโภชนะ (%) ของเนื้อไก่กระทงอายุ 6 สัปดาห์ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)	58
24	ระดับคอเลสเตอรอล และค่า TBARS ในเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)	60
25	ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชันต่อผลการตรวจประเมินลักษณะบางประการของเนื้อไก่สด (mean±SD)	61

รายการตารางผนวก

ตารางที่		หน้า
1	ผลของแสงต่อความคงตัวของสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง	134
2	ผลของแสงต่อความคงตัวของสีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง (mean±SD)	135
3	ผลของแสงต่อความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยรายงานค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	136
4	ผลของความร้อนต่อความคงตัวของค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง	137
5	ผลของความร้อนต่อความคงตัวของค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง	138
6	ผลของความร้อนต่อความคงตัวของค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง	139

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
7	ผลของความร้อนต่อความคงตัวของสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง	140
8	ผลของความร้อนต่อความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยรายงานค่าเป็น เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	141
9	ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความคงตัวของค่าสีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง (mean±SD)	142
10	ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความคงตัวของสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง	143
11	ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยรายงานค่าเป็น เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	144
12	ส่วนประกอบและการเตรียมสารละลายแนตและเฮอริก (Natt and Herrick solution,NH)	145
13	โปรแกรมการทำวัคซีนป้องกันโรคของไก่ทดลอง	145
14	ส่วนประกอบของอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 1 - 3 สัปดาห์	146
15	ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ประกอบสูตรอาหารในการทดลอง	147
16	องค์ประกอบทางเคมีจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของสูตรอาหารสำหรับไก่อายุ 1 - 3 สัปดาห์	147
17	น้ำหนักตัว น้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กระทงอายุ 1 - 3 สัปดาห์ ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม (mean±SD)	148
18	ค่าทางโลหิตวิทยาของไก่กระทงอายุ 2 สัปดาห์ (mean±SD)	148

รายการภาพผนวก

ภาพที่		หน้า
1	ขมิ้นชันก่อนทำความสะอาด (ก) และหลังทำความสะอาด (ข)	132
2	การอบขมิ้นชันที่ถูกหั่นเป็นแผ่นบางที่อุณหภูมิ 55°ซ (ก) และขมิ้นชันที่ผ่านการอบจนแห้ง (ข)	132
3	การบดขมิ้นชันแห้งด้วยเครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (ก) และขมิ้นชันผง (ข)	132
4	การสกัดสารจากขมิ้นชันด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ (ก) และการกรองสารสกัดที่ได้ด้วยกระดาษกรอง (ข)	133
5	การระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบหมุน (rotary evaporator) (ก) และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันหลังการระเหยแห้ง (ข)	133
6	คอกขังรวม (ก) และอุปกรณ์ให้น้ำ และอาหาร (ข) สำหรับไก่ทดลองในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์	149
7	กรงแบบแยกขังเดี่ยว (ก) และอุปกรณ์ให้น้ำ และอาหาร (ข) สำหรับไก่ทดลองช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์	149
8	ไก่ทดลองที่อายุ 4 สัปดาห์ (ก) และ 6 สัปดาห์ (ข) บนกรงแบบแยกขังเดี่ยว	149
9	ลักษณะซากไก่ทดลองกลุ่มควบคุมก่อน (ก) และหลัง (ข) การตัดแต่งซาก	150
10	ลักษณะซากไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 0.2 เปอร์เซ็นต์ก่อน (ก) และหลัง (ข) การตัดแต่งซาก	150
11	ลักษณะซากไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 0.4 เปอร์เซ็นต์ก่อน (ก) และหลัง (ข) การตัดแต่งซาก	151
12	ลักษณะซากไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 0.6 เปอร์เซ็นต์ก่อน (ก) และหลัง (ข) การตัดแต่งซาก	151
13	ลักษณะซากไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 0.8 เปอร์เซ็นต์ก่อน (ก) และหลัง (ข) การตัดแต่งซาก	151
14	เนื้อหน้าอกของไก่ทดลองที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ (ก-จ) ตามลำดับ และเปรียบเทียบเนื้อหน้าอกของไก่แต่ละกลุ่มเรียงจากซ้ายไปขวา (ฉ)	152

บทที่ 1
บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

อุตสาหกรรมการผลิตไก่กระทงนับเป็นอุตสาหกรรมที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2551 กว่าสี่หมื่นล้านบาท (สมาคมผู้ผลิตไก่เพื่อส่งออกไทย, 2552) และเนื่องจากอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ที่เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วในหลายทศวรรษนี้ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีการใช้ยาปฏิชีวนะหรือยาต้านจุลชีพ (antibiotic หรือ antimicrobial drug) เป็นจำนวนมากเพื่อการรักษาและป้องกันโรค รวมทั้งการใช้เพื่อเร่งการเจริญเติบโต (growth promoter) ซึ่งมีรายงานว่าในสหรัฐอเมริกามีการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อเร่งการเจริญเติบโตในการผลิตสัตว์คิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ของการใช้ยาปฏิชีวนะทั้งประเทศ (Lewis, 2006) ในประเทศไทยมีการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อเร่งการเจริญเติบโตมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของการใช้ยาปฏิชีวนะทั้งหมดในการผลิตสัตว์ (สุนีย์ และคณะ, 2548) การใช้ยาปฏิชีวนะในการผลิตสัตว์มีผลเสียในระยะยาว คือ ทำให้เชื้อดื้อยา และส่งผลต่อการตกค้างในเนื้อสัตว์ ซึ่งส่งผลต่อผู้บริโภคโดยตรง Gassner และ Wuethrich (1994) รายงานว่า การตกค้างของยาคลอแรมเฟนนิคอล (chloramphenicol) ในเนื้อเป็นสาเหตุของการเกิดโรคโลหิตจางชนิด Aplastic anemia ในมนุษย์ รวมทั้งส่งผลทำให้เชื้อดื้อยา ยิ่งไปกว่านั้น ยาเสต็บโตมัยซิน (steptomysin) ยังมีผลต่อระบบการรับฟังและมีความเป็นพิษต่อไต นอกจากนี้ผลตกค้างของยาเพนนิซิลิน (penicillin) ในอาหารยังอาจมีผลทำให้ผู้บริโภคเกิดอาการแพ้ยาด้วย (Hughes and Heritage, 2001) ก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยในอาหาร ดังนั้น ด้วยความตระหนักในปัญหาด้านความปลอดภัยของอาหารที่ประชากรบริโภค ประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป สหราชอาณาจักร และญี่ปุ่น จึงควบคุมการใช้ยาปฏิชีวะนะในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ โดยเมื่อ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2548 ประเทศสหราชอาณาจักรได้ประกาศห้ามใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อเร่งการเจริญเติบโตในสัตว์ และเมื่อวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2549 กลุ่มประเทศสหภาพยุโรปได้ประกาศห้ามการใช้ยาปฏิชีวนะทุกชนิด (National Office of Animal Health, 2006)

สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ส่งออกเนื้อไก่ และผลิตภัณฑ์จากเนื้อไก่รายใหญ่เป็นอันดับที่ 4 ของโลก รองจากบราซิล สหรัฐอเมริกา และสหภาพยุโรป ตามลำดับ (อนันต์, 2552) ดังนั้น ประเทศไทยจึงได้การพัฒนาและปรับปรุงรูปแบบการผลิตทั้งวงจร รวมทั้งวางข้อกำหนดต่างๆ ในการผลิตไก่เนื้อ (มกอช., 2548) เพื่อให้เนื้อไก่ปราศจากยาปฏิชีวนะและสารเคมีตกค้าง แต่ไก่ที่เลี้ยงยังคงมีสุขภาพแข็งแรงและมีสมรรถภาพการผลิตดี ซึ่งการใช้สมุนไพรก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตเนื้อไก่ที่ปลอดภัย

สืบเนื่องจากการที่ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากสัตว์ให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์จากสัตว์ ปัจจุบันจึงมีการนำสมุนไพรมาใช้ในการผลิตปศุสัตว์ด้วยวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น เพื่อทดแทนยาปฏิชีวนะ เพื่อการควบคุมสุขภาพสัตว์ ลดการหืน (antioxidant) (ยุทธนา, 2544; ยุทธนา และคณะ 2545; Wright, 2002; Iqbal *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2004) และลดปริมาณไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอล (Asai and Miyazawa, 2001; Babu and Srinivasan, 1997) เป็นต้น

ขมิ้นชัน (curcumin) หรือที่รู้จักกันในชื่อ ขมิ้นแกง ขมิ้นชัน ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว สะยอ ขี้มิ้น ตายอ หรือ หมิ้น เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่คนไทยรู้จักดี เพราะถูกนำมาใช้ประกอบอาหารเป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง รวมทั้งใช้เป็นยารักษาโรคมาตั้งแต่สมัยโบราณ ขมิ้นชันมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma longa* Linn. อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae เป็นพืชล้มลุกที่มีเหง้า อยู่ใต้ดิน เนื้อในของเหง้าขมิ้นมีสีเหลืองเข้มจนสีแดงจัด มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ใบรูปเรียวยาว ปลายแหลม ดอกสีขาวอมเหลือง มีกลีบประดับสีเขียวอม-ชมพู ดอกออกเป็นช่อ มีก้านช่อแทงจากเหง้าโดยตรง (สถาบันแพทย์สมุนไพร, 2540; อรุณพร และคณะ, 2543) ขมิ้นชันมีสารสำคัญที่นำมาใช้ในทางเภสัชกรรม คือ สารเคอร์คูมิน ซึ่งเป็นสารประเภทโพลีฟีนอล ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในสารละลายที่มีขั้ว เช่น แอลกอฮอล์ อัลคาไลด์ คีโตน กรดอะซิติค และคลอโรฟอร์ม (Aggarwal *et al.*, 2003)

ตัวอย่างการใช้ขมิ้นชันในปศุสัตว์ ได้แก่รายงานของ เอกษิต (2543) ที่พบว่า สารสกัดจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ คลอโรฟอร์ม เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ และเอธานอล 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดอาการท้องร่วงในสุกรได้ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าขมิ้นชันจะมีสรรพคุณช่วยป้องกันโรคท้องร่วงในระยะก่อนและหลังหย่านม ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับเปลือกมังคุด แต่การใช้ขมิ้นชันมีผลทำให้ลูกสุกรมีการกินอาหารปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น ขณะที่ ชัยวัฒน์ และคณะ (2547) พบว่า การเสริมขมิ้นชันซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชัน ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต และลดภาวการณ์กดการตอบสนองภูมิคุ้มกันในไก่ที่อยู่ในภาวะเครียดได้ ยิ่งไปกว่านั้น Ramirez-Tortosa และคณะ (1999) ยังพบว่า การนำสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (crude extract) มาผสมในอาหารกระต่าย ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และลดการหืนในเลือดกระต่าย

อนึ่ง จากการรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการใช้ขมิ้นชันในการผลิตปศุสัตว์ พบว่าโดยทั่วไปขมิ้นชันถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบผสมในอาหารสัตว์โดยตรง เพื่อต้านการเกิดออกซิเดชัน และเพิ่มสมรรถภาพในการผลิต แต่ขาดการควบคุมปริมาณสารออกฤทธิ์ ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่าการนำขมิ้นชันมาใช้ผสมอาหาร อาจจะต้องใช้ในปริมาณมากจึงจะทำให้มีสารเคอร์คูมินมากเพียงพอในการออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และอาจจะมีผลต่อระดับโภชนะต่างๆ ในสูตรอาหาร ดังนั้น เพื่อลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นดังกล่าว และเพื่อลดความแปรปรวนของสารออกฤทธิ์ในขมิ้นชัน การใช้ขมิ้นชันในรูปของสารสกัดหยาบจึงน่าจะให้ผลที่ดีกว่า โดยพัฒนาสารสกัดหยาบให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ และ

เลือกทดสอบแนวคิดนี้โดยใช้ไก่กระทงเป็นสัตว์ทดลอง เหตุผลเพราะเนื้อไก่กระทงมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์อื่นๆ อีกทั้งยังได้รับความนิยมในการบริโภคจากประชาชนทั่วไป ทั้งนี้หากสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันสามารถออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของไก่เนื้อได้ เนื้อไก่กระทงย่อมมีระดับของไขมันและคอเลสเตอรอลลดลง นอกจากนั้น เนื้อและหนังไก่ยังอาจจะมีสารสกัดนี้ตกค้างอยู่ ทำให้ผู้บริโภคได้รับสารต้านอนุมูลอิสระด้วย รวมทั้งสารสกัดที่ตกค้างยังอาจจะมีผลทำให้สีเนื้อและหนังของไก่กระทงเหลืองขึ้น ดังนั้น การพัฒนาการใช้ขมิ้นชันในรูปสารสกัดหยาบเพื่อการผลิตไก่กระทงจึงสอดคล้องกับแนวคิดในการผลิตผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่มีคุณภาพดีและปลอดภัยของรัฐบาลและของโลก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) ศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการนำสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมาใช้ในสูตรอาหารไก่กระทง
(2) ศึกษาค่าความคงตัวของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน
(3) ศึกษาผลของระดับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทง
(4) ศึกษาผลของระดับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อค่าโลหิตวิทยาของไก่กระทง
(5) ศึกษาผลของระดับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อเยื่อของไก่กระทง
(6) ศึกษาผลของระดับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อคุณภาพเนื้อของไก่กระทง
(7) ศึกษาผลของระดับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อต้นทุนค่าอาหารเพื่อการผลิตไก่กระทง

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การใช้สมุนไพรเพื่อการผลิตสัตว์

เยาวมาลย์ (2547) รายงานว่า ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากที่นำสมุนไพรมาใช้ในอาหารสัตว์กันอย่างกว้างขวางทั้งในและต่างประเทศ ส่วนใหญ่นิยมนำมาเป็นส่วนผสมในอาหาร โดยตรงหรือนำเอาสารสกัดออกฤทธิ์มาเสริม เพื่อช่วยในการเพิ่มสมรรถภาพในการผลิตทั้งทางด้านการเจริญเติบโต การเพิ่มผลผลิตและรักษาสุขภาพของสัตว์ สามารถสรุปประโยชน์ของการนำสมุนไพรมาใช้ในอาหารสัตว์ ดังนี้

(1) สมุนไพรให้สารอาหารหรือโภชนะ (nutrients) โดยการสกัดโปรตีนเป็บไทด์ (peptide) อณูสั้นๆ กรดแอมิโน กรดไขมัน แป้ง โอลิโกแซคคาไรด์ (olicosaccaride) วิตามิน และกรดต่างๆ

(2) สมุนไพรให้สารช่วยเร่ง หรือสารกระตุ้นการกินได้ เพื่อช่วยในการย่อยอาหาร (appetizer flavurants and digestion aids)

(3) สมุนไพรใช้เป็นสารให้สี (pigmentation)

(4) สมุนไพรเป็นสารที่ใช้ควบคุมเชื้อรา (antimold)

(5) สมุนไพรเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค (immune stimulators)

(6) สมุนไพรให้สารคล้ายฮอร์โมน (hormone effects)

(7) สารต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial effects)

(8) สมุนไพรให้สารควบคุมเมตาโบลิคในร่างกาย (metabolic regulation)

(9) สมุนไพรใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants)

(10) สมุนไพรให้สารที่ป้องกันความเครียด และการปรับสภาพ (antistress and adaptation) ของร่างกาย

สารต้านออกซิเดชัน (antioxidants)

สารต้านออกซิเดชัน หมายถึง สารประกอบที่ต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยสารต้านออกซิเดชันจะรับอิเล็กตรอนมาไว้ในตัวเองและสามารถให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไปได้ สารต้านออกซิเดชันเป็นสารเก็บกวาดและขนส่งนำอนุมูลอิสระไปทำลาย เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการทำลายหรือต่อต้านอนุมูลอิสระให้กลายเป็นสารธรรมดา หมดฤทธิ์ในการทำลายเซลล์ต่อไป (ไมตรี และ ศิริวรรณ, 2548) ซึ่งจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) สารต้านออกซิเดชันในร่างกาย ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันในรูปแบบของเอนไซม์ 3 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเตส (superoxide dismutase : SOD) ช่วยทำลายซูเปอร์ออกไซด์ให้เป็น H_2O_2 เอนไซม์คาตาเลส (catalase) ทำลาย H_2O_2 ให้เป็นน้ำและหมดฤทธิ์ออกซิเดชัน และเอนไซม์กลูตาไธโอน เปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) ทำหน้าที่สร้าง reduced glutathione-SH โดยเอนไซม์เหล่านี้ทำหน้าที่อัตโนมัติ พร้อมจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำลายสารอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมาในเซลล์ตลอดเวลา แต่ในกรณีที่ร่างกายเกิดอนุมูลอิสระในปริมาณมาก จำเป็นต้องอาศัยสารต้านออกซิเดชันจากแหล่งภายนอก

(2) สารต้านออกซิเดชันในอาหาร ซึ่งไมตรี และคณะ (2548) กล่าวว่า ในระยะ 20 ปีที่ผ่านมามีการศึกษาวิจัยและการสนใจในอนุมูลอิสระในร่างกาย และสารต้านออกซิเดชันในอาหารและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในภาวะโรคหลายโรค สารต้านออกซิเดชันจึงมีประโยชน์มากในการป้องกันอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในเซลล์ของร่างกาย เป็นการป้องกันความเสื่อม การทำลายทางชีวภาพ และการเกิดโรคร้ายแรงหลายอย่าง

สำหรับแหล่งของสารต้านออกซิเดชันในอาหารมีดังต่อไปนี้

(1) สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ (synthetic antioxidations) สารกลุ่มดังกล่าวที่แพร่หลายมาก คือ butylated hydroxyaniosole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT) และ tert-butyl hydroquinone (TBHQ) เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวใช้ผสมในอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อป้องกันการหืนของไขมัน (Kaewkam, 2003)

(2) สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ โดย Pokorny และคณะ (2001) จำแนกออกเป็นกลุ่มได้ดังนี้

- ผักและผลไม้ คือ ผัก และผลไม้บางชนิดมีวิตามินซึ่งทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน เช่น คาโรทีน (carotenes) เป็นสารกลุ่มสีส้ม แดง พบใน มะละกอ แครอท ฟักทอง และวิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) พบมากในผักผลไม้สด ฝรั่ง มะขามป้อม พริกสด เป็นต้น (ไมตรี และศิริวรรณ, 2548)

- เมล็ดธัญพืช และพืชน้ำมัน เป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันที่เป็นสารโพลีฟีนอล (polyphenol) เช่น โปรแอนโธซัยยานิดิน (proanthocyanidins) ไบโอฟลาโวนอยด์ (bioflavonoids) และวิตามินอี (α-tocopherol) ซึ่งพบมากในถั่ว ธัญพืช รำ ข้าวกล้อง งา เมล็ดพืช ข้าวไม่ขัดสี น้ำมันงา น้ำมันพืชอื่น ๆ (ไมตรี และศิริวรรณ, 2548)

- สมุนไพรและเครื่องเทศ ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่นิยมใช้สมุนไพรและเครื่องเทศในการประกอบอาหาร ซึ่งสมุนไพรบางชนิดมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชันซึ่งมีผลดีต่อร่างกาย ได้แก่ สารกลุ่มไบโอฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารโพลีฟีนอล พบในยอดผัก ใบชา ผลไม้ที่มีรสฝาด สารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) พบในไพล ขมิ้นชัน เป็นต้น (Kaewkam, 2003)

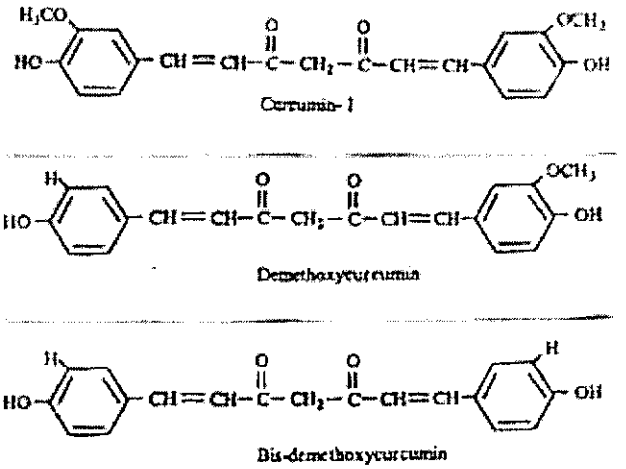
ขมิ้นชัน (turmeric)

ขมิ้นชัน หรือที่รู้จักกันในชื่อ ขมิ้นแกง ขมิ้นชัน ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว สะยอ ขี้มิ้น ตายอ หรือหมิ้น เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่คนไทยรู้จักดี เพราะถูกนำมาใช้ประกอบอาหาร เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง รวมทั้งใช้เป็นยารักษาโรคมาตั้งแต่สมัยโบราณ (สถาบันแพทย์สมุนไพร, 2540) ขมิ้นชันมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Curcuma longa* Linn. อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae เป็นพืชล้มลุกมีเหง้าอยู่ใต้ดิน เนื้อในของเหง้าขมิ้นมีสีเหลืองเข้มจนสีแดงจัด มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ใบรูปเรียวยาว ปลายแหลม คล้ายใบพุทธรักษา ดอกออกเป็นช่อ มีก้านช่อแทงจากเหง้าโดยตรง ดอกสีขาวอมเหลือง มีกลีบประดับสีเขียว-อมชมพู (อรุณพร และคณะ, 2543)

(1) องค์ประกอบทางเคมีของขมิ้นชัน

Chattopadhyay และคณะ (2004) รายงานถึงปริมาณส่วนประกอบทางเคมีของขมิ้นชันแห้งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 89.9, 8.2, 4.3, 4.9, 7.0, 0.14 และ 0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณสารเคอร์คูมิน 3-4 เปอร์เซ็นต์ แต่จากการศึกษาของ อรุณพร และคณะ (2543) พบว่า ขมิ้นชันผงมีปริมาณสารเคอร์คูมินคิดเป็น 11.9 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ Aggarwal และคณะ (2003) พบว่า ขมิ้นชันมีสารสำคัญที่นำมาใช้ในทางเภสัชกรรม คือ สารเคอร์คูมิน ซึ่งเป็นสารประเภทโพลีฟีนอล ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในสารละลายที่มีขั้ว เช่น แอลกอฮอล์ อัลดาไลด์ คีโตน กรดอะซิติค และคลอโรฟอร์ม

Sharma และคณะ (2005) ได้แบ่งสารประกอบสำคัญในขมิ้นชันเป็น 2 ชนิด คือ (1) turmeric oil (essential oil) พบประมาณ 1.5-5.5 เปอร์เซ็นต์ ประกอบไปด้วยสาร turmerone และ ar-tumerone และ (2) สารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเฟอรูโลอิลมีเทน (feruloylmethane) ได้แก่ เคอร์คูมิน (difuruloylmethane) เดสเมทธอกซีเคอร์คูมิน (desmethoycurcumin) และบีสเดสเมทธอกซีเคอร์-คูมิน (bisdesmethoycurcumin) ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่ง Chattaopadhyay และคณะ (2004) ได้รายงานสัดส่วนของอนุพันธ์ของสารเคอร์คูมินอยด์ไว้ดังนี้ คือ เคอร์คูมิน 93.7 เปอร์เซ็นต์ เดสเมทธอกซีเคอร์คูมิน 6 เปอร์เซ็นต์ และ บีสเดส-เมทธอกซีเคอร์คูมิน 0.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ Aggarwal และคณะ (2003) ที่รายงานสัดส่วนของเคอร์คูมิน เดสเมทธอกซีเคอร์คูมิน และบีสเดสเมทธอกซีเคอร์คูมินมีค่าเท่ากับ 77, 17 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนบีสเดสเมทธอกซี-เคอร์คูมินเป็นรูปที่ออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชันน้อยที่สุด



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเคอร์คูมินอยด์

ที่มา : Chattopadhyay และคณะ (2004)

(2) ปัจจัยที่มีผลต่อระดับของเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชัน

สิ่งที่สามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพของขมิ้นชัน คือ ระดับของเคอร์คูมินอยด์ซึ่งมีปัจจัยต่างๆ มากมายที่มีผลต่อปริมาณ และองค์ประกอบของสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชัน ได้แก่ อายุของขมิ้นชัน สายพันธุ์ และสภาพภูมิอากาศ (Tewtrakul, 1993) นอกจากนี้ สภาพการเก็บยังมีผลต่อระดับของเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันอีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นแสง ความร้อน หรือความเป็นกรด-ด่าง (Khurana and Ho, 1988; Souza *et al.*, 1997; Srinivasan *et al.*, 1992; Wang *et al.*; 1997) ทั้งนี้ Price และ Buescher (1996) พบว่า ขมิ้นชันแห้งมีความคงทนต่อแสงมากกว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าสารเคอร์คูมินอยด์จะไวต่อแสง แต่อิทธิพลร่วมของแสงและอากาศมีผลต่อสารเคอร์คูมินอยด์มากกว่าแสง (Souza *et al.*, 1997)

ในแง่ของความร้อน สารเคอร์คูมินอยด์จะสูญเสียประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับความร้อนในขณะปรุง (boiling) เป็นเวลา 15 นาที (Srinivasan *et al.*, 1964) ในขณะที่ Maga และ Kim (1990) รายงานว่า สารสีของขมิ้นชันที่ละลายในน้ำ (water soluble turmeric color) จะมีความคงตัวขณะอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 125 และ 155 องศาเซลเซียส ในขณะที่สารกลุ่มที่ละลายในไขมัน (oil soluble compounds) จะสลายตัวในกระบวนการอัดเม็ด

สำหรับผลของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อสารเคอร์คูมิน พบว่า สารเคอร์คูมินจะสลายตัวอย่างรวดเร็วที่สภาวะเป็นกลาง-ด่าง ดังนั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับสารเคอร์คูมินจะต้องต่ำกว่า 7.0 (Wang *et al.*, 1997)

(3) ฤทธิ์ทางชีวภาพของขมิ้นชัน (biological activity)

3.1 ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory activity)

สารเคอร์คูมินในขมิ้นชันสามารถลดการอักเสบในหนูได้ (Ghatak and Basu, 1972; Srihari *et al.*, 1982) ในขณะที่จากการศึกษาของ Chandra และ Gupta (1972) พบว่า การให้สารเคอร์คูมินในปริมาณ 400 มิลลิกรัมต่อวัน ติดต่อกันเป็นเวลา 5 วัน กับผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดสามารถลดการติดเชื้อได้ นอกจากนี้ ยังพบว่า สารสกัดขมิ้นชันที่สกัดจากปิโตรเลียมอีเธอร์ แอลกอฮอล์ และน้ำก็มีฤทธิ์ต้านการอักเสบเช่นกัน (Yegnanarayan *et al.*, 1976)

3.2 ต้านการเกิดมะเร็ง (anticancer activity)

เนื่องจากมีงานวิจัยจำนวนมากที่รายงานว่า สารเคอร์คูมินในขมิ้นชันสามารถช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งได้ โดยมีรายงานว่า สารเคอร์คูมินในขมิ้นชันสามารถป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งที่ผิวหนัง และมะเร็งเต้านมได้ (Piper *et al.*, 1998; Kawamori *et al.*, 1999) ซึ่ง Jovanovic และคณะ (2001) รายงานว่า สารเคอร์คูมินสามารถช่วยยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งได้ นอกจากนี้ยังพบว่า สารเคอร์คูมินช่วยลดการเกิดเนื้องอกและมะเร็งที่ผิวหนัง (Huang *et al.*, 1997) และสารสกัดจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์ผิดปกติของหนูแฮมสเตอร์ (Kuttan *et al.*, 1985)

3.3 ต้านการติดเชื้อ (antiinfection activity)

สารเคอร์คูมินในขมิ้นชันสามารถลดการติดเชื้อได้ ทั้งนี้จากการศึกษาของ Apisariyakul และคณะ (1995) พบว่า สารเคอร์คูมินและน้ำมันจากขมิ้นชันสามารถยับยั้งเชื้อราที่ผิวหนังพวก dermatophyte และยีสต์ได้ นอกจากนี้ สารสกัดขมิ้นชันที่สกัดจากอีเธอร์ คลอโรฟอร์ม สารสกัดหยาบที่สกัดจากเอทานอล และน้ำมันจากขมิ้นชันก็มีฤทธิ์ในการต้านการติดเชื้อได้เช่นกัน (Banerjee and Nigam, 1978; Misra and Sahu, 1977; Wuthi-Udomler *et al.*, 2000)

สารเคอร์คูมินมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียเช่นกัน ซึ่งมีรายงานว่า สารสกัดจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยเมทานอล (methanol) มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Bacillus cereus, Bacillus subtilis, Staphylococcus aureus, Escherichia coli* และ *Peudomonas aeruginosa* (Hewage *et al*., 1998)

3.4 ต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant activity)

สารเคอร์คูมินในขมิ้นชันเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน และลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ เหมือนกับสารต้านออกซิเดชันที่เป็นเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ superoxide dismutase เอนไซม์ catalase และเอนไซม์ glutathione peroxidase (Reddy and Lokesh, 1994) ซึ่ง Iqbal และคณะ (2003) พบว่า การเสริมสารเคอร์คูมินที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ในหนู ช่วยเพิ่มฤทธิ์ของเอนไซม์ glutathione peroxidase, glutathione reductase และ catalase ในขณะที่ Wright (2002) ได้เปรียบเทียบสรรพคุณของเคอร์คูมินกับวิตามินอี โดยพบว่าเคอร์คูมินมีสรรพคุณในการลดระดับการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อเยื่อได้ดีแต่ต่ำกว่าการใช้วิตามินอี นอกจากนี้ยังพบว่า สารเคอร์คูมินมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลดีแอล ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดโรคหลอดเลือดอุดตัน โดยจากการศึกษาของ Aggarwal และคณะ (2003) พบว่า การใช้สารเคอร์คูมินที่ระดับ 10 μM สามารถช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลดีแอลในคนได้ 40-85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับสาร BHA แต่ให้ผลดีกว่าวิตามินซี

3.5 ลดคอเลสเตอรอล (hypocholesterolemic activity)

Srinivansan และคณะ (1964) ได้นำขมิ้นชันผงมาผสมในสูตรอาหารที่มีคอเลสเตอรอล และพบว่าขมิ้นชันสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในตับของหนูได้ ซึ่ง Rao และคณะ (1970) รายงานว่า เคอร์คูมินเป็นสารในขมิ้นชันที่มีบทบาทในการควบคุมระดับคอเลสเตอรอลทั้งในเนื้อเยื่อตับและในพลาสมา ซึ่ง Ramirez-Tortosa และคณะ (1999) ได้นำสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์มาผสมในอาหารกระต่ายที่มีคอเลสเตอรอลสูง พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 1.66 และ 3.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว สามารถช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและลดการหืนในเลือด ในขณะที่ Asai และ Miyazawa (2001) รายงานผลของการใช้สารเคอร์คูมินที่ระดับ 0.2 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ในอาหารหนูที่มีไขมันสูง พบว่า เมื่อใช้สารเคอร์คูมิน 1.0 เปอร์เซ็นต์สามารถลดไตรกลีเซอรอล คอเลสเตอรอลในตับ และลดไขมันในช่องท้องของหนูได้ เช่นเดียวกับรายงายของ Aggarwal และคณะ (2003) ซึ่งพบว่า การป้อนสารเคอร์คูมินให้หนูสามารถช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ลดการเกิดปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) ในเนื้อเยื่อตับ ปอด ไต และสมองได้ สำหรับการลดลงของระดับคอเลสเตอรอล น่าจะเกิดจากสารเคอร์คูมินเพิ่มการขับออกของคอเลสเตอรอลในน้ำดีและการขับออกในมูล (Ramirez-Tortosa *et al*., 1999)

(4) การนำขมิ้นชันมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์

จากการรวบรวมเอกสารเกี่ยวกับการใช้ขมิ้นชันในการเลี้ยงสัตว์ พบว่ามีรายงานการใช้ขมิ้นชันเลี้ยงสัตว์จำนวนมาก ตัวอย่างเช่น เอกษิต (2543) รายงานว่า สารสกัดจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ คลอโรฟอร์ม เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ และ เอธานอล 50 เปอร์เซ็นต์สามารถลดอาการท้องร่วงในลูกสุกรได้ เพราะสารสกัดขมิ้นชันไปลด hydrophobility ของเชื้อ จึงเป็นการลดการเกาะติดของเชื้อที่ผนังลำไส้ เชื้อบิดถูกขับออกจากร่างกายได้ด้วยระบบป้องกันตัวเองของร่ายกาย จากการนำขมิ้นชันผงผสมในอาหารสุกรที่ระดับ 0.15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ขมิ้นชันจะมีสรรพคุณช่วยป้องกันโรคท้องร่วงในลูกสุกรระยะหลัง หย่านม ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการใช้เปลือกมังคุด และการใช้ขมิ้นชันมีผลทำให้ลูกสุกรมีการกินอาหารที่เพิ่มขึ้น จึงแนะนำให้ใช้ขมิ้นชันร่วมกับวัตถุดิบอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนะสูงแต่มีความน่ากินต่ำ

Keshavarz (1976) รายงานผลการเสริมขมิ้นชันผงที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ และสารเคอร์คูมินที่ระดับ 0.04 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่ไข่ที่มีคอเลสเตอรอล 0 และ 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การใช้ขมิ้นชันผงหรือสารเคอร์คูมินไม่มีผลต่อระดับของคอเลสเตอรอลในพลาสมา ตับ และในไข่แดง ขณะที่ ชัยวัฒน์ และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาถึงสถานภาพภูมิคุ้มกัน และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทงซึ่งอยู่ในสภาวะเครียด ซึ่งเลี้ยงในโรงเรือนปิดที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน และเสริมขมิ้นชันผงที่ระดับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร พบว่า การเสริมขมิ้นชันซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชัน ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและลดภาวะการกดการตอบสนองภูมิคุ้มกันในไก่กระทงที่อยู่ในภาวะเครียดได้ นอกจากนี้จากการศึกษาของกิติมา และคณะ (2548) พบว่า การเสริมสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ในไก่กระทง ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และจากการศึกษาของจิโรจ และ คณะ (2543) ซึ่งใช้ขมิ้นชันผงในระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงได้ เช่นเดียวกับรายงานของ Samrasingle และ Weng (2002) ซึ่งใช้ในรูปสารเคอร์คูมินอยด์ในระดับ 0.01 เปอร์เซ็นต์

AL-Suton (2003) ทำการศึกษาผลของการเสริมขมิ้นชันผงต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทงโดยเสริมที่ระดับ 0.25, 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ในอาหารในช่วงอายุ 0-5 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์มีการเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวดีกว่ากลุ่มอื่น ในส่วนขององค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ พบว่ากลุ่มที่เสริมที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีไขมันในเนื้อหน้าอกมากที่สุด แต่เพื่อพิจารณาไขมันรวมในซากพบว่ากลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ มีไขมันในซากน้อยที่สุด แต่ผลจากการศึกษาของ AL-Suton และ Gameel (2004) พบว่า การเสริมขมิ้นชันผงในระดับ สูง คือ ที่ระดับ 2.5, 5.0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ไก่กระทงในช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับ

(5) ความปลอดภัยในการใช้ขมิ้นชัน

ในส่วนของความปลอดภัยในการใช้ขมิ้นชัน มาโนช และ เพ็ญนภา (2537, อ้างโดย อรุณพร และคณะ, 2543) ได้รายงานไว้ว่า ผลจากการทดสอบในหนูขาว พบว่า สามารถใช้ขมิ้นชัน และสารเคอร์คูมินในขนาดที่สูงกว่าที่ใช้ในคนได้ 1.25-125 เท่า โดยไม่มีผลต่อความเปลี่ยนแปลงในด้านการเติบโตและองค์ประกอบของเลือด และจากการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันในหนู เมื่อให้สารเคอร์คูมินที่ขนาดต่างๆ ไม่พบความผิดปกติต่อหนูเช่นกัน นอกจากนี้ พบว่า การให้ sodium curcuminate ทางปาก ใต้ผิวหนัง หรือช่องท้อง ในปริมาตร 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว พบว่าไม่มีอันตรายต่อสัตว์ทดลอง แต่ถ้าฉีดเข้าหลอดเลือดจะเป็นพิษและทำให้สัตว์ทดลองตายได้ และจากการศึกษาของ Vijayalaxmi (1980) พบว่า การเสริมขมิ้นชันที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และเสริมสารเคอร์คูมิน 0.015 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารใช้เลี้ยงหนู ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเคมีในเลือด อัตราการตั้งท้อง จำนวนของเอมบริโอ และการเปลี่ยนแปลงในระดับโครโมโซม

อย่างไรก็ตาม จากการรวมรวบเอกสาร พบว่า มีรายงานบางฉบับรายงานว่าการได้รับสารเคอร์คูมินหรือขมิ้นชันในระดับสูงให้ผลในแง่ลบต่อสัตว์ทดลอง จากการศึกษาของ Shankar และคณะ (1980) พบว่า การเสริมเคอร์คูมินที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ใช้เลี้ยงหนู และลิง ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำลง เนื่องจากกินอาหารได้น้อยลง เช่นเดียวกับรายงานของ Bille และคณะ (1985) ที่ทำการเสริมเคอร์คูมินที่ระดับ 60, 296 และ 1,551 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ให้แก่สุกรในช่วงอายุ 102-109 วัน พบว่า การเสริมที่ระดับสูงทำให้การเพิ่มน้ำหนักตัว และประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าระดับของเคอร์คูมินมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตับ และต่อมไทรอยด์ (thyroid) คือ เมื่อเสริมในระดับสูงขึ้นจะทำให้น้ำหนักของตับ และต่อมไทรอยด์สูงตามไปด้วย นอกจากนี้ AL-Suton และ Gameel (2004) ยังพบว่า การเสริมขมิ้นชันผงในระดับสูงที่ระดับ 2.5, 5.0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหารเลี้ยงไก่กระทงในช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับ โดย Bisset (1994) รายงานว่าสารเคอร์คูมินอยด์ในระดับสูงมีผลทำให้ยับยั้งกระบวนการไมโตซีส (mitosis) และชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม และจากการศึกษาในหนูพบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของหัวใจ และปอด อีกทั้งยังพบการลดลงของจำนวนเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาวอีกด้วย ทั้งนี้การเกิดพิษของขมิ้นชันขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ ปริมาณของขมิ้นชันหรือสารเคอร์คูมินอยด์ และระยะเวลาการได้รับ (AL-Suton and Gameel, 2004)

คุณภาพเนื้อ (meat quality)

คุณภาพเนื้อ หมายถึง ผลรวมของคุณลักษณะและคุณสมบัติของเนื้อตามความต้องการของผู้บริโภค รวมทั้งความเหมาะสมในการแปรรูป (ชัยณรงค์, 2529) ซึ่งคุณภาพของเนื้อสัตว์เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบหลักสามประการ คือ คุณภาพของเนื้อ คุณภาพของการผลิต และความพึงพอใจของผู้บริโภค และเมื่อพิจารณาเฉพาะคุณภาพเนื้อซึ่งมีผลต่อการบริโภคเนื้อสัตว์ พบว่ามีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ สี (color) ความสามารถในการจับน้ำ (water holding capacity) ความนุ่มเหนียว (tenderness) และคุณค่าทางโภชนะ (ชัยณรงค์, 2529; จุฑารัตน์, 2540)

(1) สีของเนื้อและหนังไก่

สีของเนื้อและหนังเป็นความรู้สึกประการแรกที่ผู้บริโภคได้รับจากเนื้อสัตว์ ใช้บอกถึงลักษณะคุณภาพของเนื้อสัตว์ (ชัยณรงค์, 2529; Fletcher, 1999) สีของเนื้อสัตว์มีความสัมพันธ์กับปริมาณของไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อสีของเนื้อไก่ ได้แก่ เพศ อายุ สายพันธุ์ กระบวนการผลิต องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ อุณหภูมิในการทำให้สุก และการแช่เย็น (เยาวลักษณ์, 2536; Fletcher, 1999) สำหรับสีของหนังไก่กระทง Heffner และคณะ (1964) รายงานว่า ผู้บริโภคชอบหนังไก่กระทงที่มีสีเหลืองอ่อน ทั้งนี้ความแตกต่างของเชื้อชาติและความชอบของแต่ละคนก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการของผู้บริโภคเช่นกัน

ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อสีของหนังไก่ คือ สายพันธุ์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างสารเมลานิน (melanin) ในชั้น dermal และ epidermal melanophores และความสามารถในการดูดซึมและสะสมสารคาโรตินอยด์ (carotinoid) ในชั้น epidermis นอกจากนี้ สารสีในอาหาร สุขภาพของสัตว์ และกระบวนการผลิตก็ส่งผลต่อสีของหนังไก่เช่นกัน (Fletcher, 1999)

(2) ความสามารถในการจับน้ำ (water holding capacity)

ความสามารถในการจับน้ำ หมายถึง ความสามารถของเนื้อที่จะคงน้ำไว้ในจำนวนน้ำเกือบเท่าเดิมหรือเท่าเดิมได้ ถึงจะมีแรงมากระทำ เช่น การตัด การให้ความร้อน การบด และการอัด ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการสูญเสียน้ำ (ชัยณรงค์, 2529) โดยปกติเนื้อสัตว์จะมีการสูญเสียน้ำอยู่แล้ว ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในช่วงก่อนและหลังการฆ่า โดยหลังจากสัตว์ตายค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อจะลดลง เนื่องจากปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้น ทำให้โปรตีนในเนื้อเสียสภาพ มีผลทำให้ความสามารถในการจับน้ำของเนื้อต่ำลง (Warriss, 2000) ซึ่งหนึ่งในสามของการสูญเสียความสามารถใน

การจับน้ำเป็นผลมาจากการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อ ส่วนการสูญเสียนอกนั้นเป็นผลมาจากการเกิดขึ้นของ *rigor mortis* ซึ่งมีโปรตีนเส้นใยฝอยไมโอซินและแอคตินเลื่อนตัวเข้ามาจับกันอย่างแน่นหนา ทำให้เกิดการดึงให้สายโปรตีน (protein chain) ชิดเข้ามาหากัน เกิดสภาพ steric effect ทำให้สูญเสียที่ว่างสำหรับโมเลกุลน้ำในโปรตีน (ชัยณรงค์, 2529) นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับชนิดของสัตว์ สายพันธุ์ เพศ อายุ และตำแหน่งของกล้ามเนื้อ (Warriss, 2000)

(3) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสัตว์เป็นปัจจัยตัวหนึ่งที่บอกถึงคุณภาพเนื้อ โดยทั่วไปหลังจากสัตว์ตาย ค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงอย่างช้า ๆ จากเดิมประมาณ 7.0 เป็นประมาณ 5.6-5.7 ภายใน 6-8 ชั่วโมง แล้วลดลงสู่จุด pH สุดท้ายระหว่าง 5.3-5.7 ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ชัยณรงค์, 2529) ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสัตว์ ได้แก่ การจัดการก่อนการฆ่า ขณะฆ่า และหลังการฆ่า ซึ่งมีผลต่อปริมาณของกรดแลคติกที่เกิดจากกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนในเนื้อ (ชัยณรงค์, 2529; เยาวลักษณ์, 2536; Warriss, 2000) นอกจากนี้ ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber type) ยังมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างเช่นกัน (Lawrie, 1990; Warriss, 2000)

(4) คุณค่าทางโภชนะ (nutritive values)

คุณค่าทางโภชนะเป็นคุณสมบัติที่สำคัญต่อการบริโภค ทั้งนี้คุณค่าทางโภชนะของเนื้อขึ้นอยู่กับปริมาณของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ไวตามิน และเกลือแร่ โดยทั่วไปเนื้อสัตว์จะมีความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ โดยเฉลี่ย เท่ากับ 74, 20, 4, และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่เหลืออีก 1 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยไกลโคเจน ไวตามิน และกรดแลกติก (จุฑารัตน์, 2540) ในขณะที่ Najdawi และ Abdullah (2002) รายงานว่าเนื้อไก่มีความชื้นอยู่ในช่วง 69.7-74.2 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 20.4-22.7 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.8-9.2 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 0.3-1.3 เปอร์เซ็นต์

(5) ความนุ่มเหนียว (tenderness)

ความนุ่มเหนียวของเนื้อสัตว์มีความสัมพันธ์กับชนิดของสัตว์ สายพันธุ์ อายุ ชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในกล้ามเนื้อภายหลังการฆ่า และระยะเวลาในการบ่มเนื้อ (จุฑารัตน์, 2540) สามารถทำการตรวจวัดได้โดยการชิมของคน และการตรวจวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) โดยใช้เครื่อง Warner-Blatzer shear เครื่องอินสตรอน (Instron) (สัญชัย, 2543) และ เครื่อง Texture Analyzer เป็นต้น

บทที่ 3

การทดลองที่ 1

การสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และการหาเทคนิคเพื่อผสมในอาหารไก่กระทง

บทนำ

จากการรวบรวมรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ขมิ้นชันในการเลี้ยงสัตว์ดังรายละเอียดที่นำเสนอไว้ในบทที่ 2 ส่วนใหญ่ใช้ในรูปของขมิ้นชันผง ซึ่งอาจจะมีผลทำให้ผู้ใช้ต้องใช้ในปริมาณมาก เพื่อให้มีสารเคอร์คูมินอยด์มากเพียงพอที่จะออกฤทธิ์ ซึ่งการใช้ขมิ้นชันในปริมาณที่มากอาจส่งผลต่อระดับโภชนะต่างๆ ในสูตรอาหาร อีกทั้งยังยากต่อการควบคุมคุณภาพ การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมาใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีลักษณะเป็นของเหลวหนืด ดังนั้น การนำไปใช้ผสมในอาหารไก่กระทง จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนสภาพของสารสกัดหยาบของขมิ้นชันให้อยู่ในรูปผงละเอียด เพื่อให้สามารถผสมกับอาหารสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการนำสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมาใช้ในสูตรอาหารไก่กระทง

(2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางรูปแบบต่างๆ ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

(1) วัสดุ

1.1 ขมิ้นชันสด 100 กิโลกรัม

1.2 วัตถุดิบอาหารสำหรับการทดลองผสมในรูปสารเจือจาง (diluents หรือ fillers) ได้แก่ กากถั่วเหลือง ข้าวโพดบด และรำละเอียด

1.3 สารสำหรับการยึดเกาะ (binder) ได้แก่ แล็กโทส (lactose) พีวีพี (polyvinylpyrrolidine : PVP) อวิเซล (avicel) และโซเดียม อะจิเนต (sodium alginate)

(2) อุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์สำหรับการเตรียมและสกัดสารจากขมิ้นชัน ได้แก่ ตู้อบ (hot air oven) เครื่องบดแบบลูกกลิ้ง เครื่องชั่งน้ำหนัก และเครื่องระเหยแห้งแบบหมุน (rotary evaporator) รุ่น N-N series ของบริษัท EYELA ประเทศญี่ปุ่น

2.2 อุปกรณ์สำหรับการหาเทคนิคการผสม ได้แก่ แร่ง (sieve) ตู้อบ เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง และถาด

2.3 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ได้แก่ เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer) รุ่น SPECTRO-UV-VIS RS ของบริษัท LaboMed Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) ไมโครปิเปต และเครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

2.4 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH radical scavenging assay ได้แก่ ไมโครปิเปต เครื่องเขย่า (sonicater) ไมโครเพลต (microplate) เครื่อง Microplate reader รุ่น Power WaveX ของบริษัท Bio-TEK Instruments Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.5 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบการไหล (flowability) และความกร่อน (friability) ได้แก่ เครื่องวัดความกร่อนของเม็ดยา กรวยกรอง ไม้บรรทัด และเครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

(3) สารเคมี

3.1 สารเคมีสำหรับการสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ได้แก่ เอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์

3.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ได้แก่ เมทธานอล (methanol) A.R. grade ของ Lab Scan ประเทศไทย สารเคอร์คูมินบริสุทธิ์ (standard curcumin) A.R. grade (ความบริสุทธิ์ 97 เปอร์เซ็นต์) ของบริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ และสารเตตระไฮโดรฟูเรน (tetrahydrofuran) A.R. grade ของ Lab Scan ประเทศไทย

3.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน โดยวิธี DPPH ได้แก่ เอทธานอล บริสุทธิ์ (absolute ethanol) A.R.grade ของ Merck ประเทศเยอรมัน สาร DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) A.R. grade ของ Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ และสาร BHT

(4) วิธีการทดลอง

4.1 การสกัดสารจากขมิ้นชันและเทคนิคการทำให้สารสกัดเป็นผง

4.1.1 นำขมิ้นชันสดล้างให้สะอาด หั่นเป็นแผ่นบางๆ ตากแดดประมาณ 6 ชั่วโมง จากนั้น

นำไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดแบบลูกกลิ้งเพื่อนำไปสกัดต่อไป

4.1.2 การสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ดำเนินการตามวิธีของ อรุณพร และคณะ (2543) โดยนำขมิ้นชันผงบดแห้งมาแช่เอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 คืน แล้วนำไปกรอง และนำสารสกัดที่ได้ระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยแห้งแบบหมุน ทำซ้ำจนสารละลายของสารสกัดสุดท้ายสีจาง

4.1.3 นำสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ได้ไปทดลองผสมกับสารยึดเกาะและสารเจือจางชนิดต่างๆ เพื่อหาสารยึดเกาะและสารเจือจางที่เหมาะสมสำหรับการทำสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันให้เป็นผงแห้งสามารถผสมกับอาหารสัตว์ได้ ซึ่งสารยึดเกาะที่นำมาทดสอบในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ พีวีพี อวิเซล และโซเดียม อะจิเนต ส่วนสารเจือจาง ได้แก่ แล็กโทส วัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น รำละเอียด กากถั่วเหลือง และข้าวโพดบด

4.1.4 นำสารผสมที่ได้ผ่านแร่งเบอร์ 14 แล้วไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตลักษณะทางกายภาพ ความเป็นเนื้อเดียวของสารผสมแต่ละชนิด

4.1.5 ทดสอบนำสารเจือจางและสารยึดเกาะแต่ละชนิดมาผสมกับสารสกัดหยาบขมิ้นชันร่วมกันแบบสุ่ม

4.1.6 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างผงขมิ้นชัน สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางโดยวิธีการวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) ของ AOAC (1990)

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์

วิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ของตัวอย่างสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางสาร-สกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง ตามวิธีของ Thai Herbal Pharmacopoeia (THP) (1995) ดังนี้

4.2.1 การทำกราฟมาตรฐานของเคอร์คูมินอยด์ ดำเนินการโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมินอยด์ ด้วยการชั่งสารเคอร์คูมินบริสุทธิ์ อย่างถูกต้องแม่นยำประมาณ 2 มิลลิกรัม นำมาละลายในเมทธานอลและปรับปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมินปริมาตร 20, 40, 50, 60 และ 80 ไมโครลิตร ตามลำดับ ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเมทธานอลให้ได้ 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในตัวอย่าง โดยชั่งตัวอย่าง 300 มิลลิกรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร เติมสารเตตระไฮโดรฟูเรนให้ครบ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่

อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเขย่าบ่อยๆ ปิเปตสารละลายใสที่เตรียมมา 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเมทธานอล เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นปิเปตสารจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเมทธานอล แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง เปรียบเทียบความเข้มข้นของเคอร์คูมินอยด์ในตัวอย่างกับกราฟมาตรฐาน จากนั้นจึงนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เคอร์คูมินอยด์ในตัวอย่าง

4.3 การทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

ทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของตัวอย่างสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผงโดยวิธี DPPH radical scavenging assay ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Yamasaki และคณะ (1994) หลักการของวิธีการนี้คือ สาร DPPH เมื่ออยู่ในรูปของสารละลายในเอทธานอลจะมีสีม่วง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปริมาณได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร และเมื่อ DPPH รับอิเล็กตรอน (hydrogen radical หรืออนุมูลของออกซิเจน) จะทำให้มีสีจางลง ดังนั้น ถ้าสารที่นำมาทดสอบทำให้สีของ DPPH จางลง แสดงว่าสารนั้นมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ทั้งนี้โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

4.3.1 การเตรียมตัวอย่าง ชั่งตัวอย่างอย่างแม่นยำ 10 มิลลิกรัม จากนั้นเติมเอทธานอลบริสุทธิ์ให้สารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเขย่าด้วยเครื่องเขย่าได้สารละลายตัวอย่างเริ่มต้น (stock solution) และนำไปเตรียมสารละลายตัวอย่างตัวอย่างละ 5 ความเข้มข้น เช่นเดียวกับการเตรียมสารละลาย BHT ซึ่งเป็นสารมาตรฐาน

4.3.2 การเตรียมสารละลาย DPPH ชั่งสาร DPPH อย่างแม่นยำ 2.4 มิลลิกรัม ละลายในเอทธานอล บริสุทธิ์ 100 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่า

4.3.3 การทดสอบ ปิเปตสารละลายที่ต้องการทดสอบในไมโครเพลต ตัวอย่างละ 100 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH 100 ไมโครลิตร หลังจากเติมสารละลาย DPPH ทิ้งไว้ 30 นาที จึงวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง microplate reader ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร นำค่าที่ได้คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (%radical scavenging activity) ตามสมการที่ [7]

$$\% \text{ การยับยั้งอนุมูลอิสระ} = \frac{(A_{control} - A_{blank}) - (A_{sample} - A_{blank})}{A_{control}} \times 100 \qquad [7]$$

เมื่อ $A_{control}$ คือค่าดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH + เอทธานอล

A_{blan} คือค่าดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง + เอทธานอล

A_{sample} คือค่าดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง + สารละลาย DPPH + เอทธานอล

4.3.4 คำนวณหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระในแต่ละความเข้มข้นแล้วนำไปทำความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) เพื่อหาค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (radical scavenging activity : EC_{50}) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (antioxidant activity) ถ้าค่า EC_{50} มีค่าต่ำกว่า 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงว่ามีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

(5) การทดสอบความสามารถในการไหลและความกร่อน

เมื่อได้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่เป็นผงแล้ว นำมาทดสอบความ สามารถในการไหลโดยใช้วิธีการวัดแบบแองเกิ้ลออฟรีโพส (angle of repose) (ยุพิน, 2525) และวัดความกร่อน โดยเครื่องวัดความกร่อนของเม็ดยา โดยดัดแปลงตามวิธีของยุพิน (2525) เพื่อประเมินขนาดอนุภาคและคุณสมบัติเบื้องต้นของสารก่อนนำไปผสมกับอาหารสัตว์ ดังนี้

5.1 การทดสอบความสามารถในการไหล มีวิธีการทดสอบดังนี้

5.1.1 เทผงตัวอย่างผ่านกรวยกรองลงบนกระดาษที่มีการกำหนดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 5 เซนติเมตร เทให้กองผงตัวอย่างมีขนาดเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางที่กำหนดไว้ ซึ่งกองผงตัวอย่างจะมีลักษณะกรวยรูปสามเหลี่ยม ซึ่งทำมุมกับพื้นราบ เรียกมุมนี้ว่า มุมแองเกิ้ลออฟรีโพส (ภาพที่ 2) วัดความสูงของกองผงตัวอย่างและวัดมุมแองเกิ้ลออฟรีโพส (θ) เพื่อนำค่าที่ได้ไปประเมินการไหลต่อไป สำหรับมุม θ สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ [8]

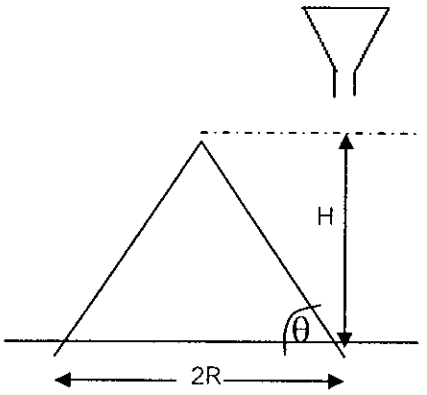
$$\tan \theta = \frac{H}{R} \qquad [8]$$

เมื่อ

θ มีค่าเท่ากับ 30 หรือน้อยกว่า = ไหลได้ดีและสะดวก (free flowing)

θ มีค่าระหว่าง 30-60 = ไหลได้ปานกลาง (mildly cohesive)

θ มีค่าเท่ากับ 60 หรือมากกว่า = ไหลได้ยากหรือไม่ไหล (cohesive)



ภาพที่ 2 มุมแองเกิ้ลออฟรีโพส

5.1.2 การศึกษาความกร่อน ชั่งตัวอย่างประมาณ 10 กรัม แล้วใส่ในเครื่องวัดความกร่อนของเม็ดยา หมุนที่ความเร็ว 400 รอบต่อนาที จากนั้นนำผงตัวอย่างที่ได้ไปร่อน แล้วชั่งน้ำหนักส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงแล้วคำนวณค่าความกร่อนตามสมการ [9]

$$\text{Friability index} = [(\text{granule wt. above 40 mesh})/\text{total wt.}] \times 100 \qquad [9]$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

(1) การสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน

จากการนำขมิ้นชันสดมาทำให้แห้ง บดเป็นผง และนำไปสกัดสาร โดยใช้เอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ได้เปอร์เซ็นต์ของขมิ้นชันผงต่อน้ำหนักขมิ้นชันสด เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อน้ำหนักขมิ้นชันผง และต่อน้ำหนักขมิ้นชันสด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ของขมิ้นชันผงต่อน้ำหนักขมิ้นชันสด เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อน้ำหนักขมิ้นชันผง และเปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อน้ำหนักขมิ้นชันสด

รายการ	เปอร์เซ็นต์
ขมิ้นชันผงต่อน้ำหนักขมิ้นชันสด	18.1
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อน้ำหนักขมิ้นชันผง	25.5
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อน้ำหนักขมิ้นชันสด	8.35

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลง ธรรมกระวีสุนทร

(2) เทคนิคการทำให้สารสกัดหยาบขมิ้นชันเป็นผง

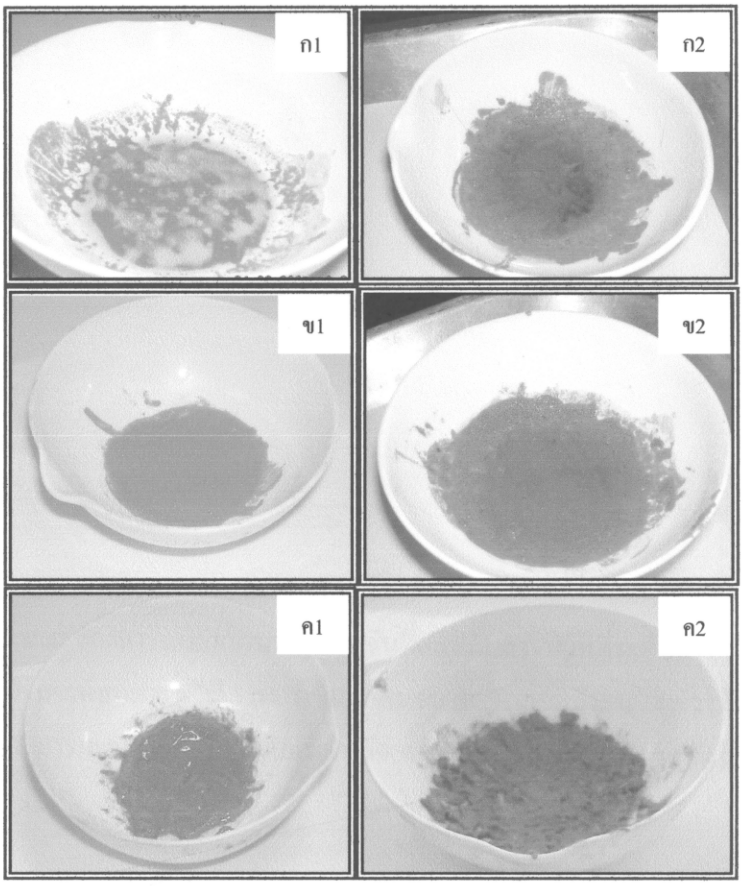
2.1 ลักษณะของสารผสม

จากการศึกษาหาเทคนิคการทำให้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันเป็นผง โดยการนำสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมกับสารยึดเกาะและสารเจือจางชนิดต่างๆ ซึ่งในขั้นต้นจะพิจารณาจากลักษณะของสารผสม ความเป็นเนื้อเดียวของสารผสม จากการทดสอบให้ผลดังนี้

2.1.1 สารยึดเกาะ

- สารอวิเซล

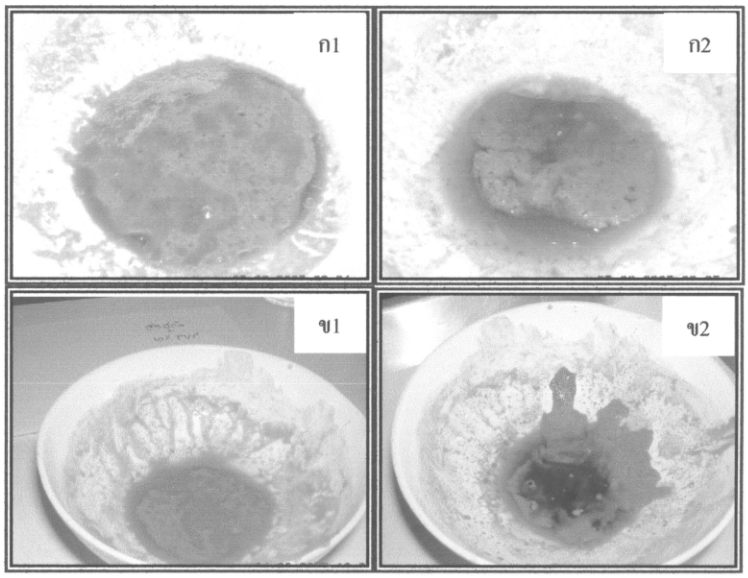
ผลการทดสอบการใช้สารอวิเซลที่ระดับ 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน พบว่า สารอวิเซลสามารถทำให้ส่วนของเนื้อสารสกัดและน้ำมันรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ แต่เมื่อนำสารผสมไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าการใช้สารอวิเซลที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ให้สารผสมที่มีลักษณะเหลวไม่แตกต่างจากสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน แต่การใช้ที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันทำให้สารผสมมีลักษณะแห้งมากกว่าการใช้ที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับสารอวิเซลที่ระดับต่างๆ
(ก) สารผสมสารอวิเซล 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก2)
(ข) สารผสมสารอวิเซล 10 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)
(ค) สารผสมสารอวิเซล 20 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ค1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ค2)

- <u>สารพีวีพี</u>

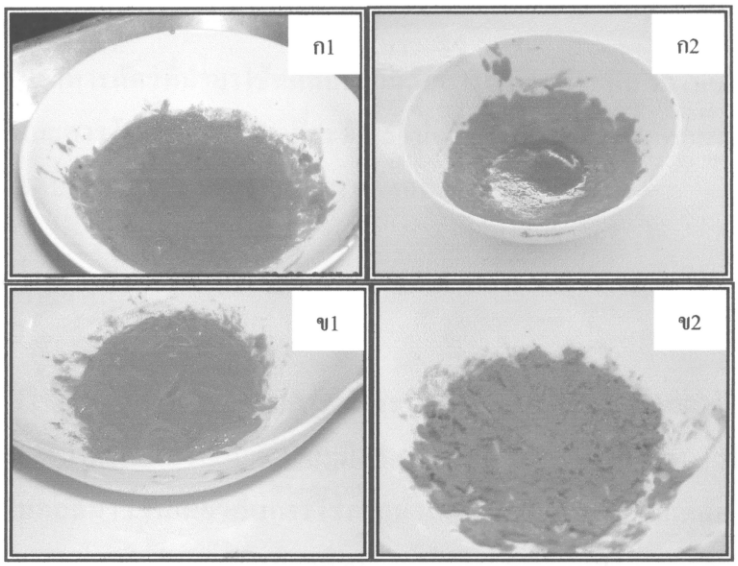
จากการทดสอบการใช้สารพีวีพีที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน พบว่า สารพีวีพีไม่สามารถจับน้ำมันในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันได้ ทำให้สารแยกเป็นสองส่วน เมื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จะได้สารผสมที่มีลักษณะแข็งแต่มีการแยกตัวของน้ำมันอย่างชัดเจน และให้ผลเหมือนกันทั้งที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับสารพีวีพีที่ระดับต่างๆ
(ก) สารผสมสารพีวีพี 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก2);
(ข) สารผสมสารพีวีพี 10 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)

- <u>สารโซเดียม อะจิเนต (sodium alginate)</u>

ผลการทดสอบการใช้สารโซเดียม อะจิเนต ผสมกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 2 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน พบว่า การใช้ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์โซเดียม อะจิเนตสามารถจับกับน้ำมันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันได้ดี ทำให้สารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แต่หลังจากการอบสารผสมมีลักษณะค่อนข้างเหลว ในขณะที่การใช้ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ สารผสมหลังการอบมีลักษณะไม่แข็งและไม่เหลวเกินไป ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับสารโซเดียม อะจิเนต
(ก) สารผสมโซเดียม อะจิเนต 2 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก2)
(ข) สารผสมโซเดียม อะจิเนต 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)

จากผลการทดสอบสารยึดเกาะที่นำมาใช้กับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ซึ่งได้แก่ สารอวิเซล สารพีวีพี และสารโซเดียม อะจิเนต ทำการเลือกใช้สารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และสารโซเดียมอะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน มาทำการทดสอบร่วมกับสารเจือจางชนิดต่างๆ ในการทำให้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันเป็นผง เนื่องจากสารดังกล่าวสามารถจับตัวได้ดีกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน สามารถรวมส่วนของเนื้อสารสกัดหยาบและน้ำมันในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันให้เป็นเนื้อเดียวกัน และลักษณะของเนื้อสารผสมไม่เหลว หรือแข็งเกินไป

2.1.2 สารเจือจาง (diluents หรือ fillers)

ในการทดลองครั้งนี้ ได้พิจารณาเลือกสารเจือจางที่จะนำมาทดสอบร่วมกับสารยึดเกาะซึ่งได้ทำการคัดเลือกดังกล่าวมาแล้วข้างต้น โดยพิจารณาเลือกวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ กากถั่วเหลือง ข้าวโพดบด และรำละเอียด ซึ่งใช้ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ และแล็กโทสมาเป็นสารเจือจาง

2.1.3 วัตถุดิบอาหารสัตว์

วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ทดสอบร่วมกับสารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และสารโซเดียมอะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ได้แก่ กากถั่วเหลือง ข้าวโพดบด และรำละเอียดให้ผลการทดสอบ ดังนี้

- กากถั่วเหลือง

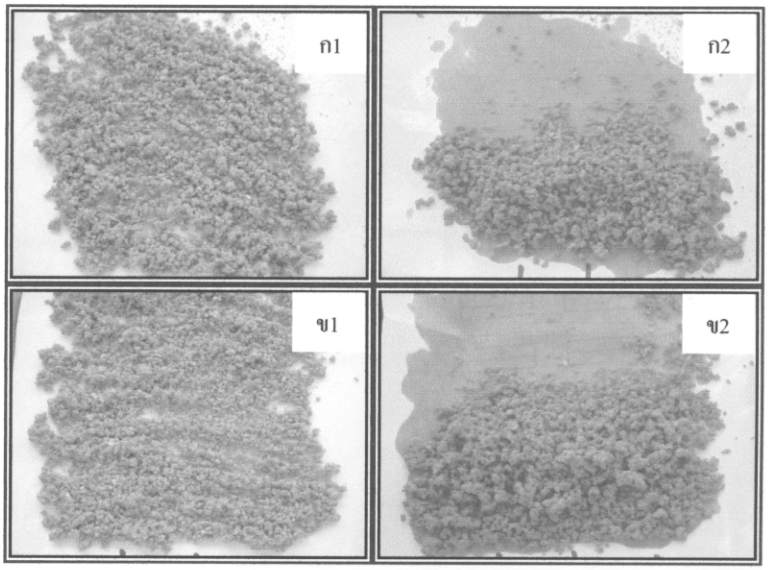
ผลการใช้กากถั่วเหลืองร่วมกับสารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน พบว่า หลังจากนำสารผสมไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า สารผสมมีส่วนของน้ำมันซึมออกมา เช่นเดียวกับการใช้กากถั่วเหลืองร่วมกับสารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 6)

- ข้าวโพดบด

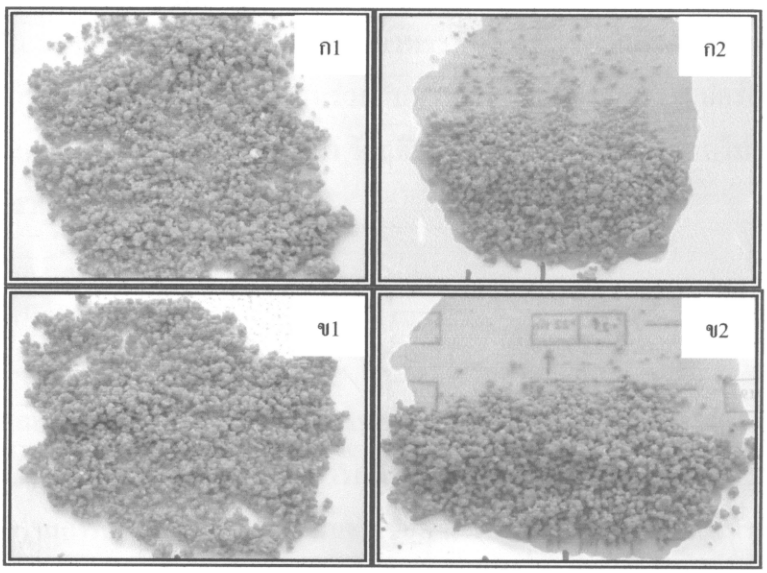
การใช้ข้าวโพดบดร่วมกับสารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน พบว่า หลังจากผ่านการอบ สารผสมที่ได้มีส่วนของน้ำมันซึมออกมาเช่นเดียวกับผลการใช้ข้าวโพดบดร่วมกับสารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 7)

- รำละเอียด

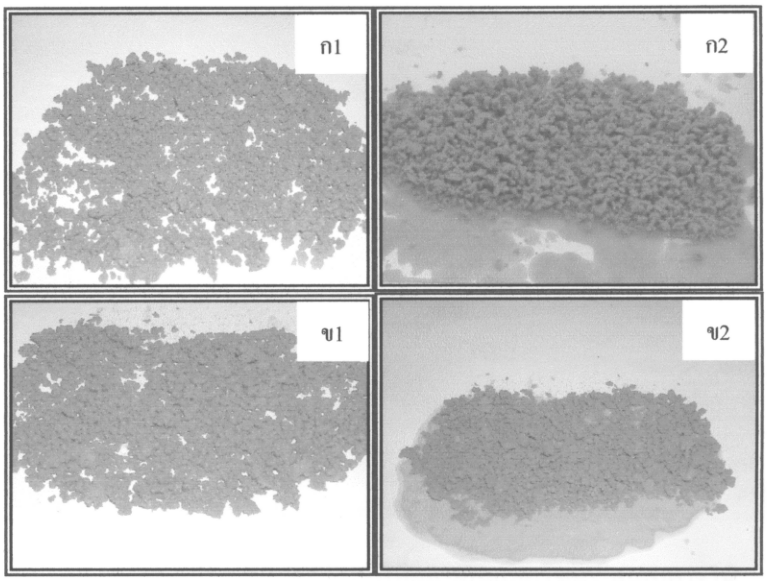
จากผลการทดสอบ พบว่า การใช้รำละเอียดเป็นสารเจือจางร่วมกับการใช้สารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับสารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการอบ สารผสมที่ได้ล้วนมีส่วนของน้ำมันซึมออกมาเช่นเดียวกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ใช้กากถั่วเหลือง และข้าวโพดบดเป็นสารเจือจาง (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 6 ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกากถั่วเหลืองร่วมกับการใช้
(ก) สารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก2);
(ข) สาร โซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)



ภาพที่ 7 ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับข้าวโพดบดร่วมกับการใช้
(ก) สาร อวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก2);
(ข) สาร โซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)

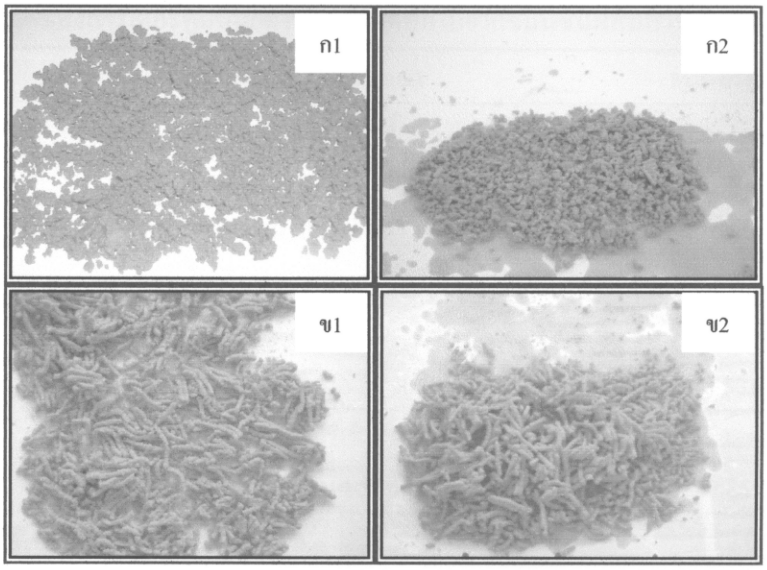


ภาพที่ 8 ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับรำละเอียดร่วมกับการใช้
(ก) สารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก2);
(ข) สารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)

ดังนั้น จากผลการทดสอบนำวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ กากถั่วเหลือง ข้าวโพดบด และรำละเอียด มาผสมกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันร่วมกับสารสารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับสารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาทดสอบไม่สามารถซับน้ำมันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันได้

2.1.4 แล็กโทส

จากผลการทดสอบพบว่า การใช้แล็กโทสเป็นสารเจือจางสามารถจับตัวได้ดีกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และผลจากการใช้แล็กโทสร่วมกับสารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ผสมกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน พบว่า เมื่อผ่านการอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส สารผสมที่ได้มีการซึมของน้ำมัน แต่ในปริมาณที่น้อยกว่าการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นสารเจือจาง ในขณะที่ใช้แล็กโทส ร่วมกับสารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ให้สารผสมที่มีน้ำมันซึมออกน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์และการใช้แล็กโทสร่วมกันสารอวิเซล (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ลักษณะของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมกับแล็กโทสร่วมกับการใช้
(ก) สารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ก1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ก2);
(ข) สารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ก่อนอบ (ข1) และหลังอบ 24 ชั่วโมง (ข2)

จากความสามารถในการจับตัว และความเป็นเนื้อเดียวกันของสารผสมแต่ละชนิด พบว่า การใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ไม่ว่าจะเป็นกากถั่วเหลือง ข้าวโพดบด หรือรำละเอียดเป็นสารเจือจาง ให้สารผสมที่ไม่ดูดซับน้ำมันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ทั้งนี้ชนิดของสารยึดเกาะไม่ส่งผลต่อลักษณะที่เกิดขึ้นดังกล่าว ในขณะที่การใช้แล็กโทสเป็นสารเจือจางร่วมกับการใช้สารโซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันให้สารผสมที่มีลักษณะแห้ง และมีการซึมของน้ำมันน้อยกว่า การใช้แล็กโทสร่วมกับสารอวิเซลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นสารเจือจาง ดังนั้น การใช้แล็กโทสร่วมกับโซเดียม อะจิเนตจึงมีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำมาใช้ผสมเพื่อให้ได้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางซึ่งมีลักษณะเป็นผงแห้ง

(3) ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์

เมื่อพิจารณาขั้นต้นในส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพ คือ ความสามารถในการจับตัว และความเป็นเนื้อเดียวของสารผสมแต่ละชนิดแล้ว ปัจจัยที่ใช้พิจารณาร่วมกัน คือ คุณสมบัติทางเคมี ซึ่งในที่นี้คือ ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในสารผสมแต่ละชนิด (ดังแสดงตารางที่ 2) โดยพบว่า สารผสมที่ใช้แล็กโทสเป็นสารเจือจาง และใช้โซเดียม อะจิเนตเป็นสารยึดเกาะ และสารผสมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นสารเจือจางมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$)

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์ของสารเคอร์คูมินอยด์ในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางแบบต่างๆ

สารเจือจาง	สารยึดเกาะ (%extract)	%เคอร์คูมินอยด์[1]
กากถั่วเหลือง	อวิเซล 20 เปอร์เซ็นต์	29.33±1.41[a]
	โซเดียม อะจิเนต 5 เปอร์เซ็นต์	29.27±3.43[a]
ข้าวโพดบด	อวิเซล 20 เปอร์เซ็นต์	21.30±4.32[c]
	โซเดียม อะจิเนต 5 เปอร์เซ็นต์	22.48±5.53[bc]
รำละเอียด	อวิเซล 20 เปอร์เซ็นต์	27.35±1.06[ab]
	โซเดียม อะจิเนต 5 เปอร์เซ็นต์	28.50±2.15[ab]
แล็กโทส	อวิเซล 20 เปอร์เซ็นต์	26.23±1.62[abc]
	โซเดียม อะจิเนต 5 เปอร์เซ็นต์	29.86±3.41[a]
P-value		0.030

[1]ปรับเทียบเปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบจากขมิ้นในสารผสมเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

อักษร a b c ในคอลัมน์ที่แตกต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

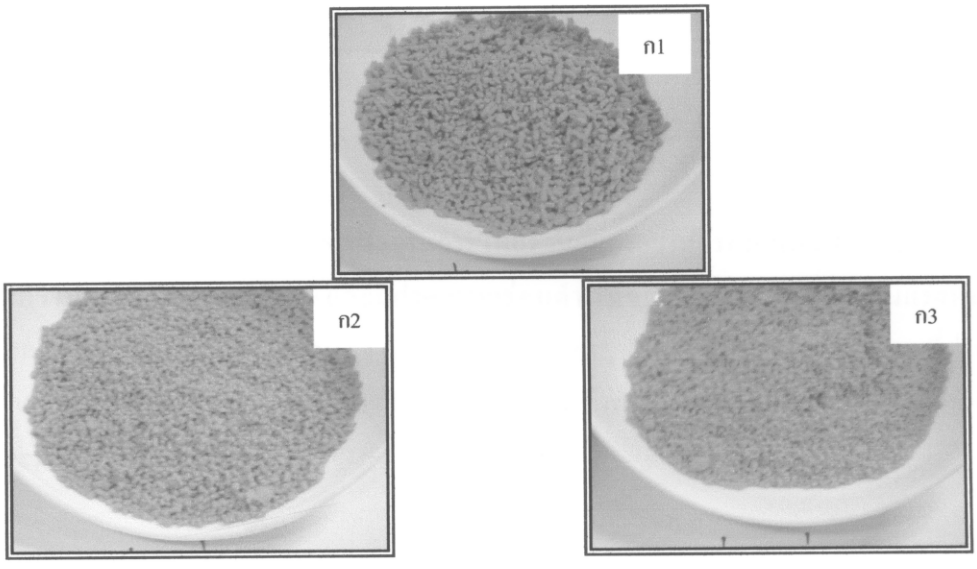
เมื่อนำทั้ง 2 ปัจจัย คือ ความสามารถในการจับตัว ความเป็นเนื้อเดียว และปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารผสม มาพิจารณา พบว่า สารผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ สารผสมที่ใช้แล็กโทสเป็นสารเจือจาง และใช้โซเดียม อะจิเนต เป็นสารยึดเกาะ เนื่องจากให้สารที่มีลักษณะแห้ง มีความเป็นเนื้อเดียวกันของสาร สามารถดูดซึมน้ำมันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันได้ อีกทั้งยังมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์สูงเมื่อเทียบกับสารผสมชนิดอื่นๆ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าสารผสมที่ใช้กากถั่วเหลืองจะมีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ไม่แตกต่างกับสารผสมที่ใช้แล็กโทสและโซเดียม อะจิเนต แต่สารผสมดังกล่าวไม่สามารถดูดซับน้ำมันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันได้

(4) การทดสอบขนาดอนุภาคที่เหมาะสมของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง

หลังจากอบสารสกัดหยาบขมิ้นชันที่ผสมแล็กโทสและโซเดียม อะจิเนต พบว่า อนุภาคของสารผสมมีขนาดใหญ่และไม่สม่ำเสมอกัน จึงทำการศึกษาเพื่อหาขนาดอนุภาคที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ผสมในอาหารสัตว์ โดยนำสารผสมที่ผ่านการอบแล้วมาผ่านแร่งเบอร์ 14 และเบอร์ 20 เปรียบเทียบกับสารผสมที่ไม่ผ่านแร่งหลังการอบ ซึ่งลักษณะของอนุภาคของสารผสมแต่ละแบบแสดงในภาพที่ 10 จากนั้นนำสารดังกล่าวไปทดสอบความสามารถในการไหล และความกร่อนของอนุภาค

4.1 ผลการทดสอบความสามารถในการไหล

จากผลการทดสอบความสามารถในการไหลของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ตารางที่ 4) พบว่าสารที่ไม่ผ่านแร่งและผ่านแร่งเบอร์ 14 หลังอบสามารถไหลได้ดีใกล้เคียงกัน คือมีค่ามุม θ เท่ากับ 29.89 และ 28.81 องศา ตามลำดับ ส่วนสารกลุ่มที่ผ่านแร่งเบอร์ 20 มีค่ามุม θ เท่ากับ 33.52 องศา มีความสามารถในการไหลได้ปานกลาง



ภาพที่ 10 ลักษณะอนุภาคของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่ใช้ทดสอบความกร่อน และความสามารถในการไหล
ก1 สารผสมที่ไม่ผ่านแร่งหลังอบ; ก2 สารผสมที่ผ่านแร่งเบอร์ 14 หลังอบ;
ก3 สารผสมที่ผ่านแร่งเบอร์ 20 หลังอบ

4.2 ผลการทดสอบความกร่อน

ผลการทดสอบความกร่อนของอนุภาค (ตารางที่ 3) พบว่าสารผสมที่ไม่ผ่านแร่งหลังจากอบมีความกร่อนสูงกว่าสารผสมที่ผ่านแร่งเบอร์ 14 โดยมีค่าความกร่อน เท่ากับ 45.94 และ 1.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารผสมที่ผ่านแร่งเบอร์ 20 ไม่สามารถวัดความกร่อนได้ เนื่องจากมีขนาดอนุภาคเล็กมากคล้ายผง ทำให้ขณะทำการทดลอง บางส่วนของสารหลุดออกจากเครื่องวัดความกร่อน และบางส่วนจับตัวกันเป็นก้อน

ตารางที่ 3 ค่าความสามารถในการไหลและความกร่อนของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสาร เจือจางที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน

รายการ	ขนาดอนุภาคสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง		
	ไม่ผ่านแร่ง	ผ่านแร่งเบอร์ 14	ผ่านแร่งเบอร์ 20
การไหล (flowability)			
มุม θ (องศา)	29.89	28.81	33.52
ความกร่อน (friability)			
Friability Index (%)	45.94	1.97	-[1]

[1]ตัวอย่างสารผสมที่ผ่านแร่งเบอร์ 20 ไม่สามารถวัดความกร่อนได้

เมื่อพิจารณาผลของความสามารถในการไหลร่วมกับค่าความกร่อน พบว่าสารผสมที่ผ่านแร่งเบอร์ 14 มีความสามารถในการไหลดีและมีค่าความกร่อนต่ำ ในขณะที่สารผสมที่ไม่ผ่านแร่งหลังอบสามารถไหลได้ดีเช่นกันแต่มีความกร่อนสูง ดังนั้น สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่ผ่านแร่งเบอร์ 14 ภายหลังจากการอบมีลักษณะเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ผสมในสูตรอาหารสัตว์ เนื่องจากมีความกร่อนต่ำและมีความสามารถไหลได้ดี

(5) คุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง

หลังจากศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางแล้ว ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง ประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง เปรียบเทียบกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง มีรายละเอียดดังนี้

5.1 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ตารางที่ 4) พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีปริมาณความชื้น โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม เถ้า และไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก เท่ากับ 9.08, 0.38, 5.57, 1.57, 0.40 และ 83.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีความชื้นสูงกว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันและขมิ้นชันผง ซึ่งมีความชื้น เท่ากับ 30.41 และ

11.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีนรวมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีปริมาณโปรตีนรวมต่ำกว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผงขมิ้นชัน (1.45 และ 10.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ในขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีไขมันรวม (60.71 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และขมิ้นชันผงที่มีไขมันรวมเท่ากับ 7.18 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าไนไตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ขมิ้นชันผง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (83.00, 57.61 และ 6.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Chattopadhyay และคณะ (2004) ที่พบว่าขมิ้นชันผงมีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และไนไตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก เท่ากับ 13.1, 6.3, 5.1, 3.5 และ 69.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้ค่อนข้างแตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ ทั้งนี้น่าเป็นผลมาจากความแตกต่างของสายพันธุ์ อายุ และวิธีการเก็บรักษาของขมิ้นชัน (Wongvarodom, 2004)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง (%ในสภาพแห้งไม่มีความชื้น)

โภชนะ	สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	ขมิ้นชันผง
ความชื้น	9.08	30.41	11.72
โปรตีนรวม	0.38	1.45	10.61
ไขมันรวม	5.57	60.71	7.18
เยื่อใยรวม	1.57	0.21	6.03
เถ้า	0.40	0.47	6.85
ไนไตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก	83.00	6.75	57.61

5.2 ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง

จากการศึกษาปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ (ตารางที่ 5) พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เท่ากับ 29.86 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบระดับของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในสารผสมเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผงมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ เท่ากับ 26.66 และ 11.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปริมาณของสารเคอร์คูมินอยด์ในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันจากการศึกษาของกิจการ และคณะ (2548) มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ มีค่าเท่ากับ 21.57 เปอร์เซ็นต์ และในส่วนของขมิ้นชันผง พบว่ามีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ใกล้เคียงกับที่ อรุณพร และคณะ (2543) รายงานไว้ คือ 11.90 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง ขมิ้นชันผง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน

ตัวอย่าง	%curcuminoid
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง[1]	29.86±3.41
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	26.66±0.63
ขมิ้นชันผง	11.08±1.09

[1]ปรับเทียบเปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในสารผสมเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

5.3 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง

จากตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดีที่สุด คือ มีค่า EC_{50} เท่ากับ 6.98 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีค่า EC_{50} เท่ากับ 10.94 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับ BHT (10.69 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) อย่างไรก็ตาม สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางก็มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดีกว่าขมิ้นชันผง ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 11.31 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่จากการศึกษาของ อรุณพร และคณะ (2543) พบว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเท่ากับ 14.35 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีฤทธิ์ต่ำกว่าผลจากการทดลองครั้งนี้ ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากคุณภาพของขมิ้นชันสด ซึ่งสายพันธุ์ อายุ สภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน และสภาพการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพของขมิ้นชันทั้งในส่วนของปริมาณสารเคอร์คูมินและฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Tewtrakul, 1993; Wongvarodom, 2004)

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง

ตัวอย่าง	EC_{50} (µg/ml)
BHT	10.69±1.52
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	10.94±1.05
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	6.98±1.81
ขมิ้นชันผง	11.31±0.74

สรุป

จากการศึกษาการสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และการหาเทคนิคการผสมในอาหารไก่-กระทง สามารถสรุปได้ ดังนี้

(1) จากการสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันโดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ได้ปริมาณสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน เท่ากับ 25.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักขมิ้นชันผง หรือคิดเป็น 8.35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักขมิ้นชันสด มีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ เท่ากับ 26.66 เปอร์เซ็นต์ และการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH พบว่า มีค่า EC_{50} เท่ากับ 6.98 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

(2) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปผสมในอาหารไก่กระทง คือ สารผสมที่ได้ใช้แล็กโทสเป็นสารเจือจาง และใช้โซเดียม อะจิเนตที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบเป็นสารยึดเกาะ เนื่องจากให้สารที่มีลักษณะแห้ง มีความเป็นเนื้อเดียวกันของสาร สามารถดูดซึมน้ำมันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันได้ อีกทั้งยังมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์สูงเมื่อเทียบกับสารผสมชนิดอื่นๆ คือเท่ากับ 29.86 เปอร์เซ็นต์ และผลจากการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางดังกล่าว มีค่า EC_{50} เท่ากับ 10.94 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

(3) ขนาดอนุภาคของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เหมาะสม คือ สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่ผ่านแร่งเบอร์ 14 หลังจากอบ เนื่องจากมีความสามารถในการไหลดี (θ = 28.81 องศา) และมีความกร่อนต่ำ (1.97%)

(4) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีความชื้น เท่ากับ 90.92 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม เถ้า และไนไตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก เท่ากับ 0.38, 5.57, 1.57, 0.40 และ 83.00 เปอร์เซ็นต์บนฐานของวัตถุแห้ง ตามลำดับ

บทที่ 4
การทดลองที่ 2
การศึกษาความคงตัวของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง

บทนำ

ภายหลังจากทำการสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และหาเทคนิคเพื่อนำไปผสมในอาหารไก่กระทง (บทที่ 3) โดยได้ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีบางประการ อย่างไรก็ตาม ก่อนนำสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมาใช้ประโยชน์จำเป็นจะต้องวิเคราะห์หาความคงตัว เพื่อทราบถึงความคงตัวของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางในสภาวะต่างๆ ได้แก่ แสง ความร้อน ความเป็นกรด-ด่าง และความคงตัวในสภาวะเร่ง ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในด้านการเก็บรักษา และการยืดอายุการเก็บรักษาสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางต่อไป

วัตถุประสงค์

(1) ศึกษาความคงตัวของสีในสภาวะต่างๆ ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง

(2) ศึกษาความคงตัวของปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในสภาวะต่างๆ ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง

(3) ศึกษาความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในสภาวะต่างๆ ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

(1) วัสดุ

1.1 สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน

1.2 ผงขมิ้นชัน

1.3 สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางซึ่งได้จากการทดลองที่ 1 (บทที่ 3)

(2) อุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ค่าสี เครื่อง HunterLab color meter รุ่น ColorFlex ของบริษัท Hunter Associates Laboratory Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ ดังแสดงในบทที่ 3

2.3 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH radical assay (ดังแสดงในบทที่ 3)

(3) สารเคมี

3.1 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ ดังแสดงในบทที่ 3

3.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH radical assay ดังแสดงในบทที่ 3

(4) วิธีการทดลอง

4.1 ความคงตัวต่อแสง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ จากนั้นนำตัวอย่างเก็บไว้ในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 แบบ คือ เก็บในสภาพปกติที่ถูกแสง และเก็บในที่มืด โดยเก็บในถุงพลาสติกสีดำ ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่าง ได้แก่ (ก) ตรวจวัดค่าสีด้วยเครื่อง HunterLab color meter และรายงานค่าที่ประเมินได้ในระบบ CIE (Complete International Commission on Illumination) เป็นค่า L* (lightness), a* (redness) และ b* (yellowness) (ข) ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ตามวิธีของ THP (1995) และ (ค) ทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH radical assay (Yamasaki *et al.*, 1994) ทำการทดสอบที่อายุการเก็บ 1, 3, 5 และ 7 วัน

4.2 ความคงตัวต่อความร้อน ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำไปเก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส), อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่าง โดยวัดค่าสี หาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ และทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ทดสอบที่อายุการเก็บ 1, 3, 5 และ 7 วัน เช่นเดียวกับข้อ 4.1

4.3 ความคงตัวต่อความเป็นกรด-ด่าง เตรียมสารละลายตัวอย่างให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4, 7 และ 10 จากนั้นทำการวัดค่าสี หาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ และทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยทำการทดสอบที่อายุการเก็บ 1, 3, 5 และ 7 วัน เช่นเดียวกับข้อ 4.1 และ 4.2

4.4 ความคงตัวในสภาวะเร่ง (accelerated stability) นำตัวอย่างใส่ในโถดูดความชื้นที่ปรับให้มีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าหรือเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยการใส่โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) อิ่มตัวใน

โถดูดความชื้น นำโถดูดความชื้นพร้อมตัวอย่างเก็บในตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ และทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันทุก 15 วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

(1) ความคงตัวของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางต่อแสง

1.1 ค่าสี

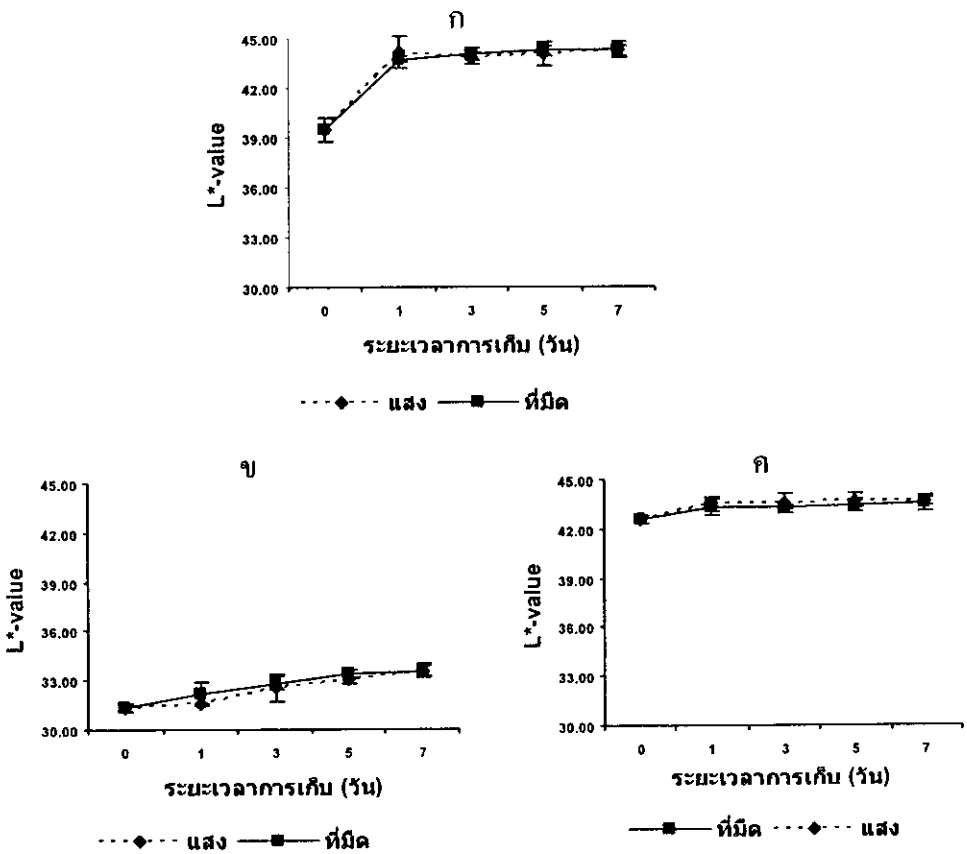
1.1.1 ค่า L* (ค่าความสว่าง; lightness; L*value)

จากการศึกษาผลของแสงต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง พบว่า ค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางทั้งกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืด เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ($r = 0.70$ และ 0.76 ตามลำดับ) และมีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองกลุ่ม (ภาพที่ 11ก) ซึ่งจะเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดที่ระยะการเก็บ 1 วัน โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีค่า L* เริ่มต้นเท่ากับ 39.51 และเพิ่มขึ้นเป็น 44.11 ในกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และ 43.73 ในกลุ่มที่เก็บในที่มืด ตามลำดับ ในขณะที่ช่วงระยะการเก็บ 3-7 วัน สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางทั้งสองกลุ่มมีค่า L* เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และมีค่าเท่ากับ 44.23 ในกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และ 44.29 ในกลุ่มที่เก็บในที่มืดที่ระยะการเก็บ 7 วัน (ตารางภาคผนวกที่ 2)

ในส่วนของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 11ข) พบว่า ค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการเก็บเพิ่มขึ้น ($r = 0.91$ และ 0.88 ตามลำดับ) และทั้งสองกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีค่า L* เริ่มต้นเฉลี่ย 31.36 และค่อยๆ เพิ่มขึ้นเป็น 33.55 และ 33.53 ในระยะการเก็บ 7 วัน สำหรับกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และในที่มืด ตามลำดับ

สำหรับขมิ้นชันผง (ภาพที่ 11ค) พบว่า ค่า L* ของขมิ้นชันผงกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสงกับกลุ่มที่เก็บในที่มืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บนานขึ้น (ค่า $r = 0.64$ และ 0.63 ตามลำดับ) และทั้งสองกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 42.55 และเมื่อเก็บครบ 7 วันมีค่า L* เท่ากับ 43.69 และ 43.53 สำหรับกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืด ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของแสงต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผงในช่วงระยะเวลาการเก็บ 7 วัน พบว่า แสงไม่มีอิทธิพลต่อค่า L* ของสารทั้งสามชนิด และระยะเวลาการเก็บมีแนวโน้มทำให้ค่า L* ของสารทั้งสามชนิดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



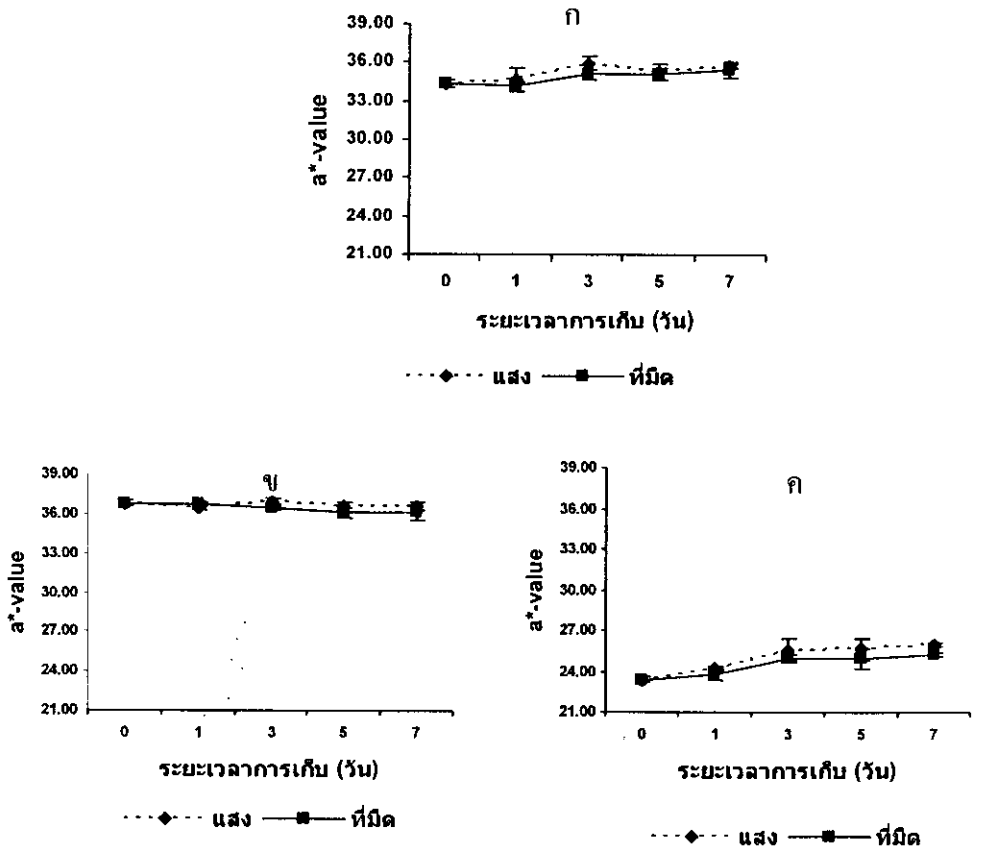
ภาพที่ 11 ผลของแสงต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

1.1.2 ค่า a* (ค่าความแดง; redness)

จากการศึกษาผลของแสงต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางในช่วงระยะเวลาการเก็บ 7 วัน (ภาพที่ 12ก) พบว่า แนวโน้มว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืดจะมีค่า a* เพิ่มขึ้นเมื่อระยะการเก็บเพิ่มขึ้น (ค่า r = 0.66 และ 0.76 ตามลำดับ) แต่ทั้งสองกลุ่มมีค่า a* ใกล้เคียงกัน โดยมีค่า a* เริ่มต้นเท่ากับ 34.31 และเมื่อเก็บครบ 7 วันมีค่าเท่ากับ 35.76 และ 35.49 สำหรับกลุ่มที่เก็บในสภาพที่มีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืด ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 2)

ในขณะที่ค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 12ข) ทั้งกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืดไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการเก็บ (ค่า r = -0.10 และ 0.63 ตามลำดับ) และมีค่า a* ใกล้เคียงกัน โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีค่า a* เริ่มต้นเท่ากับ 36.76 และเมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืดมีค่า a* เท่ากับ 36.60 และ 36.20 ตามลำดับ

สำหรับค่า a* ของขมิ้นชันผง (ภาพที่ 12ค) พบว่า ขมิ้นชันผงที่เก็บไว้ในสภาพ มีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืดมีค่า a* เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น (ค่า r = 0.86 และ 0.85 ตามลำดับ) โดยมีค่า a* เริ่มต้นเท่ากับ 23.41 และที่ระยะการเก็บ 7 วัน ค่า a* ของกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืดเพิ่มขึ้นเป็น 25.95 และ 25.29 ตามลำดับ

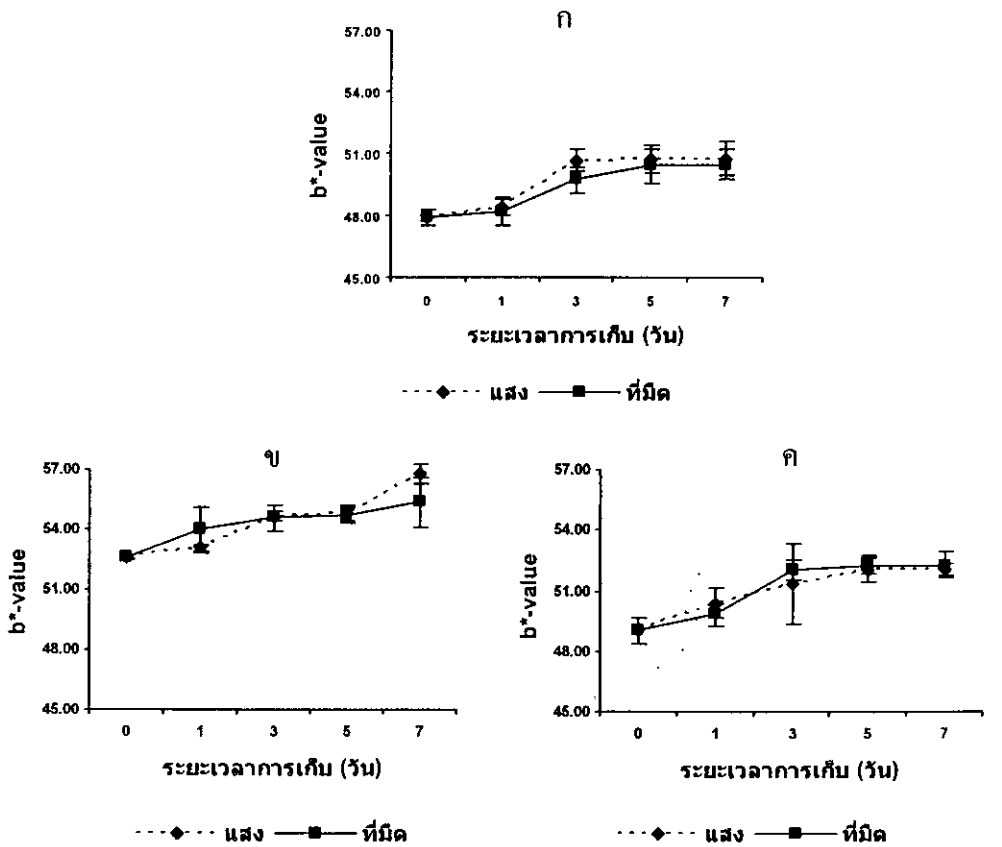


ภาพที่ 12 ผลของแสงต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของแสงต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผงในช่วงระยะเวลาการเก็บ 7 วัน พบว่า แสงไม่มีอิทธิพลต่อค่า a* ของสารทั้งสามชนิด ในขณะที่ระยะเวลาในการเก็บมีแนวโน้มทำให้ค่า a* ของขมิ้นชันผงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน

1.1.3 ค่า b* (ค่าความเหลือง; yellowness)

จากการศึกษาผลของแสงต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง ในช่วงระยะการเก็บ 7 วัน (ภาพที่ 13ก) พบว่า ค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง ซึ่งมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 47.89 เพิ่มเป็น 50.74 ในกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และ 50.45 ในกลุ่มที่เก็บในที่มืด ตามลำดับ ทั้งนี้ที่ระยะการเก็บ 7 วัน(ค่า r = 0.84 และ 0.85 ตามลำดับ) ทั้งสองกลุ่มมีค่า b* ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 13 ผลของแสงต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

สำหรับค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 13ข) พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีค่า b* เริ่มต้นเท่ากับ 52.57 และค่า b* เพิ่มขึ้นเป็น 56.79 ในกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และ 52.27 ในกลุ่มที่เก็บในที่มืด ตามลำดับ ที่ระยะการเก็บ 7 วัน

อนึ่ง ในขณะที่ค่า b* ของขมิ้นชันผง (ภาพที่ 13ค) กลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืด มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น (ค่า r = 0.76 และ 0.87 ตามลำดับ) โดยมีค่า b* เริ่มต้นเท่ากับ 49.03 และที่ระยะการเก็บ 7 วัน ค่า b* เพิ่มขึ้นเป็น 52.07 และ 52.27 สำหรับกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืด ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของแสงต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผงในช่วงระยะเวลาการเก็บ 7 วัน พบว่า แสงไม่มีอิทธิพลต่อค่า b* ของสารทั้งสามชนิด และระยะเวลาการเก็บมีแนวโน้มทำให้ค่า b * ของสารทั้งสามชนิดเพิ่มขึ้น

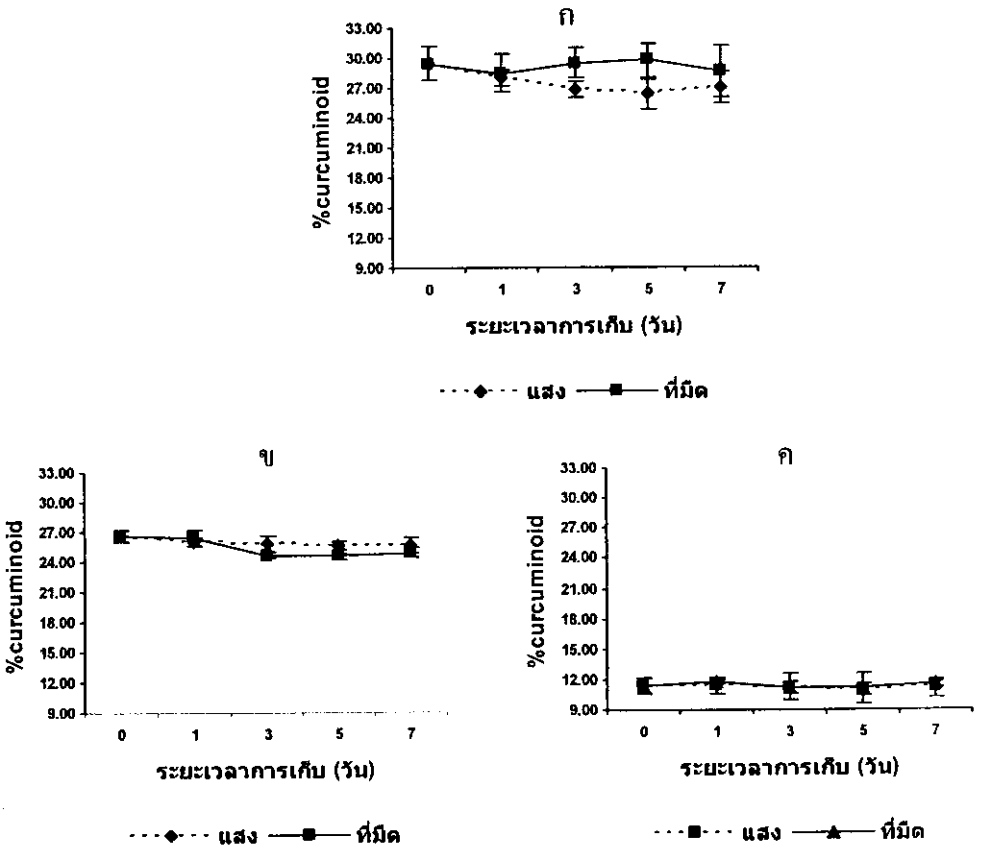
อนึ่ง จากผลการศึกษาครั้งนี้ แสดงว่าแสงไม่มีผลต่อค่า L*, a* และ b* ของสารทั้งสามชนิด ในขณะที่ระยะเวลาในการเก็บมีแนวโน้มทำให้ค่า L* และ b* ของสารทั้งสามชนิดเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับค่า a* ของขมิ้นชันผง แต่ไม่มีผลต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ซึ่งทำให้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีสีเหลืองออกน้ำตาล ในขณะที่ขมิ้นชันผงมีสีแดงขึ้นเล็กน้อย (ค่า a* เพิ่มขึ้น) สอดคล้องกับ Govindarajan (1980) ที่รายงานว่า แสงและระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีของขมิ้นชันเพียงเล็กน้อย

1.2 สารเคอร์คูมินอยด์

จากการศึกษาผลของแสงต่อความคงตัวของสารเคอร์คูมินอยด์ในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ภาพที่ 14ก) พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มที่เก็บในที่มืด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.69 และ 29.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่า ระยะเวลาการเก็บ 7 วัน ไม่มีผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางทั้งในกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืด (ค่า r = -0.22 และ -0.05 ตามลำดับ) โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เริ่มต้นเท่ากับ 29.48 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.02 และ 29.37 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 1)

สำหรับผลของแสงที่มีต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 14ข) พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และเก็บในที่มืดมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์

ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 25.93 และ 25.60 ตามลำดับ และเมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันของทั้งสองกลุ่มลดลงเล็กน้อย (ค่า r = -0.51 และ -0.40 ตามลำดับ) โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เริ่มต้นเท่ากับ 26.66 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บเป็นเวลา 7 วัน พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสงและกลุ่มที่เก็บในที่มืดมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เท่ากับ 25.61 และ 25.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 14 ผลของแสงต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือ-จาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

ในส่วนของขมิ้นชันผง (ภาพที่ 14ค) พบว่า แสงไม่มีผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของขมิ้นชันผงเช่นกัน โดยพบว่า ขมิ้นชันผงกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืดมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เฉลี่ยเท่ากับ 11.21 และ 11.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าระยะเวลาในการเก็บ 7 วัน ไม่มีผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของขมิ้นชันผงทั้งกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืด (ค่า r = -0.22 และ -0.06 ตามลำดับ) ซึ่งขมิ้นชันผงมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เริ่มต้นเท่ากับ 11.35

เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บนาน 7 วัน มีค่าเท่ากับ 11.09 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และ 11.90 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มที่เก็บในที่มืด ตามลำดับ

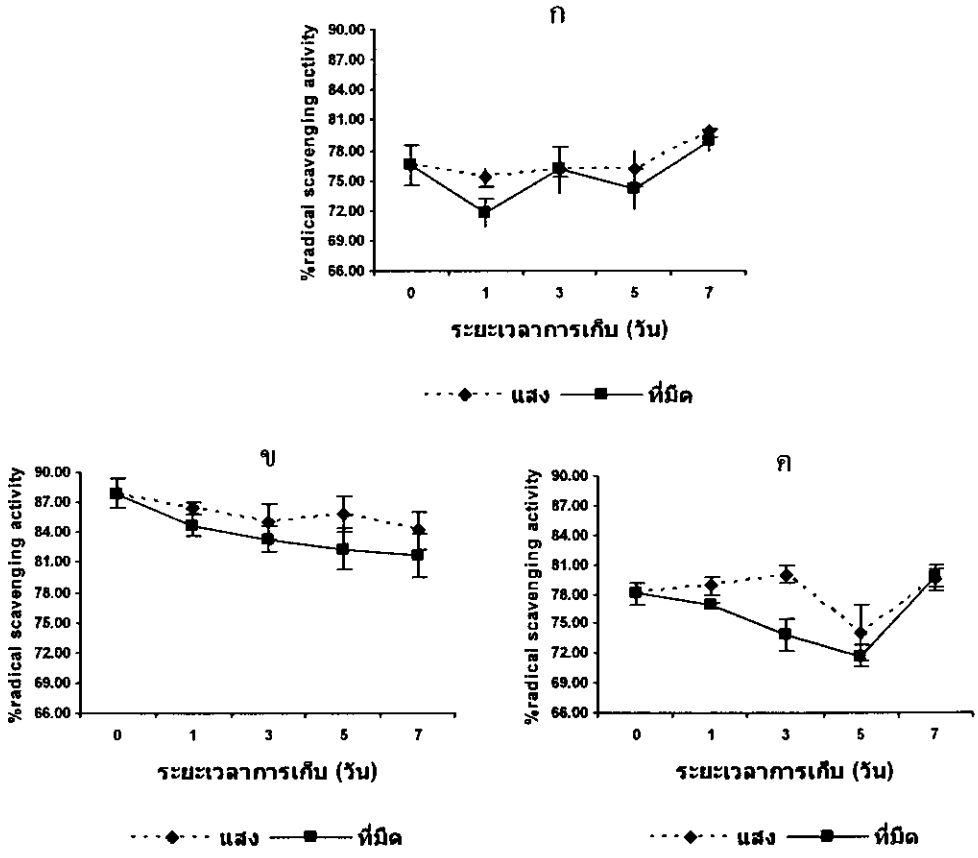
จากผลการศึกษาข้างต้นแสดงว่าแสงมีผลทำให้ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางลดลงเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง ในขณะที่ระยะเวลาในการเก็บ 7 วัน ไม่มีผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และขมิ้นชันผง แต่มีผลทำให้ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันลดลงเล็กน้อย จากการศึกษาของ Price และ Buescher (1996) พบว่า ขมิ้นชันแห้งมีความคงทนต่อแสงมากกว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ซึ่ง Souza และคณะ (1997) พบว่า แม้สารเคอร์-คูมินอยด์จะไวต่อแสง แต่อิทธิพลร่วมของแสงและอากาศมีผลต่อสารเคอร์คูมินอยด์มากกว่าแสง และจากการศึกษาของ Wongvarodom (2004) พบว่า การเก็บขมิ้นชันผง และขมิ้นชันแบบแผ่นบางในถุงพลาสติกสีดำ ซึ่งแสงผ่านได้น้อย และเก็บในถุงกระดาษที่แสงสามารถผ่านได้ เป็นเวลา 15 เดือน ไม่มีผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์

1.3 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

จากการศึกษาผลของแสงต่อความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยวิธี DPPH และรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่า แสงไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ภาพที่ 15ก) โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ เท่ากับ 76.77 และ 75.48 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสงและกลุ่มที่เก็บในที่มืด ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าระยะเวลาในการเก็บ 7 วันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางทั้งสองกลุ่ม (ค่า r = -0.56 และ -0.37 ตามลำดับ) โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 76.48 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 7 วัน มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ เท่ากับ 79.83 เปอร์เซ็นต์ในกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และ 78.98 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มที่เก็บในที่มืด ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 3)

สำหรับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 15ข) พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันทั้งกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสงและกลุ่มที่เก็บในที่มืดมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.88 และ 84.00

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเก็บสารสกัดขมิ้นชันเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เป็นในที่มืดมีแนวโน้มลดลง (ค่า r = -0.63 และ -0.81 ตามลำดับ) จากเดิมซึ่งเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระเริ่มต้นที่มีค่าเท่ากับ 87.88 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะในการเก็บ 7 วัน เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืดมีค่าเท่ากับ 84.19 และ 81.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 15 ผลของแสงต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

ในส่วนของเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของขมิ้นชันผง (ภาพที่ 15ค) พบว่า เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของขมิ้นชันผงกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืด มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 78.07 และ 76.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่า ระยะเวลาในการเก็บ 7 วัน ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของขมิ้นชันผงทั้งกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืด (ค่า r = -0.10 และ -0.08 ตามลำดับ) โดยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระเริ่มต้นของขมิ้นชันผงมีค่าเท่ากับ

78.02 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 7 วัน เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของขมิ้นชันผงกลุ่มที่เก็บในสภาพมีแสง และกลุ่มที่เก็บในที่มืด มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 79.53 และ 79.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า แสงไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง และระยะเวลาในการเก็บ 7 วัน ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และขมิ้นชันผง แต่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันลดลง ซึ่งจากการศึกษาของ Wongvarodom (2004) พบว่า ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของขมิ้นชันจะลดลงเมื่อเก็บเป็นเวลา 6 เดือน ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ลดลงในช่วงการเก็บดังกล่าว

(2) ความคงตัวต่อความร้อน

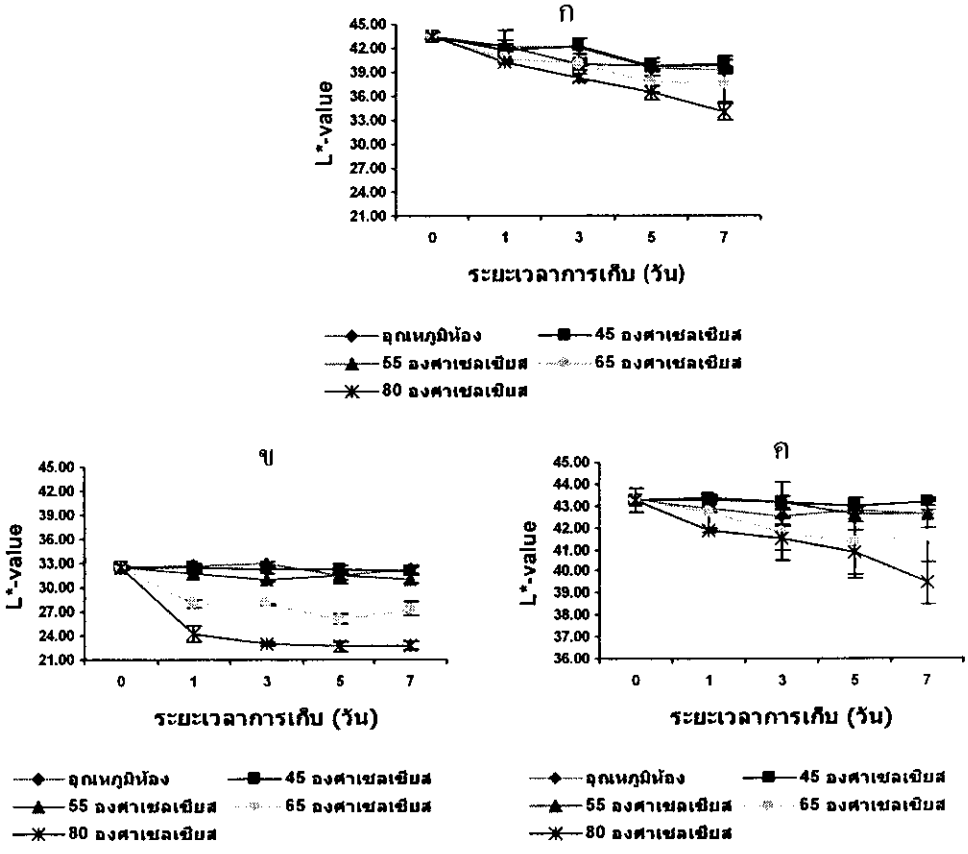
2.1 ค่าสี

2.1.1 ค่า L*

จากการศึกษาผลของความร้อนที่มีต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง (ภาพที่ 16) พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ภาพที่ 16ก) ซึ่งมีค่า L* เริ่มต้นเท่ากับ 49.74 เมื่อเก็บนาน 1 วัน กลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่า L* ใกล้เคียงกัน คือ 49.45, 48.84 และ 47.27 ตามลำดับ แต่ที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส ค่า L* มีค่าลดลงโดยมีค่าเท่ากับ 44.75 และ 44.41 ตามลำดับ นอกจากนี้ ระยะเวลาในการเก็บที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางลดลงในทุกอุณหภูมิที่ทำการทดสอบ ทั้งนี้ระยะเวลาการเก็บ 7 วัน มีผลทำให้ค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่เก็บที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุด คือ เท่ากับ 38.94 (ตารางภาคผนวกที่ 4)

สำหรับค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 16ข) พบว่า ที่ระยะการเก็บ 1 วัน ค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 54.09, 52.46 และ 52.42 ตามลำดับ ซึ่งค่า L* เริ่มต้นของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันเท่ากับ 53.38 ในขณะที่ค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เก็บที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดคือ มีค่าเท่ากับ 45.77 และ 37.65 ตามลำดับ และพบว่า ระยะเวลาในการเก็บ 7 วัน มีผลทำให้ค่า

L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีการลดลงเล็กน้อย และใน แต่ละกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีอัตราการลดลงของค่า L* สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 45.75 และ 37.86 ตามลำดับ



ภาพที่ 16 ผลของความร้อนต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

ในส่วนของค่า L* ของขมิ้นชันผง (ภาพที่ 16ค) พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่า L* เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน โดยมีค่า L* เริ่มต้นเท่ากับ 48.78 และที่ระยะการเก็บ 1 วัน ค่า L* ของขมิ้นชันผงกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส เท่ากับ 48.66, 49.73 และ 48.64 ตามลำดับ ส่วนค่า L* ของขมิ้นชันผงกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส เท่ากับ 47.07 และ 46.16 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า L* ของขมิ้นชันผงที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีค่าเท่ากับ 49.65, 50.78, 50.18, 46.85 และ 42.77 ตามลำดับ

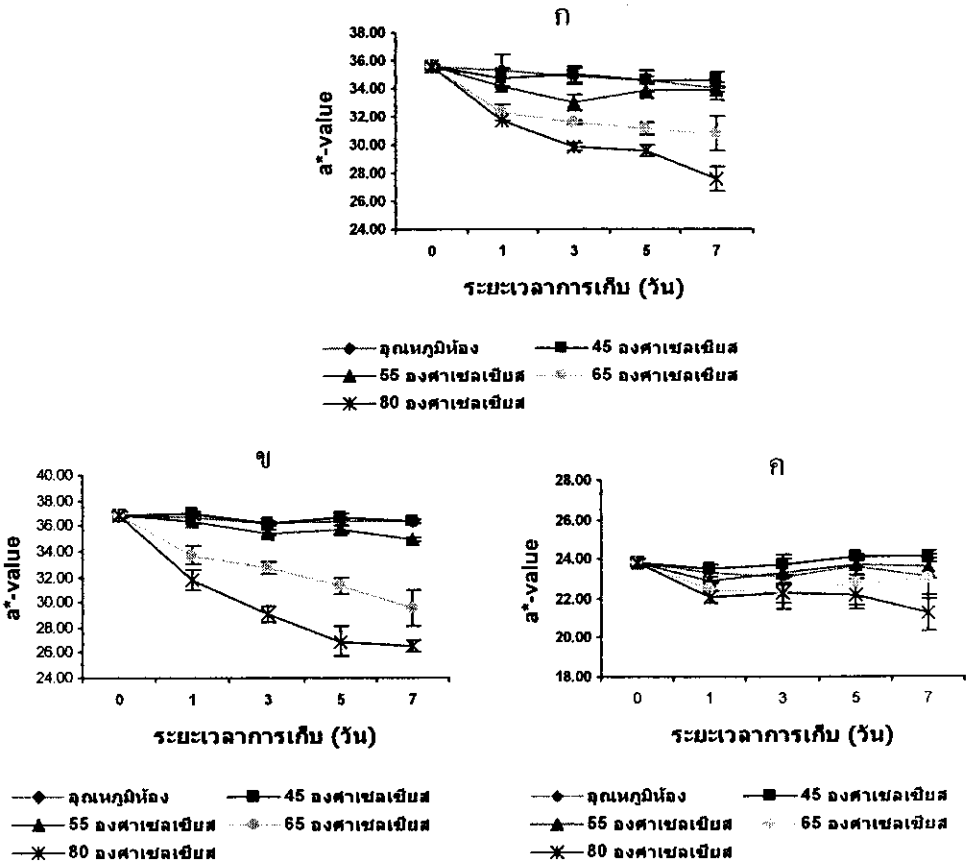
เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง พบว่า ที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส สารทั้งสามชนิดมีการเปลี่ยนแปลงของค่า L* น้อยมาก ในขณะที่อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น (65 และ 80 องศาเซลเซียส) มีผลทำให้ค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีการลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ ขมิ้นชันผง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาอัตราการลดลงของค่า L* ในช่วงระยะเวลาการเก็บ 7 วัน พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีอัตราการลดลงของค่า L* มากที่สุด รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง ตามลำดับ

2.1.2 ค่า a*

ผลของความร้อนต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ภาพที่ 17ก) พบว่า เมื่อเก็บสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่ในอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน ค่า a* มีการลดลงเพียงเล็กน้อย โดยค่า a* เริ่มต้น เท่ากับ 35.54 และลดลงเป็น 35.25, 34.77 และ 34.07 ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่า a* ลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเก็บนาน 1 วัน คือ เท่ากับ 32.29 และ 31.71 ตามลำดับ และเมื่อเก็บสารผสมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันนาน 7 วัน ค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียสลดลงเพียงเล็กน้อย คือมีค่า a* เท่ากับ 33.90, 34.56 และ 33.80 ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่า a* ลดลงเท่ากับ 30.75 และ 27.60 ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีค่า a* ต่ำที่สุด (ตารางภาคผนวกที่ 5)

สำหรับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 17ข) พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน มีค่า a* ใกล้เคียงกัน คือ เท่ากับ 36.62, 36.98 และ 36.30 ตามลำดับ และใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น (36.89) แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่า a* จะลดลงเป็น 33.73 และ 31.79 ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บไว้นาน 7 วัน สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่า a* ลดลงเพียงเล็กน้อย คือ มีค่าเท่ากับ 36.39, 36.31 และ 34.94 ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่า a* ลดลงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสามกลุ่มข้างต้น โดยมีค่า a* เท่ากับ 29.54 และ 26.53 ตามลำดับ

ในส่วนของผลของความร้อนต่อค่า a* ของขมิ้นชันผง (ภาพที่ 17ค) พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางและสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ทั้งนี้ขมิ้นชันผงที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่า a* เท่ากับ 23.31, 23.48, 22.87, 22.46 และ 22.08 ตามลำดับ (ค่า a* เริ่มต้นของขมิ้นชันผงเท่ากับ 23.82) และเมื่อเก็บขมิ้นชันผงนานขึ้น ขมิ้นชันผงที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45, 55 และ 65 องศาเซลเซียส มีค่า a* ลดลงเพียงเล็กน้อย คือ มีค่าเท่ากับ 23.14, 24.14, 23.66 และ 23.00 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า a* ของขมิ้นชันผงกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 21.27 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 17 ผลของความร้อนต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

จากผลการทดลองดังกล่าวเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ค่า a* จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยจะเห็นการเปลี่ยนแปลงชัดเจนเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 65 และ 80 องศาเซลเซียส และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีอัตราการลดลงมากที่สุด รองลงมา คือ สารสกัดหยาบจาก

ขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และขมิ้นชันผง นอกจากนี้ ระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้สารทั้งสามชนิดมีค่าสีแดงลดลง จากการศึกษา พบว่า ค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันลดลงมากที่สุด รองลงมา คือ สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และผงขมิ้นชันตามลำดับ

2.1.3 ค่า b*

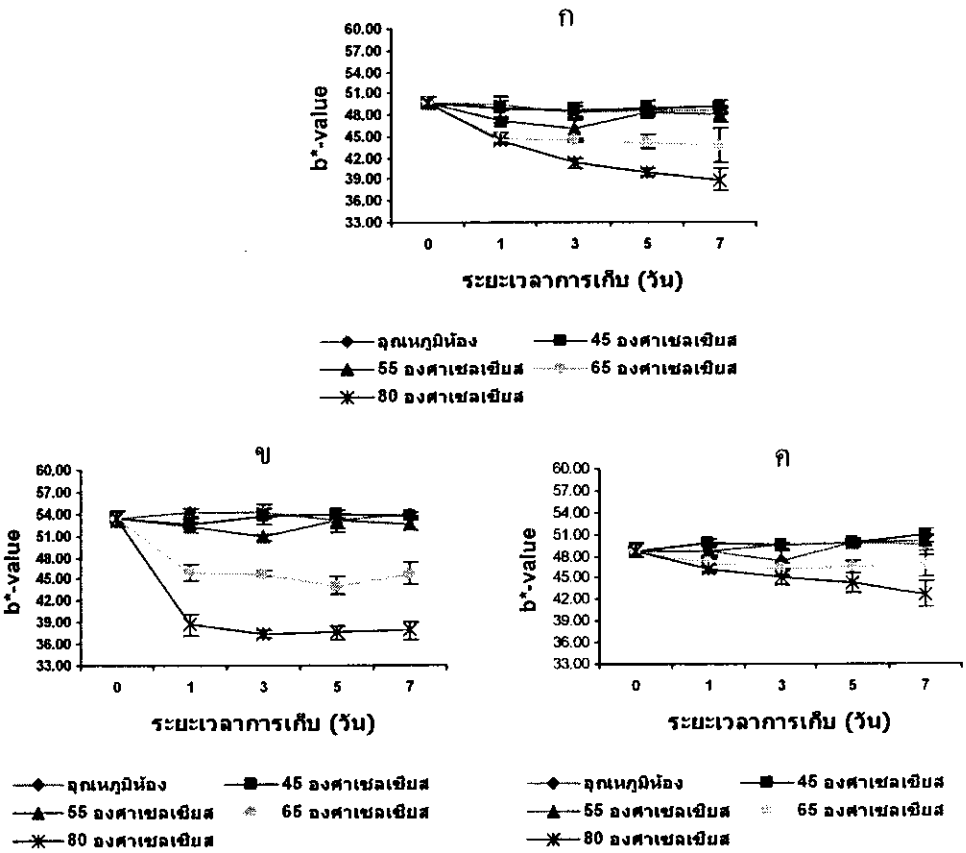
จากภาพที่ 18ก แสดงให้เห็นถึงผลของความร้อนต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง ทั้งนี้พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีค่า b* เริ่มต้น เท่ากับ 49.74 และการเก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 วัน มีค่า b* เท่ากับ 49.45, 48.84 และ 47.27 ตามลำดับ และเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีค่า b* เท่ากับ 44.75 และ 44.41 ตามลำดับ นอกจากนี้ การเก็บสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางนาน 7 วัน มีผลทำให้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีค่า b* ลดลงเช่นกัน โดยกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียสมีค่า b* ค่อนข้างคงที่ คือ 48.47, 49.21 และ 48.02 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียสมีค่า b* ลดลง มีค่าเท่ากับ 43.64 และ 38.94 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 6)

เมื่อพิจารณาถึงผลของความร้อนต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 18ข) พบว่า เมื่อเก็บสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไว้ที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน ความเหลืองของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย คือมีค่า b* เท่ากับ 54.09, 52.46 และ 52.42 ตามลำดับ (มีค่า b* เริ่มต้นเท่ากับ 53.39) ในขณะที่ค่า b* ลดลงเป็น 45.94 และ 38.67 เมื่อเก็บสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ระยะเวลาในการเก็บ 7 วัน ยังมีผลทำให้ค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันลดลง ทั้งนี้การเก็บสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียสส่งผลทำให้ค่าความเหลืองลดลง เท่ากับ 53.83, 53.74, 52.67, 45.75 และ 37.86 ตามลำดับ

สำหรับขมิ้นชันผง (ภาพที่ 18ค) พบว่า ขมิ้นชันผงที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง, อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส ที่ระยะการเก็บ 1 วัน มีค่า b* เท่ากับ 48.66, 49.73, 48.64, 47.07 และ 46.16 ตามลำดับ (ค่า b* เริ่มต้นเท่ากับ 48.78) และเมื่อเก็บขมิ้นชันผงในสภาวะดังกล่าวเป็นเวลา 7 วัน พบว่า ขมิ้นชันผงมีค่า b* เท่ากับ 49.65, 50.78, 50.18, 46.85 และ 42.77 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาดังกล่าวเห็นได้ว่า ความร้อนและระยะเวลาในการเก็บมีผลทำให้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผงมีค่า b* ลดลง โดยเห็นได้ชัดในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เก็บที่อุณหภูมิ 65 และ 80

องศาเซลเซียส ส่วนขมิ้นชันผงจะเห็นการลดลงของค่า b* ชัดเจนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสารทั้งสามชนิด ในช่วงระยะเวลาการเก็บ 7 วัน พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีการเปลี่ยนแปลงของค่า b* มากที่สุด รองมาคือสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และขมิ้นชันผง ตามลำดับ



ภาพที่ 18 ผลของความร้อนต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

สำหรับผลของความร้อนต่อสีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง พบว่า สารทั้งสามชนิดมีการเปลี่ยนแปลงของสีที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส น้อยมาก (ทั้งค่า L*, a* และ b*) แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 65 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าสารทั้งสามชนิดมีสีออกน้ำตาล ทั้งนี้เพราะมีค่า L*, a* และ b* ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า ระยะเวลาการเก็บ 7 วัน สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีค่า L* ลดลงมาก รองลงมา คือ สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง ตามลำดับ ส่วนค่า a* และ b* พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีค่า a* และ b* ลดลงมากที่สุด รองลงมา คือ สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และผงขมิ้นชัน ตามลำดับ ดังนั้นจากผลการศึกษาจึงสรุปได้ว่าระยะเวลาการเก็บ 7 วัน มีผลทำให้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีสีออกน้ำตาล

ในขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และขมิ้นชันผงมีสีเหลืองออกน้ำตาล อย่างไรก็ตาม สารสีของขมิ้นชันจะสลายตัวในขบวนการอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 125 และ 155 องศาเซลเซียส (Maga and Kim, 1990)

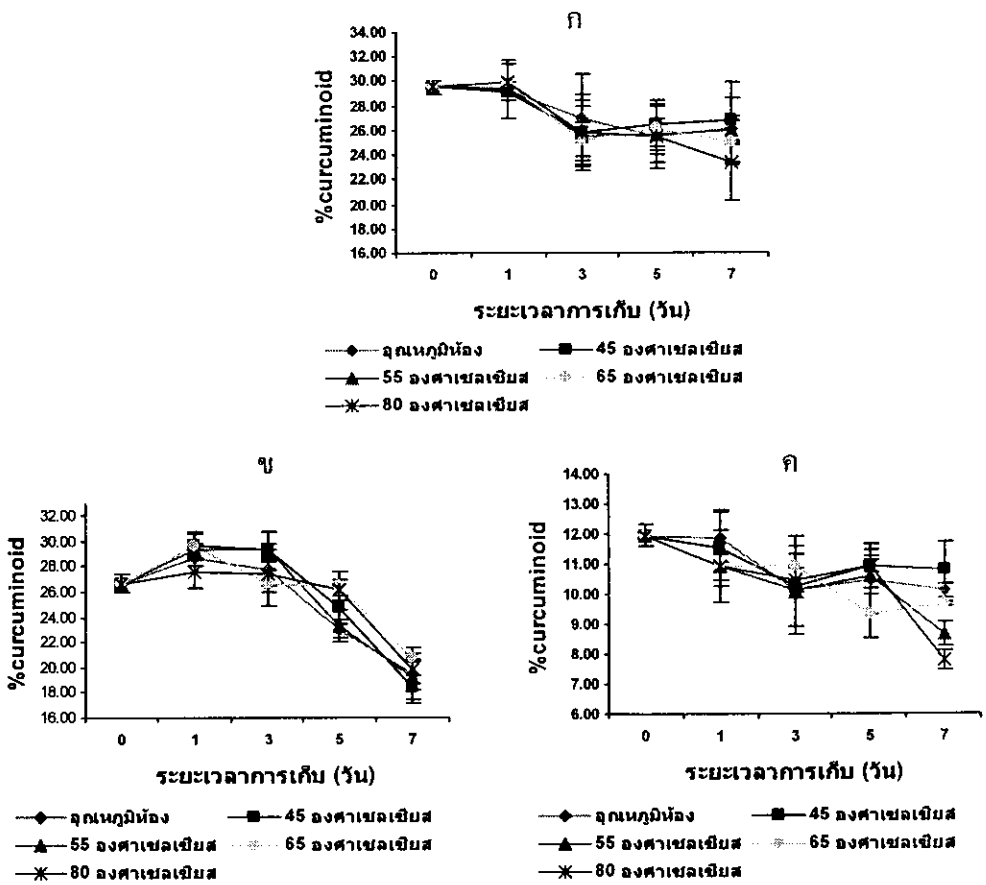
2.2 ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์

จากการศึกษาผลของความร้อนต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ภาพที่ 19ก) พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง, อุณหภูมิ 45, 55 และ 65 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 27.50, 27.55, 27.21 และ 27.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 80 องศาเซลเซียส ปริมาณสาร เคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีแนวโน้มลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 26.47 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางนาน 7 วัน พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีแนวโน้มลดลง และเห็นผลชัดเจนเมื่ออุณหภูมิการเก็บเพิ่มขึ้น โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เริ่มต้น เท่ากับ 29.57 และเมื่อเก็บนาน 7 วัน สารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณเท่ากับ 26.13, 26.75, 25.92, 25.03 และ 21.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 7)

สำหรับผลของความร้อนต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 19ข) พบว่า ความร้อนไม่มีผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน โดยเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง, อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีปริมาณสารเคอร์-คูมินอยด์ เท่ากับ 25.13, 25.76, 25.53, 26.05 และ 25.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เริ่มต้นเท่ากับ 26.70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บไว้นาน 1 วัน ที่อุณหภูมิห้อง, อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เท่ากับ 28.76, 29.66, 29.28, 29.60 และ 27.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีความชื้นเท่ากับ 30.41 เปอร์เซ็นต์ การเก็บสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในอุณหภูมิที่สูงขึ้น มีผลทำให้ความชื้นของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันลดลง อย่างไรก็ตาม การเก็บในวันแรกผลของอุณหภูมิอาจยังไม่ชัดเจน แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นเป็น 3, 5 และ 7 วัน พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีค่าลดลง โดยปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง, อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส ที่ระยะการเก็บที่ 7 วัน มีปริมาณเท่ากับ 19.55, 18.41, 19.10, 20.81 และ 19.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในส่วนของขมิ้นชันผง (ภาพที่ 19ค) พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 11.03, 11.11, 10.53, 10.70 และ 10.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง

ที่อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของขมิ้นชันผงมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น และให้ผลชัดเจนในกลุ่มที่เก็บในอุณหภูมิสูง ทั้งนี้ขมิ้นชันผงมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เริ่มต้น เท่ากับ 11.94 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บไว้นาน 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส สารเคอร์คูมินอยด์ของขมิ้นชันผง มีปริมาณเท่ากับ 10.71, 10.78, 10.67, 10.30 และ 7.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 19 ผลของความร้อนต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

ผลของความร้อนต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสาร-สกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และขมิ้นชันผงมีแนวโน้มลดลง แต่อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในสารทั้งสามชนิดมีแนวโน้มทำให้ลดลงเมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิที่สูง (65 และ 85 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน ทั้งนี้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีการลดลงของปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์มากกว่าขมิ้นชันผง และสารสกัดหยาบจาก

ขมิ้นชันผสมสารเจือจาง ตามลำดับ ผลการศึกษาครั้งนี้จึงสอดคล้องกับรายงานของ Srinivasan และคณะ (1964) ที่พบว่าสารเคอร์คูมินอยด์จะสูญเสียไปประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับความร้อนในขณะปรุงเป็นเวลา 15 นาที

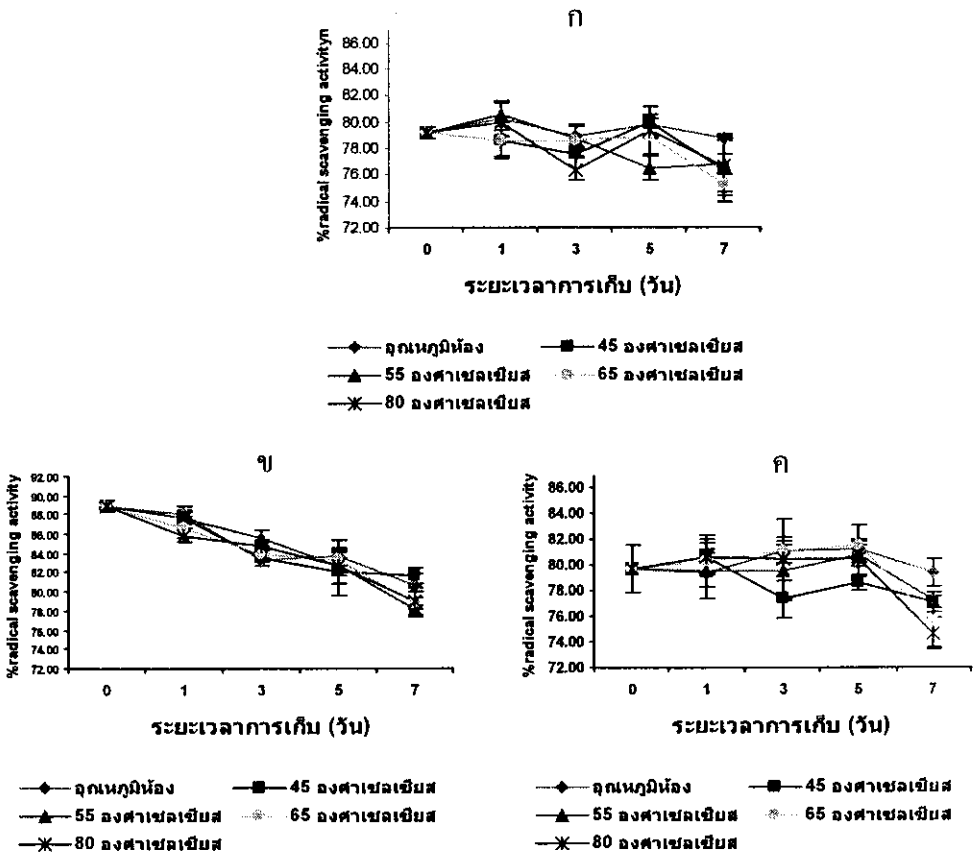
2.3 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

จากการศึกษาผลของความร้อนต่อความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยวิธี DPPH และรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 20) พบว่า ความร้อนไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ภาพที่ 20ก) โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง, 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ เท่ากับ 79.38, 78.32, 78.36, 78.14 และ 78.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และระยะเวลาการเก็บมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระซึ่งมีค่าเริ่มต้น เท่ากับ 79.19 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บไว้นาน 7 วัน เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีค่า เท่ากับ 78.79, 76.34, 76.76, 75.37 และ 77.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 8)

สำหรับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 20ข) พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง, อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 84.95, 84.83, 84.63, 84.38 และ 84.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระเริ่มต้น เท่ากับ 88.97 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บไว้นาน 7 วัน เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 80.68, 81.72, 78.16, 78.86 และ 79.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในส่วนของขมิ้นชันผง พบว่า ความร้อนไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของขมิ้นชันผง แต่เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 7 วัน เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของขมิ้นชันผงมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะในกลุ่มที่เก็บในอุณหภูมิสูง โดยค่าเริ่มต้นของเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของขมิ้นชันผงมีค่าเท่ากับ 79.70 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะการเก็บ 7 วัน เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของขมิ้นชันผงที่อุณหภูมิห้อง, อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่า เท่ากับ 79.44, 77.11, 77.27, 75.54 และ 74.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการศึกษาผลของความร้อนต่อความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง พบว่า ความร้อนไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ของสารทั้งสามชนิด



ภาพที่ 20 ผลของความร้อนต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

(3) ความคงตัวต่อความเป็นกรด-ด่าง

3.1 ค่าสี

3.1.1 ค่า L*

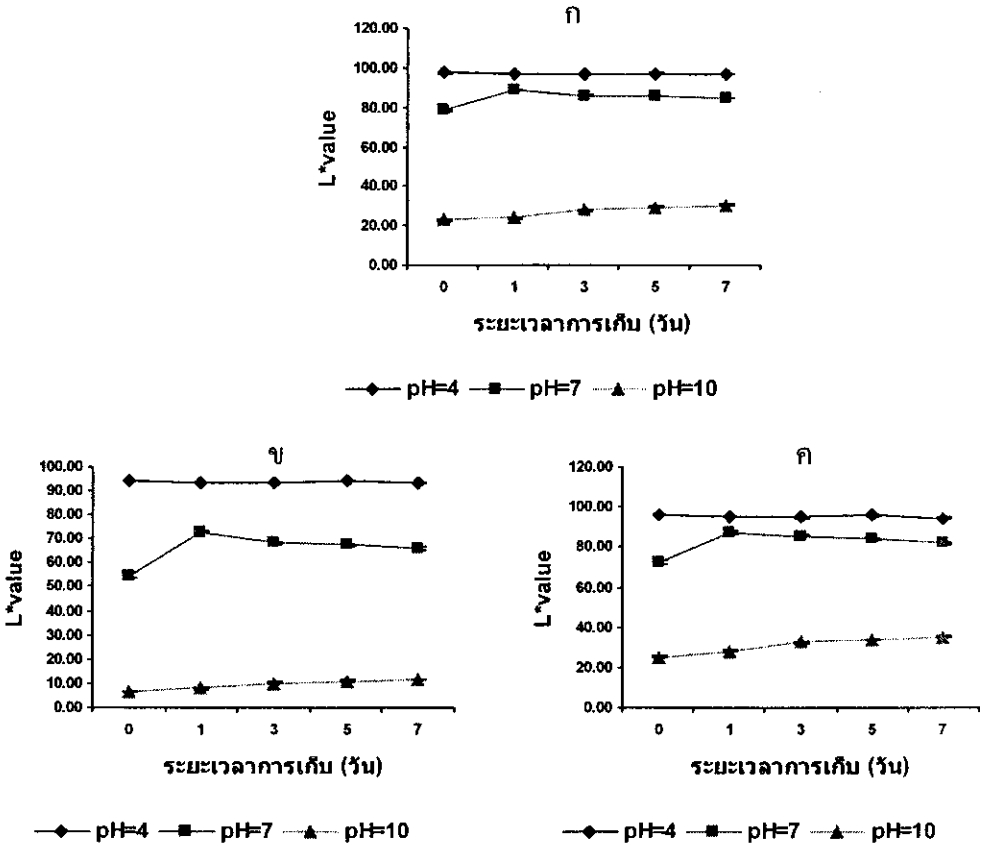
จากการศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ภาพที่ 21ก) เห็นได้ว่าในสภาวะเป็นกรด (pH = 4) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีค่า L*

เริ่มต้นสูงที่สุด (L* = 97.38) และมีค่าลดลงเมื่ออยู่ในสภาวะเป็นกลาง (pH = 7) และเป็นด่าง (pH = 10) โดยมีค่า L* เท่ากับ 78.22 และ 22.95 ตามลำดับ ทั้งนี้ระยะเวลาในการเก็บนาน 7 วัน ไม่มีผลต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางในสภาวะเป็นกรด แต่มีผลทำให้ค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางในสภาวะเป็นกลางเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดที่ระยะการเก็บ 1 วัน (88.57) และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ค่า L* ที่ระยะการเก็บ 7 วัน มีค่าสูงกว่าค่าเริ่มต้น คือ เท่ากับ 84.90 และในส่วนของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่อยู่ในสภาวะเป็นด่าง พบว่าค่า L* มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยที่ระยะการเก็บ 7 วัน มีค่าเท่ากับ 30.46 (ตารางภาคผนวกที่ 9)

ค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ได้แสดงไว้ในภาพที่ 21ข พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า L* เป็นไปในทิศทางเดียวกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง คือ ในสภาวะที่เป็นกรดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีค่า L* สูงที่สุด รองลงมา คือ ในสภาวะที่เป็นกลาง และด่าง ตามลำดับ ซึ่งมีค่า L* เริ่มต้น เท่ากับ 94.37, 54.95 และ 6.48 ตามลำดับ แต่ระยะเวลาในการเก็บไม่มีผลต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในสภาวะเป็นกรด แต่มีผลทำให้ค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในสภาวะเป็นกลางเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บไว้นาน 1 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 73.09 และค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น โดยที่ระยะการเก็บ 7 วัน มีค่าเท่ากับ 66.26 นอกจากนี้ พบว่า ในสภาวะเป็นกรด ค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยที่ระยะการเก็บ 7 วันมีค่า L* เท่ากับ 11.62

สำหรับขมิ้นชันผง (ภาพที่ 21ค) มีค่า L* เริ่มต้นในสภาวะเป็นกรด กลาง และด่าง เท่ากับ 96.09, 72.36 และ 25.11 ตามลำดับ ค่า L* ของขมิ้นชันผงในสภาวะที่เป็นกลางที่ระยะการเก็บ 1 และ 7 วันมีค่าเท่ากับ 87.28 และ 81.95 ตามลำดับ ส่วนค่า L* ของขมิ้นชันผงที่อยู่ในสภาวะเป็นด่างที่ระยะการเก็บ 7 วันมีค่าเท่ากับ 35.00 อย่างไรก็ตาม การเก็บขมิ้นชันผงในสภาวะเป็นกรดนาน 7 วัน ไม่มีผลทำให้ค่า L* เปลี่ยนแปลง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 95.36

จากผลการศึกษา พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผงที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกรดมีค่า L* สูงที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง และเป็นด่าง ตามลำดับ ทั้งนี้ระยะเวลาการเก็บไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสารทั้งสามชนิดที่อยู่ในสภาวะเป็นกรด แต่มีผลทำให้ค่า L* ของสารทั้งสามชนิดที่อยู่ในสภาวะเป็นกลางเพิ่มขึ้นที่ระยะการเก็บ 1 วัน และค่า L* ค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ค่า L* ที่ระยะการเก็บ 7 วัน ก็มีค่าสูงกว่าค่าเริ่มต้น



ภาพที่ 21 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

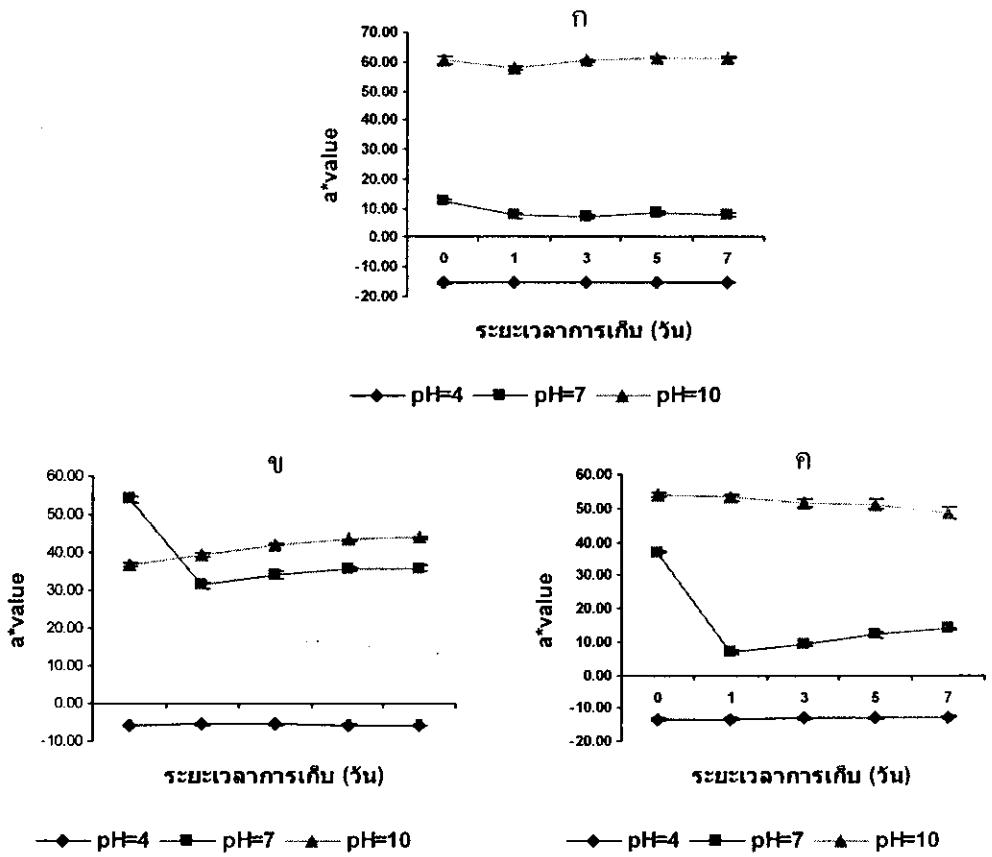
3.1.2 ค่า a*

ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ภาพที่ 22 ก) พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด มีค่า a* เมื่อเริ่มต้นต่ำที่สุด รองลงมา คือ สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง และเป็นด่าง โดยมีค่าเท่ากับ -15.56, 12.24 และ 60.66 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงผลของระยะเวลาในการเก็บ พบว่า ในช่วงระยะเวลาการเก็บ 7 วัน ไม่มีผลต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางในสภาวะเป็นกรด แต่มีผลทำให้ค่า a* ของกลุ่มที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกลางมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ที่ระยะการเก็บ 1 วัน มีค่า a* เท่ากับ 7.41 และมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น แต่ในสภาวะที่เป็นด่างสารกลุ่มนี้มีค่า a* ลดลงเล็กน้อยที่ระยะการเก็บ 1 วัน คือ มีค่าเท่ากับ 58.01 และมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (61.40) ที่ระยะการเก็บ 7 วัน (ตารางภาคผนวกที่ 9)

สำหรับค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 22ข) พบว่า ในสภาวะที่เป็นกรดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีค่า a* เริ่มต้นต่ำที่สุด ขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกลางและเป็นด่างมีค่า a* เพิ่มขึ้นตามลำดับ (-5.73, 53.98 และ 137.35 ตามลำดับ) ระยะเวลาการเก็บนาน 7 วัน ไม่มีผลต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด แต่พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บ 1 วัน สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่อยู่ในสภาวะที่เป็นด่าง มีค่า a* ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่อยู่ในสภาวะที่เป็นด่างและเก็บนาน 1 วัน มีค่า a* เท่ากับ 31.34 และค่า a* จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น โดยที่ระยะการเก็บ 7 วัน มีค่า a* เท่ากับ 36.03 ขณะที่ในสภาวะเป็นด่าง ค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตั้งแต่การเก็บวันที่ 1 จนถึง 7 วัน คือมีค่า a* ที่ระยะการเก็บ 7 วัน เท่ากับ 43.97

สำหรับผลของความเป็นกรด-ด่างต่อค่า a* ของขมิ้นชันผง พบว่า มีผลเช่นเดียวกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน คือ ค่า a* เริ่มต้นของขมิ้นชันที่อยู่ในสภาวะเป็นกรดมีค่าต่ำที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง และเป็นด่าง (-13.42, 36.96 และ 53.88 ตามลำดับ) นอกจากนี้ พบว่าระยะเวลาการเก็บไม่มีผลต่อค่า a* ของขมิ้นชันผงกลุ่มที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด แต่มีผลทำให้ค่า a* ของขมิ้นชันผงที่อยู่ในสภาวะเป็นกลางลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บ 1 วัน (6.89) และค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยที่ระยะการเก็บ 7 วัน มีค่าเท่ากับ 13.92 ส่วนค่า a* ของขมิ้นชันผงกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นด่างจะลดลงเล็กน้อย โดยมีค่า a* เท่ากับ 48.70 ที่ระยะการเก็บ 7 วัน

จากผลการทดลอง เห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยในสภาวะเป็นกรดสารทั้งสามชนิดมีค่า a* ต่ำที่สุด รองลงมาคือในสภาวะเป็นกลาง และเป็นด่าง ตามลำดับ และในส่วนของระยะเวลาการเก็บ พบว่า ระยะเวลาการเก็บไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a* ของสารทั้งสามชนิดที่อยู่ในสภาวะกรด แต่มีผลต่อค่า a* ของสารทั้งสามชนิดที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง โดยจะมีการลดลงของค่า a* ที่ระยะการเก็บ 1 วัน และค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่า a* ที่ระยะการเก็บ 7 วัน มีค่าต่ำกว่าค่าเริ่มต้น ทั้งนี้ขมิ้นชันผงมีค่า a* ที่ระยะการเก็บ 1 วัน สูงที่สุด รองลงมา คือ สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง ส่วนค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่อยู่ในสภาวะเป็นด่างมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นในช่วงระยะการเก็บ 7 วัน แต่ค่า a* ของขมิ้นชันผงในสภาวะดังกล่าวมีแนวโน้มลดลง



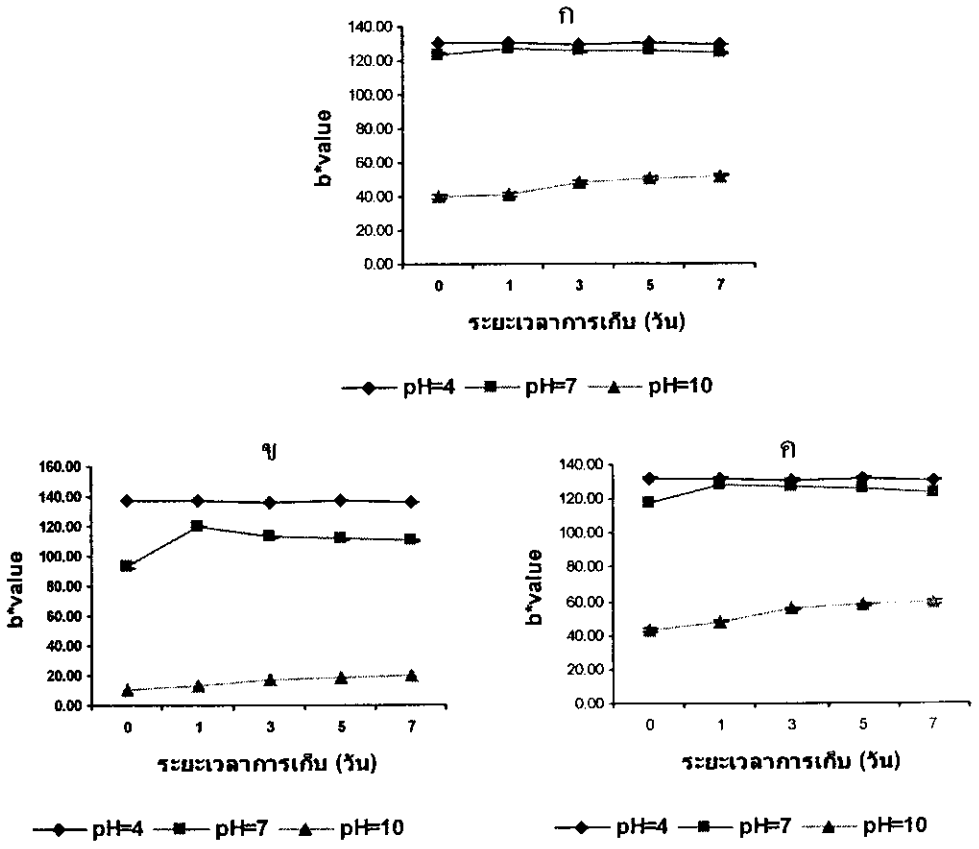
ภาพที่ 22 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

3.1.3 ค่า b*

ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ภาพที่ 23ก) พบว่า ในสภาวะเป็นกรดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีค่า b* เริ่มต้นสูงที่สุด (130.36) รองลงมา คือ กลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง (123.67) และเป็นด่าง (39.87) ตามลำดับ ช่วงระยะเวลาการเก็บนาน 7 วัน ไม่มีผลต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางในสภาวะที่เป็นกรด และในสภาวะเป็นกลาง แต่มีผลทำให้ค่า b* ของกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่ระยะการเก็บ 7 วัน มีค่า b* เท่ากับ 52.31 (ตารางภาคผนวกที่ 9)

สำหรับผลของความเป็นกรด-ด่างต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 23ข) พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกรดจะมีค่า a* เริ่มต้นสูงที่สุด (137.35) รองลงมา คือ กลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง (93.53) และด่าง (11.02) ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาในการเก็บ พบว่า

ระยะเวลาการเก็บ 7 วันไม่มีผลกับค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่อยู่ในสภาวะเป็นกรด แต่พบว่าค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง และในสภาวะเป็นด่าง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีค่า b* ที่ระยะการเก็บ 7 วัน เท่ากับ 110.09 และ 19.87 ตามลำดับ



ภาพที่ 23 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

สำหรับค่า b* ของขมิ้นชันผง (ภาพที่ 23ค) พบว่า มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง เหมือนกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน คือ ค่า b* เริ่มต้นของขมิ้นชันผงที่อยู่ในสภาวะเป็นกรดมีค่าสูงที่สุด (132.31) รองลงมา คือ ขมิ้นชันผงที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง (117.89) และเป็นด่าง (42.98) ตามลำดับ และพบว่า ระยะเวลาการเก็บไม่มีผลต่อค่า b* ของขมิ้นชันผงกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกรด แต่ค่า b* ของขมิ้นชันผงที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง และเป็นด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการเก็บนานขึ้น โดยมีค่า b* ที่ระยะการเก็บ 7 วันเท่ากับ 124.24 และ 59.93 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลทำให้ค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผงที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกรดมีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง และเป็นด่าง ตามลำดับ ในส่วนของระยะเวลาในการเก็บ พบว่าระยะเวลาในการเก็บไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสารทั้งสามชนิดที่อยู่ในสภาวะกรด และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง แต่มีผลทำให้สารทั้งสามชนิดที่อยู่ในสภาวะที่เป็นด่างมีความเหลืองเพิ่มขึ้น รวมทั้งสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผงที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง

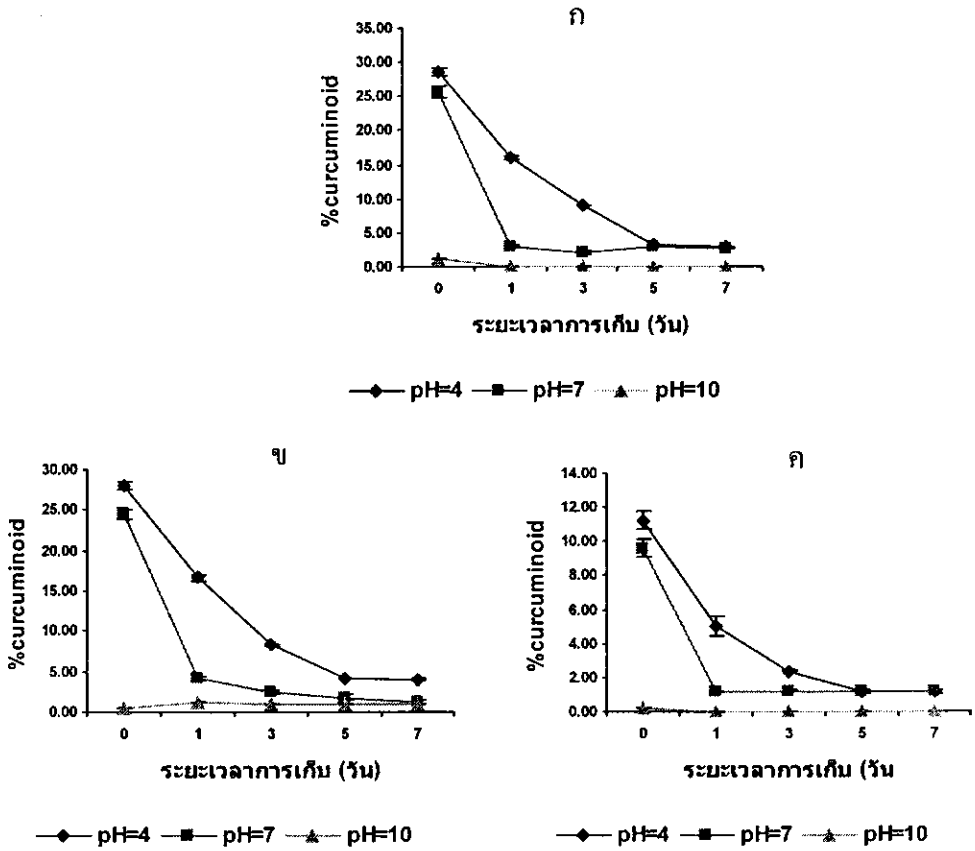
จากการศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างต่อค่าสีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง เห็นได้ว่า ในสภาวะที่เป็นกรดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีสีเหลืองอ่อน (ค่า L* และ b* สูง ค่า a* ต่ำ) ในสภาวะที่เป็นกลางมีสีเหลืองเข้ม (ค่า L* ต่ำกว่าในสภาวะที่เป็นกรดเล็กน้อย ค่า a* และ b* ใกล้เคียงกัน) และสภาวะที่เป็นด่างมีสีเหลืองออกน้ำตาลแดง (ค่าL* และ b* ต่ำ แต่มีค่า a* สูง) และพบว่าระยะเวลาการเก็บ 7 วัน ไม่มีผลต่อค่าสี (ค่าL*, a* และ b*) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่เก็บในสภาวะที่กรด แต่ในสภาวะที่เป็นกลาง และเป็นด่าง มีการเปลี่ยนแปลงของสี เมื่อเก็บนาน 1 วัน โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีสีจางลง (ค่า L* และ b* เพิ่มขึ้น ค่า a* ลดลง) ซึ่งในสภาวะดังกล่าวจะมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการเก็บ 7 วัน และในส่วนของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผงมีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน

3.2 ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์

ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง ดังแสดงในภาพที่ 24ก โดยพบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสาร เจือจางกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกรดมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์สูงกว่ากลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง และเป็นด่าง ตามลำดับ (28.67, 25.63 และ 1.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และพบว่า ระยะเวลาในการเก็บนาน 7 วัน มีผลทำให้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางทุกกลุ่มมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะการเก็บที่ 7 วัน สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางกลุ่มที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด กลาง และด่าง มีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เท่ากับ 2.29, 2.76 และ 0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 10)

สำหรับผลของความเป็นกรด-ด่างต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 24ข) พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกรดมีค่าสูงกว่า (27.97) กลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง (24.54) และเป็นด่าง (0.43) ตามลำดับ และพบว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เก็บไว้เป็นนาน 7 วัน มีผลทำให้ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันทุกกลุ่มมีการลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะการเก็บที่ 7 วัน ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสาร

สกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด กลาง และด่าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.02, 1.33 และ 0.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 24 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

ในส่วนของขมิ้นชันผง (ภาพที่ 24ค) พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกรดมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง และเป็นด่าง โดยมีค่าเท่ากับ 11.22, 9.62 และ 0.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และเช่นเดียวกับผลของระยะเวลาการเก็บ ที่ทำให้ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของขมิ้นชันผงทุกกลุ่มลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะการเก็บ ที่ 7 วัน ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของขมิ้นชันผงกลุ่มที่อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด กลาง และด่าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.19, 1.17 และ 0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

โดยสรุป ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง กล่าวได้ว่าสารเคอร์คูมินอยด์ของสารทั้งสามชนิดมีความคงตัวในสภาวะที่เป็นกรด รองลงมา คือ ในสภาวะที่เป็นกลาง และเป็นด่าง ตามลำดับ

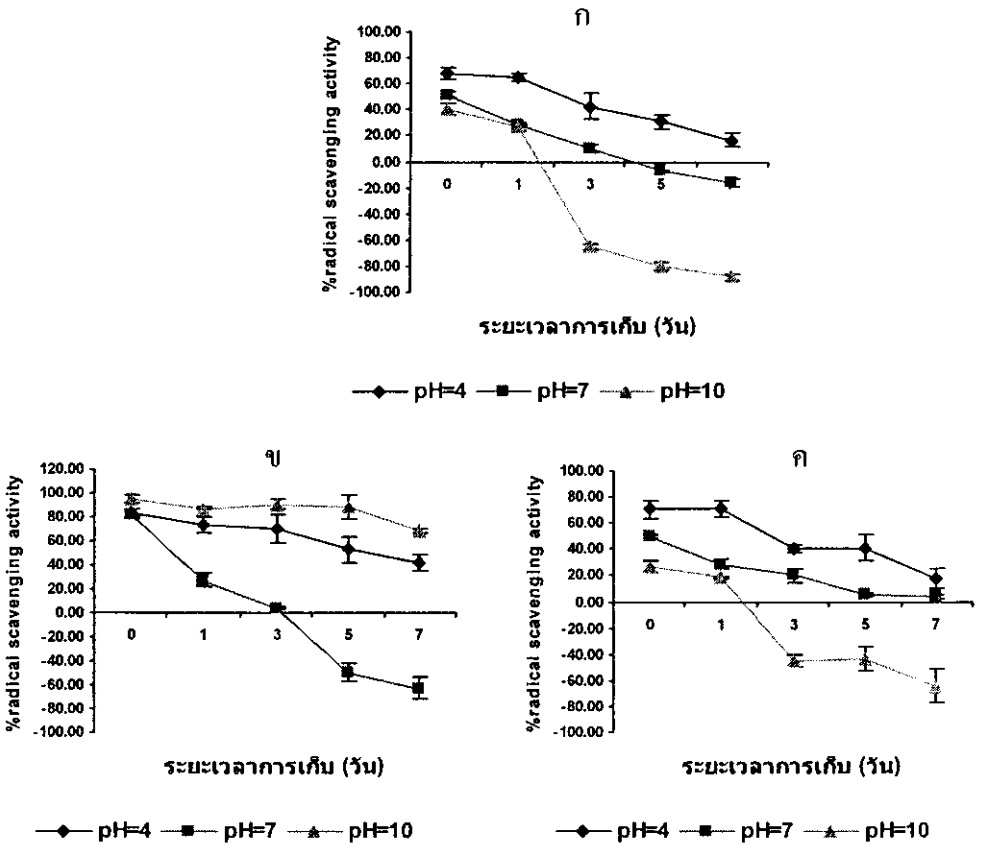
ทั้งนี้ระยะเวลาในการเก็บนาน 7 วัน มีผลทำให้ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารทั้งสามชนิดลดลง โดยเฉพาะที่อายุการเก็บ 1 วัน ซึ่ง Wang และคณะ (1997) รายงานว่า สารเคอร์คูมินสลายตัวอย่างรวดเร็วที่สภาวะเป็นกลาง-ด่าง ดังนั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับสารเคอร์คูมินต้องต่ำกว่า 7.0

3.3 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน โดยวิธี DPPH และรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 25) และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ภาพที่ 25ก) พบว่า ในสภาวะเป็นกรดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง และเป็นด่าง ตามลำดับ โดยมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 67.68, 51.52 และ 40.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และระยะเวลาการในเก็บ 7 วัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางลดลง โดยที่ระยะเวลาการเก็บ 7 วันสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 16.61, -16.07 และ -88.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ภาพที่ 25ข) พบว่า ในสภาวะเป็นด่างสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุด (95.07) รองลงมา คือ กลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกรด (82.95) และเป็นกลาง (81.12) ตามลำดับ และระยะเวลาการเก็บ 7 วัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระลดลง โดยที่ระยะการเก็บ 7 วัน เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีค่าเท่ากับ 68.84, 41.69 และ -62.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในส่วนของขมิ้นชันผง พบว่า ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของขมิ้นชันผง (ภาพที่ 25ค) มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง โดยขมิ้นชันผงกลุ่มที่เก็บในสภาวะเป็นกรดมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุด (70.24) รองลงมา คือ กลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง (49.57) และเป็นด่าง (26.99) ตามลำดับ และระยะเวลาการเก็บ 7 วัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของขมิ้นชันผงลดลง โดยที่ระยะการเก็บ 7 วัน เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีค่า เท่ากับ 17.18, 4.50 และ -64.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 25 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (ก) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (ข) และขมิ้นชันผง (ค)

โดยสรุปแล้วผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง พบว่า ความเป็นกรด-ด่างมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ของสารทั้งสามชนิดลดลง โดยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และขมิ้นชันผงกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกรดมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกลาง และเป็นด่าง ในขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นด่างมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเป็นกรด และเป็นกลาง ตามลำดับ นอกจากนี้ ระยะเวลาการเก็บนาน 7 วัน ก็มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีแนวโน้มลดลง โดยจะเห็นผลชัดทั้งสภาวะความเป็นกรด กลาง และด่าง

(4) ความคงตัวต่อสภาวะเร่ง

4.1 ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์

ผลของการศึกษาความคงทนของสารเคอร์คูมินอยด์ในสภาวะเร่งของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง (ตารางที่ 7) พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ไม่แตกต่างกันในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 75 วัน และพบว่าในวันที่ 90 ของการเก็บ มีการลดลงของปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ ($P<0.01$) และค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งถึงวันที่ 120 ของการทดสอบ แต่ไม่แตกต่างกันในช่วง 90-120 วัน

ตารางที่ 7 ค่าความคงตัวในสภาวะเร่งของปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	ขมิ้นชันผง
0	28.30±0.93^{a}	27.44±0.59^{b}	12.03±0.31^{a}
15	27.93±0.70^{a}	29.95±0.30^{a}	11.67±0.90^{a}
30	27.17±1.20^{a}	30.16±0.78^{a}	10.61±0.56^{b}
45	27.64±1.41^{a}	30.17±0.04^{a}	10.54±0.52^{b}
60	27.68±0.81^{a}	30.62±0.98^{a}	10.67±0.36^{b}
75	27.55±0.62^{a}	29.81±0.69^{a}	10.05±0.09^{b}
90	25.11±1.79^{b}	29.57±0.68^{a}	10.26±0.21^{b}
105	24.61±1.33^{b}	29.69±0.67^{a}	9.35±0.19^{cd}
120	23.82±1.19^{b}	29.97±0.58^{a}	9.04±0.25^{d}
P-value	0.001	0.000	0.000

อักษร a b c ในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ในส่วนของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน พบว่า สารเคอร์คูมินอยด์ในสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เก็บไว้ในช่วง 15-105 วัน มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะเก็บ ซึ่งจากการสังเกตพบว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีลักษณะหนืดขึ้น เมื่อระยะการเก็บนานขึ้น ซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีความชื้นเท่ากับ 30.41 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่ระยะการเก็บ 120 วัน ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ลดลงจนมีค่าต่ำที่สุด ($P<0.01$)

สำหรับขมิ้นชันผง พบว่า ขมิ้นชันผงมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ลดลงเมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน 30 วัน ($P<0.01$) และมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ค่อนข้างคงที่ในช่วง 30-90 วันของการเก็บ จากนั้นปริมาณเคอร์คูมินอยด์ลดลงต่ำลง ($P<0.01$) จนถึงวันที่ 120 ของการเก็บ จากการศึกษาเห็นได้ว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีความคงตัวของปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในสภาวะเร่งมากที่สุด รองลงมา คือ ขมิ้นชันผง ในขณะที่สารสกัดขมิ้นชันมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงความชื้น จึงทำให้เห็นผลของการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสภาวะการเก็บและระยะเวลาการเก็บไม่ชัดเจน

4.2 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

จากการศึกษาค่าความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในสภาวะเร่ง โดยรายงานค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบ และขมิ้นชันผง (ตารางที่ 8) พบว่า ในช่วงระยะการเก็บ 120 วัน เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางลดลงน้อยที่สุด โดยมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 88.92 และในวันที่ 120 ของการเก็บ มีค่าเท่ากับ 81.09 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) รองลงมาคือ ขมิ้นชันผง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน โดยขมิ้นชันผงลดลงจาก 85.90 เป็น 77.80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันลดลงจาก 87.60 เป็น 77.77 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) เห็นได้ว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในสภาวะเร่งมากที่สุด รองลงมา คือ ขมิ้นชันผง และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน

เมื่อศึกษาถึงความคงตัวในสภาวะเร่งของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยรายงานเป็นค่า EC_{50} โดยทำการศึกษาที่ระยะเวลาการเก็บ 60 วัน ดังแสดงในตารางที่ 9 พบว่า ค่า EC_{50} ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางลดลงที่ระยะการเก็บ 30 วัน ($P<0.05$) และลดลงเรื่อยๆ ตลอดระยะการเก็บ 60 วัน ในขณะที่ค่า EC_{50} ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันลดลงเมื่อเก็บนาน 45 วัน ($P<0.001$) สำหรับขมิ้นชันผง ค่า EC_{50} ลดลงที่ระยะการเก็บ 15 วัน และมีการลดลงตลอดระยะการเก็บ ($P<0.05$)

ตารางที่ 8 ค่าความคงตัวในสภาวะเร่งของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสาร-เจือจาง สารสกัดขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยรายงานค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	ขมิ้นชันผง
0	88.92±0.76^{a}	87.60±0.54^{a}	85.90±0.91^{a}
15	87.27±1.32^{abc}	86.11±1.57^{a}	84.78±1.29^{a}
30	86.53±1.21^{bc}	78.49±1.13^{bc}	79.77±1.18^{bc}
45	87.96±0.33^{ab}	78.18±0.97^{bcd}	79.58±1.24^{bc}
60	87.47±0.02^{abc}	79.75±0.55^{b}	80.02±1.36^{b}
75	87.91±0.85^{ab}	78.88±1.81^{bc}	79.35±1.27^{bcd}
90	86.45±0.89^{bc}	77.53±0.80^{cd}	77.40±0.30^{d}
105	85.79±0.94^{c}	76.41±1.08^{d}	78.50±1.25^{bcd}
120	81.09±1.91^{d}	76.77±0.69^{d}	77.80±0.24^{cd}
P-value	0.000	0.000	0.000

อักษร a b c ในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 9 ค่าความคงตัวในสภาวะเร่งของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสาร-เจือจาง สารสกัดขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยรายงานค่า EC_{50} (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	ขมิ้นชันผง
0	27.42±0.61^{a}	9.22±1.50^{a}	33.97±3.31^{a}
15	31.11±2.26^{ab}	10.78±2.22^{a}	37.40±1.73^{b}
30	35.48±2.84^{bc}	11.27±1.25^{a}	43.04±0.83^{c}
45	37.32±4.41^{bc}	12.00±1.66^{a}	44.62±1.01^{cd}
60	38.47±5.22^{c}	15.18±1.59^{b}	47.85±1.24^{d}
P-value	0.015	0.016	0.000

อักษร a b c ในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการศึกษาค่าความคงตัวในสภาวะเร่งของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยพิจารณาทั้งจากเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในช่วงระยะการเก็บ 120 วัน และจากค่า EC_{50} ในช่วงระยะการเก็บ 60 วัน พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีความคงตัวในสภาวะเร่งของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันมากที่สุด รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง และขมิ้นชันผง ตามลำดับ

สรุป

จากการศึกษาผลของความคงตัวของค่าสี ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันต่อแสง ความร้อน ความเป็นกรด-ด่างและความคงตัวในสภาวะเร่งของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง มีข้อสรุปดังนี้

(1) แสงไม่มีผลต่อค่าสี และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง แต่ทำให้ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บ 7 วัน มีผลทำให้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีสีเหลืองออกน้ำตาล (ค่า L* และ b* ลดลง) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ

(2) การเก็บสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางภายใต้อุณหภูมิสูง (65 และ 80 องศาเซลเซียส) มีผลทำให้สีออกน้ำตาล (ค่า L*, a* และ b* ลดลง) และปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ลดลง แต่ความร้อนไม่มีผลต่อความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บ 7 วัน มีแนวโน้มทำให้สีออกน้ำตาล ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรลดลง โดยจะเห็นผลชัดในกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิสูง

(3) สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีความคงตัวของค่าสี ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ และมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในสภาวะที่เป็นกรด รองลงมา คือสภาวะเป็นกลาง และเป็นด่างตามลำดับ ส่วนระยะเวลาการเก็บ 7 วัน มีผลทำให้สีจางลง และมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ลดลง โดยเฉพาะในสภาวะที่เป็นกลาง และเป็นด่าง

(4) ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีความคงตัวในสภาวะเร่งมากที่สุด รองลงมาคือขมิ้นชันผง ในขณะที่สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันเห็นการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความชื้น สำหรับความคงตัวในสภาวะเร่งของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีคงตัวในสภาวะเร่งของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่าขมิ้นชันผง แต่ต่ำกว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน

บทที่ 5
การทดลองที่ 3
การหาสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เหมาะสมสำหรับผสมในอาหารไก่กระทง

บทนำ

หลังจากทำการสกัดสารจากขมิ้นชัน และหาเทคนิคการเตรียมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันเพื่อผสมในอาหารไก่กระทง (บทที่ 3) และทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีบางประการของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (บทที่ 4) แล้ว จึงนำสารผสมดังกล่าวมาทดสอบในไก่กระทง โดยเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมที่ระดับต่างๆ ใช้เลี้ยงไก่กระทงในช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์ ทั้งนี้เพื่อศึกษาผลของระดับการใช้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมต่อการเจริญเติบโต ค่าโลหิตวิทยา ตลอดจนลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของไก่กระทง

วัตถุประสงค์

(1) ศึกษาถึงผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่มีต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทง
(2) ศึกษาถึงผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่มีต่อค่าโลหิตวิทยาของไก่กระทง
(3) ศึกษาถึงผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่มีต่อลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของไก่กระทง

วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

(1) วัสดุ

1.1 ใช้ลูกไก่กระทงเพศผู้ พันธุ์ฮับบาร์ด (Hubbard) อายุ 1 วัน จำนวน 200 ตัว โดยเลี้ยงไก่จนมีอายุ 3 สัปดาห์ จึงนำเข้าศึกษาตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในข้อ (4)

1.2 อาหารเลี้ยงไก่สำหรับไก่ช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 10)

1.3 สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางจากการทดลองที่ 1 (บทที่ 3 หน้า 38)

ตารางที่ 10 ส่วนประกอบของอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์

วัตถุดิบ	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)				
	0.0	**0.2**	**0.4**	**0.6**	**0.8**
ข้าวโพด	60.77	60.77	60.77	60.77	60.77
กากถั่วเหลือง	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50
ปลาป่น	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50
น้ำมันพืช	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90
ไดแคลเซียมฟอสเฟส	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
เกลือป่น	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
แร่ธาตุพรีมิกซ์ 1/	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
วิตามินพรีมิกซ์ 2/	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
ดีแอล-เมทไทโอนีน	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
แอล-ไลซีน	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 3/	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80
ราคา (บาท/กิโลกรัม)	**11.58**	**16.89**	**22.20**	**27.51**	**32.83**
โภชนะที่คำนวณ (%ในสภาพแห้งมีความชื้น)					
ความชื้น	11.52	11.52	11.52	11.52	11.52
โปรตีน	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30
ไขมัน	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82
เยื่อใย	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79
เถ้า	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44
แคลเซียม	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3,155.42	3,155.42	3,155.42	3,155.42	3,155.42
ไลซีน	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
เมทไธโอนีน	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
เมทไธโอนีน+ซีสทีน	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
ทริปโตเฟน	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

1/ แร่ธาตุพรีมิกซ์ (มก./กก.) ประกอบด้วย $FeSO_4$ 239 มิลลิกรัม แร่ธาตุ ZnO 70 มิลลิกรัม แร่ธาตุ $CuSO_4$ 19 มิลลิกรัม แร่ธาตุ $MnSO_4$ 120 มิลลิกรัม; 2/ วิตามินพรีมิกซ์ (มก./กก.) ประกอบด้วย วิตามิน AD_3 30 มิลลิกรัม วิตามิน E_{50} 20 มิลลิกรัม วิตามิน K_{50} 3 มิลลิกรัม วิตามิน B_1; 2/ มิลลิกรัม วิตามิน B_2 4.4 มิลลิกรัม วิตามิน B_6 6 มิลลิกรัม วิตามิน B_{12} 8 มิลลิกรัม กรดแพนโททีนิก(pantothenic acid) 4.4 มิลลิกรัม ไนอะซิน (niacin) 20 มิลลิกรัม โคลีน คลอไรด์ (choline chloride) 1,000 มิลลิกรัม กรดโฟลิก (folic acid) 0.05 มิลลิกรัม ไบโอติน (biotin) 0.05 มิลลิกรัม; 3/ ปริมาณการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางในสูตรอาหารคิดเป็น 0.64, 1.28, 1.92, 2.56 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

(2) อุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์สำหรับการเลี้ยงไก่ทดลอง

2.1.1 คอกขังรวมสำหรับเลี้ยงไก่ทดลองช่วงอายุ 1 - 3 สัปดาห์

2.1.2 กรงขังเดี่ยวสำหรับเลี้ยงไก่ทดลองช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์

2.1.3 อุปกรณ์ให้น้ำแบบถังแขวนสำหรับไก่ทดลองช่วงอายุ 1 - 3 สัปดาห์ และถ้วยน้ำแบบรายตัวสำหรับไก่ทดลองช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์

2.1.4 อุปกรณ์ให้อาหารแบบถาด และแบบถังแขวนไก่ทดลองช่วงอายุ 1 - 3 สัปดาห์ และรางอาหารแบบยาวสำหรับไก่ทดลองช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์

2.2 อุปกรณ์สำหรับเตรียมอาหารทดลอง

2.2.1 เครื่องผสมอาหารชนิดถังนอน

2.2.2 เครื่องผสมพรีมิกซ์ (วิตามินและแร่ธาตุ)

2.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.3 อุปกรณ์สำหรับการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด

2.3.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเลือด ได้แก่ เข็มฉีดยาเบอร์ 23 ความยาว 1 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว กระบอกฉีดยาขนาด 3 และ 5 ซีซี หลอดทดลอง และเครื่องหมุนเหวี่ยงสำหรับแยกซีรั่ม

2.3.2 อุปกรณ์วิเคราะห์ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น หรือค่าพีซีวี (packed cell volume : PCV) ได้แก่ หลอดแก้วเคพพิลารี (capillaly tube) เครื่องปั่น Microhematocrit (Microhematocrit centrifuge) และดินน้ำมัน

2.3.3 อุปกรณ์นับเม็ดเลือดขาว ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ และชุดอุปกรณ์นับเม็ดเลือด (counting chamber หรือ haemacytometer)

2.3.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ค่า TBARS ได้แก่ เครื่อง spectrofluorophotometer รุ่น RF- 1501 ของบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น เครื่องปั่นแบบหมุนเหวี่ยง (centrifugator) หลอดทดลอง ไมโครปิเปต และอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

2.4 อุปกรณ์สำหรับการฆ่าและชำแหละซากไก่

2.4.1 อุปกรณ์สำหรับการฆ่าและชำแหละซาก

2.4.2 ห้องแช่เย็นอุณหภูมิ -1 องศาเซลเซียส

2.4.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.5 อุปกรณ์วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองและเนื้อไก่

2.5.1 อุปกรณ์วิเคราะห์ความชื้น (moisture) ได้แก่ ขวดชั่ง (weighing bottle) ตู้อบ โถดูดความชื้น เครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง

2.5.2 อุปกรณ์วิเคราะห์โปรตีนรวม (crude protein) ได้แก่ เครื่องย่อย (digestion apparatus) รุ่น 2000 Digestion system และเครื่องกลั่น (distillation apparatus) รุ่น 2200 Kjeltec ของบริษัท FOSS ประเทศสวีเดน หลอดย่อยโปรตีน (digestion tube) บีกเกอร์ ขวดรูปชมพู่ และบิวเรต

2.5.3 อุปกรณ์วิเคราะห์ไขมันรวม (crude fat หรือ ether extract) ได้แก่ ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ไขมัน รุ่น Soxtec Avanti 2055 ของบริษัท FOSS ประเทศสวีเดน ตู้อบ โถดูดความชื้น และเครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง

2.5.4 อุปกรณ์วิเคราะห์เถ้า (ash) ได้แก่ ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (crucible) เตาเผา (muffle furnace) โถดูดความชื้น และเครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง

2.5.5 อุปกรณ์วิเคราะห์เยื่อใย (crude fiber) ได้แก่ ชุดเครื่องมือวิเคราะห์เยื่อใย รุ่น Fibertec M6 ของบริษัท FOSS ประเทศสวีเดน เตาอบ โถดูดความชื้น และเครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง

2.5.6 อุปกรณ์วิเคราะห์พลังงานรวม ได้แก่ ชุดเครื่องมือวิเคราะห์พลังงานรวม (calorimeter bomb) รุ่น CBA-305 ของบริษัท Gallenkamp ประเทศสหราชอาณาจักร เครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง ไม้บรรทัด ลวด และด้าย

2.6 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ

2.6.1 อุปกรณ์วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ (pH) ได้แก่ เครื่อง Portable ISFET pH meter Model ARGUS โดยใช้ probe รุ่น Red-Line LanceFET ของบริษัท Sentron ประเทศเนเธอร์แลนด์ และบัฟเฟอร์ pH 4 และ 7

2.6.2 อุปกรณ์วิเคราะห์ค่าสี ได้แก่ เครื่อง HunterLab color meter รุ่น ColorFlex ของบริษัท Hunter Associates Laboratory Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.6.3 อุปกรณ์วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ได้แก่ ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ถุงพลาสติกชนิดทนความร้อน (poly-bag zipper) และเครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง

2.6.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ได้แก่ เครื่องวัดแรงตัดผ่านเนื้อ (Texture Analyser) รุ่น TA-XT2i ของบริษัท Stable Micro System ประเทศสหราชอาณาจักร และมีดผ่าตัด

2.6.5 อุปกรณ์วิเคราะห์ค่า TBARS ได้แก่ เครื่อง UV-visible spectrofluorometer รุ่น UV-1601 ของบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น หลอดทดลอง ไมโครปิเปต เครื่องปั่นแบบหมุนเหวี่ยง และอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

2.6.6 อุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ (ดังแสดงในบทที่ 3)

2.6.7 อุปกรณ์วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (ดังแสดงในบทที่ 3)

(3) สารเคมี

3.1 สารเคมีสำหรับการตรวจนับเม็ดเลือดขาว ได้แก่ สารอีดีทีเอ (EDTA) สารละลายแนตและเฮอริก (Natt and Herrick solution, NH) ซึ่งมีส่วนประกอบและวิธีการเตรียมดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 12

3.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ค่า TBARS ในซีรั่ม และในเนื้อไก่ ได้แก่ สาร TBA สาร trichloroactic acid สาร HCl และสารมาตรฐาน Malonaldehyde

3.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ดังแสดงในบทที่ 3

3.4 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH ดังแสดงในบทที่ 3

(4) วิธีการทดลอง

4.1 ระบบการเลี้ยงและการให้อาหาร

ในช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ เป็นช่วงเตรียมไก่กระทงเพื่อเข้าทดลองในช่วง 3 - 6 สัปดาห์ โดยทำการเลี้ยงแบบปล่อยพื้นในคอกขังรวม คอกละ 25 ตัว จำนวน 8 คอก โดยให้ไก่ทั้งหมดได้รับอาหารสูตรสำหรับช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์ (ตารางภาคผนวกที่ 14) ไม่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ให้ได้รับน้ำและอาหารแบบเต็มที่ (*ad libitum*) ทำวัคซีนต่างๆ ตามโปรแกรม ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 13 และรายงานผลเกี่ยวกับสมรรถภาพการเติบโตไว้ในตารางผนวกที่ 18

ในช่วงอายุ 3 - 6 สัปดาห์ เป็นช่วงที่ทำการทดลอง สุ่มไก่กระทงอายุ 3 สัปดาห์ เข้าศึกษาตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) โดยแยกเลี้ยงในกรงขังเดี่ยว แบ่งเป็น 5

กลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ตัว จากนั้นสุ่มให้ไก่ทดลองได้รับอาหารสำหรับช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ ที่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางที่มีปริมาณสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 5 ระดับ คือ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ไก่ทดลองได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่

4.1.1 การเก็บข้อมูลการเลี้ยง

4.1.1.1 บันทึกน้ำหนักไก่ทดลอง ทำการชั่งน้ำหนักไก่เมื่อเริ่มต้นการทดลอง จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวทุก 1 สัปดาห์ จนสิ้นสุดการทดลอง

4.1.1.2 บันทึกปริมาณอาหาร บันทึกปริมาณอาหารที่ให้ ปริมาณอาหารที่เหลือ แต่ละกลุ่มทดลองทุก 1 สัปดาห์ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักตัวเพิ่ม (body weight gain, BWG) ปริมาณอาหารที่กิน (feed intake, FI) และอัตราการใช้อาหาร (feed conversion ratio, FCR) ดังแสดงในสมการที่ [10] – [12]

$$BWG = \text{น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักตัวเริ่มต้นการทดลอง} \quad [10]$$

$$FI = \text{ปริมาณอาหารที่ให้ทั้งหมด} - \text{ปริมาณอาหารที่เหลือ} \quad [11]$$

$$FCR = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักตัวเพิ่ม}} \quad [12]$$

4.1.1.3 บันทึกจำนวนไก่ตาย บันทึกจำนวนไก่ที่ตายในแต่ละวัน เพื่อคำนวณอัตราการตายของไก่แต่ละสัปดาห์ (สมการ[13])

$$\text{อัตราการตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนไก่ที่ตาย}}{\text{จำนวนไก่เริ่มต้น}} \times 100 \quad [13]$$

4.2 การศึกษาทางโลหิตวิทยา

เจาะเลือดทุก 2 สัปดาห์ เมื่อไก่อายุครบ 2 สัปดาห์ สุ่มเจาะเลือดคอกละ 1 ตัว จำนวนทั้งหมด 8 ตัว และเมื่อไก่อายุครบ 4 สัปดาห์ เจาะเลือดกลุ่มทดลองละ 6 ตัว โดยสุ่มไก่จากแต่ละซ้ำของกลุ่มทดลองซ้ำละ 1 ตัว และทำเช่นเดียวกันเมื่อไก่อายุครบ 6 สัปดาห์ ตัวอย่างเลือดที่เก็บจะนำไปวิเคราะห์ระดับคอเลสเตอรอล ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น จำนวนเม็ดเลือดขาว และค่า TBARS ซึ่งมีวิธีการเก็บและเตรียม

ตัวอย่างดังนี้

4.2.1 การเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อหาค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นตามคำแนะนำของ ไชยณรงค์ (2541) โดยใช้หลอดแก้วแคพพิลารีดูดตัวอย่างเลือดให้ได้เลือดประมาณ 3/4 ของหลอด ปิดปลายข้างหนึ่งด้วยดินน้ำมัน จากนั้นนำไปปั่นโดยเครื่องปั่น microhematocrit ด้วยความเร็ว 11,000 รอบต่อนาที หรือเท่ากับ 12,000 *g* เป็นเวลา 5 นาที อ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่นบนจานอ่านค่า (reading device) ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

4.2.2 การเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์คอเลสเตอรอล เก็บตัวอย่างเลือดใส่ในหลอดทดลองประมาณ 2 มิลลิลิตร เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอวิเคราะห์

การวิเคราะห์คอเลสเตอรอลในเลือดใช้วิธี enzymatic colorimetric test โดยมีหลักการดังนี้

$$\text{Cholesterol esterifies} + H_2O \xrightarrow{\text{Cholesterol esterase}} \text{Cholesterol} + \text{Acides gras}$$

$$\text{Cholesterol} + O_2 \xrightarrow{\text{Cholesterol oxydase}} \text{Choles-4-ene-3-one} + H_2O_2$$

$$2H_2O_2 + \text{Phenol} + \text{4-AAP} \xrightarrow{\text{Peroxidase}} \text{Quinoneimine} + 4H_2O$$

4-AAP = Amino-4-antipyrine

4.2.3 การเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนับจำนวนเม็ดเลือดขาว เก็บตัวอย่างเลือดประมาณ 0.5-1.0 มิลลิลิตรในหลอดทดลองที่มีสารอีดีทีเอ (EDTA) เพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด

สำหรับการนับจำนวนเม็ดเลือดขาวดำเนินการตามคำแนะนำของเฉลียว (2547) โดยใช้ RBC pipette ดูดเลือดขึ้นถึงขีด 0.5 แล้วดูดสารละลายแนตและเฮอริก ถึงขีด 101 ผสมให้เข้ากัน จะได้สารละลายเม็ดเลือด 1:200 หยดสารละลายเม็ดเลือด 2-3 หยดแรกทิ้งไว้สักครู่เพื่อให้เซลล์นิ่งก่อนนำไปนับด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่เลนส์วัตถุ 40x โดยนับในพื้นที่ทั้ง 9 ตารางมิลลิเมตร โดยเม็ดเลือดขาวจะติดสีน้ำเงินเข้มหรือเห็นเป็นแกรนูลอัดแน่นในไซโตพลาสซึม ส่วนเม็ดเลือดแดงจะไม่ติดสี หลังจากนับแล้ว คำนวณจำนวนเม็ดเลือดขาวรวมจากสูตร

$$\text{TWBC}/\mu l = (\text{raw WBCs in 9 squares} + 10\% \text{ of raw WBCs}) \times 200 \qquad [14]$$

หรืออาจนับจากพื้นที่ 4 ตร.มม. ที่มุมทั้งสี่ของ Counting chamber เช่นเดียวกับการนับเม็ดเลือดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แล้วคำนวณจำนวนเม็ดเลือดขาวจากสูตร

TWBC/ μl = raw WBCs in 4 squares x 50 [15]

4.2.4 การเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อหาค่า TBARS เก็บตัวอย่างเลือดประมาณ 2-2.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองที่ไม่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นแบบหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกซีรั่ม เก็บซีรั่มในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอวิเคราะห์\

สำหรับการวิเคราะห์ค่า TBARS ในซีรั่ม ทำตามวิธีการของ Wasowicz และคณะ (1993) โดยเติมซีรั่ม 50 ไมโครลิตร ในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตรใส่สารละลาย TBA (29 mmol/lTBA in acetic acid) 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ และต้มที่ 95-100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นลง แล้วเติม 5 โมลต่อลิตรของ HCl ลงไป 25 ไมโครลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน นำไปย่อยกับ n-butanol 3.5 มิลลิลิตร นาน 5 นาที ปั่นที่ 1,500 *g* นาน 10 นาที นำ n-butanol phase ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrofluorophotometer ที่ 525 นาโน-เมตร สำหรับ excition และ 547 นาโนเมตร สำหรับ emission และนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ MDA

4.3 การฆ่าและการชำแหละซาก

เมื่อไก่อายุ 6 สัปดาห์ ทำการฆ่าและชำแหละซากไก่ทดลองกลุ่มทดลองละ 12 ตัว โดยสุ่มไก่จากแต่ละซ้ำของกลุ่มทดลอง ซ้ำละ 2 ตัว ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการคือ อดอาหารแต่มีน้ำให้เป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนฆ่า จากนั้นจึงทำการฆ่าตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก รัตนา และนิรัตน์ (2542) โดยใช้มีดตัดเส้นเลือดดำใหญ่ (jugular vein) ปล่อยให้เลือดไหลออกจนกระทั่งไก่ตาย (ประมาณ 3 - 4 นาที) ลวกน้ำร้อนอุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 นาที จากนั้นจึงนำซากไก่ไปถอนขนด้วยเครื่องถอนขนไก่แบบอัตโนมัติชนิด rotary drum picker แล้วถอนขนอ่อนด้วยมือ ล้างซากด้วยน้ำสะอาด ชั่งน้ำหนักตัวไก่หลังถอนขน จากนั้นจึงผ่าซากไก่เอาเครื่องในออก ชั่งน้ำหนัก และนำไปแช่ในห้องแช่เย็นอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำไปตัดแต่งซากต่อไป

การตัดแต่งซาก ตัดแยกเป็นชิ้นส่วนใหญ่ตามละเอียดที่อ้างถึงใน ไชยวรรณ และคณะ (2547) ได้แก่ ส่วนอก (breast) สะโพก (thigh) น่อง (drumstick) ปีก (wing) และโครงร่าง (skeletal frame) ซึ่งรวมทั้งส่วนปอด ไต หน้าแข้ง และเท้า บันทึกน้ำหนักของชิ้นส่วนซาก จากนั้นจึงชำแหละแยกเนื้อ ไขมัน และกระดูกออกจากกัน สำหรับการเก็บตัวอย่างเนื้อเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมีนั้น ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเนื้อหน้าอก (*Pectoralis major*) จากไก่ทั้ง 5 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 12 ชิ้น (ตารางที่ 11) โดยสุ่มแบ่งเนื้อไก่จำนวน 6 ชิ้นเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมี ส่วนเนื้อส่วนที่เหลือนำไปใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ตารางที่ 11 การจัดการตัวอย่างเนื้อไก่ที่สุ่มเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้านต่างๆ

ชนิดของการวิเคราะห์	ชนิดของตัวอย่างที่สุ่มเก็บ	จำนวนที่สุ่มเก็บ	การจัดการตัวอย่าง
1. น้ำหนักซาก และ น้ำหนักชิ้นส่วนซาก		เก็บจากทุกซาก	ชั่งน้ำหนัก
2. ความเป็นกรด-ด่าง	บริเวณเนื้อหน้าอก (*Pectoralis major*)	สุ่มเก็บทรีทเมนต์ละ 2 ตัวอย่าง	วัดค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 0 และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า
3. สี	เนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก ไขมันช่องท้อง	เก็บจากทุกซาก	นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 3 องศาเซลเซียส และนำไปวิเคราะห์ภายใน 4 ชั่วโมง
4. ความสามารถในการอุ้มน้ำ - drip loss - cooking loss	เนื้อหน้าอก เนื้อหน้าอกซ้ายด้านบน เนื้อหน้าอกขวาด้านบน	เก็บจากทุกซาก	ตัดเนื้อขนาดกว้างxยาวxหนา เท่ากับ 1.5 x 3.0 x 0.5 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 4 ชิ้น
5. ค่าแรงตัดผ่าน	เนื้อหน้าอกขวาด้านบน	เก็บจากทุกซาก	ใช้ตัวอย่างจากการวิเคราะห์ค่า cooking loss ที่อายุการเก็บ 1 วัน
6. คุณค่าทางโภชนะ 7. ค่า TBARS	เนื้อหน้าอกด้านซ้าย	เก็บจากทุกซาก	นำไปบดละเอียดและบรรจุไว้ในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทไธลีน และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ต่อไป
8. คอเลสเตอรอล	เนื้อหน้าอกด้านซ้าย	สุ่มเก็บทรีทเมนต์ละ 2 ตัวอย่าง	
9. เคอร์คูมินอยด์	เนื้อหน้าอกด้านซาก	สุ่มเก็บทรีทเมนต์ละ 2 ตัวอย่าง	
10. การตรวจชิม	เนื้อหน้าอก	สุ่มเก็บทรีทเมนต์ละ 6 ตัวอย่าง	ใช้ประเมินทั้งในรูปสด และสุก

สำหรับข้อมูลที่ทำการจดบันทึกและนำมาวิเคราะห์ในด้านต่างๆ มีดังนี้

4.3.1 การเก็บข้อมูลทางกายภาพ

4.3.1.1 น้ำหนักซากตัดแต่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (dressing percentage) ตามวิธีการของชัยณรงค์ (2529)

$$\% \text{ น้ำหนักซาก} = \frac{\text{น้ำหนักซากเย็น}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \times 100 \quad [15]$$

4.3.1.2 น้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (retail percentage)

$$\% \text{ ชิ้นส่วนตัดแต่ง} = \frac{\text{น้ำหนักของชิ้นส่วนตัดแต่ง}}{\text{น้ำหนักซากเย็น}} \times 100 \quad [16]$$

4.3.1.3 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ชั่วโมงแรกที่สัตว์ตาย (ไม่เกิน 45 นาที : pH_0) และ pH สุดท้าย (ultimate pH : pH_{24}) วัดชั่วโมงที่ 24 หลังการฆ่า โดยวัดตรงส่วนบริเวณเนื้อหน้าอกที่บริเวณกล้ามเนื้อ *Pectoralis major* ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อ

4.3.1.4 ประเมินค่าสีของเนื้อ หนัง และไขมันช่องท้อง โดยทำการตรวจวัดค่าสีของกล้ามเนื้อทั้งด้านหน้า (anterior) และด้านหลัง (posterior) ประเมินค่าเฉลี่ยของสีเนื้อหน้าอก และหนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้องด้วยเครื่อง HunterLab color meter โดยรายงานค่าที่ประเมินได้ในระบบ CIE (Complete International Commission on Illumination) เป็นค่า L*, a* และ b*

4.3.1.5 ตรวจวัดความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยวัดค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บ (drip loss) และค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร (cooking loss) ตามวิธีที่อ้างถึงโดย ไชยวรรณ และคณะ (2547) ดังนี้

4.3.1.5.1 ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อระหว่างการเก็บ นำเนื้อหน้าอก 12 ตัวอย่างต่อทรีทเมนต์มาชับให้แห้ง จากนั้นนำมาตัดเนื้อให้มีขนาดความกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1.5 x 3.0 x 0.5 เซนติเมตร ตำแหน่งที่ตัดคือ บริเวณเนื้อหน้าอกซีกขวาด้านบน โดยตัดชิ้นเนื้อตัวอย่างละ 4 ชิ้น สำหรับการศึกษาการสูญเสียน้ำของเนื้อในระหว่างเก็บที่ช่วงเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ชั่งน้ำหนักของเนื้อ ใส่ถุงพลาสติกชนิดทนความร้อน จากนั้นจึงนำไปวางไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อครบช่วงเวลาที่กำหนด คือ 1, 3, 5 และ 7 วันนำมาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าการสูญเสียน้ำโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\%\text{การสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บ} = \frac{(\text{น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 1} - \text{น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 2})}{\text{น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 1}} \times 100 \quad [17]$$

4.3.1.5.2 ค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร นำเนื้อหน้าอกจำนวน 6 ตัวอย่างต่อทรีทเมนต์ มาชับให้แห้ง จากนั้นนำมาตัดเนื้อให้มีขนาดความกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1.5 x 3.0

x 0.5 เซนติเมตร ตำแหน่งที่ตัดคือ บริเวณเนื้อหน้าอกซีกซ้ายด้านบน โดยตัดชิ้นเนื้อตัวอย่างละ 4 ชิ้น สำหรับการศึกษาการสูญเสียน้ำของเนื้อเนื่องจากการประกอบอาหารหลังจากการเก็บที่ช่วงเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ชั่งน้ำหนักของเนื้อ ใส่ถุงพลาสติกชนิดทนความร้อน จากนั้นจึงนำไปวางไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อครบช่วงเวลาที่กำหนด (1, 3, 5 และ 7 วัน) นำตัวอย่างเนื้อไปต้มให้สุกในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในน้ำเย็นจนมีอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำตัวอย่างเนื้อซับด้วยกระดาษกรอง แล้วชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าการสูญเสียน้ำโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\%\text{การสูญเสียน้ำของเนื้อเนื่องจากการประกอบอาหาร} = \frac{(\text{น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 1} - \text{น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 2}) \times 100}{\text{น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 1}} \quad [18]$$

หมายเหตุ ตัวอย่างเนื้อที่เก็บ 1 วันที่ผ่านการชั่งน้ำหนักเพื่อหาการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารจะนำไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่อไป

4.3.1.6 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) โดยนำเนื้อหน้าอก 6 ตัวอย่างต่อทรีทเมนต์มาซับให้แห้ง จากนั้นนำมาตัดเนื้อให้มีขนาดความกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1.5 x 3.0 x 0.5 เซนติเมตร ตำแหน่งที่ตัดคือ บริเวณเนื้อหน้าอกซีกซ้ายด้านบน ชั่งน้ำหนักของเนื้อ ใส่ถุงพลาสติกชนิดทนความร้อน นำไปต้มให้สุกในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในน้ำเย็นจนมีอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำตัวอย่างเนื้อมาตัดแต่งให้มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา ประมาณ 1.0 x 2.0 x 0.5 เซนติเมตร แล้วจึงนำไปตรวจวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Texture Analyzer ใช้ใบมีดชนิด Warner Brazler shear blade (WB-blade) โดยมีอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีด (cross head speed) เท่ากับ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามวิธีการของ Dawson และคณะ (1991 ซึ่งดัดแปลงโดย Wattanachant *et al.*, 2004)

4.3.2 การเก็บข้อมูลด้านเคมี

4.3.2.1 องค์ประกอบทางเคมีอาหารทดลอง และคุณค่าทางโภชนะของเนื้อ ได้แก่ การวิเคราะห์หาความชื้น โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (1990)

4.3.2.2 ระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อ ตามวิธีการของ Will และ Greenfield (1984) โดยทำการสกัดไขมันจากตัวอย่างเนื้อตามวิธีการของ Folch และคณะ (1957) จากนั้นใช้ไขมันที่สกัดได้มาแยกจากไลโปโปรตีนด้วยการต้มกับสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ในแอลกอฮอล์ จากนั้นสกัดด้วย

ปิโตรเลียมอีเธอร์ จากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้ ไปวิเคราะห์หาปริมาณคอเลสเตอรอลโดยเทคนิค gas liquid chromatography (GLC)

4.3.2.3 วิเคราะห์หาค่า TBARS ในเนื้อ ตามวิธีการของ Buege และ Aust (1978) โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ตัวอย่างเนื้อหน้าอกสับละเอียด ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2.0 กรัม เติมสารละลาย TBA ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร จากนั้นต้มสารละลายผสมในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที แล้วทำให้เย็นโดยใช้น้ำไหล นำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 36,000 xg เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร สำหรับการเตรียมกราฟมาตรฐาน Malonaldehyde โดยการเติมสารละลายมาตรฐาน Malonaldehyde ให้มีความเข้มข้นต่างๆ (ใช้สารละลาย TBA เป็นตัวปรับปริมาตร) แล้วดำเนินการเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง บันทึกข้อมูลและผลการคำนวณ และรายงานผลการทดสอบในหน่วย mg malonaldehyde/kg sample

4.3.2.4 ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในตัวอย่างเนื้อหน้าอกดำเนินการตามวิธีการที่แสดงในบทที่ 3

4.3.3 การยอมรับของผู้บริโภค

4.3.3.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ได้แก่

(1) การทดสอบไก่สด โดยนำตัวอย่างออกจากห้องเย็น ตั้งไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง จัดตัวอย่างในถ้วยพลาสติกและปิดด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ กำหนดเลขรหัสตัวอย่างและเสิร์ฟตัวอย่างที่จัดไว้ตามลำดับแบบสุ่ม

(2) การทดสอบไก่สุก โดยนำตัวอย่างกล้ามเนื้อทั้งสองส่วนออกจากห้องเย็นตั้งไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วต้มไก่ในน้ำเดือดนาน 2 นาที โดยเนื้อมีอุณหภูมิที่จุดกลางไม่น้อยกว่า 72 ° ซ. นำตัวอย่างเนื้อหน้าอกไปตัดให้มีขนาด 1 x 1 นิ้ว วางในถ้วยพลาสติกที่ปิดด้วยแผ่นอลูมิเนียม-ฟอยล์ กำหนดเลขรหัสตัวอย่างและเสิร์ฟตัวอย่างที่จัดไว้

4.3.3.2 การเตรียมผู้ชิมเนื้อ ใช้ผู้ประเมินจำนวน 12 คน ทำการประชุมโต๊ะกลมในลักษณะการพิจารณ์กลุ่มเปิด (open discussion) เพื่อกำหนดคุณลักษณะโดยสังเขป และทำความเข้าใจในงานที่จะต้องประเมิน จากนั้นนำผลการประชุมมาจัดทำแบบสอบถามเพื่อใช้ในการประเมินต่อไป

4.3.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสดำเนินการตามเทคนิคของ ทิพย์วรรณา (2521) โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ทดสอบลักษณะของเนื้อไก่ดิบ (fresh) กำหนดให้ผู้ตรวจชิมพิจารณาดูสีของเนื้อ ลักษณะของเนื้อ และดมกลิ่น และให้ความพอใจโดยรวม ช่วงที่ 2 ทดสอบลักษณะของเนื้อไก่ต้มสุก (cooking) กำหนดให้ผู้ตรวจชิม สี ลักษณะของเนื้อ และดมกลิ่นก่อนการทดสอบ จากนั้นจึงทำการตรวจชิมและอธิบายความรู้หลังจากการตรวจชิม สำหรับนิยามและความหมายของคำที่ใช้สอบถามในการตรวจชิมครั้งนี้ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจชิม

ลำดับ	ข้อมูลที่ประเมิน	การอธิบายความหมาย
1	สี (colour)	สีของตัวอย่าง โดยการสังเกตโดยการมองเห็น โดยดูลักษณะสีอ่อน และสีเข้ม
2	กลิ่น (smell)	กลิ่นของตัวอย่างเนื้อไก่สดที่รับรู้ได้โดยการดม
3	ความนุ่ม (tenderness)	ความนุ่มเหนียวของตัวอย่าง เป็นค่าการใช้แรงในความพยายามเคี้ยวตัวอย่าง
4	ความชุ่มฉ่ำ (juiceness)	ความชุ่มฉ่ำ (ความฉ่ำน้ำ) ของตัวอย่าง เป็นลักษณะการที่มีน้ำออกจากตัวอย่างในขณะที่เคี้ยว
5	รสชาติ (flavour)	กลิ่นรสไก่ต้มของตัวอย่างที่สัมผัสได้โดยการชิม
7	กลิ่นขมิ้นชัน (curcumin-flavour)	กลิ่นขมิ้นชันของเนื้อสุกหลังการต้ม
6	ความพอใจโดยรวม (overall acceptance)	การยอมรับโดยรวมต่อตัวอย่างไก่ที่ตรวจชิม

4.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ 3 มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980) สำหรับข้อมูลที่ได้จากการตรวจชิม จะนำไป transform ให้อยู่ในรูป Log_{10} ก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาความปรวนปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง

(1) องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์ที่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปสารผสมที่ระดับต่างๆ ในสูตรอาหาร (ตารางที่ 13) พบว่า แต่ละสูตรมีปริมาณโภชนะใกล้เคียงกัน แต่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพลังงานรวมในสูตรอาหารเมื่อเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางในระดับที่สูง ทั้งนี้น่าจะเป็นผลเนื่องมาจากการใช้แล็กโทสซึ่งเป็นสารให้พลังงานเป็นสารเจือจางในการเตรียมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน

ตารางที่ 13 องค์ประกอบทางเคมีจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของสูตรอาหารสำหรับไก่กระทงช่วงอายุ 4-6 สัปดาห์

โภชนะ (%ในสภาพแห้งไม่มีความชื้น)	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)				
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
ความชื้น	10.77	10.65	11.00	11.16	11.03
โปรตีนรวม	23.48	23.80	22.73	22.99	22.68
ไขมันรวม	4.15	4.13	4.49	4.47	4.57
เยื่อใยรวม	2.95	3.12	3.08	2.91	3.44
เถ้า	7.37	7.83	7.54	7.39	7.31
ไนไตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก 1/	51.28	50.47	51.16	51.08	50.97
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/กก.)	4,780.25	5,039.70	5,008.95	5,077.26	5,226.89

1/ ไนไตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก = %DM – (%โปรตีน + %ไขมันรวม + %เยื่อใยรวม + %เถ้า)

(2) ผลของการเสริมสารสกัดหยาบขมิ้นชันต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทง

จากการเลี้ยงไก่ทดลองช่วง 3 สัปดาห์แรก ด้วยอาหารควบคุมในคอกขังรวม (ตารางภาคผนวกที่ 17) พบว่า ไก่ทดลองมีน้ำหนักตัวเมื่ออายุ 3 สัปดาห์เฉลี่ย เท่ากับ 866.65±-24.15 กรัม โดยมีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย เท่ากับ 601.67 กรัม อัตราการใช้อาหารเฉลี่ย เท่ากับ 1.48 และมีอัตราการตายคิดเป็น 4.00 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปสารผสมในไก่กระทงช่วง 3 สัปดาห์สุดท้ายต่อการเจริญเติบโต (ตารางที่ 14) พบว่า ที่อายุ 4 สัปดาห์ ปริมาณอาหารที่กินของไก่แต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่อัตราการใช้อาหารของกลุ่มที่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.2, 0.4 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มควบคุมดีกว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) และกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มควบคุมมีการเพิ่มของน้ำหนักตัวดีกว่ากลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 0.2, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับอัตราการตาย พบว่าไก่แต่ละกลุ่มมีอัตราการตายคิดเป็น 0 เปอร์เซ็นต์ที่อายุ 5 สัปดาห์ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการใช้อาหาร และอัตราการตายของไก่แต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วนการเพิ่มของน้ำหนักตัวของกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.8 เปอร์เซ็นต์ มีการเพิ่มของน้ำหนักตัวน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.2, 0.4, 0.6 และ กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และเมื่ออายุครบ 6 สัปดาห์ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการใช้อาหาร น้ำหนักตัวเพิ่ม และอัตราการตายในแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบกับค่ามาตรฐานของการเจริญเติบโตของไก่พันธุ์ฮับบาร์ดตามรายงานของบริษัทผู้ผลิต (Anonymous, 2001) พบว่า น้ำหนักตัว และอัตราการใช้อาหารในการทดลองครั้งนี้มีค่าใกล้เคียง

ตารางที่ 14 ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการใช้อาหาร และอัตราการตายของไก่กระทงอายุ 4-6 สัปดาห์ (mean±SD)

อายุ (สัปดาห์)	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (กรัม/ตัว)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	FCR	อัตราการตาย (%)
4	0.0	418.75±25.04 [ab]	710.42±17.57	1.70±0.09 [a]	0.00
	0.2	395.00±22.91 [b]	704.17±40.52	1.78±0.06 [ab]	0.00
	0.4	439.17±28.09 [a]	743.75±27.33	1.70±0.07 [a]	0.00
	0.6	394.58±29.60 [b]	726.25±38.33	1.85±0.10 [b]	0.00
	0.8	395.42±28.65 [b]	728.33±40.98	1.85±0.10 [b]	0.00
	P-value	0.027	0.312	0.007	-
5	0.0	585.56±55.51 [a]	973.00±98.04	1.68±0.23	4.17±10.21
	0.2	632.92±18.06 [a]	1,015.00±64.46	1.61±0.13	0.00
	0.4	594.17±41.79 [a]	1,055.83±132.14	1.78±0.23	0.00
	0.6	624.17±32.85 [a]	974.17±133.80	1.57±0.25	8.33±12.91
	0.8	532.08±39.70 [b]	979.92±93.11	1.85±0.18	4.17±10.21
	P-value	0.001	0.621	0.137	0.440
6	0.0	563.75±54.47	1,087.50±95.12	1.94±0.18	0.00
	0.2	503.33±70.55	1,080.83±40.27	2.17±0.24	0.00
	0.4	542.92±89.56	1,057.08±52.71	2.00±0.39	0.00
	0.6	483.89±48.88	1,089.03±131.67	2.28±0.40	0.00
	0.8	560.00±47.14	1,029.92±91.58	1.85±0.23	4.17±10.21
	P-value	0.153	0.744	0.128	0.426
4-6	0.0	1,568.06±81.01	2,770.92±144.03	1.77±0.06	4.17±10.21
	0.2	1,531.25±70.62	2,800.00±95.41	1.83±0.10	0.00
	0.4	1,576.25±74.85	2,856.67±190.86	1.81±0.13	0.00
	0.6	1,502.64±79.70	2,789.44±263.53	1.86±0.22	8.33±12.91
	0.8	1,497.92±54.96	2,738.17±190.39	1.83±0.14	8.33±12.91
	P-value	0.238	0.854	0.829	0.339

อักษร a b c ในคอลัมน์ของแต่ละหัวข้อที่แตกต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

กับรายงานของบริษัทผู้ผลิต โดยที่อายุ 6 สัปดาห์ ไก่สายพันธุ์ฮับบาร์ดมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย เท่ากับ 2,377 กรัม และมีอัตราการใช้อาหารเฉลี่ย เท่ากับ 1.82 และจากการศึกษาครั้งนี้ ไก่ทดลองมีน้ำหนักที่ 6 สัปดาห์เฉลี่ย เท่ากับ 2,417.64 กรัม และอัตราการใช้อาหารเฉลี่ย เท่ากับ 2.05 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณารวมในช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์ พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน อัตราการใช้อาหาร น้ำหนักตัวเพิ่ม และอัตราการตายของไก่กระทง ($P>0.05$) ขณะที่ ชัยวัฒน์ และคณะ (2547) รายงานว่า การเสริมขมิ้นชันผง 0.2 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่กระทงในช่วงอายุ 22-45 วัน มีแนวโน้มช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของไก่ที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงได้ เช่นเดียวกับรายงานของ กิติมา และคณะ (2548) ซึ่งพบว่า การเสริมสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในไก่กระทงอายุ 42 วัน ที่เลี้ยงแบบขังรวม ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้นเช่นกัน ในขณะที่นวลจันทร์และคณะ (2547) รายงานว่า การเสริมสารเคอร์คูมินอยด์ที่ระดับ 0.015 เปอร์เซ็นต์ในอาหารทำให้การเพิ่มน้ำหนักตัว อัตราการใช้อาหารของไก่กระทงช่วง 1 - 3 สัปดาห์ดีขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทงในช่วง 4-6 สัปดาห์ ซึ่ง Osawa และ คณะ (1995) ได้อธิบายการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวเมื่อได้รับขมิ้นชันไว้ว่าเป็นผลมาจากฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของขมิ้นชันที่มีผลต่อการกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนของระบบเอนไซม์ของไก่ ในขณะที่ Anonymous (2000) อธิบายว่า สารเคอร์คูมินอยด์มีฤทธิ์กระตุ้นการกินได้และการหลั่งของน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้ ผลการศึกษาครั้งนี้ยังแตกต่างจากรายงานของชัยวัฒน์ และคณะ (2547) และ กิติมา และคณะ (2548) ที่รายงานว่า การเสริมขมิ้นชันสามารถลดความเครียดของไก่กระทงที่เลี้ยงแบบแออัดได้ ดังนั้นจึงอาจจะเป็นไปได้ว่าผลของการเสริมขมิ้นชันผง หรือสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน แสดงผลได้ชัดเจนเมื่อสัตว์อยู่ในสภาวะเครียด เช่นเดียวกันกับผลต่ออัตราการตาย ซึ่งการทดลองครั้งนี้พบว่า ไม่ว่าจะเป็นที่อายุ 4 และ 5 สัปดาห์ หรือช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์ การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมไม่มีผลต่ออัตราการตายของไก่กระทง ($P>0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในอาหารแต่ละสูตรเพื่อคำนวณหาปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ที่ไก่ทดลองแต่ละกลุ่มได้รับ (ดังแสดงในตารางที่ 15) พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในอาหารแต่ละสูตรที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าใกล้เคียงกับค่าจากการคำนวณ และเมื่อนำค่าดังกล่าวมาคำนวณปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ที่ไก่ได้รับ พบว่า ในช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์ ไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ได้รับสารเคอร์คูมินอยด์ เท่ากับ 0, 235.92, 304.52, 523.44 และ 622.81 กรัมต่อตัว ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในอาหารและปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ที่สัตว์ได้รับ (mean±SD)

ข้อมูล	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)				
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในอาหาร (กรัม/100 กิโลกรัมของอาหาร)					
จากการคำนวณ	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24
จากการวิเคราะห์	0.00	0.08±0.00	0.11±0.02	0.19±0.02	0.23±0.08
ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ที่ได้รับ (กรัม/ตัว)[1]					
อายุ 4 สัปดาห์	0.00	59.33±3.41	79.28±2.91	136.28±7.19	165.66±9.32
อายุ 5 สัปดาห์	0.00	85.52±5.43	112.55±14.09	182.80±25.11	222.89±21.18
อายุ 6 สัปดาห์	0.00	91.07±3.39	112.69±5.62	204.35±24.71	234.26±20.83
อายุ 4-6 สัปดาห์	0.00	235.92±8.04	304.52±20.35	523.44±49.45	622.81±43.31

[1]คำนวณจากปริมาณอาหารที่กินของไก่แต่ละกลุ่ม

เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหารของไก่กระทงที่ช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 16) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในระดับที่สูงขึ้นมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้นตามลำดับ โดยต้นทุนค่าอาหารของกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบที่ระดับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุม คิดเป็น 51.15, 96.82, 150.32 และ 193.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ขมิ้นชันหัวแม่ เนื่องจากมีปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ (21.24 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด) มากกว่าขมิ้นชันหัวลูก (10.29 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด) (อรุณพร และคณะ, 2543) แต่ขมิ้นชันหัวแม่มีราคาแพงกว่าขมิ้นชันหัวลูก หรือขมิ้นชันแบบรวม อีกทั้งแล็กโทส และโซเดียม อะจิเนต ที่ใช้เป็นสารเจือจาง และสารยึดเกาะในการเตรียมสารผสมในการศึกษาครั้งนี้เป็นเกรดที่ใช้เพื่อการเตรียมยาสำหรับมนุษย์ ซึ่งในการเตรียมสารผสมเพื่อใช้ผสมในอาหารสัตว์สามารถใช้สารที่มีคุณภาพปานกลางได้ ทำให้ต้นทุนต่ำลง นอกจากนี้ ในกรณีที่มีการสกัดสารสกัดในปริมาณมาก สามารถนำตัวทำละลายมาหมุนเวียนใช้ใหม่ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการเตรียมสารสกัดสำหรับการทดลองในปริมาณไม่มากนัก จึงไม่สามารถนำตัวทำละลายมาใช้ใหม่ได้อย่างมีอัตรา ดังนั้น หากเตรียมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางสำหรับใช้ในอาหารสัตว์ในปริมาณมากจะทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่ำกว่าจากผลการศึกษาครั้งนี้

ตารางที่ 16 ต้นทุนค่าอาหารของการเลี้ยงไก่กระทงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)[1]

ต้นทุนค่าอาหาร/น้ำหนักเพิ่ม (บาท/กก.)	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)				
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
ช่วงอายุ 4-6 สัปดาห์	20.47±0.75[e]	30.94±1.72[d]	40.29±2.91[c]	51.24±6.12[b]	60.06±4.50[a]
	(100)	(151.15)	(196.82)	(250.32)	(293.40)

[1]คำนวณจากอัตราการใช้อาหารของไก่แต่ละกลุ่ม; ค่าในวงเล็บ ( ) เป็นค่าเปรียบเทียบโดยกำหนดให้กลุ่มควบคุมเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

(3) ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อค่าทางโลหิตวิทยา

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษาค่าโลหิตวิทยาของไก่ที่อายุ 2 สัปดาห์ ซึ่งไม่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และที่อายุ 4 และ 6 สัปดาห์ ที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน สำหรับค่าโลหิตวิทยาของไก่ที่อายุ 2 สัปดาห์ พบว่า มีค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น 29.07 เปอร์เซ็นต์ จำนวนเม็ดเลือดขาว 11.20×10^3 เซลล์ต่อไมโครลิตร และมีระดับคอเลสเตอรอลในเลือด เท่ากับ 103.90 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 18) สำหรับค่าโลหิตวิทยาของไก่กระทงที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่อายุ 4 และ 6 สัปดาห์ มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น

ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปสารผสมต่อค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (ตารางที่ 17) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่อายุ 4 สัปดาห์ และอายุ 6 สัปดาห์ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.27 และ 29.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ ชัยวัฒน์ และคณะ (2547) ที่รายงานว่า การเสริมขมิ้นชันผงที่ระดับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ในอาหารให้ไก่กระทงที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นต่างกันไม่มีผลต่อค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น โดยมีค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นอยู่ในช่วง 26.00-28.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าไก่มีสุขภาพอยู่ในเกณฑ์ปกติ

3.2 จำนวนเม็ดเลือดขาวในเลือด

จากการศึกษาผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมต่อจำนวนเม็ดเลือดขาวของไก่กระทง (ตารางที่ 17) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อจำนวนเม็ดเลือด

ขาวของไก่กระทงทั้งที่อายุ 4 และ 6 สัปดาห์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $14.75x10^3$ และ $13.72x10^3$ เซลล์ต่อไมโครลิตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ ชัยวัฒน์ และคณะ (2547) ที่รายงานว่า การเสริมขมิ้นชันผงที่ระดับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ในอาหารให้ไก่กระทงที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นต่างกันไม่มีผลต่อจำนวนเม็ดเลือดขาว โดยมีค่าอยู่ในช่วง $0.86x10^3$-$10.74x10^3$ เซลล์ต่อไมโครลิตร

ตารางที่ 17 ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อค่าทางโลหิตวิทยาของไก่กระทงอายุ 4 และ 6 สัปดาห์ (mean±SD)

รายการ	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)					P-value
	0.00	0.20	0.4	0.6	0.80	
อายุ 4 สัปดาห์						
ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (%)	30.58±0.97	30.25±0.82	29.67±1.81	29.33±0.61	31.50±1.87	0.073
จำนวนเม็ดเลือดขาว ($10^3/\mu l$)	15.93±1.39	14.96±1.81	15.06±2.05	13.80±1.69	13.99±1.48	0.564
ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (mg/dl)	118.11±20.35	118.51±12.13	117.17±12.20	114.17±22.66	130.00±12.76	0.540
ค่า TBARS (nmol/ml)	0.554±0.17	0.522±0.22	0.451±0.15	0.445±0.20	0.436±0.19	0.752
อายุ 6 สัปดาห์						
ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (%)	28.50±3.62	28.67±1.08	28.08±4.32	30.42±1.69	29.75±2.82	0.638
จำนวนเม็ดเลือดขาว ($10^3/\mu l$)	15.93±1.39	14.96±1.81	15.06±2.05	13.80±1.69	13.99±1.48	0.564
ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (mg/dl)	127.35±16.97	112.10±5.43	125.16±23.39	106.42±10.61	121.61±16.03	0.135
ค่า TBARS (nmol/ml)	0.419±0.10^a	0.342±0.09^{ab}	0.274±0.10^b	0.252±0.12^b	0.250±0.11^b	0.042

อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

3.3 ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมต่อระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (ตารางที่ 17) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อระดับ คอลเลสเตอรอลในเลือด

ของไก่ที่อายุ 4 และ 6 สัปดาห์ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 119.59 และ118.53 มิลลิกรัมต่อเดลิลิตร ตามลำดับ แต่จากการศึกษาของ Ramirez-Tortosa และคณะ (1999) ที่ใช้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันป้อนให้กระต่ายที่ได้รับอาหารที่มีไขมันและคอเลสเตอรอลสูง พบว่าการใช้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 1.66 และ 3.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว สามารถลดระดับของคอเลสเตอรอลในเลือดได้ ซึ่งรายงานฉบับเดียวกันนี้ ยังอธิบายไว้ว่า การลดลงของคอเลสเตอรอลในกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน น่าจะเกิดจากสารเคอร์คูมินเพิ่มการขับออกของคอเลสเตอรอลในน้ำดีและการขับออกในมูล ส่วนกลุ่มควบคุมคอเลสเตอรอลจะถูกสะสมในเลือดและในเนื้อเยื่อ

3.4 ค่า TBARS ในเลือด

ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมต่อค่า TBARS ในเลือดของไก่กระทง (ตารางที่ 17) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อค่า TBARS ในเลือดของไก่กระทงที่อายุ 4 สัปดาห์ (P>0.05) แต่มีผลทำให้ค่า TBARS ในเลือดของไก่อายุ 6 สัปดาห์กลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จากผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันสามารถลดการเกิด lipid peroxidation ในเลือดของไก่กระทงที่อายุ 6 สัปดาห์ได้ สอดคล้องกับรายงานของชัยวัฒน์ และคณะ (2547) ที่รายงานว่าการเสริมขมิ้นชันผงที่ระดับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ในอาหารมีแนวโน้มทำให้ค่า TBARS ในเลือดลดลง เช่นเดียวกับรายงานของ นวลจันทร์ และคณะ (2547) ที่รายงานว่า การเสริมสารเคอร์คูมินอยด์ที่ระดับ 0.01 และ 0.015 เปอร์เซ็นต์ในอาหารช่วยลดการเกิด lipid peroxidation ในเลือดของไก่กระทงได้

(4) ผลของการเสริมสารสกัดหยาบขมิ้นชันต่อซากไก่และองค์ประกอบของซาก

ผลการศึกษาผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมต่อน้ำหนักและองค์ประกอบซากแสดงในตารางที่ 18 พบว่า น้ำหนักมีชีวิตของไก่แต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน (P>0.05) และหลังจากฆ่า พบว่า เปอร์เซ็นต์ของซากอุ่นและซากเย็นของไก่แต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน (P>0.05) สำหรับองค์ประกอบของซากส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เนื้อหน้าอก สันใน สะโพก น่อง ปีก โครงร่าง หัว คอ ขา และแข้ง พบว่า น้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบซากดังกล่าวไม่แตกต่างกัน (P>0.05) สอดคล้องกับรายงานของนวลจันทร์ และคณะ (2547) ซึ่งรายงานว่า การเสริมสารเคอร์คูมินอยด์ที่ระดับ 0.005, 0.01 และ 0.015 เปอร์เซ็นต์ในอาหารให้ไก่กระทงในช่วงอายุ 0-7 สัปดาห์ไม่มีผลต่อน้ำหนักซากและองค์ประกอบซาก

ตารางที่ 18 องค์ประกอบของซากไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)

ข้อมูล	น้ำหนัก	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)					P-value
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	
น้ำหนักมีชีวิต	กรัม	2,500.00±282.84	2,500.00±89.44	2,433.33±196.64	2,483.33±116.90	2,350.00±137.84	0.556
ซากอุ่น[2]	กรัม	1,960.93±265.84	1,963.00±64.05	1,893.98±187.98	1,944.61±66.86	1,855.50±99.06	0.710
	เปอร์เซ็นต์[1]	78.25±2.34	78.55±1.88	77.74±1.92	78.36±1.80	78.98±1.10	0.836
ซากเย็น[2]	กรัม	1,929.73±277.06	1,936.55±62.22	1,860.28±187.15	1,848.32±87.09	1,776.53±113.86	0.451
	เปอร์เซ็นต์[1]	76.94±2.99	77.49±1.74	76.36±2.24	74.58±5.26	75.58±1.25	0.509
หน้าอกรวม	กรัม	366.58±70.87	360.05±29.68	345.18±35.94	351.12±28.03	339.87±56.58	0.865
	เปอร์เซ็นต์[1]	19.32±4.64	18.57±1.12	18.58±1.29	19.01±1.44	19.04±2.15	0.982
เนื้อหน้าอก	กรัม	324.13±62.92	318.42±27.18	307.61±32.58	306.35±23.97	299.06±52.19	0.853
	เปอร์เซ็นต์[1]	17.04±3.87	16.43±1.04	16.56±1.25	16.59±1.28	16.75±2.05	0.990
หนังบริเวณหน้าอก	กรัม	42.45±11.25	41.63±4.44	37.57±4.51	44.77±7.00	40.81±6.36	0.533
	เปอร์เซ็นต์[1]	2.27±0.88	2.15±0.20	2.02±0.13	2.42±0.34	2.29±0.26	0.608
ไขมันช่องท้อง	กรัม	31.28±6.93 ^{ab}	29.93±3.93 ^{a}	38.75±9.44 ^{abc}	39.46±8.18 ^{bc}	40.76±5.90 ^{c}	0.005
	เปอร์เซ็นต์[1]	1.62±0.27 ^{a}	1.55±0.19 ^{a}	2.10±0.56 ^{b}	2.14±0.45 ^{b}	2.29±0.25 ^{b}	0.038

[1]เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น; [2]น้ำหนักซากรวมหัว คอ แข้งและเท้า; อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ข้อมูล	น้ำหนัก	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)					P-value
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	
สันใน	กรัม	85.55±14.71	87.60±6.62	80.47±12.56	81.94±9.42	79.16±9.64	0.649
	เปอร์เซ็นต์[1]	4.42±0.23	4.52±0.27	4.33±0.54	4.43±0.46	4.44±0.31	0.939
สะโพก	กรัม	301.42±49.19	284.85±22.57	273.77±35.43	286.80±31.05	272.01±24.56	0.580
	เปอร์เซ็นต์[1]	15.59±0.81	14.71±0.98	14.68±0.65	15.50±1.27	15.31±0.96	0.319
น่อง	กรัม	258.65±43.49	265.48±9.69	252.56±27.39	252.96±19.37	232.88±19.18	0.306
	เปอร์เซ็นต์[1]	13.39±0.79	13.72±0.55	13.57±0.36	13.69±0.85	13.11±0.57	0.476
ปีก	กรัม	184.09±20.68	186.52±3.80	177.07±17.05	181.37±4.93	170.35±13.90	0.303
	เปอร์เซ็นต์[1]	9.60±0.66	9.64±0.42	9.52±0.26	9.83±0.51	9.59±0.49	0.848
โครงร่าง	กรัม	454.89±72.61	450.93±26.17	434.10±45.10	425.22±32.16	415.42±26.34	0.498
	เปอร์เซ็นต์[1]	23.57±1.32	23.28±0.98	23.35±0.98	23.02±1.67	23.42±1.33	0.962
หัวและคอ	กรัม	144.60±9.49	154.80±7.92	149.70±22.46	144.05±16.15	141.32±18.29	0.607
	เปอร์เซ็นต์[1]	7.59±0.89	8.00±0.49	8.03±0.66	7.80±0.84	7.94±0.76	0.835
แข้งและเท้า	กรัม	104.71±10.75	109.33±5.61	104.80±14.20	105.14±4.63	97.77±10.98	0.399
	เปอร์เซ็นต์[1]	5.48±0.60	5.65±0.37	5.62±0.33	5.70±0.35	5.50±0.42	0.877

[1]เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น; อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ข้อมูล	น้ำหนัก	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)					P-value
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	
รวม							
เนื้อรวม	กรัม	802.90±126.72	789.95±48.80	754.16±84.41	759.45±53.39	729.14±95.10	0.603
	เปอร์เซ็นต์[1]	41.75±4.19	40.77±1.65	40.53±2.10	41.08±2.09	40.91±3.12	0.954
ไขมันรวม	กรัม	41.30±12.38	60.41±47.00	52.60±16.76	53.20±9.20	51.89±7.64	0.734
	เปอร์เซ็นต์[1]	2.12±0.46	3.10±2.34	2.87±1.09	2.88±0.47	2.92±0.37	0.675
หนังรวม	กรัม	156.55±22.81	161.15±21.24	149.31±24.39	152.22±16.57	152.88±18.61	0.885
	เปอร์เซ็นต์[1]	8.14±0.63	8.32±1.00	8.01±0.75	8.23±0.75	8.60±0.82	0.762
กระดูกรวม	กรัม	915.69±99.31	939.11±15.47	899.58±92.56	896.35±51.53	848.51±45.81	0.256
	เปอร์เซ็นต์[1]	47.75±3.10	48.52±1.08	48.37±1.37	48.55±2.99	47.80±1.34	0.938

[1]เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น; อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ในแง่ของการสะสมไขมัน พบว่า ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไขมันในช่องท้องสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 0.2% และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้แตกต่างจากผลการศึกษาของ AL-Sultan (2003) ที่รายงานว่า การเสริมขมิ้นชันผงที่ระดับ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดไขมันในซากได้ 33.3 และ 66.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยสำนักงานข้อมูลสมุนไพร (2543) อธิบายไว้ว่า สารเคอร์คูมินในขมิ้นชันช่วยขับน้ำดี จึงน่าจะส่งผลให้การย่อยและการดูดซึมไขมันจากอาหารในลำไส้เล็กของสัตว์ได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของนวลจันทร์ และคณะ (2547) พบว่า การเสริมสารเคอร์คูมินอยด์ที่ระดับ 0.005, 0.01 และ 0.015 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณไขมันในช่องท้อง

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของซากโดยรวม จำแนกออกเป็นส่วนของเนื้อ ไขมัน หนังและกระดูกรวม พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมไม่มีผลทำให้องค์ประกอบซากโดยรวมแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

(5) ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อคุณภาพเนื้อของไก่กระทง

5.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อไก่ที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (ตารางที่ 19) พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ชั่วโมงที่ 0 หลังการฆ่า (pH_0) ของเนื้อไก่แต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.36 ซึ่งโดยปกติค่า pH_0 มีค่าระหว่าง 6.4 - 7.0 (ชัยณรงค์, 2529) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ได้ควบคุมปัจจัยก่อนการฆ่าที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ทั้งในเรื่องของการอดอาหาร การขนส่ง รวมถึงขั้นตอนและวิธีการฆ่า เพื่อป้องกันการเกิดสภาวะเครียดในไก่ตามคำแนะนำของ สัญชัย (2543) ดังนั้นจึงทำให้ค่า pH_0 ของเนื้อไก่จากการทดลองครั้งนี้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า (pH_{24}) ของเนื้อไก่แต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันเช่นกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 5.93 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Jaturasitha และคณะ (2002) ที่รายงานว่าค่า pH_{24} ของเนื้อหน้าอกของไก่กระทงมีค่าเท่ากับ 5.89 และเท่ากับ 5.93 ตามรายงานของ Wattanachant และคณะ (2004) จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับคำอธิบายของ ชัยณรงค์ (2529) ที่อธิบายว่า ค่า pH ในเนื้อจะลดลงอย่างช้าๆ จากเดิมประมาณ 7.0 เหลือประมาณ 5.6 - 5.7 ในเวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย แล้วจึงลดลงสู่จุด pH สุดท้ายระหว่าง 5.3 - 5.7 ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย นอกจากนี้ Warriss (2000) ยังกล่าวว่า ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีผลต่อค่า pH_{24} โดยกล้ามเนื้อหน้าอกไก่มีสัดส่วนของกล้ามเนื้อสีขาว (white muscle) สูง จึงมีการสะสมไกลโคเจนน้อย เมื่อสัตว์ตายจึงผลิตกรดแล

คติกจากกระบวนหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนไม่มากนัก จึงมีผลทำให้ค่า pH_{24} ในกล้ามเนื้อชนิดนี้อยู่ในช่วง 5.9 - 6.0

ตารางที่ 19 ความเป็นกรด-ด่างในเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)

ระดับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	ความเป็นกรดด่าง	
(%)	0 ชั่วโมง[1]	24 ชั่วโมง[1]
0.0	6.49±0.20	5.97±0.06
0.2	6.21±0.13	5.86±0.06
0.4	6.31±0.45	5.97±0.08
0.6	6.47±0.03	5.89±0.08
0.8	6.34±0.12	5.99±0.08
P-value	0.725	0.385

[1]ชั่วโมงหลังจากการฆ่า (post mortem time)

5.2 ค่าสีของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้อง

จากการศึกษาผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปสารผสมต่อค่าสีของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้อง (ตารางที่ 20) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อค่า L* และค่า a* ของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้อง และค่า b* ของเนื้อหน้าอก ($P>0.05$) ส่วนผลต่อค่า b* ของหนังบริเวณหน้าอก พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีผลทำให้หนังบริเวณหน้าอกของไก่กลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.8 เปอร์เซ็นต์มีค่า b* มากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงว่าความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มมากขึ้นทำให้สีใต้ชั้นผิวหนังที่มีไขมันมีสีเหลืองมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในขมิ้นชันประกอบไปด้วยสารเคอร์คูมินอยด์ ซึ่งเป็นสารประเภทโพลีฟีนอล ละลายได้ในไขมัน (Aggarwal *et al.*, 2003) จึงมีการสะสมบริเวณไขมันใต้ผิวหนังของไก่กระทง แต่การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันให้ผลที่แตกต่างออกไปสำหรับค่า b* ของไขมันช่องท้อง โดยพบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในระดับสูง คือที่ระดับ 0.8 เปอร์เซ็นต์มีผลทำให้มีค่า b* ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) ซึ่งกลไกการแสดงผลดังกล่าวยังไม่ทราบแน่ชัด

ตารางที่ 20 ค่าสีของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้องของไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ

	ค่า L* (lightness)			ค่า a* (redness)			ค่า b* (yellowness)		
	เนื้อหน้าอก	หนังหน้าอก	ไขมันช่องท้อง	เนื้อหน้าอก	หนังหน้าอก	ไขมันช่องท้อง	เนื้อหน้าอก	หนังหน้าอก	ไขมันช่องท้อง
0.0	65.58±3.67	63.96±1.22	72.53±1.84	4.91±1.42	-1.29±1.07	3.52±1.17	15.37±1.66	9.12±2.34 ^{b}	23.51±2.95 ^{a}
0.2	62.31±4.44	63.52±3.53	72.89±1.20	6.34±1.06	-1.15±1.42	3.02±1.00	14.36±1.43	9.26±1.93 ^{b}	20.17±2.28 ^{a}
0.4	61.88±4.55	62.24±3.06	71.40±1.81	5.80±0.42	-2.20±0.43	3.44±1.95	15.43±2.97	9.74±1.17 ^{b}	18.96±2.21 ^{a}
0.6	62.16±2.21	64.88±1.55	74.14±1.81	5.69±0.52	-2.01±0.62	2.76±1.08	15.19±1.72	9.23±1.08 ^{b}	19.05±2.86 ^{a}
0.8	62.72±4.51	64.30±2.42	74.40±1.53	5.78±1.72	-0.58±1.72	1.83±0.49	15.03±2.69	12.48±2.71 ^{a}	18.02±1.82 ^{b}
P-value	0.497	0.458	0.058	0.334	0.129	0.234	0.919	0.030	0.019

อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

5.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

ผลการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำเนื้อ ได้แก่ การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ และการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 21 พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมของระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และระยะเวลาในการเก็บต่อการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ ($P>0.05$) ทั้งนี้พบว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.4 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 0.6, 0.2 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาการเก็บในช่วง 7 วันมีผลทำให้การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บเพิ่มขึ้น ($P<0.01$) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเสียสภาพของโปรตีนในเนื้อขณะเก็บ ทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการจับน้ำ และเกี่ยวข้องกับการหดตัวของ myofibrilar lattice ทำให้น้ำจากภายในเซลล์ออกมาอยู่ระหว่างเซลล์ ซึ่งทั้งสองปัจจัยมีผลทำให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น (สัญชัย, 2543)

ตารางที่ 21 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)

ปัจจัย		drip loss (%)	cooking loss (%)
ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชัน	0.0	9.75±4.28 ^{b}	25.85±3.16
	0.2	9.79±4.44 ^{b}	23.61±3.30
	0.4	7.80±3.29 ^{a}	24.25±2.05
	0.6	9.17±2.89 ^{b}	24.52±2.25
	0.8	8.39±2.84 ^{ab}	24.73±2.24
P-value		0.020	0.095
ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	1	4.91±0.67 ^{a}	20.96±0.89 ^{a}
	3	7.11±0.77 ^{b}	25.27±1.89 ^{b}
	5	11.87±1.22 ^{c}	25.68±0.65 ^{b}
	7	12.02±1.56 ^{c}	26.46±1.20 ^{b}
P-value		0.000	0.000
ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชัน*ระยะเวลาการเก็บ		0.900	0.586

อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สำหรับค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อไก่ พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมของระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และระยะเวลาในการเก็บต่อค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารเช่นกัน ($P>0.05$) โดยการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร ($P>0.05$) แต่ระยะเวลาการเก็บมีผลทำให้การสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบ

อาหารเพิ่มขึ้น (P<0.01) ในช่วงระยะการเก็บ 7 วัน ทั้งนี้ Jaturasitha และคณะ (2002) ได้รายงานค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ และการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อไก่กระทงที่มีอายุการเก็บ 1 วัน โดยพบว่า มีค่าเท่ากับ 4.02 และ 23.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่ง Honikel และ Woltersdorf (1991) กล่าวว่า โดยปกติค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ และค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารมีค่าประมาณ 3 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้

5.4 ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ

จากตารางที่ 22 พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมไม่มีผลทำให้เนื้อไก่กระทงที่ได้รับอาหารทุกสูตรมีค่าแรงตัดผ่านแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่ง Wattanachant และคณะ (2004) รายงานไว้ว่า เนื้อหน้าอกไก่กระทงมีค่าแรงตัดผ่านเฉลี่ย เท่ากับ 1.78 กิโลกรัม

ตารางที่ 22 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)

ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชัน (%)	ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กก.)
0.0	1.41±0.65
0.2	1.65±0.38
0.4	1.46±0.60
0.6	1.61±0.53
0.8	1.42±0.18
P-value	0.890

5.5 คุณค่าทางโภชนะของเนื้อ

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของเนื้อ (ตารางที่ 23) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางไม่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนะของเนื้อไก่กระทง (P>0.05) สอดคล้องกับรายงานของ AL-Sultan (2003) ซึ่งรายงานว่า การเสริมผงขมิ้นชันไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีน และไขมันของเนื้อไก่กระทง

ตารางที่ 23 คุณค่าทางโภชนะ (%) ของเนื้อไก่กระทงอายุ 6 สัปดาห์ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)

รายการ	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)					P-value
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	
ความชื้น	75.56±1.07	74.69±0.17	74.57±0.60	74.96±0.47	74.62±0.63	0.088
โปรตีน	22.17±0.93	23.14±0.66	22.93±0.50	22.63±0.53	23.10±0.58	0.091
ไขมัน	1.03±0.23	1.12±0.30	1.15±0.42	1.08±0.37	0.96±0.42	0.892
เถ้า	1.24±0.08	1.27±0.03	1.29±0.07	1.33±0.11	1.35±0.04	0.110

อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

5.6 ระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อ

ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมต่อระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อ (ตารางที่ 24) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อระดับคอเลสเตอรอล ($P>0.05$) ซึ่งจากการศึกษาของ Ramirez-Tortosa และคณะ (1999) ที่ทำการสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันป้อนให้กระต่ายที่ได้รับอาหารที่มีไขมันและคอเลสเตอรอลสูง พบว่า สามารถลดระดับของคอเลสเตอรอลในเลือดได้ และจากการศึกษาของ Asai และ Miyazawa (2001) ซึ่งทำการทดลองเสริมสารสกัดขมิ้นชันบริสุทธิ์ให้หนูที่ได้รับอาหารที่มีไขมันระดับสูง พบว่าสามารถลดระดับของคอเลสเตอรอลในตับของหนูได้เช่นกัน จากผลการศึกษาของ Ramirez-Tortosa และคณะ (1999) และ Asai และ Miyazawa (2001) ที่ศึกษาเกี่ยวกับ

ตารางที่ 24 ระดับคอเลสเตอรอล และค่า TBARS ในเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)

ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชัน (%)	ระดับคอเลสเตอรอลของเนื้อ (มก./100 กรัม เนื้อสด)	ค่า TBARS ของเนื้อ (มก. malonaldehyde/กก. เนื้อ)
0.0	22.85±1.27	0.80±0.08[a]
0.2	21.20±0.67	0.79±0.10[a]
0.4	22.54±0.77	0.64±0.07[ab]
0.6	20.79±1.46	0.62±0.06[b]
0.8	21.61±0.83	0.61±0.11[b]
P-value	0.355	0.044

อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สารสกัดขมิ้นชันต่อระดับคอเลสเตอรอล จะเห็นว่า ผลของสารสกัดขมิ้นชันต่อระดับคอเลสเตอรอลจะชัดเจนเมื่อสัตว์ได้รับไขมันหรือคอเลสเตอรอลในระดับสูง ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่า ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในไก่กระทงในการศึกษาครั้งนี้ ไก่กระทงที่ได้รับอาหารที่มีโภชนะตามความต้องการระดับปกติผลของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่มีต่อการลดไขมันหรือคอเลสเตอรอลในซากจึงไม่ชัดเจน รวมทั้งการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันอาจไม่มีผลต่อระดับของคอเลสเตอรอลในเนื้อ

5.7 ค่า TBARS ของเนื้อ

ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมต่อค่า TBARS ของเนื้อ (ตารางที่ 24) พบว่า ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ มีค่า TBARS ในเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 0.2, 0.4 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการหืนของไขมันได้ (Ramirez-Tortosa *et al.*, 1999; Sharma *et al.*, 2005) และจากการทดลองครั้งนี้ยังพบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันสามารถช่วยลดการเกิด lipid peroxidation ในเลือดของไก่กระทงที่อายุ 6 สัปดาห์ได้เช่นกัน ซึ่งการบริโภคเนื้อไก่กระทงที่เกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ต่ำจะส่งผลดีต่อผู้บริโภค ทั้งนี้เนื่องจากการลดลงของปฏิกิริยา lipid peroxidation สามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจแข็งตัว โรคหัวใจขาดเลือด และโรคมะเร็ง อีกทั้งยังช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อ (ไมตรี และศิริวรรณ, 2548)

5.8 ระดับของสารเคอร์คูมินอยด์ในเนื้อ

จากการศึกษา พบว่าการวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในเนื้อตามวิธีการของ THP (1995) ไม่สามารถตรวจพบสารเคอร์คูมินอยด์ในเนื้อได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในเนื้อที่มีน้อยมาก หรือเกิดการเปลี่ยนรูปของสารเคอร์คูมินอยด์ในเนื้อ ทั้งนี้ Sharma และคณะ (2005) ได้รายงานไว้ว่า เมื่อสารเคอร์คูมินเข้าสู่ร่างกายสัตว์ จะเกิดเปลี่ยนแปลงสารชนิดต่างๆ ได้แก่ tretahydrocurcumin, curcumin sulphate, curcumin glucuronide, hexahydrocurcumin และ hexahydrocurcuminol ดังนั้น การตรวจวัดเคอร์คูมินอยด์ในเนื้อจึงควรใช้วิธี HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ซึ่งมีอัตราสูงกว่าวิธีดังกล่าว เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของสารเคอร์คูมิน และสาร tretahydrocurcumin ซึ่งเป็นอนุพันธ์หลักของสารเคอร์คูมินที่เกิดขึ้นในร่างกายของสัตว์ (Sharma *et al.*, 2005)

(6) การยอมรับของผู้บริโภค

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในเบื้องต้นต่อเนื้อไก่สด (ตารางที่ 25) พบว่าระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้คะแนนการประเมินต่อค่าสีของเนื้อไก่สด กลิ่นของเนื้อไก่ และความพอใจโดยรวมของเนื้อไก่สด แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 25 ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชันต่อผลการตรวจประเมินลักษณะบางประการของเนื้อไก่สด (mean±SD)[1/]

ระดับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)	สีเนื้อ[2/]	กลิ่นเนื้อไก่[3/]	ความพอใจโดยรวม[4/]
0.0	3.80±0.44	2.72±0.68	2.51±0.32
0.2	3.92±0.40	3.00±0.35	2.52±0.30
0.4	3.88±0.58	2.92±0.38	2.71±0.25
0.6	4.03±0.35	3.26±0.30	2.83±0.30
0.8	3.85±0.57	3.15±0.32	2.70±0.41
P-value	0.9347	0.2509	0.1736

1/ n = 12; 2/ ระดับคะแนนสีเนื้อ มีค่าเท่ากับ 1 – 5 เมื่อ 1 = สีชีดมาก, 2 = สีชีด, 3 = สีขาว, 4 = สีขาวอมเทา, 5 = สีเทาดำ; 3/ ระดับคะแนนกลิ่นเนื้อไก่สด มีค่าเท่ากับ 1 – 5 เมื่อ 1 = ไม่มีกลิ่น, 2 = มีกลิ่นไก่สดเล็กน้อย, 3 = มีกลิ่นไก่สดปานกลาง, 4 = มีกลิ่นไก่สดค่อนข้างแรง, 5 = มีกลิ่นคาวไก่สดแรงมาก; 4/ ระดับคะแนนความพอใจโดยรวมต่อเนื้อไก่สด มีค่าเท่ากับ 1 = พอใจมาก, 2 = พอใจ, 3 = พอใจปานกลาง, 4 = ไม่ชอบ /ไม่พอใจ, 5 = ไม่ชอบมาก /ไม่พอใจมาก

สำหรับผลการประเมินเนื้อไก่สุก พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้คะแนนความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ รสชาติ กลิ่นขมิ้นชันในเนื้อ และความพอใจโดยรวม แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชันต่อผลการตรวจชิมเนื้อไก่ที่ต้มสุกแล้ว (mean±SD)[1/]

ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชัน (%)	ความนุ่ม[2/]	ความชุ่มฉ่ำ[3/]	รสชาติ[4/]	กลิ่นขมิ้นชัน[5/]	ความพอใจโดยรวม[6/]
0.0	3.58±0.50	2.07±0.27	2.98±0.66	1.46±0.37	3.03±0.17
0.2	3.53±0.40	2.33±0.38	3.13±0.54	1.40±0.48	2.94±0.35
0.4	3.42±0.20	2.28±0.51	2.97±0.72	1.59±0.46	2.63±0.47
0.6	3.58±0.33	2.19±0.59	3.23±0.61	1.46±0.40	2.71±0.25
0.8	3.67±0.35	2.28±0.48	3.15±0.63	1.38±0.35	2.67±0.66
P-value	0.4931	0.8684	0.9403	0.8894	0.3956

1/ N=12; 2/ ระดับคะแนนความนุ่ม มีค่าเท่ากับ 1 – 5 เมื่อ 1 = นุ่มมาก, 2 = นุ่ม, 3 = ปานกลาง, 4 = เหนียว, 5 = เหนียวมาก; 3/ ระดับคะแนนความชุ่มฉ่ำ มีค่าเท่ากับ 1 – 5 เมื่อ 1 = ชุ่มฉ่ำมาก, 2 = ชุ่มฉ่ำ, 3 = ปานกลาง, 4 = แห้ง, 5 = ไม่ชอบมาก; 4/ ระดับคะแนนรสชาติ มีค่าเท่ากับ 1 – 5 เมื่อ 1 = ดีมาก, 2 = ดี, 3 = ปานกลาง, 4 = ไม่ดี, 5 = ไม่ดีมาก; 5/ ระดับคะแนนกลิ่นขมิ้นชัน มีค่าเท่ากับ 1 – 5 เมื่อ 1 = ไม่มีกลิ่นขมิ้นชันเลย, 2 = มีกลิ่นขมิ้นชันเล็กน้อย, 3 = มีกลิ่นขมิ้นชันปานกลาง 4 = มีกลิ่นขมิ้นชันมาก, 5 = มีกลิ่นขมิ้นชันมากที่สุด; 6/ ระดับคะแนนความพอใจโดยรวม มีค่าเท่ากับ 1 = พอใจมาก, 2 = พอใจ, 3 = พอใจปานกลาง, 4 = ไม่ชอบ /ไม่พอใจ, 5 = ไม่ชอบมาก /ไม่พอใจมาก

สรุป

จากการศึกษาผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมในอาหารไก่กระทงในช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

(1) การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการใช้อาหาร และอัตราการตายของไก่อายุ 6 สัปดาห์

(2) การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมไม่มีผลต่อค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น จำนวนเม็ดเลือดขาว ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด แต่การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันทำให้การเกิด lipid peroxidation ในเลือดของไก่กระทงที่อายุ 6 สัปดาห์ลดลง ($P<0.05$)

(3) การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมที่ระดับ 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์มีผลทำให้ไก่กระทงมีปริมาณไขมันในช่องท้องสูงขึ้น ($P<0.05$) แต่การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักซาก และองค์ประกอบซากส่วนอื่นๆ แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

(4) การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ค่าสีของเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ คุณค่าทางโภชนะของเนื้อ และ ระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีผลทำให้ค่า TBARS ของเนื้อไก่ลดลง และทำให้สีหนังบริเวณหน้าอกมีสีเหลืองขึ้น (P<0.05) โดยเห็นผลชัดเจนเมื่อเสริมในระดับสูง (0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์)

(5) การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลทำให้เนื้อสดมีระดับคะแนนของสีเนื้อ กลิ่นเนื้อไก่ และความพอใจโดยรวมแตกต่างกัน (P>0.05) และไม่มีผลทำให้เนื้อสุกมีคะแนนความนุ่ม ความชุ่มน่ำ รสชาติ กลิ่นขมิ้นชันในเนื้อ และความพอใจโดยรวม แตกต่างกัน (P>0.05)

(6) การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในระดับที่สูงขึ้นมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้นตามลำดับ โดยต้นทุนค่าอาหารของกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบที่ระดับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุม คิดเป็น 51.15, 96.82, 150.32 และ 193.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

บทที่ 6
การทดลองที่ 4
ผลการใช้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อสมรรถภาพการเติบโต ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อไก่กระทง

บทนำ

จากการศึกษาในบทที่ 5 ซึ่งได้นำเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไปเสริมลงในอาหารไก่กระทงในระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเลี้ยงไก่กระทง อายุ 4 - 6 สัปดาห์ ในสภาพการเลี้ยงดูแบบปกติ นาน 3 สัปดาห์ พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการเติบโตแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อนำเนื้อหน้าอก (*Pectoralis major*) มาศึกษาลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี พบว่าเนื้อหน้าอกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร ค่าแรงตัดผ่าน ปริมาณโภชนะ และระดับคอเลสเตอรอล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.8% มีผลทำให้สีของหนังบริเวณหน้าอกมีสีเหลืองขึ้น (ค่า b* สูงขึ้น) ($P<0.05$) และมีผลทำให้ค่าสีของไขมันในช่องท้องลดลง ($P<0.05$) รวมทั้งยังมีผลทำให้เนื้อหน้าอกของไก่ทดลองที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นที่ระดับ 0.6 และ 0.8% มีค่า TBAR ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เนื่องจากจากผลการศึกษาในบทที่ 5 ไม่พบความแตกต่างของสมรรถภาพการเติบโตของไก่ที่ได้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในระดับต่างๆ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะระยะเวลาในการเสริมสารสกัดหยาบสั้นเกินไป (3 สัปดาห์ คือ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ถึง สัปดาห์ที่ 6) ดังนั้น เพื่อให้ผลการเสริมชัดเจนขึ้น ผู้วิจัยจึงเห็นสมควรเพิ่มระยะเวลาในการให้อาหารที่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันจากเดิมเป็น 6 สัปดาห์

วัตถุประสงค์

(1) ศึกษาถึงผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่มีต่อสมรรถภาพเจริญเติบโต ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของไก่กระทง

วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

(1) วัสดุ

1.1 ใช้ลูกไก่กระทงเพศผู้ พันธุ์ฮับบาร์ด (Hubbard) อายุ 1 วัน จำนวน 100 ตัว

1.2 ใช้อาหารเลี้ยงไก่สำหรับไก่ช่วงอายุ 1-3 สัปดาห์ ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในตารางที่ 27 และในช่วง 3-6 สัปดาห์ ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในตารางที่ 10

1.3 ใช้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ผสมแล็กโทส และโซเดียม อะจิเนต ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ดังรายละเอียดที่นำเสนอไว้ในบทที่ 3

(2) อุปกรณ์

อุปกรณ์สำหรับการเลี้ยงไก่ทดลองเป็นไปตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในบทที่ 5 ข้อ (2) ข้อ 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 และ 2.5

(3) สารเคมี

ใช้สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ proximate composition คอเรสเตอรอล และ ค่า TBARS ในเนื้อไก่ ตามรายละเอียดที่นำเสนอไว้ในบทที่ 5 ข้อ 4.3.2 และใช้สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในบทที่ 3

(4) วิธีการทดลอง

4.1 ระบบการเลี้ยงและการให้อาหาร

สุ่มแบ่งลูกไก่กระทงพันธุ์ฮับบาร์ด อายุ 1 วัน จำนวน 100 ตัว เข้าศึกษาตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองละ 5 ซ้ำๆ ละ 4 ตัว ลูกไก่ที่เลี้ยงในแต่ละคอกได้รับอาหารสูตรสำหรับช่วงอายุ 1 - 3 สัปดาห์ (ตาราง 27) ที่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ และให้ได้รับน้ำแบบเต็มที่ (*ad libitum*) และทำวัคซีนต่างๆ ตามโปรแกรม (ตารางภาคผนวกที่ 13) เมื่อลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์ จึงเปลี่ยนสูตรอาหารตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในตารางที่ 10 ทั้งนี้ในช่วงระหว่างทดลองได้เก็บข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การ

เปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ปริมาณการกินอาหาร และอัตราการใช้อาหาร ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในบทที่ 5 ข้อ 4.1.1

ตารางที่ 27 ส่วนประกอบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 1-3 สัปดาห์

วัตถุดิบ	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)				
	0.0	**0.2**	**0.4**	**0.6**	**0.8**
ข้าวโพด	55.3	55.3	55.3	55.3	55.3
กากถั่วเหลือง	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
ปลาป่น	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
น้ำมันพืช	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
ไดแคลเซียมฟอสเฟส	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
เกลือป่น	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
แร่ธาตุพรีมิกซ์[1/]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
วิตามินพรีมิกซ์[2/]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
ดีแอล-เมทไทโอนีน	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
รวม	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**
โภชนะที่คำนวณ (%)					
ความชื้น	11.58	11.58	11.58	11.58	11.58
โปรตีน	23.12	23.12	23.12	23.12	23.12
ไขมัน	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74
เยื่อใย	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01
เถ้า	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68
แคลเซียม	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3,155.47	3,155.47	3,155.47	3,155.47	3,155.47
ไลซีน	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
เมทไธโอนีน	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
เมทไธโอนีน+ซีสทีน	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
ทริปโตเฟน	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28

1/ แร่ธาตุพรีมิกซ์ (มก./กก.) ประกอบด้วย $FeSO_4$ 239 มิลลิกรัม แร่ธาตุ ZnO 70 มิลลิกรัม แร่ธาตุ $CuSO_4$ 19 มิลลิกรัม แร่ธาตุ $MnSO_4$ 120 มิลลิกรัม; 2/ วิตามินพรีมิกซ์ (มก./กก.) ประกอบด้วย วิตามิน AD_3 30 มิลลิกรัม วิตามิน E_{50} 20 มิลลิกรัม วิตามิน K_{50} 3 มิลลิกรัม วิตามิน B_1 2 มิลลิกรัม วิตามิน B_2 4.4 มิลลิกรัม วิตามิน B_6 6 มิลลิกรัม วิตามิน B_{12} 8 มิลลิกรัม pantothenic acid 4.4 มิลลิกรัม ไนอะซิน (niacin) 20 มิลลิกรัม choline chloride 1,000 มิลลิกรัม folic acid 0.05 มิลลิกรัม biotin 0.05 มิลลิกรัม

4.2 การฆ่าและการชำแหละซาก

เมื่อไก่อายุ 6 สัปดาห์ ทำการฆ่าและชำแหละซากไก่ทดลองกลุ่มทดลองละ 5 ตัว โดยสุ่มไก่จากแต่ละซ้ำของกลุ่มทดลอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในบทที่ 5 ข้อ 4.3 สำหรับการเก็บตัวอย่างเนื้อไก่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 การจัดการตัวอย่างเนื้อไก่ที่สุ่มเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้านต่างๆ

ชนิดของการวิเคราะห์	ชนิดของตัวอย่างที่สุ่มเก็บ	จำนวนที่สุ่มเก็บ	การจัดการตัวอย่าง
1. น้ำหนักซาก และ น้ำหนักชิ้นส่วนซาก		เก็บจากทุกซาก	ชั่งน้ำหนัก
2. ความเป็นกรด-ด่าง	บริเวณเนื้อหน้าอก (*Pectoralis major*)	สุ่มเก็บทรีทเมนต์ละ 2 ตัวอย่าง	วัดค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 0 และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า
3. สี	เนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก ไขมันช่องท้อง	เก็บจากทุกซาก	นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 3 องศาเซลเซียส และนำไปวิเคราะห์ภายใน 4 ชั่วโมง
6. คุณค่าทางโภชนะ	เนื้อหน้าอก	เก็บจากทุกซาก	นำไปบดละเอียดและบรรจุไว้ในถุงพลาสติกชนิดโพลี-เอทไธลีน และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ต่อไป
7. ค่า TBARS	เนื้อหน้าอก	เก็บจากทุกซาก	
8. คอเลสเตอรอล	เนื้อหน้าอก	สุ่มเก็บทรีทเมนต์ละ 2 ตัวอย่าง	
9.เคอร์คูมินอยด์	เนื้อหน้าอก	สุ่มเก็บทรีทเมนต์ละ 2 ตัวอย่าง	

สำหรับข้อมูลที่ทำการจดบันทึกและนำมาวิเคราะห์ในด้านต่างๆ ได้แก่ น้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่ง ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ สีของเนื้อและหนังส่วนอก สีมันช่องท้อง ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อเนื่องจากการประกอบอาหารหลังจากการเก็บเนื้อไว้นาน 1, 3, 5 และ 7 วัน และองค์ประกอบทางเคมี (ได้แก่ proximate composition คอเลสเตอรอล และ TBAR) ตามวิธีการที่ระบุในบทที่ 5 ข้อ 4.3

4.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ 3 มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

(1) องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 1 – 3 และ 4 - 6 สัปดาห์ ที่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปสารผสมที่ระดับต่างๆ (ตารางที่ 29) โดยพบว่า อาหารแต่ละสูตรมีปริมาณโภชนะใกล้เคียงกัน คือ อาหารในช่วง 3 สัปดาห์แรก มีโปรตีนอยู่ในช่วง 24.60 ถึง 25.12% มีไขมันรวมอยู่ในช่วง 3.12 ถึง 4.06% และมีเยื่อใยรวมอยู่ในช่วง 3.03 ถึง 3.22% ส่วนในช่วง 3 สัปดาห์สุดท้าย มีโปรตีนอยู่ในช่วง 23.18 ถึง 23.58% มีไขมันรวมอยู่ในช่วง 4.01 ถึง 4.54% และมีเยื่อใยรวมอยู่ในช่วง 3.12 ถึง 3.65% ทั้งนี้อาหารทุกสูตรของทั้งสองช่วงอายุมีเปอร์เซ็นต์ไขมันและพลังงานรวมเพิ่มขึ้นตามระดับการเพิ่มสารผสมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้น ซึ่งไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาในบทที่ 5 ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า การที่พลังงานรวมในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากระดับแล็กโทสซึ่งถูกนำมาใช้เป็นสารเจือจางในการเตรียมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีปริมารเพิ่มสูงขึ้นนั่นเอง

ตารางที่ 29 องค์ประกอบทางเคมีจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของสูตรอาหารสำหรับไก่กระทงช่วงอายุ 1 – 3 และ 4 - 6 สัปดาห์

โภชนะ	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)				
(% ในสภาพแห้งไม่มีความชื้น)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
ช่วงอายุ 1 – 3 สัปดาห์					
ความชื้น	14.56	14.8	14.98	15.12	15.34
โปรตีนรวม	24.89	24.92	25.1	24.99	24.29
ไขมันรวม	4.05	4.15	4.21	4.13	3.98
เยื่อใยรวม	3.12	3.25	3.03	3.32	3.54
เถ้า	4.15	4.02	4.10	4.05	3.92

ตารางที่ 29 (ต่อ)

โภชนะ (% ในสภาพแห้งไม่มีความชื้น)	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)				
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
ไนไตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก[1/]	49.23	48.86	48.58	48.39	48.93
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/กก.)	4,755.19	4,698.05	4,797.25	4,809.00	4,841.35
ช่วงอายุ 4 – 6 สัปดาห์					
ความชื้น	11.07	11.35	10.95	11.21	11.56
โปรตีนรวม	23.58	23.20	23.32	23.39	23.18
ไขมันรวม	4.01	4.43	4.32	4.54	4.29
เยื่อใยรวม	3.12	3.34	3.12	3.54	3.65
เถ้า	3.07	3.43	3.24	3.02	3.05
ไนไตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก[1/]	51.68	51.20	51.67	51.77	51.56
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/กก.)	4,735.35	5,011.50	5,102.25	5,122.56	5,126.25

1/ ไนไตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก = %DM – (%โปรตีน + %ไขมันรวม + %เยื่อใยรวม + %เถ้า)

(2) ผลของการเสริมสารสกัดหยาบขมิ้นชันต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทง

ตารางที่ 30 แสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว ปริมาณการกินอาหาร และอัตราการใช้อาหารของไก่กระทงที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในระดับต่างๆ ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณการกินได้ และอัตราการใช้อาหารของไก่ทดลองทั้งในช่วงแรก (1 - 3 สัปดาห์) และช่วงที่สอง (4 – 6 สัปดาห์) ของการศึกษา ทั้งนี้เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาที่ศึกษาไก่กระทงมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย เท่ากับ 2,028.65 กรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าผลการศึกษาในบทที่ 5 (2,453.33 กรัม) 424.68 กรัม ความแตกต่างในเรื่องนี้น่าจะเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมของไก่ทดลองขณะที่ศึกษามีความแตกต่างกัน โดยการศึกษาในบทที่ 5 ดำเนินการในช่วงเดือนตุลาคมซึ่งเป็นฤดูฝน ส่วนการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงเดือนมีนาคมซึ่งมีอากาศร้อน และมีผลทำให้ไก่มีปริมาณการกินได้ลดลง ทำให้สมรรภาพการเติบโตของไก่ลดลงด้วย อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับรายงานของ สุชวัช (2551) ที่ศึกษาสมรรถภาพการเติบโตของไก่กระทงพันธุ์ Cobb 500 โดยให้ไก่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 21% และพลังงาน 3,150 กิโลแคลอรี/กก. ในช่วงอายุ 0 – 4 สัปดาห์ และได้รับอาหารที่มีโปรตีน 19% และพลังงาน 3,200 กิโลแคลอรี/กก. มีการเพิ่มน้ำหนักตัวเมื่ออายุ 2, 4 และ 6 สัปดาห์ เท่ากับ 434.03, 1,185.35 และ 1,961.24 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 30 ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม และปริมาณอาหารที่กิน อัตราการใช้อาหาร ของไก่กระทงอายุ 1 - 6 สัปดาห์ (mean±SD)

อายุ (สัปดาห์)	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)	น้ำหนักตัว (กรัม)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (กรัม/ตัว)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	FCR
1	0	144.58±1.58	101.68±2.09	145.74±4.81	1.43±0.06
	0.2	143.80±2.95	102.15±3.66	150.63±3.73	1.48±0.04
	0.4	141.83±2.90	99.48±2.73	150.50±5.03	1.51±0.07
	0.6	143.25±4.48	99.50±4.26	144.65±7.85	1.46±0.13
	0.8	143.63±1.25	100.71±1.79	145.43±3.90	1.44±0.06
	P-value	0.73	0.61	1.23	0.63
2	0	416.38±4.64	271.80±6.03	425.68±8.90	1.57±0.04
	0.2	418.75±8.62	274.95±7.65	435.38±10.31	1.58±0.05
	0.4	416.00±5.48	274.18±7.56	416.00±12.59	1.59±0.07
	0.6	414.75±10.90	271.50±8.32	425.30±17.51	1.57±0.06
	0.8	416.25±8.06	272.63±7.65	431.90±19.66	1.59±0.08
	P-value	1.00	0.95	0.16	0.97
3	0	768.00±10.68	351.63±7.18	525.13±4.36	1.49±0.03
	0.2	768.25±6.90	349.50±8.02	518.86±13.38	1.48±0.05
	0.4	768.50±8.81	352.50±11.90	520.63±15.33	1.48±0.09
	0.6	768.00±9.76	353.25±9.18	517.50±15.29	1.47±0.04
	0.8	767.25±2.86	351.00±10.00	518.33±14.95	1.48±0.06
	P-value	0.07	0.98	0.93	0.97
4	0.0	1,181.75±6.40	681.80±9.54	681.80±9.42	1.65±0.04
	0.2	1,183.00±8.37	689.63±11.44	689.63±14.51	1.66±0.08
	0.4	1,182.75±4.92	689.78±13.55	688.98±13.40	1.66±0.06
	0.6	1,180.75±7.22	687.85±13.62	687.85±7.96	1.67±0.05
	0.8	1,183.50±5.92	687.15±5.56	687.15±12.98	1.65±0.04
	P-value	0.98	0.99	0.12	0.45
5	0.0	1,567.75±5.56	386.00±11.75	800.00±5.35	2.07±0.06
	0.2	1,574.25±9.54	391.25±11.09	807.75±13.02	2.07±0.04
	0.4	1,571.25±5.32	388.50±3.87	799.25±5.44	2.06±0.03
	0.6	1,572.00±14.94	391.25±17.71	796.25±5.56	2.06±0.09
	0.8	1,572.25±3.95	388.75±9.29	795.25±7.63	2.05±0.06
	P-value	0.88	0.97	0.24	0.95

ตารางที่ 30 (ต่อ)

อายุ (สัปดาห์)	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)	น้ำหนักตัว (กรัม)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (กรัม/ตัว)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	FCR
6	0.0	2,030.25±37.64	462.50±5.00	933.28±5.62	2.05±0.02
	0.2	2,026.25±28.12	452.00±6.14	934.86±5.16	2.05±0.02
	0.4	2,026.50±15.15	455.25±7.15	927.79±4.50	2.02±0.03
	0.6	2,029.75±29.84	457.75±7.16	931.39±7.56	2.04±0.04
	0.8	2,030.50±22.04	458.25±9.77	930.90±11.81	2.04±0.07
	P-value	1.00	0.99	0.97	1.00
1 - 3	0.0	768.00±10.68	725.10±10.18	1,096.54±9.54	1.51±0.02
	0.2	768.25±6.90	726.60±7.18	1,104.87±6.57	1.52±0.01
	0.4	768.50±8.81	726.15±9.27	1,087.13±11.45	1.50±0.03
	0.6	768.00±9.76	724.25±9.93	1,087.45±16.47	1.50±0.02
	0.8	767.25±2.86	724.34±2.53	1,095.65±21.18	1.51±0.02
	P-value	0.07	0.98	0.88	0.91
4 – 6	0.0	2,030.25±37.64	1,987.35±38.74	3,511.61±6.64	1.77±0.04
	0.2	2,026.25±28.12	1,984.60±27.58	3,537.11±27.04	1.78±0.03
	0.4	2,026.50±15.15	1,984.15±15.83	3,522.51±12.32	1.78±0.02
	0.6	2,029.75±29.84	1,986.00±30.43	3,502.94±19.83	1.76±0.02
	0.8	2,030.50±22.04	1,987.59±21.17	3,508.95±32.60	1.77±0.01
	P-value	1.00	0.97	0.93	0.99

อักษร a b c ในคอลัมน์ของแต่ละหัวข้อที่แตกต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

แม้ว่า สมรรถภาพการเติบโตของไก่กระทงที่ศึกษาในบทนี้จะด้อยกว่าผลการศึกษาในบทที่ 5 แต่ผลการศึกษายืนยันว่าการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ และสมรรถภาพการเติบโตของไก่กระทงที่เลี้ยงในสภาวะปกติ ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ ชัยวัฒน์ และคณะ (2547) ที่รายงานว่า การเสริบจากขมิ้นขมิ้นชันผง 0.2 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่กระทงในช่วงอายุ 22-45 วัน ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของไก่ที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงได้ รวมทั้งยังแตกต่างจากผลการศึกษาของ กิตติมา และคณะ (2548)

สำหรับปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในอาหารแต่ละสูตรที่ไก่ทดลองแต่ละกลุ่มได้รับ (ตารางที่ 31) พบว่า ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในอาหารแต่ละสูตรที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าใกล้เคียงกับค่าจากการคำนวณ

และเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาในบทที่ 5 (ตารางที่ 14) เมื่อนำค่าดังกล่าวมาคำนวณปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ที่ไก่ได้รับในช่วงที่ทำการศึกษา พบว่าในช่วงอายุ 1 - 6 สัปดาห์ ไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ได้รับสารเคอร์คูมินอยด์ เท่ากับ 0, 229.91, 405.09, 630.53 และ 789.51 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าปริมาณเคอร์คูมินอยด์ที่ไก่ทดลองได้รับในบทที่ 5 ที่มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์เท่ากับ 0, 235.92, 304.52, 523.44 และ 622.81 กรัม/ตัว ตามลำดับ

ตารางที่ 31 ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในอาหารและปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ที่สัตว์ได้รับ (mean±SD)

ข้อมูล	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)				
	0.0	**0.2**	**0.4**	**0.6**	**0.8**
ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในอาหาร (กรัม/100 กิโลกรัมของอาหาร)					
จากการคำนวณ	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24
จากการวิเคราะห์					
อาหารช่วง 1 – 3 สัปดาห์	0.00	0.05±0.01	0.12±0.02	0.17±0.08	0.22±0.06
อาหารช่วง 4 – 6 สัปดาห์	0.00	0.08±0.03	0.11±0.04	0.19±0.02	0.23±0.08
ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ที่ได้รับ (กรัม/ตัว)[1]					
อายุ 1 สัปดาห์	0.00	7.53±4.21	18.06±3.79	24.59±5.40	31.99±5.70
อายุ 2 สัปดาห์	0.00	21.77±5.93	49.92±7.50	72.30±5.55	95.02±6.28
อายุ 3 สัปดาห์	0.00	25.94±5.01	62.48±5.32	87.98±7.10	114.03±8.11
อายุ 4 สัปดาห์	0.00	55.17±4.43	75.79±4.70	130.69±6.81	158.04±7.98
อายุ 5 สัปดาห์	0.00	64.62±7.05	87.92±9.54	151.29±10.50	182.91±8.50
อายุ 6 สัปดาห์	0.00	74.79±7.83	102.06±9.23	176.96±9.53	214.11±8.53
อายุ 1 - 6 สัปดาห์	0.00	229.91±25.53	405.09±25.50	630.53±31.54	789.51±25.79

1/ คำนวณจากปริมาณอาหารที่กินของไก่แต่ละกลุ่ม

(4) ผลของการเสริมสารสกัดหยาบขมิ้นชันลักษณะซาก

ผลการศึกษาผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมต่อน้ำหนักและองค์ประกอบซากได้แสดงไว้ในตารางที่ 32 ทั้งนี้พบว่าน้ำหนักมีชีวิตของไก่แต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในบทที่ 5 แม้ว่าการเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่ทดลองในบทนี้จะด้อยกว่า

ตารางที่ 32 องค์ประกอบของซากไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)

ข้อมูล	น้ำหนัก	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)					P-value
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	
น้ำหนักมีชีวิต[1/]	กรัม	2,028.00±40.42	2,030.00±22.10	2,035.48±20.15	2,029.25±19.92	2,033.89±28.51	0.089
ซากอุ่น[2/]	กรัม	1,536.25±39.78	1,539.24±51.43	1,540.32±20.05	1,526.05±18.40	1,528.88±26.32	0.060
	เปอร์เซ็นต์[3/]	75.75±1.09	75.82±1.58	75.63±0.89	75.20±1.08	75.17±1.05	0.700
ซากเย็น[2/]	กรัม	1,515.04±148.82	1,512.30±143.13	1,492.65±121.25	1,488.91±18.15	1,491.57±26.45	0.082
	เปอร์เซ็นต์[3/]	74.69±1.12	74.49±1.50	73.33±1.24	73.37±1.02	73.33±1.24	0.525
ไขมันช่องท้อง	กรัม	27.12±4.38^{a}	26.92±3.54^{a}	26.87±3.65^{a}	27.54±5.86^{ab}	29.23±4.78^{b}	0.045
	เปอร์เซ็นต์[3/]	1.79±0.13^{a}	1.78±0.20^{a}	1.80±0.22^{ab}	1.83±0.15^{ab}	1.96±0.27^{b}	0.050
ส่วนอก	กรัม	292.40±50.80	285.67±40.44	282.56±32.41	283.19±18.54	282.95±20.53	0.095
	เปอร์เซ็นต์[3/]	19.30±4.52	18.89±4.81	18.93±3.45	19.02±1.43	18.97±1.75	0.075
สันใน	กรัม	65.09±6.13	65.18±7.35	66.42±5.58	66.55±5.81	67.12±5.02	0.093
	เปอร์เซ็นต์[3/]	4.30±0.42	4.31±0.35	4.45±0.31	4.47±0.28	4.50±0.19	0.058
สะโพก	กรัม	229.53±48.11	227.00±30.51	224.35±25.52	223.04±19.04	224.48±20.18	0.570
	เปอร์เซ็นต์[3/]	15.15±0.99	15.01±2.01	15.03±1.53	14.98±1.28	15.05±1.09	0.125

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ข้อมูล	น้ำหนัก	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)					P-value
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	
น่อง	กรัม	205.59±23.24	203.42±17.35	196.59±19.46	203.98±19.50	199.68±18.92	0.060
	เปอร์เซ็นต์ 3/	13.57±0.26	13.45±0.55	13.17±0.47	13.70±0.45	13.38±0.50	0.350
ปีก	กรัม	144.69±10.52	143.97±12.51	146.58±10.83	145.90±8.55	145.12±8.75	0.155
	เปอร์เซ็นต์ 3/	9.55±0.72	9.52±0.45	9.80±0.35	9.79±0.31	9.73±0.20	0.065
โครงร่าง	กรัม	352.81±60.35	348.00±40.51	349.73±30.52	345.43±22.12	346.05±17.83	0.170
	เปอร์เซ็นต์ 3/	23.28±1.60	23.01±0.95	23.43±0.33	23.20±0.30	23.20±0.25	0.850
หัวและคอ	กรัม	114.54±7.73	117.80±6.45	116.44±6.50	117.97±5.13	116.95±5.58	0.078
	เปอร์เซ็นต์ 3/	7.56±0.49	7.79±0.45	7.80±0.52	7.92±0.50	7.84±0.70	0.055
แข้งและเท้า	กรัม	81.36±4.92	83.93±5.10	83.44±6.58	81.59±7.11	81.54±5.83	0.082
	เปอร์เซ็นต์ 3/	5.37±0.52	5.55±0.43	5.59±0.34	5.48±0.35	5.47±0.30	0.070

1/ น้ำหนักตัวเมื่ออดอาหาร; 2/ น้ำหนักซากรวมหัว คอ แข้งและเท้า; 3/ เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น; อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตามเหตุผลที่อธิบายไว้ข้างต้น เมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์ของซากอุ่นและซากเย็นของไก่ทดลอง พบว่าไก่ทดลองแต่ละกลุ่มมีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและเปอร์เซ็นต์เย็นไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75.51 และ 73.84% ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าผลการศึกษาในบทที่ 5 สำหรับองค์ประกอบของซากส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เนื้อหน้าอก สันใน สะโพก น่อง ปีก โครงร่าง หัว คอ ขา และแข้ง พบว่า น้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบซากดังกล่าวไม่แตกต่างกัน (P>0.05) เว้นแต่ปริมาณไขมันในช่องท้อง ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อไก่ทดลองที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันเพิ่มขึ้น (P<0.05) จึงเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาในบทที่ 5 ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากระดับพลังงานในอาหารที่เพิ่มอันเป็นผลมาจากปริมาณแล็กโทสที่นำมาใช้ในการเตรียมสารผสมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน

(5) ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อคุณภาพเนื้อของไก่กระทง

5.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อไก่ที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (ตารางที่ 33) พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ชั่วโมงที่ 0 หลังการฆ่า (pH_0) ของเนื้อไก่แต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.43 ซึ่งโดยปกติค่า pH_0 มีค่าระหว่าง 6.4 - 7.0 (ชัยณรงค์, 2529) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาในบทที่ 5

ตารางที่ 33 ความเป็นกรด-ด่างในเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ (mean±SD)

ระดับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	ความเป็นกรดด่าง	
(%)	0 ชั่วโมง 1/	24 ชั่วโมง 1/
0.0	6.53±0.12	5.80±0.06
0.2	6.45±0.07	5.79±0.04
0.4	6.30±0.08	5.73±0.11
0.6	6.50±0.09	5.80±0.05
0.8	6.35±0.10	5.76±0.07
P-value	0.099	0.089

1/ ชั่วโมงหลังจากการฆ่า (post-mortem time)

สำหรับค่า pH_{24} พบว่า เนื้อไก่แต่ละกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันเช่นกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.78 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ สุชวัช (2551) (5.68) และ Jaturasitha และคณะ (2002) (5.89) ส่วน Wattanachant และคณะ (2004) รายงานว่า ค่า pH_{24} ของเนื้ออกส่วนนอกของไก่กระทงมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 5.93 อนึ่ง ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเนื้อไก่นั้น Warriss (2000) ให้ความเห็นว่า กล้ามเนื้อไก่มีสัดส่วนของกล้ามเนื้อสีขาว (white muscle) สูง จึงมีการสะสมไกลโคเจนน้อย เมื่อไก่ตายจึงผลิตกรดแลคติกจากกระบวนหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนไม่มากนัก จึงมีผลทำให้ค่า pH_{24} จึงมีค่าค่อนข้างสูง โดยอยู่ในช่วง 5.9 - 6.0

5.2 ค่าสีของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้อง

ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปสารผสมต่อค่าสีของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้องดังแสดงในตารางที่ 34 แสดงให้เห็นว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อค่า L* และค่า a* ของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้อง และค่า b* ของเนื้อหน้าอก ($P>0.05$) แต่การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีผลทำให้หนังบริเวณหน้าอกและไขมันในช่องท้องของไก่ที่ศึกษามีสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการเสริมเพิ่ม ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในบทที่ 5 ที่รายงานว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีผลทำให้หนังบริเวณหน้าอกของไก่กลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.8 เปอร์เซ็นต์มีค่า b* มากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการศึกษาทั้งสองครั้งยืนยันว่าความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มมากขึ้นทำให้สีใต้ชั้นผิวหนังที่มีไขมันมีสีเหลืองมากขึ้น แม้ว่าระดับการสะสมของสารเคอร์คูมินอยด์จะมีปริมาณที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากในขมิ้นชันประกอบไปด้วยสารเคอร์คูมินอยด์ ซึ่งเป็นสารประเภทโพลีฟีนอล ละลายได้ในไขมัน (Aggarwal *et al.*, 2003) จึงมีการสะสมบริเวณไขมันใต้ผิวหนังของไก่กระทง แต่การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันให้ผลที่แตกต่างออกไปสำหรับค่า b* ของไขมันช่องท้อง โดยพบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในระดับสูง คือที่ระดับ 0.8 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้มีค่า b* ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม กลไกการแสดงผลดังกล่าวยังไม่ทราบแน่ชัด

5.3 การสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร

ตารางที่ 35 แสดงค่าผลต่อการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อส่วนอกของไก่กระทง โดยพบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีทำให้เนื้อส่วนอกของไก่กระทงมีค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารแตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 34 ค่าสีของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้องของไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่างๆ (mean±SD)

	ค่า L* (lightness)			ค่า a* (redness)			ค่า b* (yellowness)		
	เนื้อหน้าอก	หนังหน้าอก	ไขมันช่องท้อง	เนื้อหน้าอก	หนังหน้าอก	ไขมันช่องท้อง	เนื้อหน้าอก	หนังหน้าอก	ไขมันช่องท้อง
0.0	63.38±2.39	64.56±1.03	70.45±1.54	5.33±2.12	-1.01±0.25	2.15±0.75	12.35±1.42	8.76±1.44^{b}	22.81±1.35^{a}
0.2	63.66±3.54	64.42±2.03	70.89±1.90	5.93±1.34	-0.95±0.22	2.95±1.05	12.54±1.65	9.05±1.56^{b}	20.45±1.80^{a}
0.4	62.58±3.77	64.05±2.95	69.57±1.42	5.89±1.60	-1.11±0.25	1.93±0.99	14.02±1.72	9.76±1.35^{ab}	19.95±1.85^{a}
0.6	62.36±2.81	65.78±1.05	69.78±1.35	6.02±1.47	-0.13±0.08	2.53±0.97	13.98±1.07	10.31±1.40^{a}	19.03±1.54^{a}
0.8	63.02±3.51	65.90±2.03	70.17±1.43	6.10±1.50	-1.05±0.10	2.04±0.75	15.10±1.62	12.92±1.22^{a}	19.11±1.33^{b}
P-value	0.532	0.550	0.158	0.075	0.083	0.095	0.067	0.050	0.048

อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เท่ากับ 23.95% ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาในบทที่ 5 (24.59%) นอกจากนี้ยังมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ สุชวัช (2551) (23.79%) Jaturasitha และคณะ (2002) (23.63%) และ Honikel และ Woltersdorf (1991) (25.0%)

ตารางที่ 35 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ (mean±SD)

ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชัน	**cooking loss (%)**
0.0	23.42±4.02
0.2	23.01±2.78
0.4	24.46±3.11
0.6	24.90±2.56
0.8	23.96±2.69
P-value	0.077

อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

5.4 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

ผลการศึกษาในตารางที่ 36 แสดงให้เห็นว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมไม่มีผลทำให้เนื้อไก่กระทงที่ได้รับอาหารทุกสูตรมีค่าแรงตัดผ่านแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยของค่าแรงตัดผ่านเท่ากับ 1.55 กก. ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาในบทที่ 5 ที่รายงานว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8% ไม่มีผลทำให้เนื้อไก่กระทงที่ได้รับอาหารทุกสูตรมีค่าแรงตัดผ่านแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 กก. ขณะที่ สุชวัช (2551) รายงานว่าเนื้ออกส่วนนอกของไก่กระทงพันธุ์ Cobb 500 มีค่าแรงตัดผ่านเฉลี่ยเท่ากับ 1.46 กก. ทั้งนี้ความแตกต่างของค่าแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อจากสัตว์ชนิดเดียวกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น พันธุกรรม อายุของสัตว์ ตำแหน่งของเนื้อที่สุ่มมาตรวจวัด การได้รับความร้อนของเนื้อ ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่แทรกอยู่ (Miller, 1994; Warriss, 2000)

ตารางที่ 36 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ (mean±SD)

ระดับสารสกัดหยาบขมิ้นชัน (%)	ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กก.)
0.0	1.59±0.27
0.2	1.52±0.41
0.4	1.55±0.62
0.6	1.49±0.57
0.8	1.60±0.29
P-value	0.102

5.5 คุณค่าทางโภชนะของเนื้อ

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของเนื้อไก่ (ตารางที่ 37) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางไม่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนะของเนื้อไก่กระทง ($P>0.05$) เช่นเดียวกับผลการศึกษาในบทที่ 5 ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันของเนื้อหน้าอกมีแนวโน้มว่าลดลง ($P>0.05$) เมื่อไก่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันเพิ่มขึ้น ส่วน AL-Sultan (2003) ได้สรุปว่า การเสริมผงขมิ้นชันที่ระดับ 0.5 และ 1.0% สามารถลดไขมันในซากได้ แต่ไม่มีผลต่อมีปริมาณโปรตีนและไขมันของเนื้อไก่กระทง ขณะที่ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของเนื้อหน้าอกใกล้เคียงกับรายงานของ สุชวัช (2551) ที่สรุปว่า เนื้ออกส่วนนอกของไก่กระทงซึ่งถูกฆ่าที่อายุ 6 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 74.27, 20.35, 2.85 และ 1.98% ตามลำดับ ขณะที่ Wattanachant และคณะ (2004) รายงานว่า เนื้ออกส่วนนอกของไก่กระทงที่ถูกฆ่าที่อายุ 4 สัปดาห์ มี เปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 74.87, 20.59, 1.68 และ 1.10% ตามลำดับ และสอดคล้องกับข้อสรุปของ Najdawi และ Abdullah (2002) ที่นำเสนอว่า เนื้อไก่มีความชื้นอยู่ในช่วง 69.7-74.2 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 20.4-22.7 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.8-9.2 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 0.3-1.3 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเกี่ยวข้องกับความแตกต่างทางพันธุกรรม (Xiong *et al.*, 1993) รวมทั้งปริมาณโปรตีนและพลังงานในอาหารที่ไก่ได้รับ (Smith *et al.*, 1993)

5.6 ระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อ

ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมต่อระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อ (ตารางที่ 37) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีผลทำให้เนื้อส่วนอกมีปริมาณคอเลสเตอรอล ลดลง เมื่อระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ramirez-Tortosa และคณะ (1999) ที่พบว่า สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันสามารถช่วยลดระดับของคอเลสเตอรอลในเลือดในกระต่ายที่ได้รับอาหารที่มีไขมันและคอเลสเตอรอลในปริมาณสูงได้

ตารางที่ 37 คุณค่าทางโภชนะ (%) ของเนื้อไก่กระทงอายุ 6 สัปดาห์ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ (mean±SD)

รายการ	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)					P-value
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	
Proximate composition (%)						
ความชื้น	74.78±1.00	74.99±0.24	74.89±0.60	74.96±0.47	74.72±0.63	0.163
โปรตีน	22.84±0.25	22.57±0.32	22.70±0.50	22.55±0.14	22.96±0.15	0.940
ไขมัน	1.14±0.20	1.12±0.18	1.13±0.23	1.09±0.31	1.02±0.35	0.053
เถ้า	1.24±0.05	1.30±0.03	1.27±0.09	1.30±0.08	1.29±0.10	0.450
คอเลสเตอรอล (มก./100 กรัม เนื้อสด)	23.21±0.98^{b}	22.71±0.48^{b}	21.58±1.04^{ab}	21.24±1.32^{ab}	19.99±0.57^{a}	0.050
ค่า TBARS ของเนื้อ (มก. malonaldehyde/ กก. เนื้อ)	0.98±0.08^{a}	0.84±0.09^{ab}	0.77±0.08^{b}	0.70±0.10^{b}	0.60±0.05^{c}	0.048

อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

5.7 ค่า TBARS ของเนื้อ

ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมต่อค่า TBARS ของเนื้อ (ตารางที่ 37) พบว่า ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า TBARS ในเนื้อลดลง โดยการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8% มีผลทำให้เนื้อส่วนอกมีค่า TBAR เท่ากับ 0.98, 0.79, 0.77, 0.70 และ 0.60 มก./malonaldehyde/กก. เนื้อ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในบทที่ 5 ดังนั้นผลการศึกษาในบทนี้จึงชี้ให้เห็นว่า สารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้าน

ออกซิเดชันสามารถช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการหืนของไขมัน ได้ เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Ramirez-Tortosa *et al.* (1999) และ Sharma *et al.* (2005)

ต้นทุนค่าอาหาร

เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนค่าอาหารสำหรับการผลิตไก่กระทงตลอดระยะเวลาที่ศึกษา (ตารางที่ 38) โดยพบว่าการเสริมสารผสมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันจะมีผลทำให้การเลี้ยงไก่กระทงมีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มใกล้เคียงกับผลการศึกษาในบทที่ 5 อย่างไรก็ตาม การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปสารผสมมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มสูงมาก อันเป็นผลมาจากต้นการเตรียมสารผสมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่มีราคาสูง ดังเหตุผลที่นำเสนอไว้แล้วในบทที่ 5

ตารางที่ 38 ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ปริมาณอาหารที่ไก่กิน และต้นทุนค่าอาหาร (mean±SD)

อายุ (สัปดาห์)	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (กก.)	ต้นทุนค่าอาหาร (บาท)	ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/กก.)
1	0	145.74±4.81	101.68±2.09	1.69±0.11	16.60±0.41
	0.2	150.63±3.73	102.15±3.66	2.54±0.13	24.91±0.55
	0.4	150.50±5.03	99.48±2.73	3.34±0.22	33.59±0.40
	0.6	144.65±7.85	99.50±4.26	3.98±0.43	39.99±0.92
	0.8	145.43±3.90	100.71±1.79	4.77±0.26	47.41±0.86
2	0	425.68±8.90	271.80±6.03	4.93±0.21	18.14±0.05
	0.2	435.38±10.31	274.95±7.65	7.35±0.35	26.75±0.22
	0.4	416.00±12.59	274.18±7.56	9.24±0.56	33.68±0.18
	0.6	425.30±17.51	271.50±8.32	11.70±0.96	43.09±0.91
	0.8	431.90±19.66	272.63±7.65	14.18±1.29	52.01±1.82
3	0	525.13±4.36	351.63±7.18	6.08±0.10	17.29±0.42
	0.2	518.86±13.38	349.50±8.02	8.76±0.47	25.07±0.19
	0.4	520.63±15.33	352.50±11.90	11.56±0.68	32.79±0.28
	0.6	517.50±15.29	353.25±9.18	14.24±0.84	40.30±0.29
	0.8	518.33±14.95	351.00±10.00	17.02±0.98	48.48±0.03

ตารางที่ 38 (ต่อ)

อายุ (สัปดาห์)	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (กก.)	ต้นทุนค่าอาหาร (บาท)	ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/กก.)
4	0	681.80±9.42	681.80±9.54	7.90±0.22	11.58±0.02
	0.2	689.63±14.51	689.63±11.44	11.65±0.49	16.89±0.15
	0.4	688.98±13.40	689.78±13.55	15.30±0.59	22.17±0.01
	0.6	687.85±7.96	687.85±13.62	18.92±0.44	27.51±0.45
	0.8	687.15±12.98	687.15±5.56	22.56±0.85	32.83±0.71
5	0	800.00±5.35	386.00±11.75	9.26±0.12	24.00±1.14
	0.2	807.75±13.02	391.25±11.09	13.64±0.44	34.87±0.85
	0.4	799.25±5.44	388.50±3.87	17.74±0.24	45.67±0.29
	0.6	796.25±5.56	391.25±17.71	21.90±0.31	55.99±3.30
	0.8	795.25±7.63	388.75±9.29	26.11±0.50	67.16±1.92
6	0	933.28±5.62	462.50±5.00	10.81±0.13	23.37±0.22
	0.2	934.86±5.16	452.00±6.14	15.79±0.17	34.93±0.56
	0.4	927.79±4.50	455.25±7.15	20.60±0.20	45.24±0.98
	0.6	931.39±7.56	457.75±7.16	25.62±0.42	55.97±0.84
	0.8	930.90±11.81	458.25±9.77	30.56±0.78	66.69±1.15
1 - 3	0	1,096.54±9.54	725.10±10.18	12.70±0.22	17.51±0.19
	0.2	1,104.87±6.57	726.60±7.18	18.66±0.23	25.68±0.20
	0.4	1,087.13±11.45	726.15±9.27	24.13±0.51	33.24±0.15
	0.6	1,087.45±16.47	724.25±9.93	29.92±0.91	41.31±0.12
	0.8	1,095.65±21.18	724.34±2.53	35.97±1.38	49.66±1.57
4 - 6	0	3,511.61±6.64	1,987.35±38.74	40.66±0.15	20.46±0.72
	0.2	3,537.11±27.04	1,984.60±27.58	59.74±0.91	30.10±0.38
	0.4	3,522.51±12.32	1,984.15±15.83	78.20±0.56	39.41±0.35
	0.6	3,502.94±19.83	1,986.00±30.43	96.37±1.09	48.52±0.94
	0.8	3,508.95±32.60	1,987.59±21.17	115.20±2.14	57.96±0.16

ตารางที่ 38 (ต่อ)

อายุ (สัปดาห์)	ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (%)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (กก.)	ต้นทุนค่าอาหาร (บาท)	ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/กก.)
1-6	0	4,608.15±32.36	2,712.45±97.84	53.36±0.37	19.67±0.57
	0.2	4,641.98±67.22	2,711.20±89.52	78.40±1.14	28.92±0.32
	0.4	4,609.64±47.54	2,710.30±50.20	102.33±1.06	37.76±0.31
	0.6	4,590.39±72.60	2,710.25±80.72	126.28±2.00	46.59±0.65
	0.8	4,604.60±107.56	2,711.93±47.40	151.17±3.53	55.74±0.33

สรุป

จากการศึกษาผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมในอาหารไก่กระทงเป็นเวลา 6 สัปดาห์ มีข้อสรุปดังนี้

(1) การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการใช้อาหารของไก่ทดลอง

(2) การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมที่ระดับ 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์มีผลทำให้ไก่กระทงมีปริมาณไขมันในช่องท้องสูงขึ้น ($P<0.05$) แต่การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักซาก และองค์ประกอบซากส่วนอื่นๆ แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

(3) การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปของสารผสมไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ค่าแรงตัดผ่าน และคุณค่าทางโภชนะของเนื้อ ($P>0.05$) แต่การเสริมสารผสมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีผลทำให้สีหนังบริเวณหน้าอกมีสีเหลืองขึ้น ($P<0.05$) โดยเห็นผลชัดเจนเมื่อเสริมในระดับ 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การเสริมสารผสมนี้ยังมีผลทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลที่สะสมในเนื้อลดลง ($P<0.05$) และมีผลทำให้เนื้อมีค่า TBARS ลดลง ($P<0.05$)

(4) การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปสารสกัดหยาบมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มสูงกว่าการไม่เสริม

บทที่ 7
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การเก็บรักษาสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง (แล็กโทส) และสารยึดเกาะ (5% โซเดียม อะจิเนต) ควรเก็บสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางไว้ในที่มืด แม้แสงจะไม่มีผลต่อสีและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง แต่แสงก็มีผลทำให้ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางลดลงเล็กน้อย และการเก็บไว้ในที่มืดสามารถเก็บได้เป็นเวลา 7 วัน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ สำหรับอุณหภูมิในการเก็บ สามารถเก็บสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางภายใต้อุณหภูมิห้อง จนถึงอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงของสี การลดลงของฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางเพียงเล็กน้อย ในขณะที่การเก็บในอุณหภูมิสูง (มากกว่า 65 องศาเซลเซียส) มีผลทำให้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางมีสีคล้ำ และปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ส่วนความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางควรมีค่าต่ำกว่า 7.0 เนื่องจากในสภาวะที่เป็นกลาง และด่างจะมีการสลายตัวของสารเคอร์คูมินอยด์ และมีการลดลงของฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

สำหรับอายุการเก็บรักษา สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางสามารถเก็บได้เป็นระยะเวลา 2 ปี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ ซึ่งดีกว่าการเก็บในรูปของขมิ้นชันผง แต่อย่างไรก็ตาม หากระยะเวลาในการเก็บนาน อาจมีผลทำให้ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางลดลงได้สำหรับการใช้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในรูปสารผสมในการผลิตไก่กระทง พบว่า สารผสมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันสามารถทำให้การเกิด lipid peroxidation ในเลือดและในเนื้อไก่กระทงลดลง อีกทั้งยังส่งผลทำให้สีของหนังไก่กระทงมีสีเหลืองขึ้น แต่การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันทำให้การสะสมไขมันในช่องท้องสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก คุณภาพเนื้อของไก่ แต่การเสริมสารผสมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์ มีผลทำให้หนังบริเวณหน้าอกมีสีเหลืองขึ้น ($P<0.05$) โดยเห็นผลชัดเจนเมื่อเสริมในระดับ 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ยังมีผลทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลที่สะสมในเนื้อลดลง ($P<0.05$) และมีค่า TBARS ลดลง ($P<0.05$) รวมทั้งการเสริมยังมีผลทำให้หนังบริเวณหน้าอกมีสีเหลืองขึ้น ($P<0.05$) ซึ่งเห็นผลชัดเจนเมื่อเสริมในระดับ 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การเสริมสารผสมนี้ยังมีผลทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลที่สะสมในเนื้อลดลง ($P<0.05$) และมีผลทำให้เนื้อมีค่า TBARS ลดลง ($P<0.05$)

ข้อเสนอแนะ

(1) เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้จัดการเลี้ยงดูไก่ทดลองให้อยู่ในสภาวะปกติ ไม่เครียด ดังนั้น ไก่ทดลองจึงมีสมรรถภาพการเติบโตปกติไม่แตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อจะเห็นผลที่ชัดเจนจึงเสนอให้ทำการทดลองในสภาวะที่ไก่เครียด ทั้งนี้เพื่อให้เห็นผลชัดเจนยิ่งขึ้น รวมทั้งยังสอดคล้องกับสภาพการเลี้ยงไก่กระทงเชิงอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

(2) เนื่องจากกระบวนการจัดทำสารผสมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีต้นทุน ดังนั้นการนำสารผสมนี้มาใช้ในการผลิตสัตว์จึงจำเป็นจะต้องศึกษาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจเพิ่มเติม

(3) แม้ว่าการใช้แล็กโทสมาเป็นสารเจือจางและใช้ร่วมกับโซเดียม อะจิเนต จะสามารถจับตัวกับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันได้ดี สามารถดูดซับน้ำมันที่ซึมออกมาได้มาก ทำให้สารผสมมีลักษณะเป็นผงแห้ง แต่แล็กโทสเป็นแหล่งของพลังงาน ดังนั้นเมื่อนำไปผสมในอาหารไก่จึงมีผลทำให้อาหารผสมมีค่าพลังงานรวมเพิ่มขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องหาแนวทางการควบคุมระดับพลังงานรวมในสูตรอาหารที่จะนำไปเลี้ยงสัตว์ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กิจการ ศุภมาตย์, นพมาศ สุนทรเจริญนนท์, มะลิ บุณยรัตผลิน, จรีพร เรืองศรี, ฐานันดร์ ทัตตานนท์ และธนาวุฒิ กล่าวเกลี้ยง. 2548. ผลของสมุนไพรต่อเชื้อแบคทีเรียก่อโรค การเจริญเติบโต สุขภาพและความต้านทานโรคในกุ้งกุลาดำ. ว.สงขลานครินทร์ วทท. ปีที่ 27 (ฉบับพิเศษ 1) : 55-70.

กิติมา จินดามงคล, สุภาพร อิสริโยดม, ธนินทร์ ติรวัฒนวานิช, งามผ่อง คงคาทิพย์, ยุพา มงคลสุข, วิไล สินติโสภาศรี และบุญส่ง คงคาทิพย์. 2548. ผลของสารสกัดสมุนไพรขมิ้นชันและบอระเพ็ดในรูปเดี่ยวและผสมต่อคุณลักษณะทางการเจริญเติบโตในไก่กระทง. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการสมุนไพรไทยโอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ ครั้งที่ 3 ณ ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ หลักสี่ กรุงเทพฯ. 11-12 พฤษภาคม 2548. หน้า 41-47.

จิโรจ ศศิปรียจันทร์, พิภพ สดสี, คณิต สุวรรณบริรักษ์, ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ, หทัยรัตน์ พงศ์พิพัฒนาการ, ธวัช เล็กดำรงศักดิ์และ สุวรรณา กิจภากรณ์. 2543. การพัฒนาการใช้สมุนไพรขมิ้นชันและการใช้ร่วมกับสมุนไพรฟ้าทะลายโจรเป็นวัตถุดิบเติมในอาหารสัตว์ สำหรับอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่กระทง. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2540. การจัดการโรงฆ่าสัตว์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เฉลียว ศาลากิจ. 2547. โลหิตวิทยาทางสัตวแพทย์. กรุงเทพฯ : คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

ชัยวัฒน์ สุวรรณทัต, สุวรรณา กิภากรณ์, กฤษ อังคนาพร, พิภพ สดสี และนันทวัน บุณยะประภัศร. 2547. การใช้ขมิ้นชันเป็นสารต้านออกซิเดชันต่อสถานภาพภูมิคุ้มกัน และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อซึ่งอยู่ในสภาวะเครียด. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการสมุนไพรไทย:โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ ครั้งที่ 2 โรงแรมสยามซิตี้ วันที่ 15-16 ม.ค. 2547 หน้า 181-187.

ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์. 2541. โลหิตวิทยาของสัตว์เลี้ยงและวิธีวิเคราะห์. ขอนแก่น : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, อาภรณ์ ส่งแสง, สุธา วัฒนสิทธิ์, พิทยา อดุลธรรม และเสาวคนธ์ วัฒนจันทร์. 2547. คุณภาพซาก องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่คอล่อนและไก่พื้นเมือง. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานสนับสนุนการวิจัย (สกว.). สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

นวลจันทร์ พารักษา, ทวีศักดิ์ ส่งเสริม, อรทัย ไตรวุฒานนท์, นพวรรณ พู่มาลา มอราลิส, ธรรมศาสตร์ ศรีสัตยเสถียร และนฤมล อ่างกระโทก. 2547. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ การใช้สมุนไพรทะลายโจรและเคอร์คูมินอยด์จากขมิ้นชันในไก่เนื้อ. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ทิพย์วรรณา งามศักดิ์. 2521. คู่มือการชิม. ขอนแก่น : ภาควิชาผลิตภัณฑ์เกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มกอช. 2548. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ 6700-2548: เนื้อไก่. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ไมตรี สุทธจิตต์ และศิริวรรณ สุทธจิตต์.2548. บทบาทของสารโพลีฟีนอลและแอนติออกซิแดนท์ในการส่งเสริมสุขภาพ. รายงานการประชุมวิชาการเรื่อง บทบาทของสารต้านออกซิเดชันในอาหารและเครื่องสำอาง ณ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา. วันที่ 1-2 มีนาคม 2548 หน้า 11-19.

ไมตรี สุทธจิตต์, ศิริวรรณ สุทธจิตต์ และอุดมภัณฑ์ ขาลสุวรรณ. 2548.แอนติออกซิแดนท์และสาระสำคัญในพืชสมุนไพรไทย.รายงานการประชุมวิชาการเรื่อง บทบาทของสารต้านออกซิเดชันในอาหารและเครื่องสำอาง ณ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา. วันที่ 1-2 มีนาคม 2548 หน้า 21-30.

ยุทธนา ศิริวธนนุกูล. 2544. การทดลองใช้สมุนไพรฟ้าทลายโจร และใบฝรั่งเสริมในอาหารสุกรขุน. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 โครงการวิจัยการใช้สมุนไพรในการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเนื้อสุกรคุณภาพสูงและปลอดภัยยาปฏิชีวนะตกค้าง. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ยุทธนา ศิริวธนนุกูล, สุรพล ชลดำรงกุล และสมเกียรติ ทองรักษ์. 2545. ผลของฟ้าทลายโจร ใบฝรั่ง ขมันชันไพล และเปลือกมังคุด ต่อการรักษาโรคท้องร่วงในลูกสุกร. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการเรื่อง สมุนไพรไทย โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมผลิตสัตว์ ณ โรงแรมมารวยการ์เด้น กรุงเทพฯ. 24-25 ตุลาคม 2545, หน้า 115-127.

ยุพิน รุ่งเวชวุฒิวิทยา. 2525. การไหลของผงยาและแกรนูล. *ใน* เภสัชอุตสาหกรรม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2547. ยุคใหม่ของตัวอย่างในการเสริมยาสมุนไพรเป็นวัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ในการผลิตสัตว์. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการสมุนไพรไทย : โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ ครั้งที่ 2 ณ โรงแรมสยามซิตี้ กรุงเทพฯ. 15-16 มกราคม 2547. หน้า 199-210.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

รัตนา โชติสังกาศ และ นิรัตน์ กองรัตนานันท์. 2542. การเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่พื้นเมืองเลี้ยงภายใต้ชั่วโมงแสงธรรมชาติ และชั่วโมงแสงยาว 23 ชั่วโมงต่อวัน. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ 33(1) : 60-74.

สถาบันแพทย์สมุนไพร. 2540. ยาสมุนไพรในการสาธารณสุขมูลฐาน. ชุมนุมแพทย์แผนไทยและสมุนไพรแห่งชาติ ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.

สมาคมผู้ผลิตไก่เพื่อส่งออกไทย. 2552. ภาวการณ์ผลิตและส่งออกไก่ของไทย. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http:// www.nfi.or.th/stat/chicken.asp [11 กุมภาพันธ์ 2553].

สุชวัช อรรถพร. 2551. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติ และโครงสร้างระดับจุลภาคของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองที่อายุต่างๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สุนีย์ นิธิสินประเสริฐ, เพ็ญแข วันไชยธนาวงษ์, สุเจตน์ ชื่นชม และณัฐชนก อมรเทวภัทร. 2548. ผลของ Probiotic *Lactobacillus reuteri* KUB-AC5 ต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทง. รายงานการวิจัยเสนอต่อสำนักงานสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สุวิภา อึ้งไพบูลย์. 2540. สารปรุงแต่งเภสัชภัณฑ์. สงขลา : ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่ : โรงพิมพ์ธนบรรณการพิมพ์.

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. 2543. คู่มือสมุนไพร ฉบับย่อ. กรุงเทพฯ : นิวไทยมิตรการพิมพ์ (1996).

อรุณพร อิฐรัตน์, ถนอมจิต สุภาจิต, ปราณี รัตนสุวรรณ, โสภา คำมี และ วรนันท์ ธรรมเศวต. 2543. ฤทธิ์ทางชีวภาพของขมิ้นชัน. สงขลา : คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อนันต์ ศิริมงคลเกษม. 2552. เนื้อไก่สด. เนื้อไก่ปรุงสุก. รวม. แนวโน้มการส่งออกปี 2552 (ออนไลน์). สืบค้นจาก : www2.thaiechamber.com/cms/documentstorage/com.tms.cms.../kai.ppt [10 มกราคม 2553].

เอกษิต เหมือนท่าไม้. 2543. ผลของเปลือกผลมังคุดและขมิ้นชันต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรท้องร่วงระยะก่อนและหลังหย่านม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร-มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Aggarwal, B.B., Kumar, A., Aggarwal, M.S. and Shishodia, S. 2003. Curcumin derived from turmeric (*Curcuma longa*) : A spice for seasons. (Online). Available : http://www.agrawal.org/PDF/curcumin-season-BW1.pdf [10 November 2004].

AL-Sutan, S.I. 2003. The effect of *Curcuma longa* (Tumeric) on overall performance of broiler chickens. Inter. J. Poultry Sci. 2 : 351-353.

AL-Saltan, S.I. and Gameel, A.A. 2004. Histopathological changes in the liver of broiler chicken supplemented with turmeric (*Curcuma longa*). Inter. J. Poultry Sci. 3 : 333-336.

Anonymous. 2000. Green ingredients : Feed additives based on plant extracts can have antibacterial properties as well as enhancing growth performance. Pig Inter. 30 : 11-12.

Anonymous. 2001. Growth performance and yield of Hubbard. (Online). Available : http://www. hubbardbreeders.com/performance [18 December 2006].

AOAC. 1999. Official Methods of Analysis (15thed). Washington, D.C. : Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Apisariyakul, A., Vanittanakom, N. And Buddhasukh, D. 1995. Antifungal activity of turmeric oil : Extracted from *Curcuma longa* (Zingiberaceae). J. Ethnopharm. 49 : 163-169.

Asai, A. and Miyazawa, T. 2001. Dietary curcuminiods prevent high fat diet-induced lipid accumulation in rat liver and epididymal adipose tissue. American Society for Nutrite Sci. : 2932-2935.

Babu, P.S. and Srinivasan, K. 1997. Hypolipidemic action of curcumin the active principle of turmeric (*Curcuma longa*) in streptozotocin induced diabetic rats. Mol. Cell Biochem. 166 : 169-175.

Banerjee, A. and Nigam, S.S. 1978. Antimicrobial efficacy of the essential oil of *Curcuma longa*. Indian J. Med. Res. 68 : 864-866.

Bille, N., Laren, J.C., Harsen, E.V. and Wurtzen, G. 1985. Suchronic oral toxicity of turmeric oleoresin in pigs. Food and Chem. Toxic. 23 : 967-973.

Bisset, N.G. 1994. Herbal Drug and Phytopharmaceuticals : A Handbook for Practice on Scientific Basis. Stuttgart : Medpharm Scientific Publishers.

Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. Microsomal lipid oxidation. Method Enz. 52:302-304.

Chandra, D. and Gupta, S.S. 1972. Antiinflammatory and antithritic activity of *Curcuma longa*. Indian J. Med. Res. 60 : 138-142.

Chattopadhyay, I., Biswas, K., Bandyopadhyay, U. and Banerijee, R.K. 2004. Turmeric and curcumin: Biological actions and medical applications. Current Sci. 87 : 44-52.

Fletcher, D.L. 1999. Poultry meat colour. *In* Poultry Meat Science : Poultry Science Symposium Series Vol. 25.pp 159-176. UK : CABI Publishing.

Folch, J., Lees, M. and Sloane Stanley, G.H. 1957. J. Bio. Chem.. 226:497-509.

Gassner, B. and Wuethrich, A. 1994. Pharmacokinetic and toxicological aspects of the medication of beef-type calves with an oral formulation of chloramphenicol palmitate. J. Vet. Pharmcol. and Therap. 17 : 279-83.

Ghatak, N. and Basu, N. 1972. Sodium curcuminate as effective anti-inflammatory agent. Indian J. Exp. Biol. 10 : 235-236.

Govindarajan, V.S. 1980. Turmeric-chemistry, technology and quality. Food Sci and Nutrit. 12 : 199-301.

Heffner, J., Roy, E.P., Davis, B.H. and Hilton, W.B. 1964. Consumer preference for broiler pigmentation in New Orleans, Louisiana, Bulletin 586. Louisiana Agricult. Exp. Station.

Hewage, C.M., Bandara, B.M.R., Karunaratre, V., Wannigama, G.P. Pinto, M.R.M. and Wijesundara. D.S.A. 1998. Antibacterial activity of some medicinal plants of Srilanka. J. the National Sci. Council of Srilanka 26(1) : 27-34.

Honikel, K.O. and Woltersdorf, W. 1991. Feischqualitaet bei Qualitaes and Markenfleisch. Mittlbl. Der Baff Kulmbach Nr. 112:130-133.

Huang, M.T., Ma, W., Yen, p., Xie, J.G., Frenkel, K. and Conney, A.H. 1997. Inhibitory effects of topical applical of low doses of curcumin on 12-O-tetradecanoylphorbol-13-induced tumor promotion and oxidized DNA bases in mouse epidermis. Carcinogen 18 : 83-88.

Hughes, P. and Heritage, J. 2001. Antibiotic growth-promoters in food animals. J. Antimicrobial Chemotherapy 48: 287-289.

Iqbal, M., Sharma, S.D., Okazaki, Y. Fujisawa, M. And Okada, S. 2003. Dietary supplementation of curcumin enchances antioxidant and phase II metabolizing enzymes in ddY male mice possible role in protection against chemical carcinogenesis and toxicity. Pharmacol. Toxicol. 92 : 33-38.

Jaturasitha, S., Leangwunta, V., Leotaragul, A., Phongphaew, A., Apichartsrungkoon, T., Simasathitkul, N., Vearasilp, N., Vearasilp, T., Worachai, L. and Meulen, U.T. 2002. A comparative study of Thai native chicken and broiler on productive performance, carcass and meat quality. Conference on international agricultural research for development "Deutscher Tropentag Witzenhausen" October 9-11, 2002.

Jovanovic, S.V., Boone, C.W., Steenken, S., Manuela, T. and Sakariah, K.K. 2001. How curcumin works preferentially with water soluble antioxidants. J. American Chem. Society 123 : 3064-3068.

Kaewkam, S. 2003. Inhibitory effect of Mulberry Green Tea extracts on lipid peroxidation. Master of Science Thesis in Food Technology. Prince of Songkla University.

Kawamori, T., Lubet, R., Steele, V.E., Kelloff, G.J., Kaskey, R.B., Rao, C.V. and Reddy, B.S. 1999. Chemopreventive effect of curcumin a naturally occurring anti-influammatory agent during the promotion/progression stages of colon carcer. Cancer Research 59 : 597-601.

Keshavarz, K. 1976. The influence of turmeric and curcumin on cholesterol concentration of eggs and tissues. J. Poultry Sci. 55 : 1077-1083.

Khurana, A. and Ho, C. 1988. High performance liquid chromatographic analysis of curcuminoids and their photooxidative decomposition compounds in *Curcuma longa* L. J. Liquid Chromatography 11 : 2295-2304.

Kuttan, R., Bhanumathy, P. Nirmala, K. and George, M.C. 1985. Potentail anticancer activity of turmeric (*Curcuma longa*). Cancer letters 29 : 197-202.

Lawrie, R.A.1990. Meat Science. (5th ed.). Oxford:Pergamon Press.

Lee, K.W., Everts, H. and Beynen, A.C. 2004. Essential oils in broiler nutrition. Int. J. Poultry Sci. 3 : 738-752.

Lewis, R. 2006. The Rise of Antibiotic-Resistant Infections. (Online). Available : http://www.fda. gov/Fdac/features/795_antibio.html [5 November 2007].

Maga, J.A. and Kim, C.H. 1990. Stability of natural colorants annatto, beet, paprika, turmeric during extrusion cooking. Food Sci. and Tech. 23 : 427-432.

Miller, R.K. 1994. Sensory methods to evaluate muscle foods. *In* Muscle Foods : Meat, Poultry and Seafood Technology (D. M. Kinsman, A. W. Kotula and B. C. Breidenstein eds.) London : Chapman & Hall, p. 260 – 332.

Misra, S.K. and Sahu, K.C. 1977. Screening of some indigenous plants for antifungal activity against dermatiphytes. Indian J. Pharmacol. 9 : 269-272.

Najdawi, R. and Abdullah, B. 2002. Proximate composition, selected minerals, cholesterol content and lipid oxidation of mechanically and hand-deboned chickens from the Joudanian market. Meat Sci. 61 : 243-247.

National Office of Animal Health. 2006. The end of antibiotic growth promoters. (Online). Available : http://www.noah.co.uk [5 November 2007].

Osawa, T., Sugiyama, Y., Inayoshi, M. and Kawakishi, S. 1995. Antioxidative activity of tetrahydrocurcuminoids. Biosci. Biotechnol. Biochem. 59: 1609-12.

Piper, J.T., Singhal, S.S., Salameh, M.S., Torman, R.T., Awasthi, Y.C. and Awasthi, S. 1998. Mechanisms of anticarcinogenic properties of curcumin: the effect of curcumin on glutathione linked detoxification enzymes in rat liver. Int. J. Biochem. & Cell Biology 30 : 445-456.

Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. 2001. Antioxidants in Food. Cambridge : Woodhead Pubblishing Ltd.

Price, L.S. and Buescher, R.W. 1996. Decomposition of turmeric curcuminoids as affected by light, solvent and oxygen. J. Food Biochem. 20 : 125-133.

Ramirez-Tortosa, M.C., Mesa, M.D., Aguiter, M.C., Quiles, J.L., Baro, L., Ramirez-Tortosa, C.L., Martinez-Victoria, E. and Gil, A. 1999. Oral administration of a turmuric extract inhibits LDL oxidation atherosclerosis. Atherosclerosis 149 : 371-378.

Rao, D.S., Sekhara, N.C., Satyanarayana, M.N. and Srinivasan, M.. 1970. Effect of curcumin on serum and liver cholesterol levels in rat. J. Nutrit. 100 : 1307-1315.

Reddy, A.C. and Lokesh, B.R. 1994. Effect of dietary turmeric (*Curcuma longa*) on iron-induced lipid peroxidation in the rat liver. Food and Chem. Toxicol. 32 : 279-283.

Samrasingle, K. and Weng, C. 2002. Tumeric (*Curcuma longa*) and mannan-oligosaccharide as antibiotic replacers in broiler diets. (Online). Available : http://www.zil.ethz.ch.ch [22 June 2005].

Shankar, T.N.B., Shantha, N.V., Ramesh, H.P., Murthy, I.A.S. and Murthy, V.S. 1980. Toxicity studies on turmeric (*Curcuma longa*) : acute toxicity studies in rat, guinea pigs and monkeys. Indian J. Exp. Biol. 18 : 73-75.

Sharma, R.A., Gescher, A.J. and Steward, W.P. 2005. Curcumin : The story so far. European J. Cancer 41 : 1955-1968.

Smith, D.P., Fletcher, D.L., Buhr, R.J. and Beyer, R.S. 1993. Pekin duckling and broiler chicken Pectoralis muscle structure and composition. Poultry Sci. 72: 202 - 208.

Souza, C.R.A, Osme, S.F. and Gloria, M.B.A. 1997. Stability of curcuminoids pigments in model system. J. Food Processing and Preservation 21 : 353-363.

Srihari, R.T., Basu, N. and Siddqui, H.H. 1982. Antiinflammatory activity of curcumin analogues. Indian J. Med. Res. 75 : 574-578.

Srinivasan, K., Sambaiah K. and Chandrasekhara, N. 1992. Loss of active principles of common spices during domestic cooking. Food Chem. 43 : 271–274.

Srinivasan , M., Aiyar, A.S., Kapur, O.P., Kokatnu, M.G., Rao, D.S., Sreenivasan, A. and Subrahmanyan, V. 1964. Effect of turmeric extract on cholesterol levels in rat. Indian J. Exp. Biol. 2 : 104.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. Principles and Procedures of Statistics (A Biometric Approach). (2^{nd} ed). McGraw-Hill: New York.

Tewtrakul S. 1993. Curcuminoid and volatile oil determination in turmerics from various locations in Thailand. Master of Science Thesis. Chulalongkorn University.

Thai Herbal Pharmacopoiea. 1995. *Curcuma longa* Linn. *Curcuma domestica* Val. (Syx.). 38-44.

Vijayalaxmi , R. 1980. Genetic effect of turmeric and curcumin in mice and rat. Mutation Res. 79 : 125-132.

Wang, Y.J., Pan, M.H., Cheng, A.L., Lin, L.I., Ho, Y.S., Hsieh, C.Y. and Lin, J.K. 1997. Stability of curcumin in buffer solutions and characterization of its degradation products. J. Pharmacol. and Biomed. Anal. 15 : 1867-1876.

Warriss, P.D. 2000. Meat Science : An Introductory Text. Oxon : CABI.

Wasowicz, W., Neve, J and Peretz, A. 1993. Opimized steps in fluorometric determination of Thiobarituric acid-reactive substances in serum : Importance of extraction pH and influence of sample preservation and storage. Clin. Chem. 39 : 2522-2526.

Wattanachant, S., Benjakul, S. and Ledward, D.A. 2004. Composition color and texture of Thai indigenous and Broiler chicken muscles. Poultry Sci. : 123-128.

Will, R.B. and Greenfield, H. 1984. Laboratory Instruction Manual for Food Composition Studies. Department of Food Science and Technology, The University of New South Wales.

Wongvarodom, S. 2004. Effect of growth stages and storage conditions on the content of active constituents and biological activities. Master of Pharmacy Thesis in Pharmaceutical Sciences. Prince of Songkla University.

Wright, J. 2002. Predicting the antioxidant activity of curcumin and curcuminoids. J. Molecular Structure 591 : 207-217.

Wuthi-Udomler, M., Grisanapan, W., Luanratana, O. and Cai-Chompoo, W. 2000. Antifungal activity of *Curcuma longa* grow in Thailand. Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health 31 : 178-182.

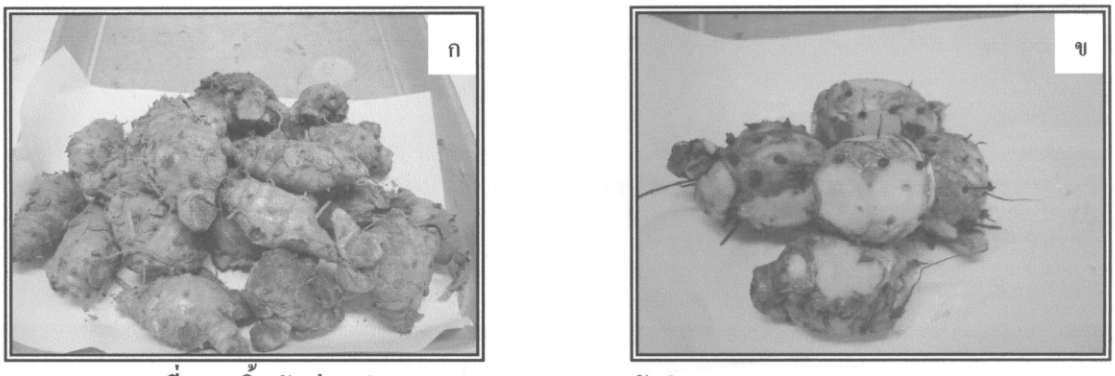
Xlong Y.L., A.H. Cantor, A.J. Pescatore, S.P. Blanchard and M.L. Straw. 1993. Variations in muscle chemical composition pH and protein extractability among eight different broiler crosses. Poultry Sci. 72: 583 - 588.

Yamasaki, K., Hashimoyo, A., Kokusenya, Y. Miyamato, T. and Sato, T. 1994. Electrochemical method for estimating the antioxidative effect of methanol extracts of crud drugs. Chem. Pharm. Bull. 42 : 1663-1665.

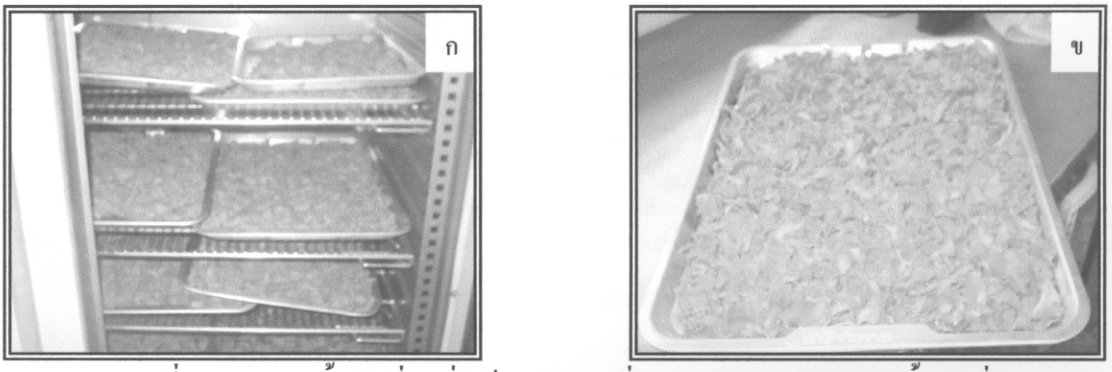
Yegnanarayan, R., Saraf, A.P. and Balwani, J.H. 1976. Comparison of anti-inflammatory activity of various extracts of *Curcuma longa* (Linn). Indian J. Med. Res. 64 : 601-608.

ภาคผนวก

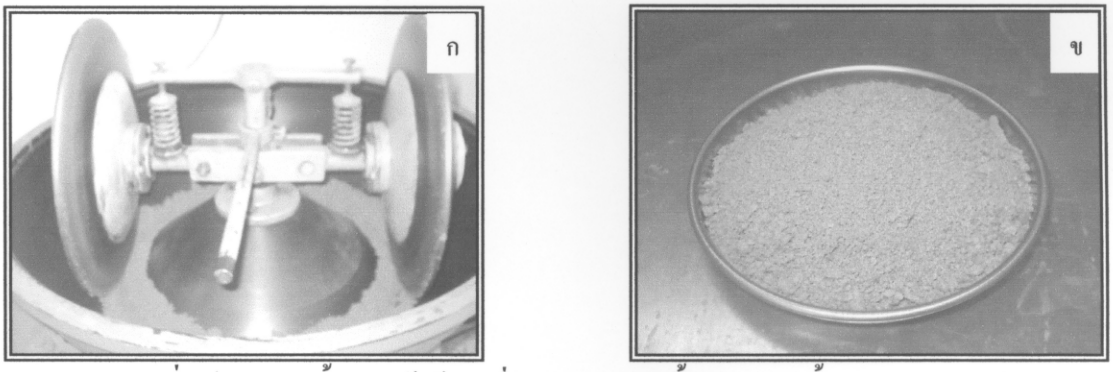
ภาคผนวก ก
ภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมและการสกัดสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน ด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์



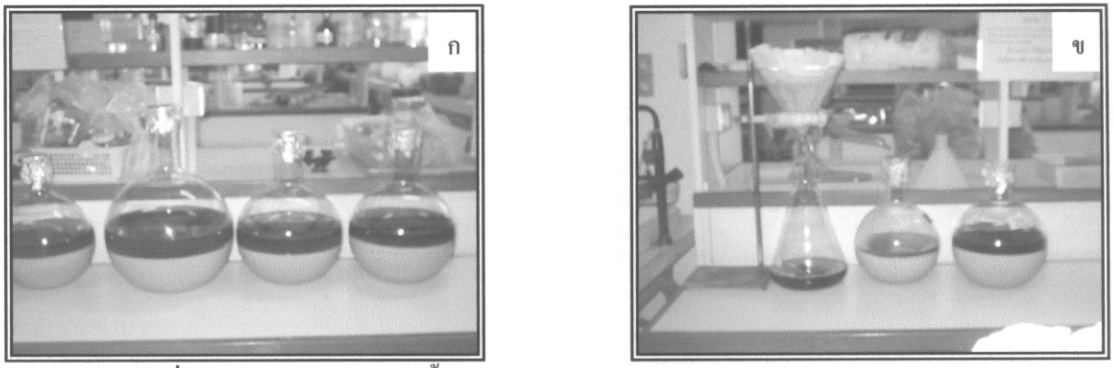
ภาพภาคผนวกที่ 1 ขมิ้นชันก่อนทำความสะอาด (ก) และหลังทำความสะอาด (ข)



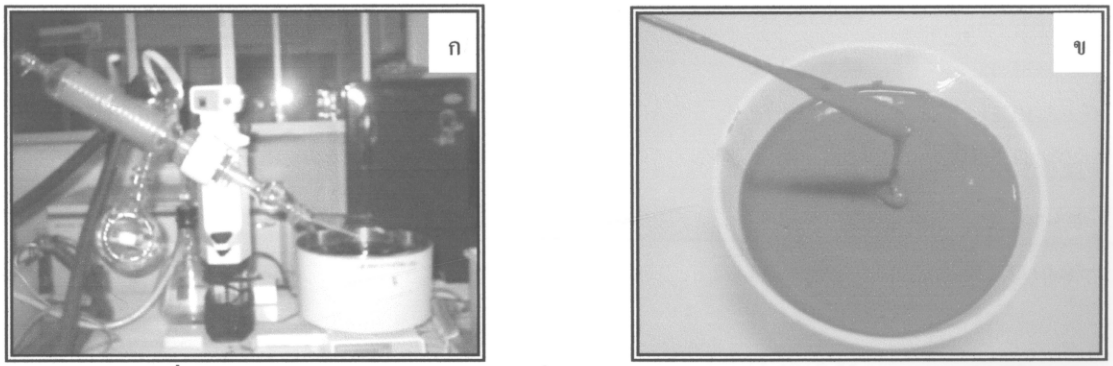
ภาพภาคผนวกที่ 2 การอบขมิ้นชันที่ถูกหั่นเป็นแผ่นบางที่อุณหภูมิ 55°ซ (ก) และขมิ้นชันที่ผ่านการอบจนแห้ง (ข)



ภาพภาคผนวกที่ 3 การบดขมิ้นชันแห้งด้วยเครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (ก) และขมิ้นชันผง (ข)



ภาพภาคผนวกที่ 4 การสกัดสารจากขมิ้นชันด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ (ก) และการกรองสารสกัดที่ได้ด้วยกระดาษกรอง (ข)



ภาพภาคผนวกที่ 5 การระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบหมุน (rotary evaporator) (ก) และสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันหลังการระเหยแห้ง (ข)

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการทดลองของการทดลองที่ 2

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลของแสงต่อความคงตัวของสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	แสง	ที่มืด
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	0	29.48±1.71	29.48±1.71
	1	27.97±0.77	28.49±1.93
	3	26.71±0.80	30.40±1.91
	5	25.29±2.11	28.02±3.14
	7	29.02±3.62	29.37±2.58
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	0	26.66±0.63	26.66±0.63
	1	25.96±0.44	26.38±0.85
	3	25.79±0.85	24.55±0.07
	5	25.61±0.48	24.54±0.31
	7	25.61±0.89	25.88±1.79
ขมิ้นชันผง	0	11.35±0.80	11.35±0.80
	1	11.39±0.71	11.79±0.26
	3	11.19±0.66	11.25±1.30
	5	11.00±0.53	11.09±1.48
	7	11.09±0.81	11.90±0.69

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลของแสงต่อความคงตัวของสีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง (mean±SD)

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ค่า L* (lightness)		ค่า a* (redness)		ค่า b* (yellowness)	
		แสง	ที่มืด	แสง	ที่มืด	แสง	ที่มืด
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	0	39.51±0.75	39.51±0.75	34.31±0.27	34.31±0.27	47.89±0.36	47.89±0.36
	1	44.11±0.96	43.73±0.19	34.66±0.93	34.16±0.39	48.39±0.36	48.17±0.67
	3	43.81±0.39	43.99±0.37	35.82±0.64	35.05±0.37	50.66±0.49	49.71±0.62
	5	44.02±0.74	44.25±0.31	35.31±0.59	35.12±0.43	50.69±0.67	50.38±0.82
	7	44.23±0.32	44.29±0.50	35.76±0.13	35.49±0.63	50.74±0.83	50.45±0.75
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	0	31.36±0.22	31.36±0.22	36.76±0.21	36.76±0.21	52.57±0.12	52.57±0.12
	1	31.51±0.08	32.23±0.73	36.39±0.15	36.72±0.16	53.05±0.19	53.98±1.13
	3	32.55±0.84	32.82±0.45	36.96±0.21	36.46±0.20	54.58±0.64	54.63±0.26
	5	32.98±0.17	33.41±0.24	36.51±0.33	36.07±0.34	54.77±0.38	54.75±0.45
	7	33.55±0.32	33.53±0.42	36.60±0.31	36.20±0.63	56.79±0.50	55.38±1.24
ผงขมิ้นชัน	0	42.55±0.23	42.55±0.23	23.41±0.27	23.41±0.27	49.03±0.67	49.03±0.67
	1	43.49±0.42	43.34±0.47	24.25±0.18	23.76±0.47	50.40±0.71	49.85±0.54
	3	43.54±0.60	43.29±0.10	25.61±0.77	24.91±0.27	51.33±1.99	52.07±0.51
	5	43.67±0.42	43.42±0.40	25.62±0.78	24.95±0.75	52.07±0.67	52.24±0.36
	7	43.69±0.25	43.53±0.45	25.95±0.14	25.29±0.17	52.07±0.28	52.27±0.65

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลของแสงต่อความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยรายงานค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	แสง	ที่มืด
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	0	76.48±1.95	76.48±1.95
	1	75.27±0.89	71.78±1.32
	3	76.16±0.79	76.02±2.21
	5	76.13±1.72	74.12±1.93
	7	79.83±0.51	78.98±1.17
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	0	87.88±1.45	87.88±1.45
	1	86.42±0.65	84.74±1.02
	3	85.06±1.74	83.34±1.29
	5	85.86±1.75	82.35±2.13
	7	84.19±1.88	81.70±2.19
ขมิ้นชันผง	0	78.02±1.10	78.02±1.10
	1	78.81±0.98	76.80±0.24
	3	79.97±0.93	73.87±1.53
	5	74.04±2.86	71.74±1.07
	7	79.53±1.31	79.66±0.89

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลของความร้อนต่อความคงตัวของค่า L* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	อุณหภูมิที่เก็บ (องศาเซลเซียส)				
		อุณหภูมิห้อง	45	55	65	80
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	0	43.40±0.48	43.40±0.48	43.40±0.48	43.40±0.48	43.40±0.48
	1	42.21±2.10	41.77±1.35	42.13±0.27	40.87±0.62	40.31±0.19
	3	41.98±1.38	42.32±1.06	39.99±0.80	39.99±0.18	38.18±0.50
	5	39.47±0.20	39.71±1.14	39.63±0.54	37.85±1.27	36.42±0.95
	7	39.27±0.14	39.93±0.97	39.64±0.96	37.56±2.19	33.96±0.93
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	0	32.52±0.35	32.52±0.35	32.52±0.35	32.52±0.35	32.52±0.35
	1	32.79±0.12	32.47±0.26	31.83±0.15	27.97±0.55	24.24±0.93
	3	32.88±0.41	32.26±0.59	30.91±0.05	27.88±0.11	22.90±0.25
	5	31.40±0.97	32.27±0.54	31.42±0.54	26.06±0.57	22.72±0.64
	7	32.20±0.54	32.00±0.50	31.06±0.54	27.34±0.89	22.74±0.48
ผงขมิ้นชัน	0	43.26±0.54	43.26±0.54	43.26±0.54	43.26±0.54	43.26±0.54
	1	42.85±0.18	43.34±0.17	43.21±0.14	42.68±0.73	41.90±0.10
	3	42.49±0.42	43.13±0.31	43.12±0.94	41.75±0.81	41.47±0.98
	5	42.79±0.11	42.97±0.36	42.61±0.35	41.29±1.63	40.84±1.03
	7	42.57±0.61	43.17±0.22	42.62±0.62	41.63±1.18	39.46±0.97

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลของความร้อนต่อความคงตัวของค่า a* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	อุณหภูมิที่เก็บ (องศาเซลเซียส)				
		อุณหภูมิห้อง	45	55	65	80
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	0	35.54±0.19	35.54±0.19	35.54±0.19	35.54±0.19	35.54±0.19
	1	35.25±1.13	34.77±0.62	34.07±0.12	32.29±0.51	31.71±0.06
	3	34.89±0.60	34.98±0.52	32.96±0.58	31.54±0.13	29.87±0.28
	5	34.58±0.33	34.55±0.78	33.90±0.59	31.19±0.44	29.56±0.38
	7	33.96±0.18	34.56±0.53	33.80±0.62	30.75±1.19	27.60±0.90
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	0	36.89±0.27	36.89±0.27	36.89±0.27	36.89±0.27	36.89±0.27
	1	36.62±0.10	36.98±0.16	36.30±0.14	33.73±0.68	31.79±0.77
	3	36.24±0.42	36.20±0.09	35.45±0.27	32.73±0.50	29.01±0.65
	5	36.31±0.65	36.74±0.28	35.77±0.32	31.27±0.59	26.91±1.14
	7	36.39±0.17	36.31±0.18	34.94±0.19	29.54±1.42	26.53±0.47
ขมิ้นชันผง	0	23.82±0.18	23.82±0.18	23.82±0.18	23.82±0.18	23.82±0.18
	1	23.31±0.15	23.48±0.22	22.87±0.07	22.46±0.69	22.08±0.32
	3	23.08±0.36	23.73±0.50	23.35±0.66	22.29±0.51	22.24±0.81
	5	23.62±0.02	24.12±0.07	23.69±0.48	22.78±1.12	22.23±0.75
	7	23.14±0.42	24.14±0.34	23.66±0.62	23.00±0.99	21.27±0.91

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลของความร้อนต่อความคงตัวของค่า b* ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	อุณหภูมิที่เก็บ (องศาเซลเซียส)				
		อุณหภูมิห้อง	45	55	65	80
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	0	49.74±0.88	49.74±0.88	49.74±0.88	49.74±0.88	49.74±0.88
	1	49.45±1.00	48.84±1.00	47.27±0.30	44.75±0.86	44.41±0.38
	3	48.26±0.93	48.60±0.97	46.11±1.37	44.33±0.17	41.33±0.69
	5	48.65±0.61	48.81±1.14	48.44±0.55	44.22±0.95	39.86±0.57
	7	48.47±0.39	49.21±0.77	48.02±1.24	43.64±2.41	38.94±1.49
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	0	53.38±1.13	53.38±1.13	53.38±1.13	53.38±1.13	53.38±1.13
	1	54.09±0.55	52.46±0.99	52.42±0.42	45.94±1.16	38.67±1.58
	3	54.35±0.83	53.61±1.15	50.78±0.29	45.77±0.50	37.40±0.56
	5	53.01±1.54	53.88±0.50	53.02±1.00	44.10±1.20	37.65±0.97
	7	53.83±0.52	53.74±0.59	52.67±0.88	45.75±1.46	37.86±1.24
ขมิ้นชันผง	0	48.78±0.89	48.78±0.89	48.78±0.89	48.78±0.89	48.78±0.89
	1	48.66±0.93	49.73±0.56	48.64±0.80	47.07±1.07	46.16±0.50
	3	47.35±1.27	49.41±0.45	49.40±0.44	46.20±0.72	45.20±1.11
	5	49.81±0.22	49.77±0.46	49.90±0.40	46.53±0.89	44.36±1.34
	7	49.65±1.37	50.78±0.93	50.18±0.36	46.85±1.80	42.77±1.67

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลของความร้อนต่อความคงตัวของสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	อุณหภูมิที่เก็บ (องศาเซลเซียส)				
		อุณหภูมิห้อง	45	55	65	80
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	0	29.57±0.58	29.57±0. 58	29.57±0.58	29.57±0.58	29.57±0.58
	1	29.32±2.37	29.13±0.26	29.38±0.58	29.91±1.41	29.97±1.48
	3	27.01±3.52	25.76±2.68	25.55±2.38	25.20±1.41	25.87±3.13
	5	25.48±2.67	26.53±1.89	25.61±2.28	26.15±1.76	25.44±1.45
	7	26.13±1.08	26.75±1.87	25.92±0.81	25.03±4.82	21.52±3.08
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	0	26.70±0.71	26.70±0.71	26.70±0.71	26.70±0.71	26.70±0.71
	1	28.76±0.61	29.66±1.16	29.28±1.27	29.60±0.29	27.56±1.17
	3	27.70±1.70	29.28±1.51	29.28±0.54	26.68±1.73	27.49±0.99
	5	22.95±0.60	24.76±0.96	23.31±1.30	26.46±1.16	26.17±0.77
	7	19.55±0.86	18.41±0.95	19.10±1.98	20.81±0.21	19.88±1.64
ขมิ้นชันผง	0	11.94±0.36	11.94±0.36	11.94±0.36	11.94±0.36	11.94±0.36
	1	11.89±0.85	11.56±1.26	10.91±0.41	10.95±1.20	10.95±0.45
	3	10.13±0.23	10.29±1.65	10.11±1.19	10.96±0.63	9.85±1.09
	5	10.48±1.16	10.96±0.49	11.00±0.78	9.37±0.82	10.91±0.20
	7	10.71±1.06	10.78±0.94	10.67±0.42	10.30±1.06	7.79±0.34

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลของความร้อนต่อความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยรายงานค่าเป็น เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	อุณหภูมิที่เก็บ (องศาเซลเซียส)				
		อุณหภูมิห้อง	45	55	65	80
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	0	79.19±0.51	79.19±0.51	79.19±0.51	79.19±0.51	79.19±0.51
	1	80.23±1.35	78.55±1.12	80.59±0.90	78.65±1.36	79.90±0.54
	3	78.92±0.75	77.62±0.41	78.78±0.87	78.62±1.17	76.41±0.79
	5	79.75±0.83	79.89±1.20	76.46±0.92	78.87±1.37	79.72±0.74
	7	78.79±0.21	76.34±2.38	76.76±0.76	75.37±0.61	77.42±2.07
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	0	88.97±0.66	88.97±0.66	88.97±0.66	88.97±0.66	88.97±0.66
	1	87.99±0.93	87.65±0.63	87.77±0.76	86.68±5.00	85.92±0.81
	3	83.40±0.22	83.65±0.96	85.57±0.85	83.96±1.23	84.83±0.49
	5	83.72±1.59	82.16±2.51	82.69±0.90	83.42±0.78	82.64±1.79
	7	80.68±1.17	81.72±0.84	78.16±0.53	78.86±1.54	79.08±0.93
ขมิ้นชันผง	0	79.70±1.88	79.70±1.88	79.70±1.88	79.70±1.88	79.70±1.88
	1	79.35±1.90	80.62±1.42	79.61±1.29	80.31±2.04	80.59±1.14
	3	81.18±0.97	77.34±1.46	79.52±2.13	81.05±0.84	80.48±3.19
	5	81.26±0.79	78.67±0.56	80.89±0.73	81.58±1.62	80.49±1.39
	7	79.44±1.10	77.11±0.78	77.27±0.65	75.54±2.02	74.60±1.27

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความคงตัวของค่าสีของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง (mean±SD)

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ค่า L* (lightness)			ค่า a* (redness)			ค่า b* (yellowness)		
		pH=4	pH=7	pH=10	pH=4	pH=7	pH=10	pH=4	pH=7	pH=10
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	0	97.38±0.10	78.22±0.39	22.95±0.41	-15.56±0.14	12.24±0.66	60.66±1.49	130.36±0.15	123.67±0.55	39.87±0.95
	1	96.76±0.04	88.57±0.29	23.82±0.82	-15.27±0.08	7.41±0.80	58.01±0.57	130.22±0.11	127.03±0.13	41.11±0.90
	3	96.37±0.02	86.08±0.64	27.91±0.64	-15.23±0.09	7.03±0.86	60.44±0.31	129.56±0.13	125.33±0.32	47.87±1.08
	5	97.26±0.06	85.68±0.24	29.40±0.57	-15.37±0.09	8.39±0.47	61.31±0.29	130.54±0.07	125.53±0.17	50.40±0.98
	7	96.40±0.05	84.90±0.30	30.46±0.41	-15.31±0.08	7.95±0.73	61.40±0.19	129.32±0.09	124.26±0.16	52.31±0.71
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	0	94.37±0.25	54.95±1.13	6.48±0.26	-5.73±0.02	53.98±0.76	36.88±0.67	137.35±0.04	93.53±1.83	11.02±0.38
	1	93.57±0.02	73.09±0.12	7.92±0.40	-5.45±0.09	31.34±0.68	39.37±0.58	136.94±0.04	119.74±0.13	13.52±0.64
	3	93.25±0.02	68.38±0.38	10.16±0.34	-5.51±0.06	34.07±1.05	42.32±0.36	136.41±0.11	113.06±0.46	17.47±0.61
	5	94.06±0.04	67.36±0.25	10.88±0.32	-5.58±0.08	35.79±0.38	43.43±0.47	137.24±0.16	111.63±0.38	18.59±0.53
	7	93.22±0.04	66.26±0.62	11.62±0.29	-5.58±0.04	36.03±0.91	43.97±0.35	136.25±0.07	110.09±0.75	19.87±0.50
ขมิ้นชันผง	0	96.09±0.32	72.36±1.25	25.11±0.66	-13.42±0.43	36.96±0.44	53.88±0.60	132.31±0.62	117.89±0.57	42.98±1.00
	1	95.55±0.03	87.28±0.55	28.07±0.39	-13.18±0.33	6.89±0.55	53.19±0.80	132.15±0.48	128.24±0.15	48.09±0.81
	3	94.85±0.25	85.58±0.73	32.39±0.38	-12.89±0.33	9.35±0.63	51.65±1.35	131.22±0.41	126.80±0.36	55.53±0.56
	5	95.76±0.12	84.05±0.34	33.71±0.38	-12.97±0.32	12.05±0.89	51.26±1.53	132.38±0.59	126.17±0.21	57.76±0.64
	7	94.54±0.32	81.95±0.24	35.00±0.74	-12.77±0.32	13.92±0.24	48.70±1.67	130.84±0.56	124.24±0.29	59.93±1.28

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความคงตัวของสารเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง		
		pH=4	pH=7	pH=10
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	0	28.67±0.54	25.63±0.86	1.19±0.10
	1	16.17±0.29	3.02±0.12	0.13±0.01
	3	9.04±0.08	2.02±0.24	0.11±0.00
	5	3.10±0.03	2.94±0.10	0.12±0.01
	7	2.93±0.11	2.76±0.23	0.11±0.01
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	0	27.97±0.53	24.54±0.62	0.43±0.02
	1	16.62±0.37	4.21±0.28	1.19±0.01
	3	8.29±0.08	2.44±0.16	1.01±0.04
	5	4.11±0.02	1.83±0.31	1.01±0.02
	7	4.02±0.04	1.33±0.23	0.99±0.06
ขมิ้นชันผง	0	11.22±0.51	9.62±0.49	0.21±0.01
	1	4.98±0.59	1.18±0.02	0.02±0.00
	3	2.39±0.10	1.21±0.03	0.02±0.00
	5	1.22±0.07	1.15±0.05	0.02±0.00
	7	1.19±0.09	1.17±0.08	0.02±0.00

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความคงตัวของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และขมิ้นชันผง โดยรายงานค่าเป็น เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง pH=4	pH=7	pH=10
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจาง	0	67.68±4.34	51.52±2.35	40.23±4.10
	1	65.39±2.94	27.55±1.13	26.02±3.08
	3	42.67±10.51	9.61±2.92	-65.53±1.69
	5	30.80±5.37	-7.16±0.67	-80.52±2.78
	7	16.61±5.67	-16.07±2.83	-88.31±2.13
สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน	0	82.95±4.38	81.12±0.99	95.07±3.82
	1	73.07±6.86	27.06±5.82	87.16±0.85
	3	70.32±11.55	3.74±0.61	90.78±4.31
	5	52.65±11.27	-49.30±6.80	88.62±9.62
	7	41.69±5.93	-62.87±9.54	68.84±1.80
ขมิ้นชันผง	0	70.24±6.23	49.57±1.46	26.99±4.78
	1	71.42±5.91	28.90±3.59	18.88±0.84
	3	41.10±3.18	20.32±5.51	-45.12±4.82
	5	40.96±9.89	5.88±1.58	-43.22±9.54
	7	17.18±7.32	4.50±1.45	-64.38±12.59

ภาคผนวก ค

ข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 3 และ 4

ตารางภาคผนวกที่ 12 ส่วนประกอบและการเตรียมสารละลายแนตและเฮอริก (Natt and Herrick solution,NH)

ส่วนประกอบ	จำนวน
NaCl, กรัม	3.88
Na_2SO_4, กรัม	2.50
$Na_2HPO_4.12H_2O$, กรัม	2.91
KH_2PO_4, กรัม	0.25
Formalin (37%), มล.	7.50
Methyl violet 2 B, กรัม	0.1

นำส่วนผสมทั้งหมดละลายในน้ำกลั่น 1,000 มล.ในขวดแก้วปรับปริมาตร (valumetric flask) ทิ้งไว้ค้างคืน และกรองก่อนใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 โปรแกรมการทำวัคซีนป้องกันโรคของไก่ทดลอง

อายุ (วัน)	วัคซีนป้องกันโรค	วิธีใช้
4	วัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลและหลอดลมอักเสบ (ND+IB) ครั้งที่ 1	หยอดตา
8	วัคซีนป้องกันโรคกัมโบโร (IBD) ครั้งที่ 1	หยอดปาก
15	วัคซีนป้องกันโรคกัมโบโร (IBD) ครั้งที่ 2	หยอดปาก
18	วัคซีนป้องกันโรคฝีดาษ (fowl pox)	แทงปีก
21	วัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลและหลอดลมอักเสบ (ND+IB) ครั้งที่ 2	หยอดตา

ตารางภาคผนวกที่ 14 ส่วนประกอบของอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 1 - 3 สัปดาห์

วัตถุดิบ	กิโลกรัม
ข้าวโพด	55.3
กากถั่วเหลือง	29.5
ปลาป่น	8.5
น้ำมันพืช	3.5
ไดแคลเซียมฟอสเฟส	2.3
เกลือป่น	0.3
แร่ธาตุพรีมิกซ์[1]	0.25
วิตามินพรีมิกซ์[2]	0.25
ดีแอล-เมทไทโอนีน	0.1
แอล-ไลซีน	0
รวม	**100.00**
ราคา (บาท/กิโลกรัม)	**11.84**
โภชนะที่คำนวณ (%ในสภาพแห้งมีความชื้น)	
ความชื้น	11.58
โปรตีน	23.12
ไขมัน	2.74
เยื่อใย	3.01
เถ้า	4.68
แคลเซียม	1.22
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	0.81
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3155.47
ไลซีน	1.39
เมทไธโอนีน	0.56
เมทไธโอนีน+ซีสทีน	0.77
ทริปโตเฟน	0.28

1/ แร่ธาตุพรีมิกซ์ (มก./กก.) ประกอบด้วย $FeSO_4$ 239 มิลลิกรัม แร่ธาตุ ZnO 70 มิลลิกรัม แร่ธาตุ $CuSO_4$ 19 มิลลิกรัม แร่ธาตุ $MnSO_4$ 120 มิลลิกรัม; 2/ วิตามินพรีมิกซ์ (มก./กก.) ประกอบด้วย วิตามิน AD_3 30 มิลลิกรัม วิตามิน E_{50} 20 มิลลิกรัม วิตามิน K_{50} 3 มิลลิกรัม วิตามิน B_1; 2/ มิลลิกรัม วิตามิน B_2 4.4 มิลลิกรัม วิตามิน B_6 6 มิลลิกรัม วิตามิน B_{12} 8 มิลลิกรัม กรดแพนโททีนิก(pantothenic acid) 4.4 มิลลิกรัม ไนอะซิน (niacin) 20 มิลลิกรัม โคลีน คลอไรด์ (choline chloride) 1,000 มิลลิกรัม กรดโฟลิก (folic acid) 0.05 มิลลิกรัม ไบโอติน (biotin) 0.05 มิลลิกรัม; 3/ ปริมาณการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมสารเจือจางในสูตรอาหารคิดเป็น 0.64, 1.28, 1.92, 2.56 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

ตารางภาคผนวกที่ 15 ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ประกอบสูตรอาหารในการทดลอง[1]

วัตถุดิบ	ราคาวัตถุดิบ (บาท/กิโลกรัม)
ข้าวโพด	07.80
กากถั่วเหลือง	12.71
ปลาป่น	28.00
น้ำมันพืช	23.53
ไดแคลเซียมฟอสเฟส	06.60
เกลือป่น	05.30
แร่ธาตุพรีมิกซ์[1]	64.76
วิตามินพรีมิกซ์[2]	88.94
ดีแอล-เมทไทโอนีน	25.00
แอล-ไลซีน	73.00

[1]ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ประจำเดือนพฤษภาคม 2549 อ้างอิงจากหมวดอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ตารางภาคผนวกที่ 16 องค์ประกอบทางเคมีจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของสูตรอาหารสำหรับไก่อายุ 1 - 3 สัปดาห์

โภชนะ (%ในสภาพแห้งไม่มีความชื้น)	1-3 สัปดาห์
ความชื้น	12.02
โปรตีนรวม	25.34
ไขมันรวม	4.05
เยื่อใยรวม	3.12
เถ้า	7.15
ไนไตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก	48.32
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	4,765.19

ตารางภาคผนวกที่ 17 น้ำหนักตัว น้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กระทงอายุ 1 - 3 สัปดาห์ ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม (mean±SD)

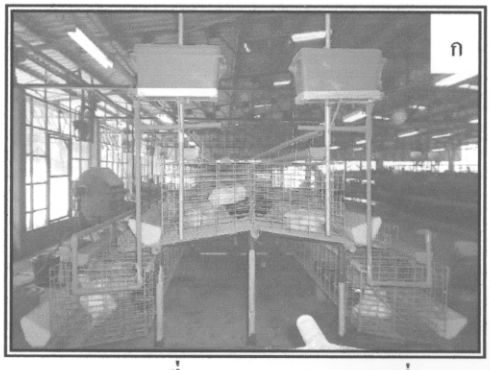
อายุ (สัปดาห์)	น้ำหนักตัวสุดท้าย (กรัม/ตัว)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (กรัม/ตัว)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	FCR	อัตราการตาย (%)
1	180.30±7.17	124.81±6.09	141.88±5.56	1.14±0.04	0.96±2.72
2	458.98±18.06	278.68±15.42	373.45±9.79	1.34±0.05	0.96±1.78
3	866.65±92.27	407.67±18.06	601.67±22.18	1.48±0.11	4.00±0.09
1 - 3	866.65±92.27	811.15±1.38	1,117.00±31.44	1.38±0.04	5.85±2.85

ตารางภาคผนวกที่ 18 ค่าทางโลหิตวิทยาของไก่กระทงอายุ 2 สัปดาห์ (mean±SD)

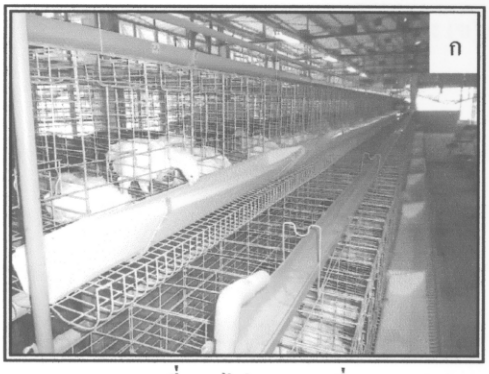
รายการ	ค่า
ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (%)	29.07±3.02
จำนวนเม็ดเลือดขาว (10^3/µl)	11.20±1.21
ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (mg/dl)	103.90±16.60
ค่า TBARS (nmol/ml)	0.564±0.12

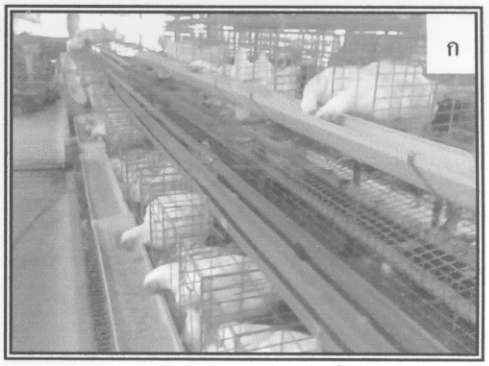
ภาคผนวก ง
ภาพแสดงการเลี้ยงไก่กระทง

ภาพภาคผนวกที่ 6 คอกขังรวม (ก) และอุปกรณ์ให้น้ำ และอาหาร (ข) สำหรับไก่ทดลองในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์



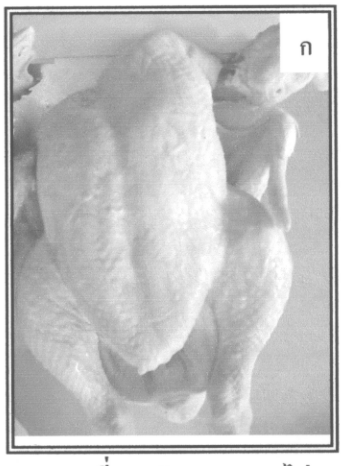
ภาพภาคผนวกที่ 7 กรงแบบแยกขังเดี่ยว (ก) และอุปกรณ์ให้น้ำ และอาหาร (ข) สำหรับไก่ทดลองช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์





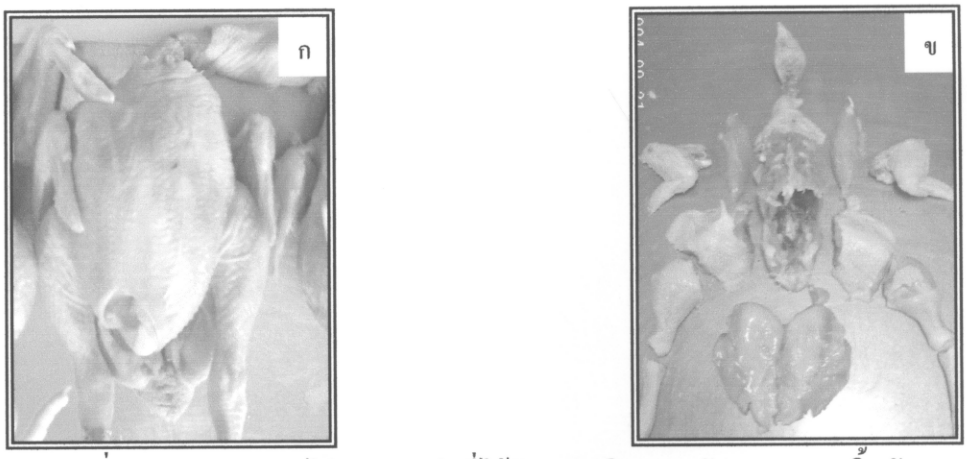
ภาพภาคผนวกที่ 8 ไก่ทดลองที่อายุ 4 สัปดาห์ (ก) และ 6 สัปดาห์ (ข) บนกรงแบบแยกขังเดี่ยว

ภาคผนวก จ
ภาพแสดงลักษณะซากและเนื้อหน้าอกของไก่กระทง

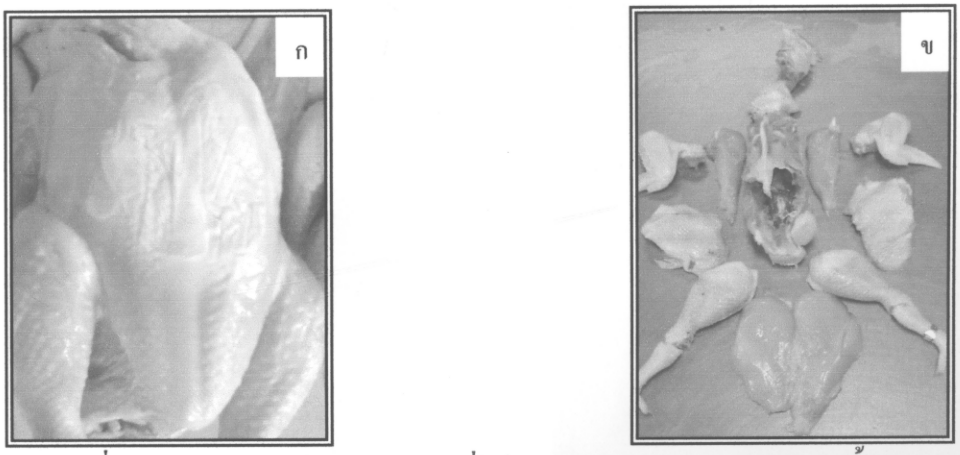


ภาพภาคผนวกที่ 9 ลักษณะซากไก่ทดลองกลุ่มควบคุมก่อน (ก) และหลัง (ข) การตัดแต่งซาก

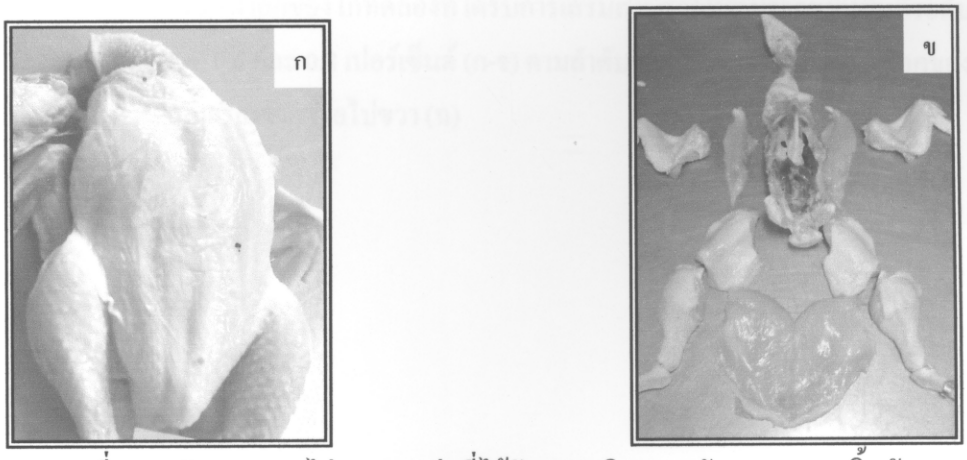
ภาพภาคผนวกที่ 10 ลักษณะซากไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ก่อน (ก) และหลัง (ข) การตัดแต่งซาก



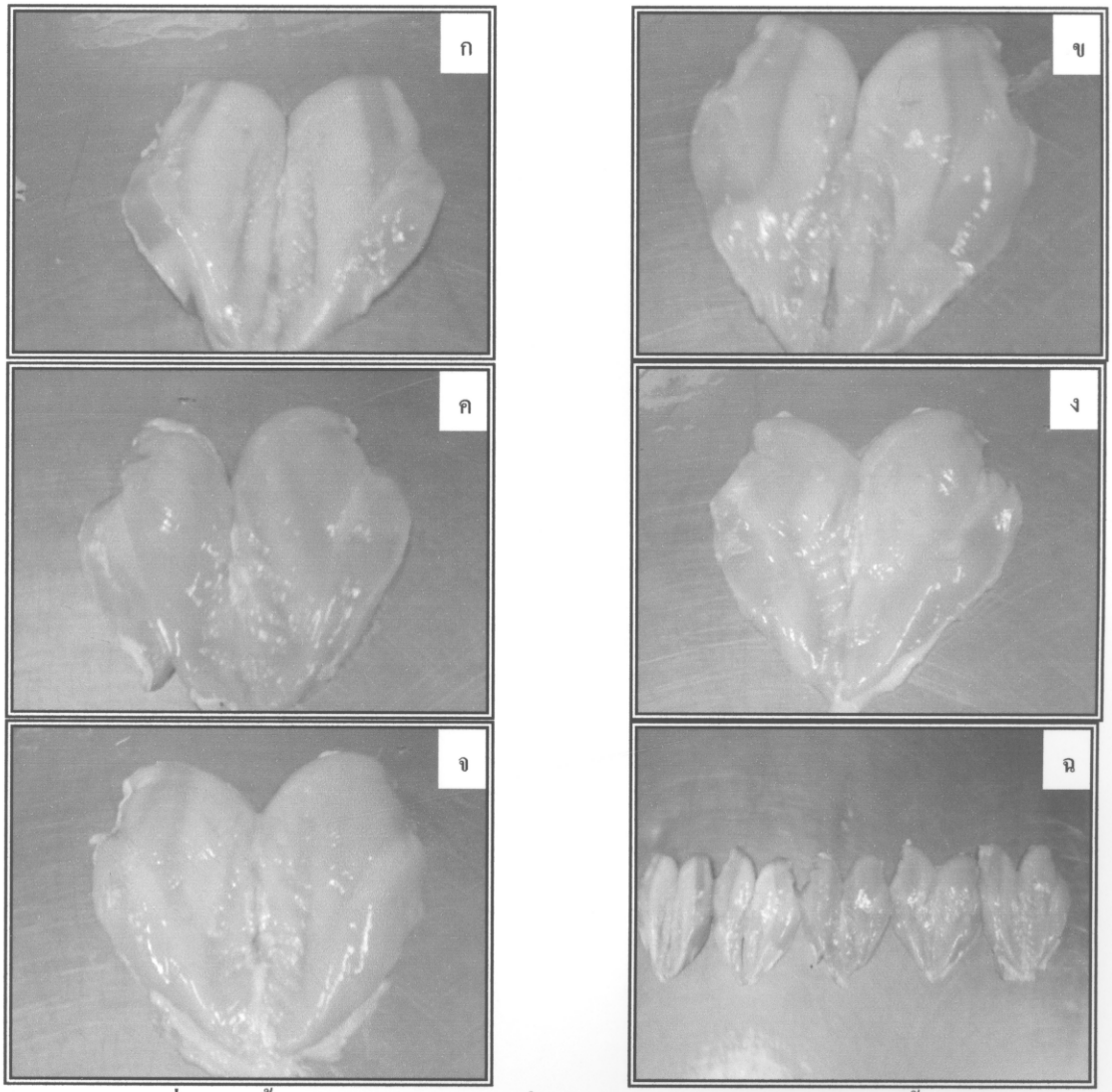
ภาพภาคผนวกที่ 11 ลักษณะซากไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 0.4 เปอร์เซ็นต์ ก่อน (ก) และหลัง (ข) การตัดแต่งซาก



ภาพภาคผนวกที่ 12 ลักษณะซากไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 0.6 เปอร์เซ็นต์ ก่อน (ก) และหลัง (ข) การตัดแต่งซาก



ภาพภาคผนวกที่ 13 ลักษณะซากไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 0.8 เปอร์เซ็นต์ ก่อน (ก) และหลัง (ข) การตัดแต่งซาก



ภาพภาคผนวกที่ 14 เนื้อหน้าอกของไก่ทดลองที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ (ก-จ) ตามลำดับ และเปรียบเทียบเนื้อหน้าอกของไก่แต่ละกลุ่มเรียงจากซ้ายไปขวา (ฉ)

ภาคผนวก ฉ
บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

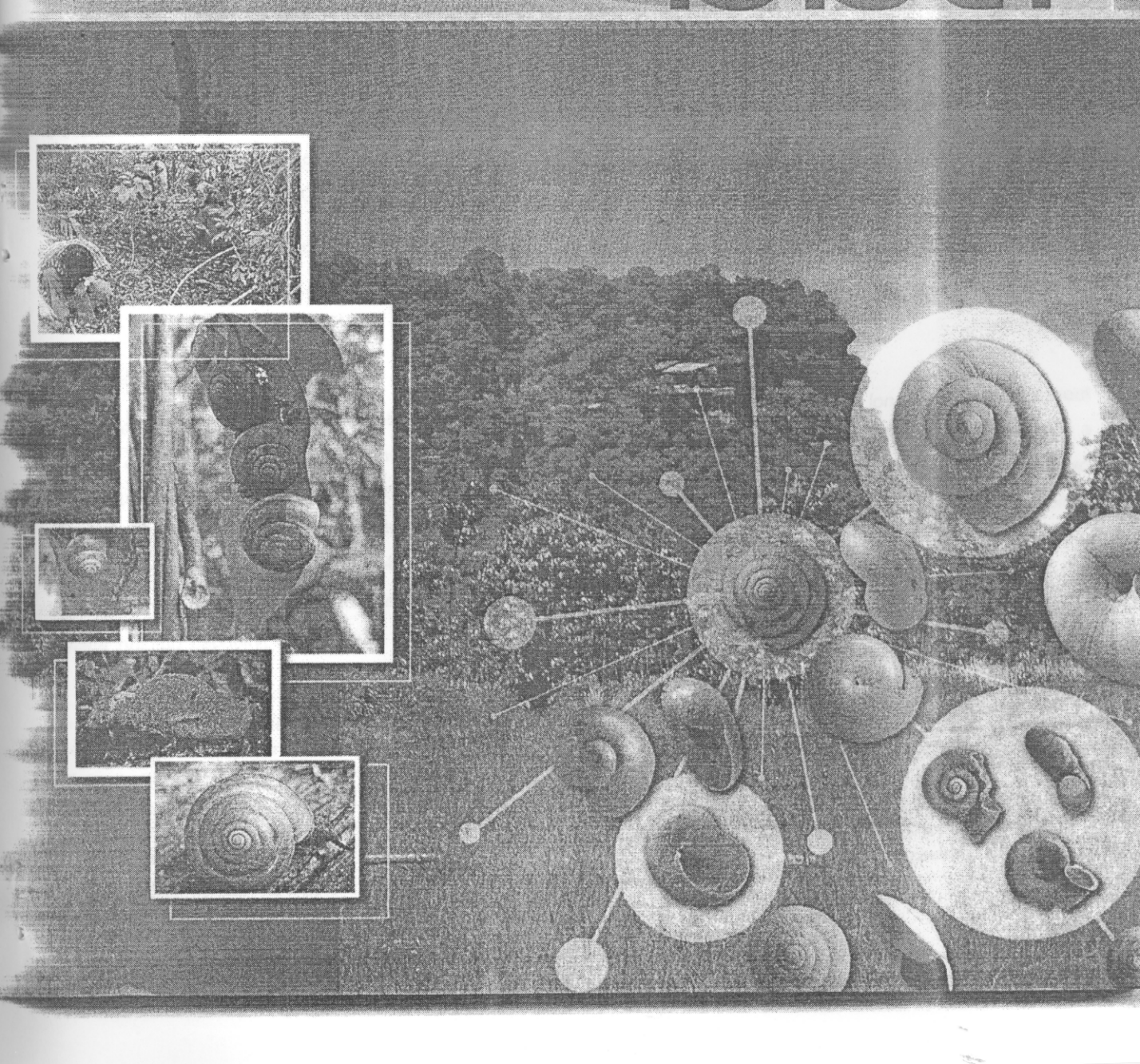
154 ปีที่ 29 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน 2553
ISSN : 1686-9664

วารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

http://www.journal.msu.ac.th

มมส



ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) ต่อคุณภาพเนื้อไก่กระทง

Effect of Crude Turmeric Extract (*Curcuma longa* Linn.) Supplementation on Meat Quality of Broilers

ขวัญใจ ดำสว่าง,[1] ไชยวรุรณ วัฒนจันทร์,[2*] สุธา วัฒนสิทธิ์[3] และอรุณพร อิฐรัตน์[4]

Khwanchai Damsawang,[1] Chaiyawan Wattanachant,[2*] Suta Wattanasit[3] and Aroonporn Itharat[4]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงผลของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) ต่อคุณภาพเนื้อของไก่กระทง โดยสุ่มไก่กระทงพันธุ์ฮับบาร์ดเพศผู้ อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 120 ตัว เข้าทดลองตามแผนทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) แบ่งไก่ทดลองเป็น 5 กลุ่มตามระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในสูตรอาหารไก่แต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็น 6 ซ้ำ ๆ ละ 4 ตัว อาหารทดลองมี 5 สูตร คือ อาหารที่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันผสมอยู่ที่ระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8% ไก่ทดลองทุกตัวได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ (*ad libitum*) จนมีอายุครบ 6 สัปดาห์ จึงนำไปฆ่าเพื่อศึกษาซาก ผลการศึกษาพบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่าง ความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าแรงตัดผ่าน ปริมาณโภชนะ และระดับคอเลสเตอรอลของเนื้อหน้าอก ($p>0.05$) แต่การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.8% มีผลทำให้หนังบริเวณหน้าอกมีค่าสี b* (สีเหลือง) สูงกว่าเนื้อหน้าอกของไก่ทดลองที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0, 0.2, 0.4 และ 0.6% ($p<0.05$) นอกจากนี้การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.6 และ 0.8% ยังมีผลทำให้ค่า TBARS ของเนื้อไก่ลดลง ($p<0.05$) กว่าไก่ทดลองกลุ่มอื่น ๆ

คำสำคัญ: สารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน คุณภาพเนื้อ ไก่กระทง

ว วิทย เทคโน มมส 2553;29(3):308-315

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of crude turmeric extract (*Curcuma longa* Linn.) on the meat quality of broilers. One hundred and twenty 3-week- old male Habbard broilers were randomly allotted into a completely randomized design. Broilers were divided into 5 groups according to the level of crude turmeric extract supplementation. Each group consisted of six replications with 4-broiler per replication. Broilers were fed ad libitum with basal diet containing 0, 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8% of crude turmeric extract and were slaughtered at the age of 6 weeks. The results revealed that all crude turmeric extract supplementations gave no significant differences in pH, water holding capacity, shear force, nutritive value and cholesterol level of breast meat ($p>0.05$). However, broilers

---

[1] *นักศึกษาปริญญาโท,* [2] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ และ* [3] *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,*
[4] *รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จังหวัดปทุมธานี 12121*

[1] *Master Degree Student,* [2] *Assist. Prof.,* [3] *Assoc. Prof., Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand.*

[4] *Assoc. Prof., Thai Traditional Medicine, Faculty of Medicine, Thammasat University, Rangsit Center, Pathumthani 12121, Thailand.*

* *Corresponding author: Chaiyawan Wattanachant, Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand. E-mail: chaiyawan.w@psu.ac.th,* *Received: 7 July 2009; Accepted: 10 September 2009.*

fed diet with 0.8% of crude turmeric extract had significantly higher b*value (yellowness) of breast skin than those received 0, 0.2, 0.4 and 0.6% (p<0.05). Broilers fed diet with 0.6 and 0.8% of crude turmeric extract exhibited lower TBARS value of breast meat than other groups (p<0.05).

Keywords: crude turmeric extract, meat quality, broiler

J Sci Technol MSU 2010;29(3):308-315

บทนำ

ปัจจุบันการใช้สมุนไพรเพื่อการผลิตปศุสัตว์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ที่หันมาให้ความสำคัญกับการผลิตปศุสัตว์แบบอินทรีย์เพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภค ทั้งนี้การนำสมุนไพรมาใช้ในการผลิตสัตว์มีวัตถุประสงค์หลายประการ เช่น เพื่อทดแทนการใช้สารปฏิชีวนะเพื่อการควบคุมสุขภาพสัตว์[1,2] เพื่อลดปริมาณไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลในเลือด และเพื่อลดการหืน[3,4] เป็นต้น

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) เป็นสมุนไพรที่คนไทยรู้จักดี หาซื้อง่าย ถูกนำมาใช้ประกอบอาหาร ใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง รวมทั้งใช้เป็นยารักษาโรคมาตั้งแต่สมัยโบราณ[4] ขมิ้นชันมีสารเคอร์คูมิน (curcumin) เป็นองค์ประกอบหลัก มีสีเหลือง เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยลดคอเลสเตอรอล ฟอสโฟลิปิด และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด[5,6] ช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น (lipid peroxidation) ในกระต่ายและในหนู[6,7,8] และช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของไก่กระทง จากการรวบรวมเอกสารวิจัยทางสัตวศาสตร์ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่นิยมนำขมิ้นชันผงมาผสมในอาหารสัตว์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมสุขภาพสัตว์ ลดการเกิดโรคท้องร่วงลดการหืน และเสริมสมรรถภาพการเติบโตของสัตว์[1,2,3] ซึ่งการนำขมิ้นชันผงมาผสมในอาหารสัตว์จะต้องใช้ขมิ้นชันผงในปริมาณมาก เช่น 0.1 ถึง 1.0%[9,10,11] เพื่อให้มีระดับของสารออกฤทธิ์มากพอที่จะแสดงผลต่อตัวสัตว์และต่อคุณภาพเนื้อ แต่การนำขมิ้นชันผงมาผสมอาหารสัตว์ในปริมาณสูงอาจทำให้สัตว์ได้รับโภชนะไม่ครบตามความต้องการของร่างกาย นอกจากนี้ยังอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับเชื้อราที่ปนเปื้อนในขมิ้นชันผงเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน ผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่า การนำขมิ้นชันในรูปของสารสกัดหยาบมาใช้เพื่อการผลิตสัตว์แทนการใช้ขมิ้นชันผงน่าจะช่วยเพิ่มคุณภาพของเนื้อ ลดปริมาณคอเลสเตอรอล และลดปัญหาลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค สำหรับการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อถึงผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อคุณภาพเนื้อไก่กระทง

วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ใช้ไก่กระทงเพศผู้พันธุ์ฮับบาร์ด จำนวน 200 ตัว ซึ่งในช่วง 0 - 3 สัปดาห์ เลี้ยงในคอกขังรวมด้วยอาหารควบคุม โดยให้ไก่ทดลองได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ (*ad libitum*) เมื่ออายุครบ 3 สัปดาห์ จึงสุ่มไก่ทดลองจำนวน 120 ตัว เข้าทดลองโดยแบ่งไก่ทดลองเป็น 5 กลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองละ 6 ซ้ำ ๆ ละ 4 ตัว แยกเลี้ยงในกรงขังเดี่ยว จากนั้นสุ่มให้ได้รับอาหารที่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (crude turmeric extract) ที่มีปริมาณสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 5 ระดับ คือ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8% โดยไก่ทดลองทุกตัวได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) จนอายุครบ 6 สัปดาห์ จึงนำไปฆ่าเพื่อศึกษาคุณภาพเนื้อ สำหรับสูตรอาหารที่ใช้ในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ ได้แสดงไว้ใน Table 1 สำหรับการเตรียมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันดำเนินการตามวิธีการของ อรุณพร และคณะ[12]

การเก็บข้อมูล

เมื่อไก่ทดลองอายุ 6 สัปดาห์ จึงสุ่มไก่ทดลองกลุ่มทดลองละ 6 ตัว ไปฆ่าตามวิธีการที่ดัดแปลงจากรัตนา และนิรัตน์[13] จากนั้นจึงดำเนินการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อหน้าอก วัดค่าสีของเนื้อหน้าอก (outer breast meat; pectoralis major) และหนังหน้าอกและไขมันช่องท้องตามระบบ CIE

Table 1 Composition (%DM) and nutritive values of the diet of broiler during 3 to 6 weeks old

Ingredients	%
Broken corn	60.77
Soy bean meal	24.50
Fish meal	8.50
Vegetable oil	2.90
Dicalcium phosphate	2.30
Salt	0.30
Mineral premix1	0.25
Vitamin premix 2	0.25
DL-methionine	0.12
L-lysine	0.11
Total	**100.00**
Calculated chemical composition	% as fed
Moisture	11.52
Crude protein	21.30
Crude fat	2.82
Crude fiber	2.79
Ash	4.44
Calcium	1.20
Available phosphorus	0.81
Lysine	1.39
Methionine	0.56
Methionine+Cystine	0.73
Tryptophan	0.25
Metabolisable energy (kcal/kg)	3155.42

[1] Mineral premix (mg/kg); $FeSO_4$ 239 mg; ZnO 70 mg; $CuSO_4$ 19 mg; $MnSO_4$ 120 mg; 2 Vitamin premix (mg/kg); AD3 30 mg; E50 20 mg; K50 3 mg; B1 2 mg; B2 4.4 mg; B6 6 mg; B12 8 mg; Pantothenic acid 4.4 mg; Niacin 20 mg; Choline Chloride 1,000 mg; Folic acid 0.05 mg; Biotin 0.05 mg

(Complete International Commission on Illumination) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ โดยทำการศึกษาค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อระหว่างการเก็บ (drip loss) ค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร (cooking loss) และวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) ตามละเอียดที่อ้างถึงใน ไชยวรรณ และคณะ[14] วิเคราะห์ค่า TBARS ของเนื้อหน้าอก โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Buege และ Aust[15] ค่าคอเลสเตอรอลในเนื้อหน้าอกตามวิธีการของ Will และ Greenfield[16] และปริมาณโภชนะในเนื้อ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC[17]

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

ศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ค่าสีของเนื้อหน้าอก ค่าสีของหนังหน้าอก และค่าสีของไขมันในช่องท้อง ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ค่า TBARS ปริมาณคอเลสเตอรอล และปริมาณโภชนะในเนื้อหน้าอก ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) และศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อโดยวิธีแฟกตอเรียลตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (5x4 factorial in CRD) กำหนดให้ปัจจัยที่ 1 คือ ระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน 5 ระดับ และปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาการเก็บเนื้อ 4 ช่วงเวลา คือ 1, 3, 5 และ 7 วัน แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ตามวิธีการของ Steel and Torrie[18]

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทง พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่ในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ (p>0.05) โดยไก่ทดลองมีน้ำหนักตัวเมื่อ 6 สัปดาห์ มีปริมาณอาหารที่กิน และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ เฉลี่ยเท่ากับ 2,417.64 กรัม 2,791.04 กรัม และ 1.82 ตามลำดับ การที่ไก่กระทงที่ศึกษาครั้งนี้ไม่ได้แสดงผลตอบสนองต่อการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน น่าจะเป็นเพราะไก่ได้รับการจัดการเลี้ยงดูที่ดี แตกต่างจากผลการศึกษาของ กิติมา และคณะ[9] และชัยวัฒน์

และคณะ[10] ซึ่งจัดสภาพการเลี้ยงดูให้ไก่ทดลองอยู่ในสภาวะเครียด

ค่าสีของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้อง

จากการศึกษาผลการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อค่าสีของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้อง (Table 2) พบว่าการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อค่า L* และค่า a* ของเนื้อหน้าอก หนังบริเวณหน้าอก และไขมันช่องท้อง รวมทั้งค่า b* ของเนื้อหน้าอก (p>0.05) ส่วนค่า b* ของหนังบริเวณหน้าอก พบว่าการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันมีผลทำให้หนังบริเวณหน้าอกของไก่กลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.8% มีสีเหลืองมากขึ้น โดยมีค่า b* สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 0.4, 0.2, 0.6% และกลุ่มควบคุม (p<0.05) ทั้งนี้เนื่องจากผลของสารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) ในขมิ้นชันซึ่งเป็นสารประเภท Polyphenol ละลายได้ในไขมัน[19] ได้สะสมบริเวณไขมันใต้ผิวหนังของไก่กระทง สำหรับค่า b* ของไขมันช่องท้อง พบว่าการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในระดับสูง คือที่ระดับ 0.8% มีผลทำให้มีค่า b* ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ (p<0.05) ทั้งนี้อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากสารเคอร์คูมินอยด์ อย่างไรก็ตาม กลไกการแสดงผลดังกล่าวยังไม่ชัดเจน จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาต่อไป

Table 2 Colour of outer breast meat, breast skin and abdominal fat from broiler fed with diet containing 0, 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8% of crude turmeric extract (CTE)

Level of CTE	L* (lightness)			a* (redness)			b* (yellowness)		
	Muscle[1]	Skin[2]	Abdominal fat	Muscle[1]	Skin[2]	Abdominal fat	Muscle[1]	Skin[2]	Abdominal fat
0.0	65.58±3.67	63.96±1.22	72.53±1.84	5.91±1.42	-1.29±1.07	3.52±1.17	15.37±1.66	9.12±2.34^{b}	23.51±2.95^{a}
0.2	62.31±4.44	63.52±3.53	72.89±1.20	6.34±1.06	-1.15±1.42	3.02±1.00	14.36±1.43	9.26±1.93^{b}	20.17±2.28^{a}
0.4	61.88±4.55	62.24±3.06	71.40±1.81	5.80±0.42	-2.20±0.43	3.44±1.95	15.43±2.97	9.74±1.17^{b}	18.99±2.21^{a}
0.6	62.16±2.21	64.88±1.55	74.14±1.81	5.69±0.52	-2.01±0.62	2.76±1.08	15.19±1.72	9.23±1.08^{b}	19.05±2.86^{a}
0.8	62.72±4.51	64.30±2.42	74.40±1.53	5.78±1.72	-0.58±1.72	1.83±0.49	15.03±2.69	12.48±2.71^{a}	18.02±1.82^{b}
P-value	0.497	0.458	0.058	0.334	0.129	0.234	0.919	0.030	0.019

[1] Outer breast muscle; [2] breast skin; [a,b] means on the same column with different superscripts differ significantly (p<0.05)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

ผลการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำเนื้อ ได้แก่ การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ และการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารได้แสดงไว้ใน Table 3

จากผลการศึกษาไม่มีอิทธิพลร่วมของระดับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน และระยะเวลาในการเก็บต่อการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ (p>0.05) นอกจากนี้ยังพบว่า เนื้อของไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.4% มีการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บต่ำกว่า (p<0.05) กลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 0.6, 0.2% และกลุ่มควบคุม แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริมที่ระดับ 0.8% (p>0.05) นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาการเก็บในช่วง 7 วัน มีผลทำให้การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บเพิ่มขึ้น (p<0.01)

สำหรับค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อไก่ พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร (p>0.05) แต่ระยะเวลาการเก็บมีผลทำให้การสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารเพิ่มขึ้น (p<0.01) ในช่วงระยะการเก็บ 7 วัน ทั้งนี้ Jaturasitha และคณะ[20] รายงานว่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ และการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อไก่กระทงที่มีอายุการเก็บ 1 วัน มีค่าเท่ากับ 4.02 และ 23.63% ตามลำดับ ทั้งนี้โดยปกติค่า

การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ และค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารมีค่าประมาณ 3 และ 25% ตามลำดับ[21] ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้

Table 3 Level of crude turmeric extract (CTE) and storage time of broiler breast meat on drip loss and cooking loss

		Drip loss (%)	Cooking loss (%)
Level of CTE	0.0	9.75±4.28^{b}	25.85±3.16
	0.2	9.79±4.44^{b}	23.61±3.30
	0.4	7.80±3.29^{a}	24.25±2.05
	0.6	9.17±2.89^{b}	24.52±2.25
	0.8	8.39±2.84^{ab}	24.73±2.24
P-value		0.020	0.095
Storage time of meat[1]	1 day	4.91±0.67^{A}	20.96±0.89^{A}
	3 days	7.11±0.77^{B}	25.27±1.89^{B}
	5 days	11.87±1.22^{C}	25.68±0.65^{B}
	7 days	12.02±1.56^{C}	26.46±1.20^{B}
P-value		0.000	0.01
Level*Time		0.900	0.586

[1] Storage at 7°C; ^{a,b} or ^{A,B,C} means on the same column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อไก่ที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับต่าง ๆ (Table 4) พบว่ามีค่า pH_0 ของเนื้อไก่แต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.36 ซึ่งโดยปกติค่า pH_0 มีค่าระหว่าง 6.4-7.022 ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ได้ควบคุมปัจจัยก่อนการฆ่าที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ทั้งในเรื่องของการอดอาหาร การขนส่ง รวมถึงขั้นตอนและวิธีการฆ่า เพื่อป้องกันการเกิดสภาวะเครียดในไก่ตามคำแนะนำของสัญชัย[23] ดังนั้นจึงทำให้ค่า pH_0 ของเนื้อไก่จากการทดลองครั้งนี้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ

สำหรับค่า pH_{24} ของเนื้อไก่แต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันเช่นกัน ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 5.93 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Jaturasitha และคณะ[20] ที่รายงานว่าค่า pH_{24} ของเนื้อหน้าอกของไก่กระทงมีค่าเท่ากับ 5.89 และเท่ากับ 5.93 ตามรายงานของ Wattanachant และคณะ[24] จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับคำอธิบายของชัยณรงค์[22] ที่อธิบายว่า ค่า pH ในเนื้อจะลดลงอย่างช้า ๆ จากเริ่มต้นประมาณ 7.0 เหลือประมาณ 5.6 - 5.7 ในเวลาประมาณ 6 - 8 ชั่วโมงหลังจากสัตว์ตาย แล้วจึงลดลงสู่จุด pH สุดท้ายระหว่าง 5.3-5.7 ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงหลังจากสัตว์ตาย

Table 4 pH, shear force values, proximate composition, cholesterol content and TBARS of breast meat from broiler fed with diet containing 0, 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8% of crude turmeric extract (CTE)

Items	Crude turmeric extract (%)					*p*-value
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	
Breast meat pH						
pH_0	6.49±0.20	6.21±0.13	6.31±0.45	6.47±0.03	6.34±0.12	0.725
pH_{24}	5.97±0.06	5.86±0.06	5.97±0.08	5.89±0.08	5.99±0.08	0.385
Warner-Bratzler shear force value (kg)	1.41±0.65	1.65±0.38	1.46±0.60	1.61±0.53	1.42±0.18	0.890
Proximate composition (%)						
Moisture	75.56±1.07	74.69±0.17	74.57±0.60	74.96±0.47	74.62±0.63	0.088
Crude protein	22.17±0.93	23.14±0.66	22.93±0.50	22.63±0.53	23.10±0.58	0.091
Crude fat	1.03±0.23	1.12±0.30	1.15±0.42	1.08±0.37	0.96±0.42	0.892
Ash	1.24±0.08	1.27±0.03	1.29±0.07	1.33±0.11	1.35±0.04	0.110
Cholesterol (mg/100 g meat)	22.85±1.27	21.20±0.67	22.54±0.77	20.79±1.46	20.61±0.83	0.355
TBARS (mg malonaldehyde/kg meat sample)	0.804±0.08^{a}	0.794±0.10^{a}	0.641±0.07^{ab}	0.620±0.06^{b}	0.613±0.11^{b}	0.044

^{a,b} means on the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$)

เนื่องจากค่า pH ของเนื้อมีความสัมพันธ์ กับชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber type) ซึ่งมีผลต่อวิถีการผลิต ATP และค่า pH_{24} สำหรับกล้ามเนื้อหน้าอกของไก่มีสัดส่วนของกล้ามเนื้อสีขาว (white muscle) สูง จึงมีการสะสมไกลโคเจนน้อย ดังนั้นภายหลังจากฆ่าไก่ การผลิตกรดแลคติกจากกระบวนหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้นในปริมาณไม่มากนัก มีผลทำให้ค่า pH_{24} ในกล้ามเนื้อชนิดนี้อยู่ในช่วง 5.9 - 6.0[25]

ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ

จาก Table 4 พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลทำให้เนื้อไก่กระทงที่ได้รับอาหารทุกสูตรมีค่าแรงตัดผ่านแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.41–1.65 กิโลกรัม ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Wattanachant และคณะ[24] ที่สรุปว่า เนื้อหน้าอกไก่กระทงดิบและสุกมีค่าแรงตัดผ่านเฉลี่ย เท่ากับ 1.20 และ 0.78 กิโลกรัม

ปริมาณโภชนะในเนื้อ

ผลการศึกษาปริมาณโภชนะในเนื้อ (Table 4) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อปริมาณโภชนะในเนื้อไก่กระทง ($p>0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ AL-Sultan[11] ซึ่งรายงานว่า การเสริมผงขมิ้นชันไม่มีผลทำให้เนื้อไก่กระทงมีปริมาณของโปรตีน และไขมันแตกต่างกัน นอกจากนี้ เนื้อหน้าอกของไก่กระทงที่ศึกษาครั้งนี้ยังมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Wattanachant และคณะ[24] ที่สรุปว่าเนื้อส่วนนี้ของไก่กระทงมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 74.87, 20.59, 0.68 และ 1.10 ตามลำดับ

ระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อ

ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อหน้าอก (Table 4) พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อ ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.6 และ 0.8% ทำให้เนื้อมีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำกว่าที่ตรวจพบในเนื้อของไก่กลุ่มอื่น ในขณะที่ Ramirez-Tortosa และคณะ[8] พบว่า การป้อนสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันให้กระต่ายที่ได้รับอาหารที่มีไขมันและคอเลสเตอรอลสูงสามารถลดระดับของคอเลสเตอรอลในเลือดได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งน่าจะเป็นเพราะสารเคอร์คูมินช่วยเพิ่มการขับออกของคอเลสเตอรอลในน้ำดีและการขับออกในมูล เช่นเดียวกับการศึกษาของ Asai และ Miyazawa[6] ซึ่งทำการทดลองเสริมสารสกัดขมิ้นชันบริสุทธิ์ให้หนูที่ได้รับอาหารที่มีไขมันระดับสูง พบว่าสามารถลดระดับของคอเลสเตอรอลในเลือดและตับของหนูได้ เพราะสารเคอร์คูมิช่วยลดปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นในเนื้อเยื่อตับ สมอง และเลือด[19] ดังนั้นผลการศึกษาของ Ramirez-Tortosa และคณะ[8] และ Asai และ Miyazawa[6] จึงให้ผลแตกต่างจากผลการศึกษาครั้งนี้ ที่พบว่าการใช้สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อการลดไขมันในซากและระดับของคอเลสเตอรอลในเนื้อ ทั้งนี้น่าจะเพราะไก่กระทงที่ศึกษาครั้งนี้ได้รับการจัดการเลี้ยงดูอย่างปกติ รวมทั้งยังได้รับอาหารที่มีโภชนะพอเพียงต่อความต้องการอาหารในระดับปกติ ส่วน Ramirez-Tortosa และคณะ[8] และ Asai และ Miyazawa[6] ได้นำอาหารที่มีปริมาณไขมันสูงไปเลี้ยงสัตว์ จึงอาจสรุปได้ว่า ผลของสารสกัดขมิ้นชันต่อระดับคอเลสเตอรอลจะชัดเจนเมื่อสัตว์ได้รับอาหารที่มีไขมันหรือคอเลสเตอรอลในปริมาณสูง

ค่า TBARS ของเนื้อ

ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันต่อค่า TBARS ของเนื้อ (Table 4) พบว่า ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.6 และ 0.8% มีค่า TBARS ในเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 0.2% และกลุ่มควบคุม แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 0.4% ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยในการป้องกันการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ไขมันเกิดการหืน[5,8,26] และจากการทดลองครั้งนี้ยังพบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันสามารถช่วยลดการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นในเลือดของไก่กระทงที่อายุ 6 สัปดาห์ได้เช่นกัน ดังนั้นผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 0.6 – 0.8% ออกฤทธิ์ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ทำให้เนื้อไก่กระทงมีสารอนุมูลอิสระลดลง จึงเป็นผลดีต่อผู้บริโภค

สรุปผล

การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในอาหารเพื่อเลี้ยงไก่กระทงที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงดูปกติในช่วงอายุ 3-6

สัปดาห์ โดยเสริมที่ระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8% ไม่มีผลทำให้เนื้อหน้าอกของไก่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าแรงตัดผ่าน ปริมาณโภชนะ และระดับคอเลสเตอรอลแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.8% มีผลทำให้สีของหนังบริเวณหน้าอกมีสีเหลืองขึ้น (ค่า b* สูงขึ้น) ($p<0.05$) และทำให้ค่าสีของไขมันในช่องท้องลดลง ($p<0.05$) และการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.6 ถึง 0.8% มีผลทำให้ค่า TBARS ของเนื้อไก่ลดลง ($p<0.05$) ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงว่า การเสริมสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.6 ถึง 0.8% มีผลทำให้เนื้อไก่มีสารที่เป็นอนุมูลอิสระน้อยลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ปีงบประมาณ พ.ศ. 2548 ขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ และภาควิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนสถานที่และเครื่องมือจนการวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. ยุทธนา ศิริวธนนุกูล, สุรพล ชลดำรงกุล และสมเกียรติ ทองรักษ์. ผลของฟ้าทลายโจร ใบฝรั่ง ขมิ้นชัน ไพล และเปลือกมังคุด ต่อการรักษาโรคท้องร่วงในลูกสุกร. ใน: เอกสารการประชุมวิชาการเรื่อง สมุนไพรไทย โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, โรงแรมมารวยการ์เด้น. กรุงเทพ; 2545, หน้า 115-27.

2. Lee KW, Everts H and Beynen AC. Essential oils in broiler nutrition. Int J Poultry Sci 2004; 3:738-52.

3. Igbal M, Sharma SD, Okazaki and Y. Fujisawa. Dietary supplementation of curcumin enchances antioxidant and phase II metabolizing enzymes in ddY male mice possible role in protection against chemical carcinogenesis and toxicity. Pharmacol Toxicol 2003; 92(1):33-38.

4. สถาบันแพทย์สมุนไพร. ยาสมุนไพรในการสาธารณสุขมูลฐาน. ชุมนุมแพทย์แผนไทยและสมุนไพรแห่งชาติ ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ; 2540.

5. Wright J. Predicting the antioxidant activity of curcumin and curcuminoids. J Molecular Structure 2002;591:207-17.

6. Asai A. and Miyazawa T. Dietary curcuminiods prevent high fat diet-induced lipid accumulation in rat liver and epididymal adipose tissue. American Society for Nutri Sci 2001;2932-5.

7. Babo PS. and Srinivasan K. Hypolipidemic action of curcumin the active principles of turmeric (*Curcuma longa*) in streptozotocin induced diabetic rats. Mol Cell Biochem 1997;166(1-2):169-75.

8. Ramirez-Tortosa MC, Mesa MD, Aguiter MC, Quiles JL, Baro L, Ramirez-Tortosa CL. Martinez-Victoria E. and Gil A. Oral administration of a turmuric extract inhibits LDL oxidation atherosclerosis. Atherosclerosis 1999;149:371-78.

9. กิติมา จินดามงคล, สุภาพร อิสริโยดม, ธนินทร์ ติรวัฒนวานิช, งามผ่อง คงคาทิพย์, ยุพา มงคลสุข, วิไล สินติโสภาศรี และบุญส่ง คงคาทิพย์. ผลของสารสกัดสมุนไพรขมิ้นชันและบอระเพ็ดในรูปเดี่ยวและผสมต่อคุณลักษณะทางการเจริญเติบโตในไก่กระทง. ใน: เอกสารการประชุมวิชาการเรื่อง สมุนไพรไทย โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ ครั้งที่ 3. ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ หลักสี่ กรุงเทพฯ; 2548, หน้า 41-7.

10. ชัยวัฒน์ สุวรรณทัต, สุวรรณา กิภากรณ์, กฤษ อังคนาพร, พิภพ สดสี และนันทวัน บุณยะประภัศร. การใช้ขมิ้นชันเป็นสารต้านออกซิเดชั่นต่อสถานภาพภูมิคุ้มกัน และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อซึ่งอยู่ในสภาวะเครียด: สมุนไพรไทย: โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ ครั้งที่ 2. โรงแรมสยามซิตี้. กรุงเทพฯ; 2547. หน้า 181-7.

11. AL-Sutan SI. The effect of Curcuma longa (Tumeric) on overall performance of broiler chickens. Inter J Poultry Sci 2003;2(5):351-3.

12. อรุณพร อิฐรัตน์, ถนอมจิต สุภาจิต, ปราณี รัตนสุวรรณ, โสภา คำมี และ วรนันท์ ธรรมเศวต. ฤทธิ์ทางชีวภาพของขมิ้นชัน. สงขลา : คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2543.

13. รัตนา โชติสังกาศ และ นิรัตน์ กองรัตนานันท์. การเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่พื้นเมืองเลี้ยงภายใต้ชั่วโมงแสงธรรมชาติ และชั่วโมงแสงยาว 23 ชั่วโมงต่อวัน. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.) 2542;33(1): 60-74.

14. ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, อาภรณ์ ส่งแสง, สุธา วัฒนสิทธิ์, พิทยา อดุลยธรรม และเสาวคนธ์ วัฒนจันทร์. คุณภาพซาก องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่คอล่อนและไก่พื้นเมือง. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานสนับสนุน การวิจัย (สกว.). สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ; 2547.

15. Buege JA. and Aust SD. Microsomal lipid oxidation. Method Enz. 1978;52:302-4.

16. Will RB and Greenfield H Laboratory instruction manual for food composition studies. Department of Food Science and Technology, The University of New South Wales; 1984.

17. AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemists. 15th ed. Washington, D.C. : Association of Official Analytical Chemists, Inc.;1999.

18. Steel RGD. and Torrie JH. Principles and procedures of statistics (A biometrical approach). 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 1980.

19. Aggarwal BB, Kumar A, Aggarwal MS. and Shishodia S. Curcumin derived from turmeric (*Curcuma longa*) A spece for seasons. Available from: URL: http://www.agrawal.org/PDF/curcumin-season-BW1.pdf Accessed: June 20, 2004.

20. Jaturasitha S, Leangwunta V, Leotaragul A, Phongphaew A, Apichartsrungkoon T, Simasathitkul N, Vearasilp T, Worachai L and ter Meulen U A comparative study of Thai native chicken and broiler on productive performance, carcass and meat quality. In Deutscher Tropentag 2002: Challenges to organic farming and sustainable land use in the tropics and subtropics 2002 October 9-11; Witzenhausen, Germany: Univ. Kassel; 2002. p. 146.

21. Honnikel KO and Woltersdorf W. Feischqualitaet bei Qualitaes and Markenfleisch. Mittlbl Der Baff Kulmbach Nr. 1991;112:130-13.

22. ชัยณรงค์ คันธพนิต. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช 2529.

23. สัญชัย จตุรสิทธา. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่: โรงพิมพ์ธนบรรณการพิมพ์; 2543.

24. Wattanachant S, Benjakul S and Ledward DA. Composition color and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. Poultry Science 2004;123-8.

25. Warriss PD. Meat Science: an introductory text. Oxon : CABI; 2000.

26. Sharma, RA, Gescher AJ. and Steward WP. Curcumin: the story so far. European J Cancer 2005;41:1955-68.