

ผลการเสริมเปลือกโกโก้ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

Effect of Cocoa Husk Meal Supplementation on Growth Performance of Broiler Chickens

ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร^{1*} ชมพูนานู ชมพูนันท์² และ ปานฤทัย พุทธทองศรี³
Chaiyaprupek Hongladdaporn^{1*}, Chomphunat Chomphuphan²
and Panruethai Putthongsri³

Received: 25 June 2024

Revised: 4 October 2024

Accepted: 10 October 2024

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมเปลือกโกโก้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ ใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์อาร์เบอร์เอเคอร์สอายุ 1 วัน จำนวน 200 ตัว สุ่มไก่เนื้อออกเป็น 4 กลุ่มตามปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา (รูปแบบการเสริมเปลือกโกโก้: ไม่เสริมเปลือกโกโก้ เสริมเปลือกโกโก้ เสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบและเสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชัน) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ปัจจัยละ 5 ซ้ำซ้ำละ 10 ตัว ให้ไก่เนื้อได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่จนกระทั่งอายุ 42 วัน ผลการศึกษาพบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันและเปลือกโกโก้สกัดหยาบมีอัตราการเจริญเติบโตประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและค่าดัชนีการผลิตสูงกว่าอาหารเสริมเปลือกโกโก้ ส่วนอาหารที่ไม่เสริมเปลือกโกโก้มีสมรรถนะการเจริญเติบโตต่ำสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันและเปลือกโกโก้สกัดหยาบมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกโกโก้และอาหารไม่เสริมเปลือกโกโก้ ($P < 0.01$) ผลการศึกษานี้สรุปได้ว่าการเสริมเปลือกโกโก้และเปลือกโกโก้สกัดส่งผลทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อดีขึ้น

คำสำคัญ: ไก่เนื้อ เปลือกโกโก้ เปลือกโกโก้สกัด สมรรถนะการเจริญเติบโต

¹ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย เลย ประเทศไทย 42000

² Animal Science Program, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Loei, Thailand, 42000

³ กลุ่มวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย เลย ประเทศไทย 42000

⁴ Educational technology and innovation Division, Faculty of Education, Loei Rajabhat University, Loei, Thailand, 42000

⁵ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย เลย ประเทศไทย 42000

⁶ Chemical Program, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Loei, Thailand, 42000

* ผู้ติดต่อประสานงาน (Corresponding author) e-mail: chaiyaprupek.hong@ru.ac.th

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of cocoa husk meal supplementation on growth performance of broiler chickens. A total 200 of 1 day old Arbor Acres broiler chickens were used as the experimental animals. The completely randomized design was used in this study. The chickens were randomly allocated to 4 groups (type of cocoa husk meal supplementation: non-cocoa husk meal; cocoa husk meal; cocoa husk meal-crude extract; cocoa husk meal-micro emulsion extract) with 5 replicates of 10 chicks each. Chickens received feed and water freely available at all time (ad libitum) until 42 days experimental periods. The results showed that broilers fed the diet with supplemented of cocoa husk meal-crude extract and cocoa husk meal- micro emulsion extract showed higher average daily gain, protein efficiency ratio and productive index than broilers fed the diet with supplemented of cocoa husk meal. The diet with non-supplement cocoa husk meal showed the lowest growth performance ($P<0.01$). Furthermore, the results showed that broilers fed the diet with supplemented of cocoa husk meal-crude extract and cocoa husk meal-micro emulsion extract showed better feed conversion ratio than broilers fed the diet with supplemented of cocoa husk meal and non-supplement cocoa husk meal ($P<0.01$). In conclusion, this study indicated that supplemented of cocoa husk meal and cocoa husk meal extract in broiler diet showed growth performance improvement of broiler chickens.

Keywords: Broiler Chickens; Cocoa Husk Meal; Cocoa Husk Meal Extract; Growth Performance

บทนำ

โกโก้ (Cocoa) เป็นไม้ผลเขตร้อน (Tropical tree crop) จัดเป็นพืชในตระกูล Sterculiaceae มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Theobroma cacao* L. อายุต้นยาวนานกว่า 70 ปีแต่อายุการให้ผลผลิตเชิงพาณิชย์อยู่ระหว่าง 30-40 ปี [1] นิยมปลูกแถบอเมริกากลางและใต้ แอฟริกาใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ต้นโกโก้สูงประมาณ 12 เมตร เจริญเติบโตได้ดีในร่มเงาของไม้ การติดผลเริ่มตั้งแต่ 18 เดือนหลังปลูกและให้ผลผลิตเต็มที่ในปีที่ 5 ได้ผล 70-100 ฝัก/ปีหรือมากกว่านั้น [2] ผลโกโก้มีลักษณะรียาวประมาณ 12-30 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียวหรือสีเขียวแดง ผลสุกมีสีเหลือง และสุกจัดเปลี่ยนเป็นสีแดงอมเหลืองหรือสีแดงอมม่วงตามชนิดหรือสายพันธุ์ เปลือกค่อนข้างหนา ผิวเปลือกขรุขระหรือมีผิวเรียบขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ [3] โกโก้ผลสดเมื่อแปรรูปเป็นเมล็ดโกโก้แห้ง (Cocoa Bean) จะนำไปแปรรูปเป็นโกโก้เหลว (Cocoa liquor) โกโก้บัตเตอร์ (Cocoa Butter) และผงโกโก้ (Cocoa Powder) ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง [2] โกโก้จึงเป็นสินค้าเศรษฐกิจที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีแผนส่งเสริมพัฒนาการผลิตเพื่อให้เป็นสินค้าสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร เนื่องจากมีความต้องการของตลาดโลกสูง การส่งออกผลผลิตโกโก้และของปรุงแต่งไปยังตลาดต่างประเทศในปี พ.ศ. 2564 คิดเป็นมูลค่า 1,329.56 ล้านบาท และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2566 คิดเป็น 3,003.56 ล้านบาท [4] สำหรับความต้องการภายในประเทศมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์โกโก้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเพิ่มจาก 32,718 ตันในปี พ.ศ.2558 เป็น 44,278 ตันในปี พ.ศ.2562 [5]

โกโก้เป็นพืชทางเลือกใหม่ที่มีอนาคต แต่มีข้อจำกัดในด้านการตลาดเนื่องจากโกโก้เป็นพืชที่ไม่สามารถบริโภคผลสดได้ ต้องการอุตสาหกรรมเฉพาะรองรับ เช่น อุตสาหกรรมเครื่องดื่มและเบเกอรี่ เป็นต้น นอกจากนี้ตลาดรับซื้อโกโก้ผลสดไม่ใช่ตลาดแข่งขันสมบูรณ์ โดยมีเกษตรกรจำนวนมากแต่มีผู้ซื้อ/ผู้รวบรวมน้อยราย [6] ส่วนใหญ่เกษตรกรจะทำสัญญากับบริษัทที่มาส่งเสริมและจำหน่ายต้นพันธุ์ให้ปลูกผ่านนายหน้าหรือตัวแทนรับซื้อในท้องถิ่น คิดเป็นร้อยละ 98 ของผลผลิตทั้งหมดที่ผลิตได้ [5] โดยราคาเมล็ดโกโก้แห้ง กิโลกรัมละ 50-80 บาท ราคาผลผลิตสด กิโลกรัมละ 5-10 บาท และราคาเมล็ดสด กิโลกรัมละ 17-20 บาท [2] จากราคารับซื้อส่งผลให้เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเลยส่วนใหญ่นิยมขายผลผลิตในรูปของเมล็ดสดโดยการผ่าผล (ฝัก) โกโก้สุกเพื่อขายเมล็ดสด ส่วนเปลือกโกโก้เกษตรกรส่วนหนึ่งจะส่งขายเพื่อนำไปใช้ทำเป็นเชื้อเพลิง แต่ส่วนใหญ่จะเหลือทิ้งเพราะราคาขายเปลือกไม่คุ้มกับค่าดำเนินการ นอกจากนี้กระบวนการแปรรูปในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โกโก้จะได้เปลือกโกโก้ซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่ได้จากการกระบวนการแปรรูปมากที่สุด เนื่องจากโกโก้หนึ่งผลจะมีส่วนของเปลือกมากถึง 70-75 เปอร์เซ็นต์ เปลือกโกโก้ประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นประโยชน์หลายชนิด โดยพบเยื่อใย (Fiber) เป็นองค์ประกอบที่มากที่สุด รองลงมาได้แก่โปรตีน (Protein) ความชื้น (Water) เถ้า (Ash) ไขมัน (Fat) ฟีนอลิกรวม (Total phenolics) ทีโอโบรมีน (Theobromine) และกรดไฟติก (Phytic acid) ตามลำดับ [7] สารสกัดจากเปลือกผลโกโก้มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง [8] เป็นแหล่งสำคัญของโพลีฟีนอล (Polyphenols) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความเครียดและลดระดับไขมันในเลือด

สำหรับกระบวนการผลิตโกโก้ของประเทศไทย พบว่าหากเป็นการเลี้ยงแบบอุตสาหกรรมหรือฟาร์มขนาดใหญ่ มักมีการเลี้ยงในระบบโรงเรือนปิดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้สัตว์อยู่สบายและเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต แต่เกษตรกรรายย่อยส่วนใหญ่มีการเลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิด ซึ่งอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิสภาพแวดล้อม [9] เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้โกโก้ไม่สามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดความเครียดซึ่งความเครียดจากความร้อน ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระในไมโทคอนเดรียปริมาณมากเกินกว่าความสามารถและกลไกของร่างกายที่จะกำจัดได้ [10] เปลือกโกโก้เป็นเศษเหลือหรือผลพลอยได้หลังจากที่นำเมล็ดออกจากผลโกโก้ของเกษตรกรหรือโรงงานผลิตโกโก้ [11] โดยจะเหลือเปลือกโกโก้ประมาณร้อยละ 75 [12] มีงานวิจัยที่รายงานว่าเปลือกโกโก้มีสารยับยั้งแบคทีเรีย [13] และมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ทีโอโบรมีน (Theobromine) และฟีนอลิก (Phenolic) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [14] โดยจะถูกปลดปล่อยจากการย่อยเยื่อใยและเปลี่ยนแปลงโดยจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารให้มีขนาดเล็กและดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้มากขึ้น [15] งานวิจัยที่ผ่านมามีรายงานว่าสามารถใช้เปลือกโกโก้เป็นวัตถุดิบอาหารไก่เนื้อได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ [16-19] จากองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในเปลือกโกโก้และการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกโกโก้เพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจใหม่ของจังหวัดเลย รวมถึงการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผลพลอยได้จากโกโก้จะช่วยลดปริมาณของเสีย ช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้าทางการเกษตร เป็นการเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาองค์ประกอบทางเคมีสารสำคัญ (Active ingredient) ในสารสกัดจากเปลือกโกโก้และศึกษาผลของสารสกัดจากโกโก้ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมผงสกัดจากเปลือกโกโก้ นำเปลือกโกโก้มาทำความสะอาดและบดเป็นผงละเอียด (เปลือกโกโก้บดละเอียด) หลังจากนั้นนำเปลือกโกโก้บดละเอียดมาสกัดโดยดัดแปลงจากวิธีของ Chidan, et al. [20] โดยแช่เปลือกโกโก้ในเอทานอล 95% เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังจากนั้นทำการระเหยเอทานอลและนำเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดไปตากแดดให้แห้ง (เปลือกโกโก้สกัดแห้ง) นำสารสกัดแห้งเข้าสู่กระบวนการทำให้สารสกัดแห้ง

อยู่ในรูปไมโครอิมัลชัน (เปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชัน) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Xiangzhou, et al. [21] และ Lutfi, et al. [22] ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้เปลือกโกโก้สกัดหยาบและเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันโดยห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ทำการตรวจสอบสารฟลักซ์เคมี (Phytochemicals or phytonutrients) โดยใช้ปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน [23-24] ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total phenolic content) โดยวิธีที่ดัดแปลงจาก Slinkard & Singleton [25] และทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) assay โดยวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Tan, et al. [26] โดยห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

2. สัตว์ทดลองใช้ไก่เนื้อพันธุ์การค้าอาร์เบอร์เอเคอร์ (Arbor Acres) คละเพศอายุ 1 วัน จำนวน 200 ตัว เลี้ยงไก่เนื้อในคอกขังรวมในโรงเรือนระบบเปิด ฟาร์มทดลองสาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย การศึกษาครั้งนี้อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของคณะกรรมการใช้สัตว์ทดลองเพื่องานวิจัยทางวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย เลขที่ A 002/2566 คอกที่ใช้เลี้ยงเป็นพื้นคอนกรีตปูรองด้วยวัสดุรองพื้น (แกลบ) พื้นที่มีขนาด 2.4 ตารางเมตรต่อคอก สุ่มแยกไก่เนื้อ 4 กลุ่มตามปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา (ไม่เสริมเปลือกโกโก้ เสริมเปลือกโกโก้ เสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบ และเสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชัน) ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 4 ปัจจัย ปัจจัยละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว

3. อาหารสัตว์ทดลอง ประกอบสูตรอาหารโดยใช้กากถั่วเหลือง ถั่วเหลืองไขมันเต็ม ปลาข้าว รำหยาบ น้ำมันถั่วเหลือง ไตแคลเซียมฟอสเฟต แคลเซียมคาบอเนต เกลือ ดีแอล-เมทไธโอนีน และสารผสมล่วงหน้า ประกอบสูตรอาหาร 4 สูตร ตามปัจจัยในการศึกษา: ไม่เสริมเปลือกโกโก้ เสริมเปลือกโกโก้ เสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบ และเสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชัน แบ่งการเลี้ยงออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะ 1 ถึง 3 สัปดาห์ และระยะ 4 ถึง 6 สัปดาห์ ประกอบสูตรอาหารให้มีระดับโปรตีน พลังงาน แร่ธาตุ และวิตามินตรงตามความต้องการของไก่เนื้อตามคำแนะนำของ NRC [27] ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ให้ไก่เนื้อได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ในเวลา 06.30 และ 17.00 น.

4. การเก็บข้อมูล บันทึกน้ำหนักไก่เมื่อเริ่มต้นและวันสุดท้ายของการทดลองในแต่ละสัปดาห์ บันทึกปริมาณอาหารที่กินในแต่ละสัปดาห์ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต (Average daily gain; ADG) ปริมาณอาหารที่กิน (Average daily feed intake; ADFI) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio; FCR) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio; PER) และดัชนีประสิทธิภาพการผลิต (Production index; PI)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 4 ปัจจัย ปัจจัยละ 5 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย The Duncan's New Multiple Range Tests [28] ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS [29]

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโภชนะในเปลือกโกโก้เปลือกโกโก้สกัดหยาบและเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชัน

ผลการตรวจสอบสารฟลักซ์เคมีในเปลือกโกโก้พบสารฟลักซ์เคมีจำนวน 4 กลุ่ม ได้แก่ เทอร์พีนอยด์ (terpenoids) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แทนนิน (tannins) และแอลคาลอยด์ (alkaloids) พบว่าเปลือก

โกโก้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 32.1431 มิลลิกรัมแกลลิก/100 กรัม ($y = 0.0035X - 0.007$, $R^2 = 0.9958$) และพบว่าเปลือกโกโก้มีร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับร้อยละ 4.3047 ($y = 8.7684X + 12.255$, $R^2 = 0.9958$)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าปริมาณโภชนะในเปลือกโกโก้ เปลือกโกโก้สกัดหยาบและเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชัน ในสภาพแห้งมีความชื้น (air dry basis) ปริมาณใกล้เคียงกัน มีโปรตีนร้อยละ 7.56, 7.54 และ 7.50 ตามลำดับ มีไขมันร้อยละ 1.18, 1.15 และ 1.04 ตามลำดับ มีพลังงานทั้งหมด 3167.55, 3146.70 และ 3194.39 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมตามลำดับ มีเยื่อใยร้อยละ 26.74, 26.59 และ 25.89 ตามลำดับ มีเถ้าร้อยละ 11.09, 11.17 และ 10.22 ตามลำดับ และมีแป้งรวมร้อยละ 42.13, 41.95 และ 44.25 ตามลำดับ เช่นเดียวกับการคำนวณในสภาพแห้ง (dry matter basis) พบว่าปริมาณโภชนะในเปลือกโกโก้ เปลือกโกโก้สกัดหยาบ และเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันในสภาพแห้งมีปริมาณใกล้เคียงกัน มีโปรตีนร้อยละ 8.56, 8.52 และ 8.45 ตามลำดับ มีไขมันร้อยละ 1.34, 1.30 และ 1.24 ตามลำดับ มีพลังงานทั้งหมด 3587.26, 3559.61 และ 3601.35 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมตามลำดับ มีเยื่อใยร้อยละ 30.28, 30.08 และ 29.19 ตามลำดับ มีเถ้าร้อยละ 12.56, 12.63 และ 11.52 ตามลำดับ และมีแป้งรวมร้อยละ 47.26, 47.47 และ 49.60 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

2. ผลของสารสกัดจากโกโก้ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

ผลการศึกษาพบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมผงสกัดจากเปลือกโกโก้ มีสมรรถนะการเจริญเติบโตสูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารไม่เสริมผงสกัดจากเปลือกโกโก้

2.1 ผลการศึกษาในช่วงอายุ 1 ถึง 3 สัปดาห์ พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันและอาหารเสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบมีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน รองลงมาเป็นอาหารเสริมเปลือกโกโก้ ส่วนอาหารที่ไม่เสริมเปลือกโกโก้มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) มีค่าเป็น 43.81, 43.44, 42.85 และ 41.34 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ เช่นเดียวกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว มีค่าเป็น 1.40, 1.38, 1.42 และ 1.47 ตามลำดับ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนมีค่าเป็น 3.12, 3.15, 3.06 และ 2.97 ตามลำดับ ส่วนปริมาณอาหารที่กิน พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารไม่เสริมเปลือกโกโก้ อาหารเสริมเปลือกโกโก้ อาหารเสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบ และอาหารเสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเป็น 60.52, 60.87, 60.00 และ 61.13 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4

2.2 ผลการศึกษาในช่วงอายุ 4 ถึง 6 สัปดาห์ พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันและอาหารเสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบมีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน รองลงมาเป็นอาหารเสริมเปลือกโกโก้ ส่วนอาหารที่ไม่เสริมเปลือกโกโก้มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) มีค่าเป็น 86.99, 86.20, 84.88 และ 83.63 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ และพบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันและอาหารเสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (2.41, 2.42, 2.48 และ 2.49 ตามลำดับ) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (3.12, 3.15, 3.06 และ 2.97 ตามลำดับ) ดีกว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกโกโก้และอาหารไม่เสริมเปลือกโกโก้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนปริมาณอาหารที่กิน พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารไม่เสริมเปลือกโกโก้ อาหารเสริมเปลือกโกโก้ อาหารเสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบ และอาหารเสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเป็น 207.98, 210.53, 208.74 และ 209.60 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4

2.3 ผลการศึกษาในช่วงอายุ 1 ถึง 6 สัปดาห์ พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันและอาหารเสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบมีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน รองลงมาเป็นอาหารเสริมเปลือกโกโก้ ส่วนอาหารที่ไม่เสริมเปลือกโกโก้มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) มีค่าเป็น 65.40, 64.82, 63.86 และ 62.48 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการใช้โปรตีนมีค่าเป็น 2.60, 2.61, 2.54 และ 2.49 ตามลำดับ และค่าดัชนีการผลิที่มีค่าเป็น 309.46, 306.56, 282.56 และ 267.50 ตามลำดับ และพบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันและอาหารเสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกโกโก้และอาหารไม่เสริมเปลือกโกโก้มีค่าเป็น 2.07, 2.07, 2.12 และ 2.15 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนปริมาณอาหารที่กิน พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารไม่เสริมเปลือกโกโก้ อาหารเสริมเปลือกโกโก้ อาหารเสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบ และอาหารเสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชันมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเป็น 134.25, 135.70, 134.37 และ 135.37 กรัมต่อตัวต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 4

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาปริมาณโภชนาในเปลือกโกโก้ สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาที่รายงานว่าเปลือกโกโก้มีปริมาณโปรตีนต่ำมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 7.00 ถึง 9.14 [16-18, 30-31] ปริมาณเยื่อใยสูงมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 29.60 ถึง 35.70 [16-18, 30-31] มีปริมาณไขมันอยู่ระหว่างร้อยละ 0.52 ถึง 5.93 [17-18, 30-31] และมีปริมาณเถ้าค่อนข้างสูงมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 9.10 ถึง 13.37 [16-18, 31] ซึ่งความแตกต่างของปริมาณโภชนาในเปลือกโกโก้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและสายพันธุ์โกโก้ที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ

การศึกษาศมรรถนะการเจริญเติบโต พบว่าการใช้เปลือกโกโก้เป็นวัตถุดิบอาหารทำให้ไก่เนื้อมีสมรรถนะการเจริญเติบโตดีขึ้นเมื่อเทียบกับไก่เนื้อที่ได้รับอาหารไม่เสริมเปลือกโกโก้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Adeyeye et al. [32] พบว่าการเสริมเปลือกโกโก้ร้อยละ 4.0 และ 8.0 ทำให้ไก่เนื้อในช่วงอายุ 1 ถึง 21 วัน มีปริมาณอาหารที่กินเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) แต่มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในช่วงอายุ 22 ถึง 42 วัน พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมเปลือกโกโก้ร้อยละ 4.0 และ 8.0 มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมเปลือกโกโก้ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้จากงานวิจัยของ Akanbi [33] ทำการศึกษาศมรรถนะการใช้เปลือกโกโก้เป็นวัตถุดิบในอาหารไก่เนื้อ พบว่าการเสริมเปลือกโกโก้ทำให้ไก่เนื้อมีปริมาณอาหารที่กินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมเปลือกโกโก้ ($P<0.05$) และพบว่าสามารถใช้เปลือกโกโก้ในอาหารไก่เนื้อได้ถึงร้อยละ 10 โดยมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักตัวสุดท้ายและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมเปลือกโกโก้ และไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ($P>0.05$) แต่หากเสริมในระดับร้อยละ 15 มีผลทำให้ไก่เนื้อมีสมรรถนะการเจริญเติบโตลดลง สอดคล้องกับ Olugosi et al. [34] พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่ใช้เปลือกโกโก้ทดแทนข้าวโพดร้อยละ 10 มีอัตราการเจริญเติบโตปริมาณอาหารที่กินและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวใกล้เคียงกับกลุ่มที่ไม่เสริมเปลือกโกโก้ ($P>0.05$) แต่การใช้เปลือกโกโก้ทดแทนข้าวโพดร้อยละ 20 จะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต โดยไก่เนื้อที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกโกโก้ร้อยละ 20 จะมีปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโตลดลง และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับไก่เนื้อที่ได้รับอาหารไม่เสริมเปลือกโกโก้ ($P<0.05$) และสอดคล้องกับหลายผลการศึกษาที่พบว่าการใช้เปลือกโกโก้เป็นวัตถุดิบอาหารไก่เนื้อในระดับร้อยละ 10.00 [31] ร้อยละ 13 [35] ร้อยละ 9.06 (ระยะไก่เล็ก) และร้อยละ 11.53 (ระยะไก่โต) [17] เปลือก

โกโก้ผสมเอนไซม์ร้อยละ 7.50 (ระยะโกโก้เล็ก) และร้อยละ 10.00 (ระยะโกโก้โต) [18] และเปลือกโกโก้หมักจุลินทรีย์ *Pleurotus ostreatus* ร้อยละ 20.00 [16] มีสมรรถนะการเจริญเติบโตใกล้เคียงหรือสูงกว่าโกโก้เนื้อที่ได้รับอาหารไม่เสริมเปลือกโกโก้ ($P>0.05$) แต่หากเสริมเปลือกโกโก้ในปริมาณสูงจะส่งผลลบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ทำให้โกโก้เนื้ออัตราการเจริญเติบโตลดลง และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น

จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการใช้เปลือกโกโก้เป็นวัตถุดิบในอาหารโกโก้เนื้อ มีผลทำให้โกโก้เนื้อสมรรถนะการเจริญเติบโตดีขึ้น เป็นผลเนื่องมาจากในเปลือกโกโก้มีสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณสูง ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [14] โดยสารประกอบฟีนอลิกจะถูกปลดปล่อยจากการย่อยเยื่อใยในทางเดินอาหารของสัตว์ และเปลี่ยนแปลงโดยจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารให้มีขนาดเล็กและดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้มากขึ้น [15] ดังนั้นการใช้เปลือกโกโก้ที่อุดมไปด้วยเส้นใยอาหาร (dietary fiber) และฟลาโวนอยด์ (phytochemicals) ซึ่งมีคุณสมบัติในสารต้านอนุมูลอิสระ ทำหน้าที่ต่อต้าน ยับยั้ง หรือป้องกันโรค และช่วยให้เอนไซม์ทำงานได้ดี เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์ทำให้สัตว์มีสุขภาพดี ส่งผลให้สัตว์มีสมรรถนะการเจริญเติบโตที่ดี [19] สามารถใช้เปลือกโกโก้เป็นวัตถุดิบในอาหารโกโก้เนื้อได้ โดยไม่ส่งผลเสียต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต [18] ทั้งในระยะโกโก้เล็กและระยะโกโก้โต [16] โดยใช้เปลือกโกโก้เป็นวัตถุดิบทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารโกโก้เนื้อได้ถึงร้อยละ 20 [17] แต่หากใช้เกินร้อยละ 10 จะส่งผลต่อปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร [36-37] ส่งผลให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของโกโก้เนื้อลดลง [34] ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของโแทนนิน (แทนนิน: tannin) ในเปลือกโกโก้ [32] ซึ่งมีรายงานว่าแทนนินในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ส่งผลกระทบในแง่ลบต่อการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของสัตว์ [38] การเสริมเปลือกโกโก้สกัดทั้งในรูปแบบสกัดหยาบและสกัดไมโครอิมัลชัน ส่งผลทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของโกโก้เนื้อดีขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะการสกัดหยาบเป็นกระบวนการเพิ่มการย่อยได้ของสารสำคัญในเปลือกโกโก้ และการสกัดไมโครอิมัลชันเป็นกระบวนการทำให้สารสำคัญไม่ถูกทำลายระหว่างขบวนการย่อยอาหาร และเพิ่มการดูดซึมสารสำคัญเข้าสู่ร่างกาย การสกัดจึงเป็นการแก้ปัญหาการนำส่งสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ไปยังเป้าหมายที่ต้องการเป็นไปได้ยาก เนื่องจากโมเลกุลเหล่านี้จะต้องนำส่งผ่านเยื่อชั้นชนิดต่างๆ ในร่างกาย และอาจเสียสภาพก่อนถึงอวัยวะเป้าหมายได้ [39] จึงต้องมีการพัฒนาระบบการนำส่งสารสำคัญที่เพิ่มการดูดซึมและการนำส่งสู่บริเวณเป้าหมาย การใช้อนุภาคนาโนเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้แก้ปัญหา โดยอนุภาคนาโนสามารถป้องกันโมเลกุลไม่ให้ถูกทำลายระหว่างนำส่ง ช่วยเพิ่มการซึมของโมเลกุลขนาดใหญ่ผ่านเยื่อเมือก และควบคุมการปลดปล่อยโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ถูกกักไว้ในอนุภาคได้ [40]

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าการเสริมเปลือกโกโก้และเปลือกโกโก้สกัดทั้งในรูปแบบสกัดหยาบและสกัดไมโครอิมัลชันส่งผลทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของโกโก้เนื้อดีขึ้น

ตารางที่ 1 อาหารทดลองช่วงอายุ 1 ถึง 3 สัปดาห์

อาหารทดลอง	การเสริมเปลือกโกโก้ ¹			
	N-CHM	CHM	CHM-CE	CHM-ME
วัตถุดิบ, ร้อยละ				
กากถั่วเหลือง	12.88	12.36	12.36	12.36
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	40.00	40.00	40.00	40.00
ปลายข้าว	36.00	36.00	36.00	36.00
แคลบด	3.00	0.52	0.52	0.52
เปลือกโกโก้	0.00	3.00	3.00	3.00
น้ำมันถั่วเหลือง	3.18	3.18	3.18	3.18
ไดแคลเซียมฟอสเฟต ²	2.15	2.15	2.15	2.15
แคลเซียมคาบอเนต ³	1.45	1.45	1.45	1.45
เกลือ	0.60	0.60	0.60	0.60
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.24	0.24	0.24	0.24
สารผสมล่วงหน้า ⁴	0.50	0.50	0.50	0.50
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
โภชนะจากการคำนวณ, ร้อยละ				
สิ่งแห้ง	90.23	90.20	90.19	90.20
โปรตีน (Nx6.25)	23.00	23.00	23.00	23.00
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ⁵	3000,	3041,	3041,	3044,
ไขมัน	10.74	10.77	10.77	10.76
เยื่อใย	7.83	7.60	7.60	7.58
แคลเซียม	1.20	1.20	1.20	1.20
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.50	0.50	0.50	0.50
ไลซีน	1.40	1.40	1.40	1.40
เมทไธโอนีน	0.60	0.60	0.60	0.60
เมทไธโอนีน+ ซีสทีน	0.98	0.98	0.98	0.98

หมายเหตุ: ¹ การเสริมเปลือกโกโก้: N-CHM = ไม่เสริมเปลือกโกโก้; CHM = เสริมเปลือกโกโก้; CHM-CE = เสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบ; CHM-ME = เสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชัน, ² Contained 23.31 % calcium and 17.48 % phosphorous; ³ Calcium content 38.00 %; ⁴ Mineral and vitamins premix provided the following per kilogram of diets; manganese, 86.28 mg; iron, 108.11 mg; copper, 62.74 mg; selenium, 32.75 mg; zinc, 136.99 mg; iodine, 1.64 mg; vitamin A, 1650 IU; cholecalciferol, 330 IU; vitamin E, 100 mg; vitamin K, 4.31 mg; vitamin B₁, 2.53 mg; vitamin B₂, 8.02 mg; nicotinic acid, 53.96 mg; vitamin B₆, 2.53 mg; vitamin B₁₂, 1.54 mg; pantothenic acid, 13.23 mg; folic acid, 1.38 mg; biotin, 5.50 mg; and choline, 2583.33 mg; ⁵ kcal/kg

ตารางที่2 อาหารทดลองช่วงอายุ 4 ถึง 6 สัปดาห์

อาหารทดลอง	การเสริมเปลือกโกโก้ ¹			
	N-CHM	CHM	CHM-CE	CHM-ME
วัตถุดิบ, ร้อยละ				
กากถั่วเหลือง	11.35	10.84	10.84	10.84
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	30.50	30.50	30.50	30.50
ปลายข้าว	48.00	48.00	48.00	48.00
แคลบด	3.00	0.51	0.51	0.51
เปลือกโกโก้	0.00	3.00	3.00	3.00
น้ำมันถั่วเหลือง	3.05	3.05	3.05	3.05
ไดแคลเซียมฟอสเฟต ²	1.93	1.93	1.93	1.93
แคลเซียมคาบอเนต ³	1.10	1.10	1.10	1.10
เกลือ	0.40	0.40	0.40	0.40
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.17	0.17	0.17	0.17
สารผสมล่วงหน้า ⁴	0.50	0.50	0.50	0.50
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
โภชนาการจากการคำนวณ, ร้อยละ				
สิ่งแห้ง	90.04	90.00	89.99	90.01
โปรตีน (Nx6.25)	20.00	20.00	20.00	20.00
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ⁵	3,000	3,042	3,042	3,044
ไขมัน	8.97	9.00	9.00	8.99
เยื่อใย	8.38	8.15	8.14	8.12
แคลเซียม	1.00	1.00	1.00	1.00
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.45	0.45	0.45	0.45
ไลซีน	1.20	1.20	1.20	1.20
เมทไธโอนีน	0.50	0.50	0.50	0.50
เมทไธโอนีน+ ซีสทีน	0.84	0.84	0.84	0.84

หมายเหตุ: ¹การเสริมเปลือกโกโก้: N-CHM = ไม่เสริมเปลือกโกโก้; CHM = เสริมเปลือกโกโก้; CHM-CE = เสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบ; CHM-ME = เสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชัน, ²Contained 23.31 % calcium and 17.48 % phosphorous; ³Calcium content 38.00 %; ⁴Mineral and vitamins premix provided the following per kilogram of diets; manganese, 86.28 mg; iron, 108.11 mg; copper, 62.74 mg; selenium, 32.75 mg; zinc, 136.99 mg; iodine, 1.64 mg; vitamin A, 1650 IU; cholecalciferol, 330 IU; vitamin E, 100 mg; vitamin K, 4.31 mg; vitamin B₁, 2.53 mg; vitamin B₂, 8.02 mg; nicotinic acid, 53.96 mg; vitamin B₆, 2.53 mg; vitamin B₁₂, 1.54 mg; pantothenic acid, 13.23 mg; folic acid, 1.38 mg; biotin, 5.50 mg; and choline, 2583.33 mg; ⁵kcal/kg

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้

องค์ประกอบทางเคมี	เปลือกโกโก้ ¹		
	CHM	CHM-CE	CHM-ME
สภาพแห้งมีความชื้น, ร้อยละ			
สิ่งแห้ง	88.70	88.40	88.90
โปรตีน (Nx6.25)	7.56	7.54	7.50
ไขมัน	1.18	1.15	1.04
พลังงานทั้งหมด, กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม	3167.55	3146.70	3194.39
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้, กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ²	1775.34	1768.21	1848.38
เยื่อใย	26.74	26.59	25.89
เถ้า	11.09	11.17	10.22
แป้งรวม	42.13	41.95	44.25
สภาพแห้ง, ร้อยละ			
สิ่งแห้ง	100.00	100.00	100.00
โปรตีน (Nx6.25)	8.56	8.52	8.45
ไขมัน	1.34	1.30	1.24
พลังงานทั้งหมด, กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม	3587.26	3559.61	3601.35
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้, กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ²	1994.45	2000.43	2073.45
เยื่อใย	30.28	30.08	29.19
เถ้า	12.56	12.63	11.52
แป้งรวม	47.26	47.47	49.60

หมายเหตุ: ¹การเสริมเปลือกโกโก้: N-CHM = ไม่เสริมเปลือกโกโก้; CHM = เสริมเปลือกโกโก้; CHM-CE = เสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบ; CHM-ME = เสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชัน, ²Calculated ME = (37.0x%CP) + (35.5x%NFE) [39]

ตารางที่ 4 ผลการเสริมเปลือกโกโก้ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

	การเสริมเปลือกโกโก้ ¹				SEM	P-Value
	N-CHM	CHM	CHM-CE	CHM-ME		
สมรรถนะการเจริญเติบโต						
น้ำหนักตัวเริ่มต้น (ตัว/กรัม)	41.15	41.35	41.85	41.60	0.20	0.1140
น้ำหนักตัวสิ้นสุด(ตัว/กรัม)	2665 ^a	2724 ^b	2764 ^c	2788 ^c	12.08	0.0001
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (ตัว/กรัม)	2624 ^a	2682 ^b	2722 ^c	2747 ^c	11.93	0.0001
อัตราการเลี้ยงรอด (ร้อยละ)	92.00	94.00	98.00	98.00	2.65	0.3130
ช่วงอายุ 1 ถึง 3 สัปดาห์						
อัตราการเจริญเติบโต ²	41.34 ^a	42.85 ^b	43.44 ^c	43.81 ^c	11.93	0.0001
ปริมาณอาหารที่กิน ²	60.52	60.87	60.00	61.13	0.53	0.4910
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	1.47 ^a	1.42 ^b	1.38 ^c	1.40 ^c	0.01	0.0010
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	2.97 ^a	3.06 ^b	3.15 ^c	3.12 ^c	0.02	0.0010
ช่วงอายุ 4 ถึง 6 สัปดาห์						
อัตราการเจริญเติบโต ²	83.63 ^a	84.88 ^b	86.20 ^c	86.99 ^c	0.45	0.0001
ปริมาณอาหารที่กิน ²	207.98	210.53	208.74	209.60	1.70	0.7420
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	2.49 ^d	2.48 ^d	2.42 ^e	2.41 ^e	0.02	0.0210
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	2.01 ^d	2.02 ^d	2.07 ^e	2.08 ^e	0.02	0.0220
ช่วงอายุ 1 ถึง 6 สัปดาห์						
อัตราการเจริญเติบโต ²	62.48 ^a	63.86 ^b	64.82 ^c	65.40 ^c	0.28	0.0001
ปริมาณอาหารที่กิน ²	134.25	135.70	134.37	135.37	0.89	0.5880
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	2.15 ^a	2.12 ^a	2.07 ^b	2.07 ^b	0.01	0.0030
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	2.49 ^a	2.54 ^b	2.61 ^c	2.60 ^c	0.02	0.0001
ค่าดัชนีการผลิต	267.50 ^a	282.56 ^b	306.56 ^c	309.46 ^c	7.80	0.0040

หมายเหตุ: ¹การเสริมเปลือกโกโก้: N-CHM = ไม่เสริมเปลือกโกโก้; CHM = เสริมเปลือกโกโก้; CHM-CE = เสริมเปลือกโกโก้สกัดหยาบ; CHM-ME = เสริมเปลือกโกโก้สกัดไมโครอิมัลชัน, ²กรัม/ตัว/วัน

^{abc} Means within the same row with different superscript letters are significantly different (P<0.01)

^{de} Means within the same row with different superscript letters are significantly different (P<0.05)

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (สกว.) ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2566 (รหัสข้อเสนอการวิจัย 66A152000008 รหัสโครงการ 181393) โดยสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ผู้เขียนขอขอบคุณสาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย สำหรับอุปกรณ์และสถานที่สำหรับใช้ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

References

- [1] La-onsri, S. (2020). *Knowledge about Cocoa*. Chiang Rai: The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University. (in Thai)
- [2] Industrial Plant Research Group. (2020). *Cocoa Production Situation*. Available from <https://www.doa.go.th>. Accessed date: 14 March 2023. (in Thai)
- [3] Pholsin, R. (2021). *Extraction of Pectin from Cocoa Shell and Application as an Edible Coating*, (Master thesis, Chulalongkorn University). (in Thai)
- [4] Information and Communication Technology Center. (2024). *Summary of Exports Import Products*. Bangkok: Thailand's International Trade Statistics Information System, Office of the Permanent Secretary, Ministry of Commerce. (in Thai)
- [5] Bureau of Agricultural Economic Research. (2021). *The Study on the Production and Market Potentials of Cocoa: A Case Study of Nan Province* (Research reports). Bangkok: Office of Agricultural Economic, Ministry of Agricultural and Cooperatives. (in Thai)
- [6] Wirojanarome, W. (2022). *The Development of a Community Business of Growing Cocoa for Career Development in Highland Communities Nan Province* (Research reports). Bangkok: National Research Council of Thailand. (in Thai)
- [7] Arlorio, M., et al. (2001). Characterization of Pectins and Some Secondary Compounds from *Theobroma cacao* Hulls. *Journal of Food Science*, 66(5), 653-656.
- [8] Karim, A. A., et al. (2014). Antioxidant Properties of Cocoa Pods and Shells. *Malaysian Cocoa Journal*, 8, 49-56.
- [9] Prakobsaeng, N., et al. (2022). *The Study of Appropriate Cage Density of Laying Hen Raise Under Opened House in Hot Season* (Research reports). MahaSarakhm: Rajabhat MahaSarakhm University. (in Thai)
- [10] Rakngam, S., et al. (2022). The Use of Phytogenic Additives to Alleviate Heat Stress in Broilers. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 50(6), 1549-1566. (in Thai)
- [11] Olugosi, O. A., et al. (2019). Nutritional Enhancement of Cocoa Pod Husk Meal Through Fermentation Using *Rhizopus stolonifer*. *African Journal of Biotechnology*, 18(30), 901-908.
- [12] Bentil, J. A., et al. (2015). Enhancement of the Nutritive Value of Cocoa (*Theobroma cacao*) Bean Shells for Use as Feed for Animals Through a Two Stage Solid State Fermentation with *Plerotus ostreatus* and *Aspergillus niger*. *International Journal Applied Microbiology and Biotechnology Research*, 3, 20-30.
- [13] Hernandez, H. C., et al. (2018). Bioactive Compounds in Mexican Genotypes of Cocoa Cotyledon and Husk. *Food Chemical*, 240, 831-839.
- [14] Soares, T. F. & Oliveira, M. B. P. P. (2022). Cocoa By-Products: Characterization of Bioactive Compounds and Beneficial Health Effects. *Molecules*, 27, 1625.
- [15] Canas, S., et al. (2022). Gastrointestinal Fate of Phenolic Compounds and Amino

- Derivatives from the Cocoa Shell: An *in vitro* and *in silico* Approach. *Food Research International*, 162(Pt B), 112117. doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112117
- [16] Alemawor, F., et al. (2010). Broiler Performance on Finisher Diets Containing Different Levels of Either *Pleurotus ostreatus*-Fermented Dried Cocoa Pod Husk or Dried Cocoa Pod Husk Supplemented with Enzymes. *Tropical Animal Health and Production*, 42, 933-939.
- [17] Adejinmi, O. O., et al. (2011). Performance, Nutrient Digestibility and Carcass Characteristics of Broilers Fed Cocoa Pod Husk-Based Diets. *Nigerian Journal of Animal Science*. 13, 51-58.
- [18] Nortey, T. N., et al. (2015). Cocoa Pod Husk is a Potential Feed Ingredient in Laying Hen Diets. *Livestock Research for Rural Development*, 27(6), 119.
- [19] Benítez, V., et al. (2023). Changes in the Cocoa Shell Dietary Fiber and Phenolic Compounds After Extrusion Determine Its Functional and Physiological Properties. *Current Research in Food Science*, 6, 100516.
- [20] Chidan, C. S., et al. (2012). Utilization of Mango Peels (*Mangifera indica*) for the Extraction of Sugars. *Der Pharma Chemica*, 4(6), 2422-2426.
- [21] Xiangzhou, Y., et al. (2019). Liposome-Whey Protein Interactions and Its Relation to Emulsifying Properties. *LWT*, 99, 505-512.
- [22] Lutfi, C., et al. (2024). Development of Nanoliposome Formulation of Beta-Carotene Using High Speed Homogenizer Method. *Pharmacy Education*, 24(2), 1-8.
- [23] Harborne, J. B. (1998). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. 3rd ed. London: Chapman and Hall.
- [24] Trease, G. & Evans, W. (2002). Phytochemicals. In Evans, W. C., (Ed.), *Trease & Evans' Pharmacognosy* 15th ed. (p.42-393). London, Saunders Publishers.
- [25] Slinkard, K. & Singleton, T. (1997). Total Phenolic Analyses: Automation and Comparison with Manual Method. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49-55.
- [26] Tan, C. H., et al. (2009). Extraction and Physicochemical Properties of Low Free Fatty Acid Crude Palm Oil. *Food Chemistry*, 113(2), 645–650.
- [27] National Research Council. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th ed. Washington: National Academy Press.
- [28] Steel, J. C., & J. H. Torrie. (1980). *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.
- [29] SAS. (1998). *SAS/STAT User' Guide*. North Carolina: SAS Institute Inc.
- [30] Chungsiriporn, J., et al. (2022). Effect of Using Dried Cocoa Pod Husk as an Ingredient in Laying Hen Feed on Egg Production and Quality. *Journal of Science and Technology*,

Ubon Ratchathani University, 24(3), 11-19. (in Thai)

- [31] Donkoh, A., et al. (1991). Chemical Composition of Cocoa Pod Husk and Its Effect on Growth and Food Efficiency in Broiler Chicks. *Animal Feed Science and Technology*, 35(1-2), 161-169.
- [32] Adeyeye, S. A., et al. (2019). Processed Cocoa Pod Husk Dietary Inclusion: Effects on the Performance, Carcass, Haematogram, Biochemical Indices, Antioxidant Enzyme and Histology of the Liver and Kidney in Broiler Chicken. *Bulletin of the National Research Centre*, 43, 54.
- [33] Akanbi, O. M. (2019). Performance and Health Implication of Feeding Fungi Treated Cocoa Pod Husk Meal on Broiler. *Bulletin of the National Research Centre*, 43, 55.
- [34] Olugosi, O. A., et al. (2020). Biologically Upgraded Cocoa Pod Husk: Effect on Growth Performance, Haemato-Biochemical Indices and Antioxidant Status of Broiler Chickens. *Journal of Food Nutrition and Agriculture*, 3, 26-32.
- [35] Tegua, A., et al. (2004). Broiler Performance Upon Dietary Substitution of Cocoa Husks for Maize. *International Journal of Poultry Science*, 3(12), 779-782.
- [36] Olubamiwa, O. I., et al. (2002). Dietary Inclusion Rate of Cocoa Husks for Starter Cockerels. *International Journal of Poultry Sciences*, 1(5), 133-135.
- [37] Tegua, A., et al. (2004). Broiler Performance Upon Dietary Substitution with Treated Cocoa Bean Cake for Broiler Chicks. *British Poultry Science*, 39, 519-523.
- [38] Gemedé, H. F., & Ratta, N. (2014). Antinutritional Factors in Plant Foods: Potential Health Benefits and Adverse Effects. *International Journal Nutrition and Food Science*, 3(4), 284-289.
- [39] Crommelin, D. J. A., et al. (2003). Nanotechnological Approaches for the Delivery of Macromolecules. *Journal of Controlled Release*, 87, 81-88.
- [40] Takeuchi, H., et al. (2001). Mucoadhesive Nanoparticulate Systems for Peptide Drug Delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 47(1), 39-54