

ผลการเสริมใบถั่วคาวาลเคดเป็นแหล่งโปรตีนและเยื่อใยอาหารต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ
สมรรถนะการผลิต ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

Effect of Centurion (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) Leaf Meal
Supplementation as Protein and Dietary Fiber Source on Apparent Nutrient Digestibility,
Productive Performance, Carcass Characteristic, and Meat Quality of Broiler Chickens

มนัสนันท์ นพรัตน์ไตรี^{1*} ศักดา ประจักษ์บุญเจษฎา² กนกพล มังชู¹

อนันท์ จันทรโต¹ เกวลี เหมมาลา¹ พรณธิภา ณ เชียงใหม่¹ และ วรางคณา กิจพิพิธ¹

Manatsanun Nopparatmaitree^{1*} Sakda Prajukboonjatsada² Kanokpol Mangchoo¹

Anun Junto¹ Gevalee Hemmala¹ Pantipa Na Chiangmai¹ and Warangkana Kitpipit¹

¹คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

ตำบลสามพระยา อำเภอสทิงพระ จังหวัดเพชรบุรี 76120

¹Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus,
Sam phraya, Cha am, Phetchaburi, 76120

²ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี ตำบลสามพระยา อำเภอสทิงพระ จังหวัดเพชรบุรี 76120

²Phetchaburi Animal Research and Development Center, Sam phraya, Cha am, Phetchaburi, 76120

*E-mail: Nopparatmaitree_m@su.ac.th or Nopparatmaitree_m@silpakorn.edu.

Received: Dec 18, 2017

Revised: April 18, 2018

Accepted: May 05, 2018

บทคัดย่อ

อาหารสัตว์ปีกที่มีเยื่อใยและโพลีแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้งสูงได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันสำหรับการส่งเสริมจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และการพัฒนาระบบทางเดินอาหาร การศึกษานี้มุ่งแสวงหาการใช้ประโยชน์จากใบถั่วคาวาลเคดเป็นแหล่งโปรตีนและเยื่อใยอาหารในอาหารไก่เนื้อต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ สมรรถภาพการผลิต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยใช้ใบถั่วคาวาลเคดในอัตรา 0, 5, 10, และ 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหารแห้งต่อหน่วยทดลอง (Ross 308® อายุ 1 วัน จำนวน 320 ตัว สุ่มเข้าสู่ 4 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ จำนวนไก่เนื้อ 20 ตัวต่อหน่วยทดลอง ทำการเลี้ยงไก่เนื้อโดยใช้ระยะเวลา 35 วัน ภายใต้สภาพแวดล้อมตามธรรมชาติการทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และมีอาหารทดลองที่เสริมใบถั่วคาวาลเคดที่ระดับ 0, 5, 10, และ 15 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลอง พบว่า ไก่เนื้อในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับการเสริมใบถั่วคาวาลเคด 5 เปอร์เซ็นต์มีการย่อยได้ปรากฏของวัตถุดิบและเยื่อใยสูงสุด (cubic, $P < 0.05$) แต่การย่อยได้ปรากฏของโปรตีนหยาบ ไขมันรวม และพลังงานรวมของไก่เนื้อมีค่าใกล้เคียงกันระหว่างกลุ่มการทดลอง ($P > 0.05$) ในช่วงอายุ 0 ถึง 21 วัน ไก่เนื้อทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณการกินได้ใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) ส่วนการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและดัชนีประสิทธิภาพการผลิตสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ($P > 0.05$) ทั้งนี้ระดับของการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และดัชนีประสิทธิภาพการผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (quadratic, $P < 0.05$) ส่วนในช่วงอายุ 0 ถึง 35 วัน พบว่า การเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 0, 5, และ 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และดัชนีประสิทธิภาพการผลิตใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) นอกจากนี้ยังการเสริมใบถั่วคาวาลเคดเพิ่มขึ้นในอาหารไก่เนื้อไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วน และ คุณภาพเนื้อไก่ ($P > 0.05$) การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เป็นใบถั่วคาวาลเคดเป็นวัตถุดิบอาหารโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารไก่เนื้อและแนะนำระดับการเสริมใบถั่วคาวาลเคดที่ 5 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่เนื้อ

คำสำคัญ: การย่อยได้ ถั่วคาวาลเคด วัตถุดิบอาหารโปรตีน เยื่อใยอาหาร และ สมรรถนะการผลิต

Abstract

High fiber and nonstarch polysaccharide-base poultry diets have received more interest recently for retaining or promoting beneficial microbial population and gastrointestinal tract development. The current study investigated the efficacy of a centurion leaf meal as protein and dietary fiber source in broiler chicken diets considering on apparent nutrient digestibility, productive performance, carcass trait, meat quality, and economic benefit return. A total of one hundred and ninety two day old Ross 308® chicks were allocated in four dietary treatments, each of which was replicated four pens with twenty broilers per replicate and birds were raised up to 35 day in the in the environmental controlled condition. A completely randomized design was used in this study, dietary treatments were the levels of centurion leaf meal in diet at 0, 5, 10, and 15 %. The results of the control group and 5 % supplementation of centurion leaf meal groups revealed a significant improvement in nutrient digestibility of dry matter (cubic, $P<0.01$) also effected to crude fiber digestibility (cubic, $P<0.05$) but including not significantly affect the apparent crude protein, ether extract, and gross energy digestibility among treatment group. During the starter phase (1–21 day), experimental diets had no effect on feed intake ($P>0.05$). There was no effect of 5 % supplementation of centurion leaf meal groups on the measured FCR, and productive index (PI) compared to control ($P>0.05$). However, centurion leaf meal supplementation tended to reduce body weight gain (BWG), ADG, FCR, and PI (quadratic, $P<0.05$) compared to control. During the grower phase (22–35 day), Chicken fed a diet containing 5 and 10% of centurion leaf meal showed a significant increase in BWG, ADG, FCR, and PI compared to control group. ($P>0.05$). Additionally, supplementation of increasing levels of centurion leaf meal showed not effect on carcass characteristics, cutting percentage, and meat quality ($P>0.05$). The results implied that centurion leaf meal could be used as suitable protein feedstuffs in broiler diets and shown that the use of diet supplemented with 5 % of centurion leaf meal.

Keywords: *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade, Protein feedstuff, Dietary fiber, Digestibility, and Performance

1. บทนำ

การประกอบสูตรอาหารสัตว์ปีกของไทยในปัจจุบันเป็นสูตรอาหารที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐาน (corn-soy diets) ทั้งนี้กากถั่วเหลืองถูกใช้เป็นแหล่งโปรตีนหลักเพราะมีปริมาณโปรตีนสูง มีกรดอะมิโนที่สมดุล และเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น [1] ส่งผลให้ความต้องการใช้กากถั่วเหลืองเพิ่มสูงขึ้นตามการขยายตัวของการผลิตสัตว์ปีก ทำให้ราคากากถั่วเหลืองในตลาดโลกสูงขึ้นต่อเนื่อง [2] ทั้งนี้กากถั่วเหลืองที่ใช้ในประเทศไทยเกือบทั้งหมดได้จากนำเข้า ถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองจากต่างประเทศทำให้เกิดการสูญเสียเงินมหาศาล เนื่องจากประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูก ถั่วเหลืองน้อยและผลผลิตต่ำ ส่งผลต่อความไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ภายในประเทศ ปัจจุบันมีการวิจัยที่มุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพและการนำใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบโปรตีนจากเศษเหลือทิ้ง รวมถึงการแสวงหาแหล่งของวัตถุดิบโปรตีนราคาถูกเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบโปรตีนทดแทน เช่น ใบพืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ โปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein) และ โปรตีนจากเศษเหลือในกระบวนการหมักถั่วเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์เป็นต้น ซึ่งการนำใช้ใบพืชตระกูลถั่วเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์มีหลายวัตถุประสงค์และส่วนใหญ่มักพบในงานวิจัยของต่างประเทศ [3] เช่น การใช้ใบมะรุมและใบถั่วอัลฟัลฟาเพื่อลดระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่แกว่งและไข่ไก่แกว่ง [4] เนื่องจากพืชตระกูลถั่วมักมีสารยับยั้งโภชนา (antinutritive factor) คือ ซาโปนินส์ (saponins) ซึ่งจัดเป็นสารกลุ่ม steroid หรือ triterpenoid glycosides ส่งผลต่อ

hypcholesterolemic, anti-carcinogenic, ด้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ [5] [6] และ ลดการสะสมคอเลสเตอรอล [7] [8] จากรายงาน [9] สามารถใช้ถั่วอัลฟัลฟาถึง 9 เปอร์เซ็นต์ในอาหารของนกกระทาโดยไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักตัว ผลผลิตไข่ ปริมาณการกินได้และการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร ส่วนในประเทศไทย ปัจจุบันกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีการส่งเสริมการปลูกถั่วอาหารสัตว์ เช่น ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) ถั่วลิสง ถั่ว ถั่วสโตโล และถั่วฮามาต้า เป็นต้น เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ หากแต่การวิจัยเพื่อใช้ประโยชน์ถั่วอาหารสัตว์เป็นอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยวยังมีค่อนข้างน้อย ทั้งนี้ถั่วคาวาลเคดที่มีความน่าสนใจอย่างมาก กล่าวคือ ถั่วคาวาลเคดเป็นพืชทนแล้ง เจริญเติบโตให้ผลผลิตได้เร็วขึ้น ตัดเก็บผลผลิตได้หลายรอบ อายุการตัดสั้น ประมาณ 35-40 วัน และสามารถให้ผลผลิตสดประมาณ 1,500 – 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นผลผลิตแห้ง 350 – 450 กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการตัด อีกทั้งถั่วคาวาลเคดยังมีปริมาณโปรตีนสูง เยื่อใยสูง พลังงานต่ำ และ มีความสมดุลของกรดอะมิโน แร่ธาตุ วิตามิน และ สารสี คือ คลอโรฟิลล์ แซนโทฟิลล์ เบต้าแคโรทีน และ ฟลาโวนอยด์ เป็นต้น ซึ่งสารสีจากพืชตระกูลถั่วสามารถสะสมและสร้างสีผิวหนังของสัตว์ปีกให้เป็นสีเหลืองได้ [10] [11] ทั้งยังมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง [12] นอกจากนี้ใบถั่วแคโรทีนยังเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอและเรตินอยด์ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับปศุสัตว์ [13] อย่างไรก็ตามแม้ว่าการใช้พืชตระกูลถั่วสำหรับเป็นวัตถุดิบอาหารไก่เนื้อยังมีข้อจำกัดเนื่องจากมีเยื่อใยสูง

หากแต่ในปัจจุบันกลับมีความพยายามในการใช้ประโยชน์จากข้อจำกัดของเยื่อใยระดับสูงให้เป็นประโยชน์ต่อปศุสัตว์ เนื่องจากโครงสร้างของผนังเซลล์พืชที่จัดเป็นเยื่อใยอาหาร เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน และ ลิกนิน เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นเยื่อใยอาหาร (dietary fiber) กล่าวคือ ประกอบด้วยส่วนของเยื่อใยพืชที่ไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยในระบบย่อยอาหาร หากแต่จะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ ทั้งนี้มีรายงานก่อนหน้านี้ที่ได้แสดงผลการเสริมอาหารที่มีแหล่งเยื่อใยอาหารต่อการพัฒนาต่อทางเดินอาหาร [14] และอาหารสัตว์ปีกที่มีเยื่อใยต่ำสามารถเพิ่มอุบัติการณ์ความผิดปกติของลำไส้ (incidence of enteric disorders) [15] นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงผลของเยื่อใยในอาหารที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาสมรรถภาพการผลิตและประสิทธิภาพการย่อยได้ของสัตว์ปีก [16] การพัฒนากระเพาะบด [14] การผลิตเอนไซม์ [17] โดยปริมาณเยื่อใยระดับปานกลางสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและการย่อยได้ของไก่เนื้ออายุ 0-21 วัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับแหล่งไขมันอื่นตัว [18]

ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาค้นคว้าการใช้ใบกล้วยคั่วเคี้ยวเป็นแหล่งโปรตีนและเยื่อใยอาหารในสูตรอาหารไก่เนื้อต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ปรากฏของโภชนา สมรรถภาพการผลิต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากกล้วยคั่วเคี้ยวเป็นวัตถุดิบอาหารโปรตีนทางเลือกและพัฒนาต่อยอดสำหรับเลี้ยงไก่เนื้อต่อไปในอนาคต

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การออกแบบการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยใช้ไก่เนื้อทางการค้า Ross 308® อายุ 1 วัน จำนวน 320 ตัว (ตัวผู้ 160 ตัว และ ตัวเมีย 160 ตัว) โดยสุ่มเพศผู้และเพศเมียเข้าสู่ในแต่ละหน่วยทดลองการทดลองภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) แบ่งเป็น 4 ทรีทเมนต์ ๆ ละ 4 ซ้ำ รวมทั้งหมด 16 หน่วยทดลอง ประกอบด้วย ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารควบคุม ทรีทเมนต์ที่ 2, 3 และ 4 คือ อาหารทดลองที่ใช้ใบกล้วยคั่วเคี้ยวที่ระดับ 5, 10, และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้การทดลองครั้งนี้มีการทำวัคซีนควบคุมโรคมาเร็กซ์ในวันที่ 1 รวมทั้งทำวัคซีนควบคุมโรคนิวคาสเซิลและหลอดลมอักเสบในวันที่ 7 และวัคซีนกัมโบโรโรในวันที่ 14 ของการทดลอง

2.2 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของใบกล้วยคั่วเคี้ยวและอาหารทดลอง

ทำการเก็บตัวอย่างใบกล้วยคั่วเคี้ยวที่อายุการตัด 60 วัน จากนั้นนำตัวอย่างเข้าอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ด้วยตู้อบลมร้อน (hot air

oven) เมื่อตัวอย่างแห้งทำการบดตัวอย่างแล้วเก็บใส่ถุงกันความชื้นเพื่อรอวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ทำการวิเคราะห์ทางห้องประกอบโภชนา คือ วัตถุแห้ง (dry matter: DM), โปรตีนหยาบ (crude protein: CP), ไขมันรวม (ether extract: EE), เยื่อใยหยาบ (crude fiber: CF) แคลเซียม (calcium) ฟอสฟอรัสรวม (total phosphorus) และ พลังงานรวม (gross energy) ตามวิธีของ [19] และ มีรายละเอียดของคุณค่าทางโภชนาจากการวิเคราะห์ดังแสดงใน Table 1 ส่วนอาหารไก่เนื้อทดลองชนิดผงประกอบด้วยข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐานแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรก (0 ถึง 21 วัน) มีโปรตีนหยาบ 23 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy: ME) 3,200 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และระยะสอง (22 ถึง 35 วัน) มีโปรตีนหยาบ 20 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 3,200 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมตามคำแนะนำของ [20] ดังแสดงใน Table 1 และ 2

2.3 การวัดการย่อยได้ปรากฏของโภชนาในอาหารไก่เนื้อ

ทำการวัดค่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนาในอาหารไก่เนื้อภายในตัวสัตว์ (*in vivo* nutrient digestibility) ด้วยวิธีการทดสอบการย่อยได้แบบปรากฏ (apparent nutrient digestibility) โดยใช้สารบ่งชี้ (indicator marker) คือ โครมิกซ็อกไซด์ (Cr_2O_3) 0.3 เปอร์เซ็นต์ในอาหารทดลองตามวิธีของ [21] โดยให้อาหารไก่เนื้อและให้น้ำสะอาดแบบเต็ม (ad libitum) วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ในช่วงที่ไก่เนื้ออายุ 0 ถึง 21 วัน แบ่งเป็น ช่วงที่ 1 ระหว่างวันที่ 1 ถึง 16 เป็นช่วงระยะปรับตัวของสัตว์ (adaptation period) และ ช่วงที่ 2 ระหว่างวันที่ 17 ถึง 21 เป็นช่วงเก็บตัวอย่างทดลอง (experimental period) จากนั้นทำการสุ่มเก็บอาหารทดลองเพื่อรอวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ส่วนมูลของไก่เนื้อแต่ละหน่วยทดลองเก็บลงในถุงที่มีกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 3 เปอร์เซ็นต์ แล้วรวบรวมตัวอย่างมูลเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส เพื่อรอวิเคราะห์โดยวิธีของ [22] จากนั้นนำตัวอย่างมูลมาละลายและนำเข้าอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและการบดตัวอย่างเพื่อนำตัวอย่างอาหารไก่เนื้อและตัวอย่างมูลไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้งโปรตีนหยาบ ไขมันรวม เยื่อใยหยาบ และ พลังงานรวม โดยวิธีของ [19] รวมถึงวิเคราะห์โครมิกซ็อกไซด์ในตัวอย่างอาหารไก่เนื้อทดลองและตัวอย่างมูลโดยวิธีของ [19] จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณค่าการย่อยได้ปรากฏของวัตถุแห้ง (apparent dry matter digestibility) และค่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนา (apparent nutrient digestibility) ตามวิธีของ [23] โดยการย่อยได้ปรากฏของวัตถุแห้ง หาจาก $(\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในมูล} - \% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในอาหาร}) \times 100 / \% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในมูล}$ และ ค่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนา หาจาก $100 - [100 \times \{(\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในอาหาร} / \% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในมูล}) \times (\% \text{โภชนาในมูล} / \% \text{โภชนาในอาหาร})\}]$

Table 1 Ingredients and chemical composition of experimental diets (0-21 day)

Ingredients (%)	Level of Centurion leaf meal supplementation in diet (%)				
	0	5	10	15	CPC ²
Corn	49.50	49.50	42.70	39.50	-
Soybean meal (44%CP)	36.50	35.10	33.80	32.50	-
Centurion leaf meal	0	5.00	10.00	15.00	100
Defatted rice bran	8.00	8.00	7.50	7.00	-
Rice bran oil	1.70	1.70	1.70	1.70	-
Limestone (CaCO ₃)	1.35	1.35	1.35	1.35	-
Dicacium phosphate (18%P)	2.10	2.10	2.10	2.10	-
Choline Chloride-L	0.03	0.03	0.03	0.03	-
NaCl	0.14	0.14	0.14	0.14	-
DL-Methionine (99%)	0.34	0.34	0.34	0.34	-
L-Threonine (98.5%)	0.15	0.15	0.15	0.15	-
Premix ¹	0.20	0.20	0.20	0.20	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition by laboratory analysis (%)					
Dry matter	91.81	91.99	91.43	91.96	94.11
Crude protein	23.43	23.94	23.47	23.32	18.78
Ether extract	3.33	3.45	3.12	3.12	1.88
Crude fiber	5.16	6.57	7.14	9.14	23.13
Ash	7.80	8.08	8.54	8.97	9.37
Total Calcium	0.30	0.27	0.25	0.27	2.59
Total Phosphorus	1.03	0.91	1.03	0.98	0.30
Gross energy (Kcal/kg)	3,979.30	4,033.60	4,012.30	3,973.90	3,742.13

¹ Each one kilogram of vitamin-mineral premix contained 20.02 MIU of retinal palmitate, 9.10 MIU of cholecalciferol, 136.50 g of DL-3-tocopheryl acetate, 5.46 g of phyloquinone, 5.46 g of thiamine, 14.56 g of riboflavin, 27.30 g of Ca-D-pantothenate, 7.28 g of pyridoxine, 109.20 g of niacin, 3.64 g of folic acid, 29.12 mg of cobalamin, 237.00 mg of D-biotin, 120 g of manganese, 3.00 g of selenium, 1,000 mg of zinc, 160.00 mg of copper, 400.00 mg of ferrous, 12.50 g of iodine. ² CPC: *Centrosema pascurum* cv. Cavalcade

2.4 การวัดสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการเลี้ยงไก่เนื้อ

ทำการวัดสมรรถภาพการผลิตใช้เวลาทั้งหมด 35 วัน แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ 0-21 วัน และ 22-35 วัน โดยการจัดการเลี้ยงไก่เนื้อในคอกขนาด 2.0 x 3.0 เมตร ภายในโรงเรือนแบบเปิดที่มีการจัดการแสงและอุณหภูมิตามสภาพแวดล้อมในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง มิถุนายน 2557 โดยจัดการให้ไก่เนื้อได้รับน้ำสะอาดและอาหารกินแบบเต็มที่ตลอดเวลา (*ad libitum*) ทำการจดบันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ น้ำหนักของไก่เนื้อ และจำนวนไก่ตาย แล้วคำนวณหาสมรรถภาพการผลิต 0-21 วัน 22-35 วัน และ 0-35 วัน ได้แก่ ปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อวัน (average daily feed intake: ADFI) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (average body weight gain: BWG) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain: ADG) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed conversion ratio: FCR (feed : gain)) ต้นทุนการผลิตเนื้อ

1 กิโลกรัม (feed cost per gain: FCG) ตามวิธีของ [24] จากสูตรดังนี้

$$FCR = ADFI/ADG$$

$$FCG = FCR \times \text{ราคาอาหาร 1 กิโลกรัม}$$

รวมถึงคำนวณหาอัตราการผลิต (Viability) และดัชนีประสิทธิภาพการผลิต (productive index: PI) ตามวิธีของ [25] จากสูตรดังนี้

$$Viability = [(จำนวนไก่ที่เหลือ \times 100) / \text{จำนวนไก่เริ่มต้น}]$$

$$PI = \frac{[(Viability \times \text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น} \times 100)}{(FCR \times \text{จำนวนวันที่เลี้ยง})}$$

นอกจากนี้คำนวณหาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (economic benefit return) คือ ต้นทุนค่าอาหารต่อตัว (feed cost per gain: FCG) มูลค่าจากการขายต่อตัว (salable bird return: SBR) กำไรสุทธิต่อตัว (net profits return per bird: NPR) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อ

การลงทุน (return of investment: ROI) ตามวิธีของ [26] จากสูตร

$$\begin{aligned} \text{FCG} &= (\text{FCR} \times \text{feed cost} \times \text{BWG}), \\ \text{SBR} &= (\text{price of live chicken (40 THB)} \times \text{BW}), \\ \text{NPR} &= (\text{SBR} - \text{FCG}), \\ \text{ROI} &= (\text{NPR} / \text{FCG}) \times 100 \end{aligned}$$

2.5 การวัดลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

ทำการอดอาหารอย่างน้อย 6 ชั่วโมงวันสุดท้ายของการทดลอง แล้วสุ่มไก่เนื้อ 4 ตัวต่อหน่วยทดลอง (ตัวผู้และตัวเมีย) เพื่อฆ่าชำแหละและตัดแต่งชิ้นส่วนแล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์อวัยวะภายในต่อน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์กระดูก ต่อน้ำหนักตัว คำนวณเปอร์เซ็นต์ซาก [(carcass percentage = {(carcass weight/ live weight) × 100}] เปอร์เซ็นต์ซากเย็น [(chill carcass percentage = {(chill carcass weight/ live

weight) × 100}] และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง [(cutting percentage = {(cutting weight/ carcass weight × 100}] ตามวิธีของ [27] นอกจากนั้นตัวอย่างเนื้ออกวัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ประกอบด้วย dip loss, boiling loss, trawling loss และ roasting loss ตามวิธีของ [28] อีกทั้งวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้ออกในที่ 45 นาที (pH 45 min.) และหลังเก็บรักษาที่ 24 ชั่วโมง (pH 24h) โดยใช้ pH meter รุ่น pH 211, Hanna, Padua, Italy ตามวิธีของ [29] รวมทั้งทำการวัดค่าสีของเนื้อไก่หลังเก็บรักษาเนื้ออกไก่ที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง คือ ความสว่าง (lightness: L*), สีแดง (redness: a*) และ สีเหลือง (yellowness: b*) โดยใช้ Minolta Chroma Meter (CR 400 Osaka, Japan) ตามวิธี [30]

Table 2 Ingredients and chemical composition of experimental diets (22-35 day)

Ingredients (%)	Level of Centurion leaf meal supplementation in diet (%)				
	0	5	10	15	CPC ²
Corn	46.92	43.30	39.70	36.90	-
Soybean meal (44%CP)	30.90	29.50	28.00	27.00	-
Centurion leaf meal	0	5.00	10.00	15.00	100
Defatted rice bran	12.50	12.60	12.70	11.50	-
Rice bran oil	5.56	5.56	5.56	5.56	-
Limestone (CaCO ₃)	1.20	1.20	1.20	1.20	-
Dicaciumphosphate (18%P)	1.90	1.90	1.90	1.90	-
Choline Chloride-L	0.03	0.03	0.03	0.03	-
NaCl	0.23	0.23	0.23	0.23	-
DL-Methionine (99%)	0.28	0.28	0.28	0.28	-
L-lysine (98.5%)	0.22	0.22	0.22	0.22	-
L-Threonine (98.5%)	0.06	0.06	0.06	0.06	-
Premix ¹	0.02	0.02	0.02	0.02	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition by laboratory analysis (%)					
Dry matter	91.44	91.86	91.42	91.22	94.11
Crude protein	20.38	20.44	20.52	20.19	18.78
Ether extract	7.53	6.92	7.41	7.47	1.88
Crude fiber	4.24	6.24	7.41	8.37	23.13
Ash	6.33	7.17	7.91	7.71	9.37
Total Calcium	0.31	0.34	0.35	0.39	2.59
Total Phosphorus	0.92	0.99	0.93	0.86	0.30
Gross energy (Kcal/kg)	4,089.60	4,069.90	4,148.90	4,082.00	3,742.13

¹ Each one kilogram of vitamin–mineral premix contained 20.02 MIU of retinal palmitate, 9.10 MIU of cholecalciferol, 136.50 g of DL-3-tocopheryl acetate, 5.46 g of phyloquinone, 5.46 g of thiamine, 14.56 g of riboflavin, 27.30 g of Ca-D-pantothenate, 7.28 g of pyridoxine, 109.20 g of niacin, 3.64 g of folic acid, 29.12 mg of cobalamin, 237.00 mg of D-biotin, 120 g of manganese, 3.00 g of selenium, 1,000 mg of zinc, 160.00 mg of copper, 400.00 mg of ferrous, 12.50 g of iodine. ² CPC: *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ด้วย general linear model (GLM) โดยใช้แบบพหุ $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ เมื่อ Y_{ij} แทน ค่าสังเกตจากทรีทเมนต์ กำหนดให้ μ คือ ค่าเฉลี่ยร่วม (common mean) ส่วน τ_i คือ อิทธิพลของทรีทเมนต์ (treatment effect) ที่ i เมื่อ i = การเสริมใบถั่วควาเคดที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ และ ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนของการทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วย Tukey's studentized range test (HSD) และวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูล (trend analysis) ด้วย orthogonal polynomial ตามวิธีของ [31] โดยใช้โปรแกรม R version 3.3.1 ตามวิธีของ R Core Team (2016)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลการใช้ประโยชน์ได้ของใบถั่วควาเคดในอาหารต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะของไก่เนื้อ

การเสริมใบถั่วควาเคดในอาหารไก่เนื้อต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะของไก่เนื้อ พบว่า การเพิ่มระดับของการเสริมใบถั่วควาเคดในอาหารของไก่เนื้อมีผลทำให้การย่อยได้ปรากฏของวัตถุดิบและเยื่อใยของไก่เนื้อ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสาม (cubic, $P < 0.05$) โดยไก่เนื้อกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับการเสริมใบถั่วควาเคด 5 เปอร์เซ็นต์มีการย่อยได้ปรากฏของวัตถุดิบและเยื่อใยของไก่เนื้อสูงกว่าการเสริมระดับอื่น ($P < 0.05$) ส่วนการย่อยได้ปรากฏของโปรตีนหยาบ ไขมันรวม และ พลังงานรวมของไก่เนื้อมีค่าใกล้เคียงกันระหว่างกลุ่มการทดลอง ($P > 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มระดับของการเสริมใบถั่วควาเคดในอาหารไก่เนื้อมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ต่อวัยระยะภายในและเปอร์เซ็นต์กระเพาะปัสสาวะต่อตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสอง (quadratic, $P < 0.05$) ดังแสดงใน Table 3 การทดลองครั้งนี้ให้ผลการทดลองในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยอื่นๆก่อนหน้านี้ โดยมีข้อสันนิษฐานที่น่าเชื่อถือเกี่ยวกับการเพิ่มเยื่อใยในสูตรอาหารมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของท่อทางเดินอาหารแต่ละส่วนขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของเยื่อใยที่ไก่เนื้อได้รับ ทั้งนี้จากการทดลองของ [17] พบว่า การเสริมเปลือกข้าวโอ๊ต (Oat hull: OH) ที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารสามารถเพิ่มน้ำหนักของกระเพาะปัสสาวะได้ เนื่องจาก OH มีปริมาณลิกนินค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องบดและย่อยอาหารมากกว่าอาหารกลุ่มควบคุม อีกทั้งยัง พบว่า แหล่งของเยื่อใยจะชะลอการไหลผ่านของอาหารเข้าสู่กระเพาะอาหารของไก่เนื้อเนื่องจากอาหารอนุภาคหยาบจะถูกเก็บไว้ในกระเพาะปัสสาวะมากกว่าอาหารอนุภาคเล็ก [16] นอกจากนี้ [14] การเพิ่มขึ้นของขนาดกระเพาะปัสสาวะที่เป็นผลมาจากการเพิ่มปริมาณเยื่อใยส่งผลต่อการพัฒนาที่เพิ่มขึ้นของชั้นกล้ามเนื้อของท่อทางเดินอาหาร (muscular layer) ซึ่งการค้นพบนี้มีความสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักกระเพาะปัสสาวะในไก่

เนื้อที่ได้รับใบถั่วควาเคดของการทดลองครั้งนี้ นอกจากนี้หลายงานวิจัยยังชี้ว่าการเสริมเยื่อใยอาหารสามารถส่งเสริมการย่อยได้ของโภชนะของไก่เนื้อ กล่าวคือ [33] พบว่า มีการย่อยได้ของโภชนะปรากฏที่เพิ่มขึ้นในไก่เนื้ออายุ 18 วันที่ได้รับแหล่งเยื่อใย คือ เปลือกข้าวโอ๊ต หรือ เปลือกถั่วเหลืองที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการใช้อาหารแหล่งเยื่อใยจะถูกเก็บในท่อทางเดินอาหารในส่วนบนเป็นเวลานานส่งผลต่อการกระตุ้นการทำงานของกระเพาะปัสสาวะ [34] และเพิ่มการผลิตกรดไฮโดรคลอริก [35] ทำให้ความเป็นกรดต่างของกระเพาะอาหารต่ำสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เปปซินและการย่อยของโปรตีน รวมถึงการเพิ่มความสามารถในการละลายของแร่ธาตุในอาหารสัตว์อันจะมีผลต่อการดูดซึมของแร่ธาตุ [36] นอกจากนี้ยังอาจทำให้เกิดการไหลย้อนของอาหารจากลำไส้เล็กส่วนต้นสู่กระเพาะปัสสาวะเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการผสมของ digesta กับเอนไซม์และปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร [37] จากรายงานของ [38] พบว่า การเสริมเปลือกข้าวโอ๊ต สามารถเพิ่มปริมาณของกรดน้ำดี (bile acids) ใน chime ของไก่เนื้อซึ่งมีส่วนสำคัญในการเพิ่มการย่อยได้ของไขมันของไก่เนื้อ [39] พบว่า แหล่งของเยื่อใยมีผลต่อการเพิ่มกิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสและลดกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส [40] ทั้งนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับการใช้ฟางข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีส่วนของโปรตีนสูงขึ้นเนื่องจากการหมักของจุลินทรีย์และวิธีการให้น้ำจะทำให้โครงสร้างเยื่อใยแตกออกทำให้มีปริมาณ saccharide เพิ่มขึ้นโดยการทำปฏิกิริยาละลายโพลิเมอร์ของผนังเซลล์ดังนั้นความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่สูงขึ้นและอาจมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสันนิษฐานว่า กิจกรรมของเซลล์ในกระเพาะปัสสาวะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งและองค์ประกอบของเยื่อใย ปริมาณของแบคทีเรียเซลล์และการทำงานของเอนไซม์ที่แตกต่างกันจากรายงาน [16] พบว่า ปริมาณของ microbiota ในท่อทางเดินอาหารส่วนปลายมีผลจากปริมาณและชนิดของเยื่อใยอาหารและองค์ประกอบของอาหารพื้นฐาน ทั้งนี้จากคำอธิบายข้างต้นมีสอดคล้องกับผลศึกษาครั้งนี้ที่แสดงผลการย่อยได้ของสิ่งแห้งของไก่เนื้อกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับการเสริมใบถั่วควาเคด 5 เปอร์เซ็นต์มีการย่อยได้ของวัตถุดิบและเยื่อใยของไก่เนื้อสูงสุด ($P < 0.05$) อีกทั้งมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าแหล่งของแหล่งเยื่อใยอาหารที่แตกต่างกันต่อการปรับปรุงนิเวศวิทยาของจุลินทรีย์ในท่อทางเดินอาหารที่โดดเด่น [41] โดยเฉพาะอย่างยิ่งในของเหลวในไส้ตันที่ส่งผลให้มีเอนไซม์เซลล์ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ [42] พบว่า จำนวน *Lactobacillus* เมื่อไก่เนื้อได้รับเปลือกหัวบีบเป็นแหล่งเยื่อใยและไม่พบความแตกต่างเมื่อใช้เปลือกข้าวโอ๊ต

3.2 ผลการใช้ประโยชน์ได้ของใบถั่วควาเคดในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การเสริมใบถั่วควาเคดในอาหารไก่เนื้อต่อการย่อยได้ของโภชนะของไก่เนื้อ พบว่า ไก่เนื้อในช่วงอายุ 0 ถึง

21 วัน มีปริมาณการกินได้ใกล้เคียงกันระหว่างกลุ่มการทดลอง ($P>0.05$) ส่วนการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและดัชนีประสิทธิภาพการผลิตสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ($P>0.05$) หากแต่น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีค่าใกล้เคียงกันกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ทั้งนี้ระดับของการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และดัชนีประสิทธิภาพการผลิตมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (quadratic, $P<0.05$) ดังแสดงใน Table 4

ไก่เนื้อในช่วงอายุ 22 ถึง 35 วัน มีปริมาณการกินได้ใกล้เคียงกันระหว่างกลุ่มการทดลอง ($P>0.05$) ส่วนการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและดัชนีประสิทธิภาพ

การผลิตสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ($P>0.05$) หากแต่การเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์มีผลต่อการน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ทั้งนี้ระดับของการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และดัชนีประสิทธิภาพการผลิตมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (quadratic, $P<0.05$) ดังแสดงใน Table 4

ส่วนไก่เนื้อในช่วงอายุ 0 ถึง 35 วัน พบว่า การเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 0, 5, และ 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการใช้อาหารและ ดัชนีประสิทธิภาพการผลิตใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) และ สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ (quadratic, $P<0.05$) ดังแสดงใน Table 4

Table 3 Effect of dietary Centurion leaf meal supplementation on apparent nutrient digestibility and internal organ

Apparent nutrient digestibility and internal organ (%)	Level of Centurion leaf meal supplementation in diets (%)				SEM	Trend analysis		
	0	5	10	15		L	Q2	C
Dry matter	93.55 ^A	91.21 ^{AB}	84.07 ^C	80.53 ^D	0.17	**	**	**
Crude protein	84.08	85.80	83.99	82.82	2.48	NS	NS	NS
Ether extract	84.17	83.25	84.25	84.75	0.31	NS	NS	NS
Crude fiber	65.44 ^A	58.28 ^{AB}	53.07 ^B	48.18 ^B	0.78	**	*	*
Gross energy	84.37	89.86	87.81	88.39	2.49	NS	NS	NS
Internal organ	11.83 ^B	14.07 ^A	12.99 ^A	11.09 ^B	0.21	**	**	NS
Gizzard	2.97 ^B	2.95 ^{AB}	3.05 ^A	3.31 ^A	0.08	**	**	NS

^{A, B, C} Means in the same row with difference letter are significantly different at $P<0.01$, * Means in the same row with difference letters are significantly different at $P < 0.05$, ** Means in the same row with difference letters are significantly different at $P < 0.01$, ^{NS} not significant different at $P > 0.05$, L = Linear, Q2 = Quadratic, C = Cubic

ผลการทดลองในครั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงการเพิ่มระดับของการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในสูตรอาหารทำให้ระดับเชื้อในสูตรอาหารสูงขึ้น แต่ส่งผลต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่เนื้อในช่วงอายุ 0-21 วัน 22-35 วัน และ 0-35 วัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในสูตรอาหาร 5 % ในสูตรอาหาร หากแต่การเสริมใบถั่วคาวาลเคดในสูตรอาหารในระดับ 15 % ในสูตรอาหารส่งผลต่อแนวโน้มของสมรรถนะการผลิตที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากระดับของเชื้อในสูตรอาหารสูงเกินไป ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ สอดคล้องกับงานทดลองของ [43] ในไก่เนื้อและ [44] ในไก่ไข่ รายงานว่า เมื่อเพิ่มระดับเชื้อในอาหารส่งผลต่อการลดสมรรถนะการผลิต อีกทั้งประเภทและระดับของเชื้อในอาหารที่เสริมในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน มีผลต่อสภาวะสุขภาพของสัตว์ที่ต่างกัน หากแต่การทดลองครั้งนี้การเสริมใบถั่วคาวาลเคด 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

น่าจะส่งผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการผลิตสูงกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากไก่เนื้อได้รับเชื้อในอาหารมากขึ้นและสามารถใช้ประโยชน์การย่อยได้ของสัตว์ปีก [16] การพัฒนากระเพาะ [14] การผลิตเอนไซม์ [17] ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับข้อสังเกต [43] ที่ทำการเลี้ยงไก่เนื้อแบบปล่อยพื้นที่ใช้กลายเป็นวัสดุรองพื้นความต้องการเชื้อในอาหารลดลง และ [38] สังเกตว่าไก่เนื้อมีความต้องการเชื้อเมื่ออาหารที่มีเชื้อจำกัดโดยการจิกกินวัสดุรองพื้นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลการทดลองครั้งนี้ยังแสดงให้เห็นถึงผลของการใช้ประโยชน์จากใบถั่วคาวาลเคดเป็นแหล่งเชื้อในอาหารที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่เนื้อในช่วง 0-21 วัน ที่สามารถเพิ่มน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น สอดคล้องกับ [18] พบว่า ปริมาณเชื้อในระดับปานกลางในสูตรอาหารสามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและการย่อยได้ของไก่เนื้ออายุ 0-21 วัน เมื่อใช้ร่วมกับแหล่งไขมัน

นอกจากนี้การทดลองในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมใบ
ถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถ
ลดต้นทุนค่าอาหารตามระดับของการเสริมใบถั่วคาวาลเคดใน
อาหารไก่เนื้อที่เพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสาม (cubic, $P<0.05$)
และการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 0- 10
เปอร์เซ็นต์ ทำให้มูลค่าจากการขายต่อตัวและกำไรสุทธิต่อตัว
ใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) หากแต่มูลค่าจากการขายต่อตัวและกำไร
สุทธิต่อตัวจะลดลงตามระดับของการเสริมใบถั่วคาวาลเคดใน
อาหารไก่เนื้อที่เพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสาม (cubic, $P<0.05$)

เช่นกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงอัตราผลตอบแทนจากการเลี้ยง
ไก่เนื้อ พบว่า การเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อ 5-10
เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มผลกำไรตอบแทนจากการเลี้ยงสูงกว่า
กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) โดยการเพิ่มระดับของการเสริมใบถั่ว
คาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อสามารถเพิ่มผลกำไรตอบแทนจาก
การเลี้ยงแบบเส้นโค้งกำลังสาม (cubic, $P<0.05$) ดังแสดงใน
Table 4 ดังนั้นการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารไก่เนื้อจึง
เป็นอีกหนึ่งแนวทางสำหรับการเลี้ยงไก่เนื้อเพื่อลดต้นทุนและ
เพิ่มอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนสำหรับเกษตรกร

Table 4 Effect of dietary Centurion leaf meal supplementation on performance and economic return

Performance and economic return	Level of Centurion leaf meal supplementation in diets (%)				SEM	Trend analysis		
	0	5	10	15		L	Q2	C
Body weight gain: BWG (g/bird)								
-0-21 day	789.19 ^{ab}	802.51 ^a	754.18 ^b	639.19 ^c	7.91	**	*	NS
-22-35 day	1,503.45 ^a	1,456.50 ^{ab}	1,433.44 ^b	1,349.98 ^c	19.95	**	*	NS
-Overall	2,292.64 ^a	2,259.01 ^a	2,187.62 ^{ab}	1,989.17 ^b	30.12	**	*	NS
Average daily gain: ADG (g/bird/day)								
-0-21 day	37.58 ^{ab}	38.21 ^a	35.91 ^b	30.43 ^c	0.38	**	*	NS
-22-35 day	107.38	104.03	102.38	97.85	3.95	NS	NS	NS
-Overall	65.50	64.54	62.50	56.83	8.89	NS	NS	NS
Average daily feed intake: ADFI (g/bird/day)								
-0-21 day	58.20	53.60	55.18	58.20	1.39	NS	NS	NS
-22-35 day	188.28 ^A	174.01 ^{AB}	167.95 ^B	142.67 ^C	3.68	**	NS	NS
-Overall	115.33	106.43	105.42	98.38	4.74	NS	NS	NS
Feed conversion ratio: FCR (feed:gain)								
-0-21 day	1.54 ^b	1.40 ^c	1.53 ^b	1.91 ^a	0.06	**	*	NS
-22-35 day	1.75 ^a	1.67 ^b	1.64 ^b	1.65 ^b	0.04	**	*	NS
-Overall	1.76 ^{ab}	1.64 ^b	1.68 ^b	1.83 ^a	0.05	**	*	NS
Viability (%)								
-0-21 day	100.00	100.00	100.00	100.00	-	NS	NS	NS
-22-35 day	100.00	97.77	97.77	97.77	0.96	NS	NS	NS
-Overall	100.00	97.77	97.77	97.77	0.96	NS	NS	NS
Productive index (PI)								
-0-21 day	244.03 ^b	272.96 ^a	234.73 ^b	229.36 ^c	2.74	**	*	NS
-22-35 day	599.97 ^b	609.08 ^a	610.40 ^a	615.01 ^a	4.59	**	*	NS
-Overall	363.88 ^b	384.78 ^a	363.75 ^b	338.52 ^c	4.28	**	*	NS
Economic benefit return (THB/Bird)								
FCG ¹	66.58 ^a	61.13 ^{ab}	60.64 ^b	59.78 ^c	0.07	**	*	*
SBR ²	87.12 ^a	85.84 ^a	83.13 ^{ab}	75.59 ^c	3.12	**	*	*
NPR ³	20.54 ^b	24.71 ^a	22.49 ^{ab}	18.81 ^c	1.34	**	*	*
ROI (%) ⁴	30.85 ^c	40.42 ^a	37.09 ^{ab}	33.13 ^b	2.11	**	*	*

^{a, b, c} Means in the same row with difference letter are significantly different at $P<0.05$, ^{A, B, C} Means in the same row with difference letter are significantly different at $P<0.01$, * Means in the same row with difference letters are significantly different at $P < 0.05$, ** Means in the same row with difference letters are significantly different at $P < 0.01$, ^{NS} not significant different at $P> 0.05$, L = Linear, Q2 = Quadratic, C = Cubic, ¹Feed cost per gain (FCG) = $[(FCR \times \text{feed cost}) \times 100] / (\text{Survival} \times \text{BWG})$, ²Salable bird return (SBR) = $(\text{Price of live chicken (40 Baht)} \times \text{BWG})$, ³Net profits return per bird (NPR) = $(\text{SBR} - \text{FCG})$, ⁴Return of investment (ROI) = $(\text{NPR} / \text{FCG}) \times 100$

Table 4 Effect of dietary Centurion leaf meal supplementation on carcass and meat quality in broiler

Carcass and meat quality	Level of Centurion leaf meal supplementation in diets (%)				SEM	Trend analysis		
	0	5	10	15		L	Q2	C
Carcass and cutting percentage (% of body weight)								
-Carcass	77.31	78.53	78.31	78.27	0.32	NS	NS	NS
-Chill carcass	75.76	76.95	76.74	76.70	0.28	NS	NS	NS
-Breast	14.77	16.41	15.9	15.89	0.25	NS	NS	NS
-Fillet	3.21	3.49	3.48	3.70	0.08	NS	NS	NS
-Thigh	12.67	13.02	12.62	13.46	0.18	NS	NS	NS
-Drum stick	10.74	10.46	10.45	10.06	0.07	NS	NS	NS
-Wing	9.62	8.72	8.64	8.75	0.10	NS	NS	NS
-Skeletal bone	17.53	17.43	16.46	17.23	0.16	NS	NS	NS
pH								
-45 min	5.98	5.89	5.94	5.91	0.24	NS	NS	NS
-24 hour	5.34	5.40	5.32	5.37	0.21	NS	NS	NS
Color at 24 after chill storage at 4 °C								
-L* (Lightness)	47.50	44.55	44.18	47.80	0.76	NS	NS	NS
-a* (Redness)	1.19	1.55	1.93	1.90	0.24	NS	NS	NS
-b* (Yellowness)	9.93	11.01	10.97	12.98	0.36	NS	NS	NS
Water holding capacity (%)								
-Dip loss	13.41	12.90	13.13	13.77	0.58	NS	NS	NS
-Cooking loss	27.77	30.34	28.12	29.87	0.58	NS	NS	NS
-Trawling loss	9.81	10.11	10.40	10.98	0.35	NS	NS	NS
-Roasting loss	24.89	24.15	24.64	22.71	0.29	NS	NS	NS

NS not significant different at $P > 0.05$ by Orthogonal Polynomial, L = Linear, Q2 = Quadratic, C = Cubic

3.3 ผลการใช้ประโยชน์ได้ของใบถั่วควาลเคตในอาหารต่อลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ

การเสริมใบถั่วควาลเคตในอาหารไก่เนื้อไม่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ซากและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วน ($P > 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมใบถั่วควาลเคตในอาหารไก่เนื้อไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่างที่ 45 นาทีและที่ 24 ชั่วโมง รวมถึงไม่มีผลต่อการสูญเสียเนื้อของเนื้อไก่ ($P > 0.05$) ดังแสดงใน Table 5 ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการทดลองของ [44] พบว่า การเสริมถั่วอัลฟัลฟาไม่มีผลต่อความเป็นกรดต่างและความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่ ($P > 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมใบถั่วควาลเคตในอาหารไก่เนื้อไม่มีผลต่อความสว่าง (L*) สีแดง (redness: a*) และ สีเหลือง (yellowness: b*) หากแต่ค่าเฉลี่ยของการทดลองในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นถึงคะแนนสีของเนื้ออกหลังเก็บที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง คือ ค่าสีแดง (1.19 vs 1.55, 1.93, และ 1.90) และ ค่าสีเหลือง (9.93 vs 11.01, 10.97, และ 12.98) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แม้ว่าการทดลองครั้งนี้จะไม่พบความแตกต่างของคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ แต่การทดลองครั้งนี้ได้แสดงผลที่น่าสนใจเกี่ยวกับการเพิ่มระดับการเสริมใบถั่วควาลเคต

ในอาหารไก่เนื้อต่อการเพิ่มขึ้นของคะแนนสีของเนื้ออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าสีเหลือง แม้ว่าจะไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ก็เป็นที่ทราบกันดีถึงข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับการให้อาหารที่มีคาร์โรทีนอยด์สำหรับสัตว์ปีกจะมีผลต่อการเพิ่มระดับความเข้มสีในเนื้อไก่และไข่ไก่ได้ หากแต่การทดลองนี้ไม่แสดงผลที่ชัดเจนอาจเนื่องจากใบถั่วควาลเคตพบสัดส่วนของสารสีกลุ่มคลอโรฟิลล์สูงแต่กลับพบมีสารสีธรรมชาติอื่นค่อนข้างน้อยกว่า เช่น แบต้าแคโรทีน แอสตาแซนทีน ไลโคปีน และ แอนโทไซยานิน เป็นต้น ซึ่งเป็นสารให้สีส้ม สีเหลือง และสีแดง ส่งผลให้คะแนนสีเนื้ออกไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยการส่งผ่านสารสีในอาหารสามารถส่งผ่านร่วมกับการขนส่งไขมันเมื่อมีการย่อยและดูดซึมเข้าสู่เข้าสู่เลือดแล้วส่งผ่านไปสู่เป้าหมาย คือ ผิวหนังและไข่แดง [48] ทั้งนี้จากรายงานของ [45] พบว่า การเสริมพืชที่มีคาร์โรทีนอยด์สูงที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของคาร์โรทีนอยด์ในผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นยังมีการศึกษาผลในการเพิ่มความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีนมีมากในพืช รวมถึงพืชตระกูลถั่ว คือ ถั่วอัลฟัลฟามีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน [48] ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เนื้อต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของ

เนื้อได้ ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำเนื้อไก่ให้ผลใกล้เคียงกันกับคะแนนสีที่ไม่แตกต่างกันในระหว่างกลุ่มการทดลอง ทั้งนี้ [47] พบว่า นอกเหนือจากการพัฒนาคะแนนสีของผลิตภัณฑ์แล้วสารเบต้าแคโรทีนยังมีความสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระในการพัฒนาสุขภาพของตัวไก่และการพัฒนาการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันและรายงาน [32] พบว่า สามารถใช้ถั่วอัลฟัลฟาในสูตรอาหารไก่ไข่ระยะแรกได้โดยการเสริมถั่วอัลฟัลฟาที่ระดับต่ำสำหรับการปรับปรุงคุณภาพและผลผลิตไข่ ทั้งนี้การเพิ่มสารสีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์นอกจากความสามารถรักษาเสถียรภาพออกซิเดชันแล้วการเพิ่มสารสีธรรมชาติยังเป็นประโยชน์ทางด้านสุขภาพของผู้บริโภคอีกด้วย

4. สรุป

การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารของไก่เนื้อแปรรูปผัสดต่อการย่อยได้ของวัตถุดิบและเยื่อใยของไก่เนื้อ แต่ไม่มีผลต่อการย่อยได้ของ โปรตีนหยาบ ไขมันรวม และพลังงานรวม ทั้งยังพบว่า ไก่เนื้อที่มีปริมาณการกินได้ที่ใกล้เคียงกันและสามารถเพิ่มน้ำหนักตัวสุดท้าย ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และดัชนีประสิทธิภาพการผลิต นอกจากนี้การเสริมใบถั่วคาวาลเคดในอาหารสามารถลดต้นทุนค่าอาหารและเพิ่มผลตอบแทนจากการลงทุนเลี้ยงไก่เนื้อสูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ การทดลองนี้แนะนำการเสริมใบถั่วคาวาลเคดที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร เพื่อพัฒนาการย่อยได้ของโภชนาและสมรรถภาพการผลิต

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรีที่อนุเคราะห์ตัวอย่างใบถั่วคาวาลเคดในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่หมวดสัตว์ปีก ศูนย์ฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร รวมถึงห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากรที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้ ท้ายที่สุดขอขอบคุณทุกท่านที่มีบทบาทในงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. Reference

[1] Hammershøj, M. and S. Steenfeldt. 2005. "Effects of blue lupin (*Lupinus angustifolius*) in organic layer diets and supplementation with foraging material on egg production and some egg quality parameters". *Poultry Science*. 84: 723–733.

[2] Laudadio, V. and et al. 2011. "Productive traits and meat fatty acid profile of broiler chickens fed diets containing micronized fava beans (*Vicia faba* L. var. minor) as the main protein source". *Journal of Applied Poultry Research*. 20: 12–20.

[3] Khan, R.U. and et al. 2011. "Zinc-induced moulting: Production and physiology". *Worlds Poultry Science Journal*. 67: 497–506.

[4] Krauze, M. and E.R. Grela. 2010. "Effects of an alfalfa concentrate in turkey diets on performance and some blood parameters". *Archiv Fur Geflugelkunde*. 74: 226–232.

[5] Rao, A.V. and D.M. Gurfinkel. 2000. "The bioactivity of saponins: triterpenoid and steroidal glycosides, Drug Metabol". *Drug Interaction*. 17: 211–235.

[6] Francis, G. and et al. 2002. "The biological action of saponins in animal systems: a review". *British. Journal Nutrition*. 88: 587–605.

[7] Story, J.A. and et al. 1984. "Interactions of alfalfa plant and sprout saponins with cholesterol in vitro and in cholesterol-fed rats". *The American Journal of Clinical Nutrition*. 39: 917–929.

[8] Chowdhury, S.R. and et al. 2002. "Effects of dietary garlic on cholesterol metabolism in laying hens". *Poultry Science*. 81: 1856–1862.

[9] Güçlü, B.K. and et al. 2004. "Effect of alfalfa meal in diets of laying quails on performance, egg quality and some serum parameters". *Archives of Animal Nutrition*. 58: 255–263.

[10] Jiang, J.F. and et al. 2012. "Effects of alfalfa meal on carcass quality and fat metabolism of Muscovy ducks". *British Poultry Science*. 53: 681–688.

[11] Dansky, L.M., 1971. "A role for alfalfa in high efficiency broiler rations". *Poultry Science*. 50:1569–1574.

[12] Aziz, N. and et al. 2005. "Transcriptome analysis of alfalfa glandular trichomes". *Planta*. 221: 28–38.

- [13] Schweigert, F. and et al. 2002. "Effect of dietary β -carotene on the early embryonic development and uterine fluid composition in gilts". **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. 86: 265–272.
- [14] González-Alvarado, J.M. and et al. 2008, Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice, *Poultry Science* 87: 1779–1795.
- [15] Montagne, L. and et al. 2003. "A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals". **Animal Feed Science and Technology**. 108: 95–117.
- [16] Mateos, G.G. and et al. 2012. "Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics". **Journal of Applied Poultry Research**. 21:1 56–174.
- [17] Svihus, B. and et al. 2002. "Passage rate through the anterior digestive tract of broiler chickens fed on diets with ground and whole wheat". **British Poultry Science**. 43: 662–668.
- [18] Jiménez-Moreno, E. and et al. 2009. "Effects of source of fibre on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers". **Animal Feed Science and Technology**. 154: 93–101.
- [19] AOAC. 2000, Official Methods of Analysis. 17th ed., Assoc. off analysis chemistry, Gaithersburg, MD, USA.
- [20] NRC. 1994. "Nutrient Requirements of Poultry", 9th revised edition. National academy press. Washington, D.C.
- [21] Fenton, T.W. and M. Fenton. 1979. "An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces". **Canadian Journal of Anim. Science**. 59: 631-634.
- [22] Giang, H.H. and et al. 2012. "Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii*". **Livestock Science**. 143: 132-141.
- [23] Sharifi, S.D. and et al. 2012. "Effects of flavomycin and probiotic supplementation to diets containing different sources of growth performance, intestinal morphology, apparent metabolizable energy, and fat digestibility in broiler chickens". **Poultry Science**. 91: 918-927.
- [24] Zhao, L. and et al. 2013. "Effects of dietary supplementation with fermented gingo-leaves on performance egg quality lipid metabolism and egg-yolk fatty acid composition in broiler chickens". **Livestock Science**. 155: 77-85.
- [25] Khaksefidi, A. and Sh. Rahimi. 2005. "Effect of probiotic inclusion in the diet of broiler chicken on performance, feed efficiency and carcass quality". **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. 18(8): 1153-1156.
- [26] Nopparatmaitree, M., and et al. 2015. Effect of dietary synbiotic (Syn-Bac[®]) supplementation in broiler diets on productive performance, nutrient digestibility, small intestine histomorphology, carcass and meat quality. **Agriculture Journal**. 31(3):107-124. (Thai version)
- [27] S. Jaturasittha. 2010. "Meat Technology". 3rd Ed, Department of Animal Science and Aquaculture Faculty of agriculture Chiangmai University. Chiangmai. 241. (Thai version)
- [28] Liu, X. and et al. 2012. "Growth performance and meat quality of broiler chickens supplemented with *Bacillus licheniformis* in drinking water". **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. 25(5): 682-689.

- [29] Zhou, X. and et al. 2010. "Effect of dietary probiotic, *Bacillus coagulans*, on growth performance, chemical composition, and meat quality of Guangxi Yellow chicken". **Poultry Science**. 89: 588-593.
- [30] Ao, X. J. and et al. 2011. "Effects of fermented garlic powder supplementation on growth performance, blood profile and breast meat quality in broilers". **Livestock Science**. 141: 85-89.
- [31] Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1992, Principles and Procedure Statistic. 2nd Edn., McGraw-Hill Book.
- [32] R Core Team, 2016, R. A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, URL <http://www.R-project.org/>.
- [33] González-Alvarado, J.M. and et al. 2007. "Effects of cereal, heat processing of the cereal, and fiber on productive performance and digestive traits of broilers". **Poultry Science**. 86: 1705–1715.
- [34] Hetland, H. and et al. 2003. "Effects of oat hulls and wood shaving on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat" **British Poultry Science**. 44: 275–282.
- [35] Duke, G.E. 1986. "Alimentary canal: Secretions and digestion, special digestion functions and absorption in Avian Physiology" P. D. Sturkie ed. Springer-Verlag. New York. 289–302.
- [35] Guinotte, F. and et al. 1995. "Calcium solubilization and retention in the gastrointestinal tract in chicks (*Gallus domesticus*) as a function of gastric acid secretion inhibition and of calcium carbonate particle size". **British Journal of Nutrition**. 73: 125–139.
- [37] Gabriel, I. and et al. 2003. "Differences in the digestive tract characteristics of broiler chickens fed on complete pelleted diet or on whole wheat added to pelleted protein concentrate" **British Poultry Science**. 44: 283–290.
- [38] Hetland, H. and et al. 2014. "Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers". **Journal of Applied Poultry Research**. 14: 38–46.
- [39] He L.W. and et al. 2015. "Influence of feeding alternative fiber sources on the gastrointestinal fermentation, digestive enzyme activities and mucosa morphology of growing Greylag geese". **Poultry Science**. 94(10): 2464–2471.
- [40] Wang, K. and et al. 2009. "Influence of steaming explosion time on the physic-chemical properties of cellulose from Lespedeza stalks (*Lespedeza crytobotrya*)". **Bioresource Technology**. 100: 5288–5294.
- [41] Dunkley, K.D. and et al. 2007. "Comparison of in vitro fermentation and molecular microbial profiles of high-fiber feed substrates incubated with chicken cecal inocula" **Poultry Science**. 86: 801–810.
- [42] Jimenez-Moreno, E. and et al. 2011. "Effects of the inclusion of oat hulls or sugar beet pulp in the diet on gizzard characteristics, apparent ileal digestibility of nutrients, and microbial count in the ceca in 36- day-old broilers reared on floor" **Poultry Science**. 90 (Suppl. 1): 153.
- [43] Janssen, W.M.M.A. and B. Carré. 1985. "Influence of fibre on digestibility of poultry feeds. in Recent Advances in Animal Nutrition". W. Haresign and D. J. A. Cole, ed. Butterworths. London. 71–88.
- [44] Ponte, P.I.P. and et al. 2004. "Cholesterol levels and sensory characteristics of meat from broilers consuming moderate to high levels of alfalfa". **Poultry Science**. 83(5): 810–814.
- [44] Sklan, D. and et al. 2003. "The effect of dietary fibre on the small intestines and apparent digestion in the turkey". **British Poultry Science**. 44: 735–740.
- [45] Akdemir, F. and et al. 2012. "Tomato powder in laying hen diets: Effects on concentrations of yolk carotenoids and lipid peroxidation". **British Poultry Science**. 53: 675– 680.
- [46] Cucco, M. and et al. 2007. "Effects of β -carotene on adult immune condition and antibacterial activity in the eggs of the Grey Partridge (*Perdix perdix*)". **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**. 147: 1038–1046.

- [47] Dong, X.F. and et al. 2007. "Effect of polysavone (alfalfa extract) on abdominal fat deposition and immunity in broiler chickens". **Poultry Science**. 86: 1955–1959.
- [48] Surai, A.P. and et al. 2003. "Effect of canthaxanthin content of the maternal diet on the antioxidant system of the developing chick". **British Poultry Science**. 44: 612–619.
- [49] Laudadio, V. and et al. 2014. "Low-fiber alfalfa (*Medicago sativa* L.) meal in the laying hen diet: Effects on productive traits and egg quality". **Poultry Science**. 93(7): 1868–1874.