

ผลของระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างต่อสมรรถนะการผลิตจิ้งหรีดทองแดงลาย
ในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์

วชิรวิทย์ พิชวงศ์^{1/} ราไพโร นามสีลี^{2/} กนกกาญจน์ ภูสุวรรณ^{3/} จีระศักดิ์ ชอบแต่ง^{3/}

บทคัดย่อ

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างต่อสมรรถนะการผลิตจิ้งหรีดทองแดงลายในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) ใช้เพศเป็นบล็อก มี 4 ซ้ำ (เพศผู้ 2 และเพศเมีย 2) สำหรับสิ่งทดลองคือ ระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (Total Nonstructural Carbohydrate; TNC) 4 ระดับ คือ 15 20 25 และ 30% (อาหารทุกสูตรมีโปรตีน 15%) เลี้ยงในกล่องพลาสติกขนาด 41×59×33 เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) จำนวน 16 กล่อง ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มระดับ TNC ในสูตรอาหารมีผลทำให้สมรรถนะการผลิตจิ้งหรีดทองแดงลายในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์เพิ่มขึ้น ($p<0.01$) โดยจิ้งหรีดทองแดงลายกลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 30% มีสมรรถนะการผลิตดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 15 และ 20% ($p<0.01$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 25% โดยจิ้งหรีดทองแดงลายกลุ่มที่ได้รับ TNC 30% มีน้ำหนักสิ้นสุดทดลองเท่ากับ 59.50 กรัม/100ตัว มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มเท่ากับ 27.13 กรัม/100ตัว มีปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 59.91 กรัม/100ตัว มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 1.29 กรัม/100ตัว มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเท่ากับ 2.21/100ตัว และมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.54 กรัม/ตัว สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 25% ซึ่งมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.48 กรัม/ตัว ($p<0.01$) นอกจากนี้การเพิ่มระดับ TNC ยังมีผลทำให้ไขมันในตัวสัตว์เพิ่มขึ้นอีกด้วย ($p<0.01$) ดังนั้นระดับ TNC 30% ถือว่าเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับอาหารจิ้งหรีดช่วง 3-6 สัปดาห์ สามารถทำได้ด้วยวิธีการเพิ่มปริมาณวัตถุดิบที่มี TNC ในสูตรอาหารให้สูงขึ้น เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลังบด เป็นต้น

คำสำคัญ: จิ้งหรีดทองแดงลาย คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง สมรรถนะการผลิต

เลขทะเบียนวิชาการ: 68(2)-0214-007

^{1/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

^{3/} สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

**Effect of nonstructural carbohydrate levels on production performance of cricket
(*Acheta domesticus* L.) during 3-6 weeks of age.**

Vachiravit Pichawong^{1/} Ramphrai Narmsrilee^{2/} Kanokkarn Poosuwan^{3/}
Jeerasak Choptang^{3/}

Abstract

The objective of the experiment was to study total non-structural carbohydrate levels on production performance of 3–6-week-old crickets. The experiment was designed in a randomized complete block design (RCBD), with four replications (2 males and 2 females) which consisted 200 crickets of each. The treatments were four levels of total non-structural carbohydrate (TNC): 15, 20, 25 and 30% (all diets contained 15% crude protein). The 3 weeks old crickets were reared in 16 plastic boxes, sized 41×59×33 cm (width × length × height). The results revealed that increasing of the dietary TNC level affected to better production performance of crickets at the age of 3–6 weeks ($p<0.01$). The crickets fed dietary TNC 30% had better production performance than those groups were fed dietary TNC 15 and 20% ($p<0.01$), but not significantly different from the group fed 25% dietary TNC. The crickets fed 30% dietary TNC had an end-of-experiment weight 59.50 g/100 crickets, body weight gain 27.13 g/100 crickets, feed intake of 59.91 g/100 crickets, average daily gain 1.29 g/100 crickets, feed conversion ratio 2.21, and average body weight 0.54 g/head, which was higher than the group fed 25% dietary TNC, showing average body weight 0.48 g/head. In addition, increasing the level of TNC in cricket feed also resulted in an increase body fat ($p<0.01$). Thus, the dietary TNC 30% is considered an appropriate level for cricket feed during 3-6 weeks. This can be achieved by increasing the amount of TNC-rich ingredients in the diet, such as corn, ground cassava, etc.

Keywords: Cricket *Acheta domesticus* L., Non-structural carbohydrate, Production performance

Registered No.: 68(2)-0214-007

^{1/} Phetchabun Animal Nutrition Research and Development Center, Muang, Phetchabun.

^{2/} Ruminants Feeding Standard Research and Development Center, Muang, KhonKaen.

^{3/} Bureau of Animal Nutrition Development, Muang, Pathum Thani.

คำนำ

การเลี้ยงแมลงเศรษฐกิจมีการพัฒนาและขยายตัวเติบโตอย่างรวดเร็ว จากการเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารพื้นบ้านไปสู่ระบบการผลิตในระดับอุตสาหกรรมที่เน้นตลาดส่งออกมากขึ้น โดย FAO (2013) คาดการณ์ว่าประชากรโลกจะเพิ่มเป็น 9,000 ล้านคนภายในปี พ.ศ. 2593 ซึ่งอาจเกิดปัญหาการขาดแคลนทั้งอาหารมนุษย์ (Van Huis et al., 2013) แมลงสามารถใช้เป็นอาหารทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ได้ โดยตลาดแมลงทั่วโลกมีอัตราขยายตัว 23.8% ระหว่างปี 2018-2023 และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบันมีความนิยมบริโภคสัตว์จำพวกแมลงกันมากขึ้นโดยเฉพาะจิ้งหรีด เป็นแมลงที่เพาะเลี้ยงได้ง่าย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือ มีโปรตีน 12.9 กรัม เปรียบเทียบกับไข่ไก่ซึ่งมีโปรตีน 12.7 กรัมต่อ 100 กรัม (ทัศนีย์ และคณะ, 2543) สำหรับประเทศไทยมีสถิติการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดในปี พ.ศ. 2564 พบว่า มีจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยง 28,648 ราย ผลผลิตรวม 25,774 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2562 ที่มีจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด 21,903 ราย ผลผลิตรวม 18,139 ตัน คิดเป็นร้อยละ 24 และ 30 ตามลำดับ (กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์, 2564)

การเลี้ยงจิ้งหรีดทองแดงลายนั้น นอกจากแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตแล้วยังมีสารอาหารอื่นที่มีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตด้วย เช่น คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยคาร์โบไฮเดรตทำหน้าที่สำคัญคือ เป็นแหล่งพลังงานสะสมที่อยู่ในรูปแป้งและไกลโคเจนในพืชและสัตว์ ซึ่งเมื่อต้องการใช้พลังงานก็จะถูกย่อยสลายให้เป็นกลูโคสเพื่อเผาผลาญให้ได้พลังงานในรูปของ ATP (Adenosine triphosphate) ทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้าง DNA เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ทั้งเซลล์พืชและสัตว์ เป็นสารตั้งต้นที่มีบทบาททางระบบสรีรวิทยา เช่น สารพวกไกลโคโปรตีน ไกลโคไลปิด เป็นสารตัวกลาง (intermediate) ที่สำคัญในเมแทบอลิซึมต่างๆ คาร์โบไฮเดรตที่เหลือใช้จากการเปลี่ยนไปเป็นพลังงานและการสร้างไกลโคเจนจะนำไปใช้ในการสังเคราะห์ไขมันและกรดอะมิโน (นัยนา, 2553) ซึ่งจิ้งหรีดทองแดงลายสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตเพื่อการเจริญเติบโตได้ เนื่องจากในระบบย่อยอาหารของจิ้งหรีดนั้นพบการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยได้แป้ง (amylase) โปรตีน (protease) และไขมัน (lipase) (Woodring et al. 2007)

คาร์โบไฮเดรตนั้นมีความหลากหลายทั้งในด้านของโครงสร้างทางเคมีและบทบาททางชีวภาพ โดยหากมีการแบ่งกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตในเซลล์พืช ซึ่งมีผนังเซลล์ด้วยนั้นพบว่า สามารถแบ่งคาร์โบไฮเดรตได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่ย่อยได้ (Digestible) หรือ คาร์โบไฮเดรตพวกที่ไม่ใช่โครงสร้าง ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในเซลล์ (Cell content) ได้แก่ แป้ง (starch) และ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) และน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) และพวกน้ำตาลต่าง ๆ (โอลิโกแซคคาไรด์, oligosaccharide และ พอลิแซคคาไรด์, polysaccharide) ที่สามารถถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในร่างกายของสัตว์ และ 2) กลุ่มที่ไม่สามารถย่อยได้ (Non-Digestible) ซึ่งเป็นส่วนของผนังเซลล์ ได้แก่ เฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses) เซลลูโลส (Cellulose) เพคติน (Pectic-substances) และ กลุ่มของกลูแคน (Mixed linkage β -glucans) ซึ่งจัดเป็นกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง (Non-Structural Carbohydrate) ซึ่งสัตว์จะไม่มีเอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรตในกลุ่มนี้ (บุญล้อม, 2546; Hall, 2007)

ในส่วนของพืชจะมีคาร์โบไฮเดรตทั้ง 2 ชนิดนี้อยู่รวมกันประมาณ 50 ถึง 80% ของพืชอาหารสัตว์ และธัญพืช แต่จะมีปริมาณมากหรือน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและส่วนของพืช เช่นส่วนเมล็ดจะมีพวกแป้งมาก ส่วนใบหรือลำต้นจะมีเยื่อใยมาก (วารุณี, 2539) ซึ่งในพืชนั้นกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด (Total nonstructural carbohydrates: TNC) เป็นค่าที่แสดงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งรวมอยู่ในรูปของแป้งและน้ำตาล โดยน้ำตาลนี้จะมียู้อยู่ทั้งในรูปของ reducing sugar และ nonreducing sugar (Mary, 2007.) จากการตรวจสอบเบื้องต้นของห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องพบว่า อาหารจิ้งหรีดเชิงการค้าจะมีระดับ TNC 10-25% ซึ่งเป็นช่วงที่กว้างมาก ดังนั้นงานทดลองนี้จึงใช้การตรวจสอบเบื้องต้นนี้ เป็นเกณฑ์ในการกำหนดระดับที่ใช้ศึกษาทดลองคือ 15 20 25 และ 30% อีกทั้งงานวิจัยด้านอาหารจิ้งหรีดที่ผ่านมา มุ่งเน้นไปที่โภชนะโปรตีนแต่เพียงอย่างเดียว โดย ทศนีย์ และคณะ (2543) ได้สรุปงานทดสอบสำหรับการให้อาหารจิ้งหรีดระยะ 1-3 สัปดาห์แรก ใช้อาหารที่มีโปรตีน 21-22% เมื่อจิ้งหรีดอายุ 3-6 สัปดาห์ สามารถให้อาหารที่มีโปรตีน 15-16% อย่างไรก็ตามจากการตรวจเอกสารยังไม่พบว่ามีการศึกษาถึงระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด (TNC) ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงจิ้งหรีดทองแดงลาย ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับ TNC ในอาหารเลี้ยงจิ้งหรีดทองแดงลาย ในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ เพื่อเพิ่มสมรรถนะการผลิตและพัฒนาอาชีพการเลี้ยงจิ้งหรีดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม อำเภอยางตลาด จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือน มิถุนายน ถึงเดือน กรกฎาคม 2566

แผนการทดลองและสิ่งทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) ใช้เพศเป็นบล็อก มี 4 ซ้ำ (เพศผู้ 2 และเพศเมีย 2) สำหรับสิ่งทดลอง คือ ระดับ TNC 4 ระดับ คือ 15% 20% 25% และ 30% (โดยอาหารทุกสูตรมีโปรตีน 15%) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด 15% (กลุ่มที่ 1 TNC 15%)

กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด 20% (กลุ่มที่ 2 TNC 20%)

กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด 25% (กลุ่มที่ 3 TNC 25%)

กลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด 30% (กลุ่มที่ 4 TNC 30%)

สัตว์ทดลองและการจัดการอาหาร

ใช้จิ้งหรีดทองแดงลายและวัสดุรองไข่ที่ซื้อจากฟาร์มจิ้งหรีดซึ่งได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด (GAP) ในกล่องรวมขนาด 1.2×2.4×0.6 เมตร จำนวน 4 กล่อง ภายในกล่องเลี้ยงมีวัสดุหลบซ่อน (แผงไข่) จำนวน 150 แผง เรียงให้พอดีกับกล่อง เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีโปรตีน 21% ระยะการเลี้ยง 3 สัปดาห์ เป็นระยะเวลาที่สามารถแยกเพศได้อย่างชัดเจน จากนั้น นำแผงไข่ออกและทำการคัดเพศจิ้งหรีดเพื่อนำไปเข้าทดลอง โดยจิ้งหรีดตัวผู้จะเริ่มเห็นตึงปีก และเพศเมียจะมีเตือยยาวและตัวใหญ่

กว่าตัวผู้ ในส่วนนี้ต้องใช้ทักษะผู้มีประสบการณ์ในการแยกเพศ หรือตามคู่มือการเลี้ยงการเลี้ยงจิ้งหรีดเชิงพาณิชย์ 2564 (กองส่งเสริมและพัฒนาการ ปศุสัตว์, 2564)

การทดลองใช้จิ้งหรีดทองลายที่แยกเพศแล้ว อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 3,200 ตัว เป็นการเลี้ยงแบบแยกเพศ ใช้เพศเป็นบล็อก ซึ่งเพศมีผลต่อการเจริญเติบโตที่ต่างกัน (กนกกาญจน์ และ สุกัญญา (2565) อีกทั้งเพื่อให้ได้หน่วยทดลองเพศผู้และเพศเมียจำนวนที่เท่ากันในแต่ละหน่วยทดลอง (กล่อง) สุ่มจิ้งหรีดเพศผู้จำนวน 200 ตัวต่อกล่อง และสุ่มเพศเมียจำนวน 200 ตัวต่อกล่อง โดยใช้กล่องพลาสติกขนาดกลาง $41 \times 59 \times 33$ เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) จำนวนทั้งหมด 16 กล่อง (เพศผู้ 8 กล่อง และ เพศเมีย 8 กล่อง) ภายในกล่องมีวัสดุหลบซ่อน (แผงไข่) เรียงซ้อนทับกันโดยให้มีช่องว่าง เพื่อเป็นที่หลบซ่อนของจิ้งหรีด บรรจุเต็มพอดีกกล่อง ภาชนะให้น้ำกล่องละ 1 ชุด ถาดให้อาหารกล่องละ 1 ถาด ใช้เทปกาวใสติดบริเวณผนังโดยรอบภายในกล่อง และปิดฝา ป้องกันจิ้งหรีดออกจากกล่องและป้องกันศัตรูจิ้งหรีด เลี้ยงในโรงเรือนเปิดที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก มีผนังและตาข่ายรอบโรงเรือนเพื่อป้องกันศัตรูของจิ้งหรีด ทำความสะอาดโรงเรือน ป้องกันฝุ่นละออง ลดความชื้นเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียอยู่เสมอ

อาหารและการให้อาหาร

อาหารทุกสูตรมีโปรตีน 15% ใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบหลักสำหรับโปรตีน แหล่งที่ให้ TNC ในสูตรอาหารใช้ มันสำปะหลัง และข้าวโพด เป็นวัตถุดิบหลัก โดยก่อนทำการผสมอาหารทดลอง ทำการวิเคราะห์ค่า TNC ของวัตถุดิบ ข้าวโพด รำละเอียด กากถั่วเหลือง ใบกระถินปนและมันสำปะหลังบดก่อน จากนั้นคำนวณสูตรอาหารที่กำหนดให้แต่ละสูตรมีระดับ TNC ต่างๆ ในสูตรอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรอาหารทดลองสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดทองลายอายุ 0-3 และ 3-6 สัปดาห์

วัตถุดิบ (กก.)	ราคา/หน่วย (บาท/กก.)	อาหาร (0-3 สัปดาห์)	อาหารทดลอง (3-6 สัปดาห์)			
			กลุ่มที่1	กลุ่มที่2	กลุ่มที่3	กลุ่มที่4
			TNC 15%	TNC 20%	TNC 25%	TNC 30%
ข้าวโพด	10.40	20.00	-	15.00	33.00	60.00
รำละเอียด	10.00	31.00	30.00	45.00	27.00	9.00
กากถั่วเหลือง (44%)	22.00	29.00	5.00	7.00	15.00	17.00
ใบกระถินปน	8.00	15.00	45.00	26.00	8.00	-
มันสำปะหลังปน	7.20	3.00	18.00	5.00	15.00	12.00
น้ำมันปาล์ม	28.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ไคแคล P18	11.50	0.50	0.50	0.50	0.5	0.5
เกลือ	5.00	0.50	0.50	0.50	0.5	0.5
รวม (กก.)	-	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

ราคาอาหาร (บาท/กก.)*	13.32	9.37	10.42	11.53	12.12	
ตารางที่ 1 สูตรอาหารทดลองสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดทองลายอายุ 0-3 และ 3-6 สัปดาห์ (ต่อ)						
วัตถุดิบ (กก.)	ราคา/หน่วย (บาท/กก.) ¹	อาหาร (0-3 สัปดาห์)	อาหารทดลอง (3-6 สัปดาห์)			
			กลุ่มที่1	กลุ่มที่2	กลุ่มที่3	กลุ่มที่4
			TNC 15%	TNC 20%	TNC 25%	TNC 30%
คุณค่าโภชนะจากการคำนวณ (%)						
วัตถุดิบ		89.74	87.14	86.20	86.19	86.30
โปรตีนรวม		21.42	15.54	15.67	15.62	15.15
TNC ²		-	15.54	20.54	25.60	30.35

หมายเหตุ : คำนวณสูตรอาหารโดยโปรแกรม Microsoft Excel 2010

¹ หมายถึง ราคาอาหารสัตว์ในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2566

² หมายถึง TNC คือ Total nonstructural carbohydrates กลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมดซึ่งรวมอยู่ในรูปของแป้งและน้ำตาล

จิ้งหรีดทองแดงลายจะได้รับอาหารและน้ำดื่มที่สะอาดอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) โดยตลอดการทดลองทำการชั่งอาหารที่ให้และเหลือทุกวัน ให้อาหารอย่างน้อยวันละ 50 กรัมในถาดพลาสติก 1 ถาดต่อกล่อง โดยสังเกตจากปริมาณอาหารที่เหลืออยู่ในภาชนะอาหาร ให้ครั้งเดียวต่อวัน สำหรับอาหารที่เหลือทำการชั่งน้ำหนักออกและเปลี่ยนให้อาหารใหม่ทุกวัน ให้น้ำจำนวน 1 ถาดต่อกล่อง ปริมาณน้ำเฉลี่ย 30 มิลลิลิตรต่อกล่องต่อวัน ทำความสะอาดภาชนะใส่อาหารและน้ำทุกวันจนสิ้นสุดการทดลองเพื่อไม่ให้เป็นแหล่งสะสมของเชื้อราและแบคทีเรีย

การเก็บข้อมูลการทดลอง

ทำการชั่งอาหารที่ให้และชั่งน้ำหนักอาหารที่เหลือเพื่อทำการบันทึกปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวัน เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองนำข้อมูลมาคำนวณลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1) ปริมาณอาหารที่กิน (Feed Intake) = ปริมาณอาหารที่ให้ (ในตอนเช้า) - ปริมาณอาหารที่เหลือ (ในเช้าวันถัดไป)

2) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น = น้ำหนักจิ้งหรีดทองแดงลายก่อนทดลอง - น้ำหนักจิ้งหรีดทองแดงลายหลังเสร็จการทดลอง

3) อัตราการเจริญเติบโต = น้ำหนักที่เพิ่ม ÷ ระยะเวลาทดลอง (วัน)

4) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (feed conversion ratio; FCR) = อาหารที่ใช้ตลอดการทดลอง ÷ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของจิ้งหรีดทองแดงลายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

5) เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองทำการวัดขนาดตัว โดยสุ่มวัดความยาวและความกว้างลำตัว กล้องละ 20 ตัว จิ้งหรีดทองแดงลาย 1 ตัวจะวัดทั้งความกว้างและความยาวจากจิ้งหรีดตัวเดียวกัน ตามวิธีการของ Bawa et al. (2020)

5.1) ความยาวลำตัว = วัดจากหัวถึงส้นปลายท้องหรือลำตัวจิ้งหรีดทองแดงลาย

5.2) ความกว้างลำตัว = วัดจากแนวนอนของช่วงอกจากด้านหนึ่งสู่อีกด้านหนึ่ง

การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

ก่อนคำนวณและผสมอาหารทดลองสุ่มทำการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ เพื่อนำผลวิเคราะห์มาคำนวณสูตรอาหารได้อย่างแม่นยำ ทำการผสมอาหารและสุ่มเก็บอาหารทดลองทั้งสี่สูตรส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองสุ่มเก็บจิ้งหรีดจำนวน 150 ตัว นำไปบดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำไปผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น (930.15; AOAC, 2016) ไขมัน (2003.05; AOAC, 2016) เถ้า (924.05; AOAC, 2016) โปรตีน ตามวิธีการ Kjeldahl แล้วคูณด้วยแฟกเตอร์ 6.25 ตามวิธีที่ 5983-2 (ISO, 2009) ส่วนประกอบของเยื่อใย ได้แก่ ผนังเซลล์ (Neutral detergent fiber, NDF) ตามวิธีการ 2002.04 (AOAC, 2016) การวิเคราะห์ Total nonstructural carbohydrate (TNC) ตามวิธีของ Hodge and Hofreiter (1962)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีวัตถุดิบและอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์ ค่า TNC ของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง พบว่า ข้าวโพดมีค่า TNC มากที่สุด เท่ากับ 33.96% รองลงมาคือ มันสำปะหลังสดเท่ากับ 28.94 % สำหรับส่วนประกอบเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรมีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ (2559) ดังแสดงในตารางที่ 2

ผลวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง พบว่าทั้ง 4 กลุ่ม มีโปรตีน อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนหยาบเท่ากับ 15.5–15.8% มีไขมัน เยื่อใย และเถ้า แตกต่างกันบ้างเล็กน้อยตามส่วนประกอบและปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งพบไขมันมีค่าเท่ากับ 4.8-6.7% เยื่อใยเท่ากับ 6.5-7.3% และเถ้าเท่ากับ 6.7-8.3% และมีความแตกต่างกันในส่วน of ค่า TNC ที่เป็นปัจจัยหลักที่กำหนดความแตกต่างของอาหารแต่ละสูตร โดยอาหารกลุ่มที่ TNC 15% 20% 25% และ 30% มีค่าเท่ากับ 15.67% 20.29% 25.95% และ 30.68% ตามลำดับ เมื่อคำนวณพลังงานรวมของอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าใกล้เคียงกัน

เท่ากับ 3,310 3,390 3,350 และ 3,410 kcal/kg ตามลำดับ เป็นระดับพลังงานรวมในอาหารจึงหรีดที่ค่อนข้างสูง ใกล้เคียงกับรายงานของ กนกกาญจน์ และ สุกัญญา (2565)

ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์และอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร

ส่วนประกอบ ทางเคมี ¹	วัตถุแห้ง (on Dry matter)						พลังงานรวม (Kcal/kg) ²
	DM%	CP%	EE%	CF%	Ash%	TNC%	
ข้าวโพด	86.91	8.15	3.71	2.31	1.64	33.96	-
รำละเอียด	85.07	11.21	14.52	6.03	7.20	24.20	-
กากถั่วเหลือง	88.22	41.05	1.12	4.74	5.71	14.88	-
กระถินป่น	89.90	16.56	1.64	30.61	8.34	2.40	-
มันสำปะหลังบด	87.88	2.15	0.47	2.75	3.40	28.94	-
กลุ่มที่ 15%	88.24	15.50	5.14	7.33	8.34	15.67	3,310
กลุ่มที่ 20%	87.60	15.72	6.73	7.08	7.76	20.29	3,390
กลุ่มที่ 25%	87.91	15.82	4.85	6.81	6.81	25.95	3,350
กลุ่มที่ 30%	87.86	15.84	5.54	6.57	6.73	30.68	3,410

หมายเหตุ: วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง สำนัก

พัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์

¹ หมายถึง DM = Dry matter, CP = Crude Protein, EE = ether Extract, CF = Crude fiber

Ash = เถ้า, TNC = Total nonstructural carbohydrates

² หมายถึง พลังงานรวม (Gross Energy) = (โปรตีนรวม × 4) + (ไขมันรวม × 9) + (คาร์โบไฮเดรต × 4) + (เยื่อใยรวม × 2)

ทั้งนี้ คาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้ (carbohydrate available; g) = 100 - (น้ำ +

โปรตีนรวม + ไขมันรวม + เยื่อใยรวม + เถ้า) โดยค่าพลังงานรวม และคาร์โบไฮเดรต เป็น

ค่าที่ได้จากการคำนวณตามคำแนะนำของกลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ กรมอนามัย (2565)

สมรรถนะการผลิตจึงหรีดทองแดงลาย

ผลการทดลอง พบว่า การเพิ่มระดับ TNC ในสูตรอาหารมีผลให้สมรรถนะการผลิตเพิ่มขึ้น ($p < 0.01$) จึงหรีดทองแดงลายกลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 25% และ 30% มีน้ำหนักสิ้นสุดทดลอง น้ำหนักตัวที่เพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 15% และ 20% ($p < 0.01$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 30% และ 25% มีน้ำหนักสิ้นสุดทดลองเท่ากับ 59.50 และ 56.25 กรัม/100ตัว มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มเท่ากับ 27.13 และ 24.00 กรัม/100ตัว มีปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 59.91 และ 54.10 กรัม/100 ตัว มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 1.29 และ 1.15 กรัม/100ตัว/วัน มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเท่ากับ 2.21 และ 2.26 ต่อ 100 ตัว ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 จะเห็นว่าจึงหรีดกลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 30% และ 25% มีปริมาณการกินที่สูงกว่า จึงทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าอีก 2 กลุ่ม ซึ่งการกินอาหารที่มากกว่าส่งผลให้ได้รับสารอาหารไปใช้ประโยชน์ในการดำรง

ชีพและเติบโตได้มากขึ้น อีกทั้งการเพิ่มระดับ TNC ในอาหารจะส่งผลให้ระดับเถ้าในสูตรอาหารลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งมีผลต่อการกินและการใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์ โดยกลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 25% และ 30% มีปริมาณเถ้า เท่ากับ 6.81% และ 6.73% ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 15% และ 20% มีปริมาณเถ้า เท่ากับ 8.34% และ 7.76% ตามลำดับ อีกทั้งการเพิ่มระดับ TNC จะส่งผลให้ระดับเยื่อใยลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งเยื่อใยมีผลต่อการกินและการใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์ (บุญล้อม, 2546) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 30% มีเยื่อใยน้อยที่สุด เท่ากับ 6.57%

ตารางที่ 3 ผลของระดับ TNC ในสูตรอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตของจิ้งหรีดทองแดงลาย

ข้อมูลการศึกษา	ระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด				SEM	p-value
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4		
	TNC 15%	TNC 20%	TNC 25%	TNC 30%		
จำนวนสัตว์เริ่มทดลอง (ตัว)	800	800	800	800	-	-
จำนวนสัตว์สิ้นสุดทดลอง (ตัว)	792	794	791	793	0.45	0.87
น้ำหนักเริ่ม (กรัม/100 ตัว)	32.37	32.87	32.25	32.37	0.71	0.73
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/100 ตัว)	53.25 ^B	53.50 ^B	56.25 ^A	59.50 ^A	7.36	<0.01
น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม/100 ตัว)	20.88 ^B	20.63 ^B	24.00 ^A	27.13 ^A	5.17	<0.01
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/100 ตัว)	51.67 ^B	50.50 ^B	54.10 ^A	59.91 ^A	21.64	<0.01
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/100ตัว/วัน)	1.00 ^B	0.99 ^B	1.15 ^A	1.29 ^A	0.07	<0.01
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (100ตัว)	2.48 ^B	2.44 ^B	2.26 ^A	2.21 ^A	0.03	<0.01

หมายเหตุ: ^{A B} หมายถึง: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในบรรทัดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($p < 0.01$)

นอกจากนี้การใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังที่ใช้ในสูตรอาหารยังบดละเอียดทำให้จิ้งหรีดกินอาหารได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Morales Morales-Ramos et al. (2020) รายงานว่า องค์ประกอบของ TNC ในอาหารจะส่งผลดีต่อการเพิ่มน้ำหนักและประสิทธิภาพการใช้อาหารของจิ้งหรีดดีขึ้น อีกทั้งทางเดินอาหารของแมลงยังมีกิน มีต่อมน้ำลายสร้างน้ำย่อยสำหรับย่อยอาหารพวกแป้ง ทำให้มีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารเพิ่มขึ้น

เมื่อสุ่มจิ้งหรีดทองแดงลายกล่องละ 20 ตัว เพื่อวัดขนาดของจิ้งหรีด พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 30% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงที่สุด ($p < 0.01$) เท่ากับ 0.54 กรัมต่อตัว อย่างไรก็ตาม ความยาวลำตัวและความกว้างลำตัวทั้ง 4 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4 นั้นแสดงว่า ระดับ TNC ในอาหาร ไม่มีผลต่อขนาดตัวของจิ้งหรีดทองแดงลาย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจิ้งหรีดทองแดงลายได้โตเต็มที่แล้ว สอดคล้องกับ

Bawa et al. (2020.) รายงานว่า ผลของอาหารต่อขนาดตัวของจิ้งหรีดจะมีในช่วงแรกๆของการเจริญเติบโต และส่วนมากขึ้นอยู่กับระดับโปรตีน โดยการเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงก็จะส่งผลให้จิ้งหรีดเข้าสู่ระยะโตเต็มไ้ได้ในระยะเวลาอันรวดเร็วกว่าการเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอาหารโปรตีนต่ำ ซึ่งงานทดลองนี้ใช้โปรตีนระดับเท่ากันทุกกลุ่มทั้งในระยะเล็ก และระยะทดลอง จึงอาจจะส่งผลให้ความยาวและความกว้างของตัวจิ้งหรีดไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ (2564) รายงานว่าจิ้งหรีดทองแดงลายมีความกว้างของลำตัวเฉลี่ย 0.5 ซม. และความยาวลำตัว 2.05 ซม. น้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.53 กรัม/ตัว หรือ ประมาณ 1,890-2,235 ตัว/กิโลกรัม สอดคล้องกับของ กนกกาญจน์ และสุกัญญา (2565) รายงานว่า จิ้งหรีดทองแดงลาย มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.41กรัมต่อตัว ความยาวลำตัวเฉลี่ย 2.3 ซม. และความกว้างเฉลี่ย 0.58 ซม.

ตารางที่ 4 ผลของระดับ TNC ในสูตรอาหารต่อน้ำหนักและขนาดตัวของจิ้งหรีดทองแดงลาย

ข้อมูลการศึกษา	ระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด				SEM	p-value
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4		
	TNC 15%	TNC 20%	TNC 25%	TNC 30%		
น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	0.44 ^B	0.45 ^B	0.48 ^B	0.54 ^A	0.05	<0.01
ความยาวลำตัว (เซนติเมตร)	2.05	2.11	2.14	2.06	0.01	0.67
ความกว้างลำตัว (เซนติเมตร)	0.61	0.62	0.61	0.60	0.04	0.93

หมายเหตุ: ^{A B} หมายถึง: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในบรรทัดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($p < 0.01$)

องค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองแดงลาย

จิ้งหรีดทองแดงลายทั้ง 4 กลุ่ม มีวัตถุดิบ โปรตีนรวม เยื่อใยรวม และเถ้า ไม่แตกต่างกัน โดยมีวัตถุดิบมีค่าระหว่าง 29.89-31.06% โปรตีนรวมมีค่าระหว่าง 63.81-65.42% เยื่อใยรวมมีค่าระหว่าง 9.52-9.61% และเถ้ามีค่าระหว่าง 8.10-8.30% สอดคล้องกับ Jucker et al. (2021) รายงานว่า องค์ประกอบทางโภชนาของจิ้งหรีดอบแห้ง มีค่าโปรตีนรวมประมาณ 66-69% ไขมันรวม 15-21% และเถ้าประมาณ 5-6% แม้ว่าจิ้งหรีดจะได้รับอาหารที่มีโปรตีนรวมแตกต่างกันก็ตาม ด้านไขมันรวมของจิ้งหรีดทองแดงลาย พบว่าเพิ่มขึ้นตามระดับ TNC ในสูตรอาหารที่เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 30% มีไขมันรวมมากที่สุด ($p < 0.01$) เท่ากับ 19.12% ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่สัตว์ได้รับคาร์โบไฮเดรตจากอาหารมากขึ้น ดังนั้นร่างกายสัตว์จึงสะสมพลังงานส่วนเกินนั้นในรูปของไขมัน โดยบุญล้อม (2546) รายงานว่า หน้าที่ของคาร์โบไฮเดรตช่วยให้ปฏิกิริยาการใช้ไขมันเป็นไปตามปกติแล้ว หากร่างกายสัตว์ได้รับคาร์โบไฮเดรตมากเกินไปจะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่เหลือใช้เก็บสะสมไว้ในรูปของไขมัน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลของระดับ TNC ในสูตรอาหารต่อองค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองแดงลาย

ข้อมูลการศึกษา	ระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด				SEM	p-value
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4		
	TNC 15%	TNC 20%	TNC 25%	TNC 30%		
วัตถุแห้ง (%Dry matter)	30.25	31.06	29.89	30.88	0.25	0.78
โปรตีนรวม (%Crude protein)	65.21	65.42	63.81	64.12	2.40	0.13
ไขมันรวม (%Ether Extract)	16.01 ^C	17.14 ^B	17.96 ^B	19.12 ^A	0.67	<0.01
เยื่อใยรวม (%Crude Fiber)	9.52	9.57	9.55	9.61	0.04	0.67
เถ้า (%Ash)	8.10	8.26	8.31	8.20	1.76	0.94

หมายเหตุ: ^{ABC} หมายถึง: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในบรรทัดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($p < 0.01$)

สรุปผลการทดลอง

การเพิ่มระดับ TNC ในสูตรอาหารมีผลทำให้สมรรถนะการผลิตจิ้งหรีดทองแดงลายในช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์เพิ่มขึ้น ($p < 0.01$) โดยจิ้งหรีดทองแดงลายกลุ่มที่ได้รับอาหาร TNC 30% มีสมรรถนะการผลิตดีกว่ากลุ่มที่ TNC 15% และ 20% ($p < 0.01$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ TNC 25% โดยกลุ่มที่ TNC 30% มีน้ำหนักสิ้นสุดทดลองเท่ากับ 59.50 กรัม/100 ตัว มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มเท่ากับ 27.13 กรัม/100ตัว มีปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 59.91 กรัม/100ตัว มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 1.29 กรัม/100ตัว/วัน มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเท่ากับ 2.21 ต่อ 100 ตัว และมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.54 กรัม/ตัว มากที่สุด ($p < 0.01$) นอกจากนี้การเพิ่มระดับ TNC ในอาหารยังมีผลทำให้ไขมันในตัวสัตว์เพิ่มขึ้นอีกด้วย ($p < 0.01$) ดังนั้นระดับ TNC 30% ถือว่าเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับอาหารจิ้งหรีดช่วง 3-6 สัปดาห์ สามารถทำได้ด้วยวิธีการเพิ่มปริมาณวัตถุดิบที่มี TNC ในสูตรอาหารให้สูงขึ้น เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลังบด เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ ตลอดจนนักวิชาการ นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าพนักงานสัตวบาล ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์มหาสารคามทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการทดลอง และขอขอบคุณคณะกรรมการนักวิชาการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบผลงานจนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กนกกาญจน์ ภูสุวรรณ และสุกัญญา คำพะแย. 2565. การทดสอบสูตรอาหารจิ้งหรีดทองแดงลายที่มีระดับพลังงานที่แตกต่าง. เอกสารงานวิจัย e-journals. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์. 13 หน้า. แหล่งที่มา; <https://nutrition.dld.go.th/nutrition/index/e-journals>.
- กลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ กรมอนามัย. 2565. วิธีวิเคราะห์และ AOAC ที่ใช้. เข้าถึงแหล่งข้อมูล <http://thaifcd.anamai.moph.go.th/nss/methodAndCal.php>
- กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์. 2564. คู่มือการเลี้ยงจิ้งหรีดฉบับประชาชน. กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. 24 หน้า.
- ทัศนีย์ แจ่มจรรยา, ชาญชัย ถาวรอนุกุลกิจ, วิโรจน์ ขลิบสุวรรณ และปิยะพงศ์ โทธโย. 2543. การเลี้ยงจิ้งหรีดทองดำเพื่อการค้า. แก่นเกษตร. 28(2): 55-57.
- นัยนา บุญทวีวัฒน์. 2553. ชีวเคมีทางโภชนาการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์เจริญดีมั่นคงการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 424 หน้า.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ปรับปรุงครั้งที่ 2. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ธนบรรณการพิมพ์. เชียงใหม่. 202 หน้า.
- วารุณี พานิชผล. 2539. เยื่อใยในอาหารสัตว์. เอกสารวิชาการ. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์. 17 หน้า. แหล่งที่มา; https://nutrition.dld.go.th/ld_knowledge/article2539
- สำนักพัฒนาอาหารสัตว์. 2559. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์: พฤษภาคม 2559. 40 หน้า.
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC., USA.
- Bawa, M., S. Songsermpong, C. Kaewtapee and W. Chanput. 2020. Effect of diet on the growth performance, feed conversion, and nutrient content of the house cricket. J. Insect Sci. 10; 1–10.
- FAO. 2013. The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment. Rome: FAO.
- Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugar and Carbohydrate. method in carbohydrate Chemistry academics Press, New York. P.380-394. แหล่งที่มา; <https://www.cab.kps.ku.ac.th/plantbiophysics/pdf/>
- Jucker, C., S. Belluco, S. Bellezza Oddon, A. Ricci, L. Bonizzi, D. Lupi, S. Savoldelli, I. Biasato³, C. Caimi, A. Mascaretti⁵ and L. Gasco. 2021. Impact of some local organic by-products on Acheta domesticus growth and meal production. Journal of Insects as Food and Feed. In press.
- ISO 5983-2 : 2009. Animal feeding stuffs-Determination of nitrogen content and

calculation of crude protein content. Block digestion and steam distillation method 5983-2, 15p.

- Mary, B.H. 2007. Methodological challenges in carbohydrate analyses. U. S. Dairy Forage Research Center, USDA-ARS, Madison, WI 53561. แหล่งที่มา; https://www.researchgate.net/publication/250039746_Methodological_challenges_in_carbohydrate_analyses
- Morales-Ramos, J.A., M.G. Rojas, A.T. Dossey and M. Berhow. 2020. Self-selection of foodingredients and agricultural by-products bythe house cricket, *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae): a holistic approach to develop optimized diets. PLoS ONE15(1): แหล่งที่มา; <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227400>.
- Van Huis, A., J. Van Itterbeeck, H.Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir and P. Vantomme. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. แหล่งที่มา; <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>. December, 20, 2021.
- Woodring, J., Hoffmann, K.H. and Lorenz, M.W. 2007. Activity, release and flow of digestive enzymes in the cricket, *Gryllus bimaculatus*. Physiological Entomology, 32: 56-63
- Hall, M. B. (2007). Methodological challenges in carbohydrate analyses. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 36, 359–367. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000032>
- HOCH, G. (2007), Cell wall hemicelluloses as mobile carbon stores in non-reproductive plant tissues. *Functional Ecology*, 21: 823-834. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01305.x>