

ผลการเสริมหน้าหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกในน้ำดื่มต่อสมรรถภาพการผลิต
ปริมาณก๊าซแอมโมเนียในมูล คุณภาพไข่ และองค์ประกอบทางเคมีของไข่นกกระทา

**Impact of Supplementation Fermented Juice from *Mangifera Indica* L.
(Nam Dok Mai Sri Thong) On Performance, Ammonia Concentration in Manure,
Egg Quality in Laying Japanese Quails and Chemical Composition of Quail Eggs**

ปฐมา แทนหาค,^{1*} ภาวินี จำปาคำ,² ไยไหม ช่วยหนู,³ ธรรมธวัช แสงงาม,¹ วันวิสาข์ วัฒนะพันธ์ศักดิ์¹
และศศิธร นาคทอง²

**Pathama Thannark,^{1*} Phawinee Jampakam,² Yaimai Chuaynoo,³ Thamthawat Seangngam,¹
Wanwisa Wattanapunsak¹ and Sasitorn Nakthong²**

Received 30 June 2025, Revised 14 October 2025, Accepted 29 October 2025

ABSTRACT

Fermented juice of *Mangifera indica* L. (Nam Dok Mai Sri Thong) contains lactic acid, beta-carotene and beneficial microorganisms as a supplement that supports the quail production process. Therefore, this study investigated the potential benefits of supplementing the drinking water of laying Japanese quails with fermented juice of Nam Dok Mai Sri Thong. A total of 600 twenty-six-week-old female Japanese quails were used in this study. The birds were randomly distributed into three treatment groups according to a completely randomized design (CRD), with each group consisting of eight replications of 25 quails. The experimental groups were as follows: (1) a control group receiving only water (C); (2) a group supplemented with 1% fermented juice of Nam Dok Mai Sri Thong (FM 1%); and (3) a group supplemented with 3% fermented juice of Nam Dok Mai Sri Thong (FM 3%). The results showed that FM 1% and FM 3% effect on feed intake, water intake, hen-day production egg mass shape Index, shell weight, eggshell percentage, eggshell ratio, shell thickness and yolk color of quail eggs were significantly different ($P < 0.05$) In contrast, there treatments did not affect feed per egg ratio, ammonia, egg weight yolk index, albumin index, albumin height, albumin weight, yolk weight, albumin ratio and yolk

^{1*} ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

² โครงการจัดตั้งภาควิชาสัตตกรรมอาหารปลอดภัย คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Agricultural Bio-resources and Food, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

³ สถานีวิจัยสิทธิพรกฤดากร ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Sithiporn Kridakorn Research Station, Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

* Corresponding author: Tel. 09-5539-1799, E-mail address: fagrp@ku.ac.th

ratio were not significantly different ($P>0.05$). The chemical composition of quail eggs was not significantly different among the treatments ($P>0.05$).

Keywords: Fermented juice of *Mangifera indica* L. (Nam Dok Mai Sri Thong), Laying Japanese quails, Performance egg quality, Chemical composition of quail eggs

บทคัดย่อ

นำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกมีกรดแลคติก เบต้าแคโรทีน และจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ใช้เป็นสารเสริมที่ช่วยในกระบวนการผลิตนกกกระทาได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการเสริมนำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกในน้ำดื่มของนกกกระทาต่อสมรรถภาพการผลิต ปริมาณก๊าซแอมโมเนียในมูล คุณภาพไข่ และองค์ประกอบทางเคมีของไขนกกกระทา โดยการทดลองนี้ใช้นกกกระทาเพศเมียอายุ 26 สัปดาห์ จำนวน 600 ตัว โดยสุมนกกกระทาตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ทดลองซ้ำ 8 ครั้ง แต่ละครั้งใช้นกกกระทา จำนวน 25 ตัว กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มที่ไม่มีการเสริมนำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก (กลุ่มควบคุม, C) กลุ่มทดลองที่ 2 กลุ่มที่มีการเสริมนำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก 1% (FM 1%) และกลุ่มทดลองที่ 3 กลุ่มที่มีการเสริมนำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก 3% (FM 3%) จากผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการเสริมนำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก 1% และ 3% ส่งผลต่อปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณน้ำที่กิน ผลผลิตไข่ มวลไข่ ดัชนีรูปร่างไข่ น้ำหนักเปลือก เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ ความหนาเปลือกไข่ และค่าสีไข่แดงของไขนกกกระทาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไม่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ ปริมาณก๊าซแอมโมเนียในมูล น้ำหนักไข่ ดัชนีไข่แดง ดัชนีไข่ขาว ความสูงไข่ขาว น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว เปอร์เซ็นต์ไข่แดง และองค์ประกอบทางเคมีของไขนกกกระทาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

คำสำคัญ: นำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก นกกกระทา ประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพไข่ องค์ประกอบทางเคมีของไขนกกกระทา

บทนำ

ในยุคที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความปลอดภัยทางอาหารและสุขภาพมากขึ้นการผลิตสัตว์จึงมิได้มุ่งเน้นเพียงปริมาณผลผลิตเท่านั้น หากแต่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยง เพื่อช่วยลดความเสี่ยงของการใช้ยาปฏิชีวนะและการปนเปื้อนในอาหาร โดยการผลิตที่ปลอดภัยจึงเป็นแนวทางไปสู่ความปลอดภัยของอาหาร นกกกระทาจัดเป็นสัตว์ที่มีศักยภาพ และประสิทธิภาพการผลิตที่ดี โดยวงจรการผลิตใช้ระยะเวลาสั้นและให้ผลผลิตได้ทั้งเนื้อ และไข่ นกกกระทาญี่ปุ่น (*Coturnix-coturnix japonica*) เป็นสายพันธุ์ที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทย แต่ในการเลี้ยงนกกกระทาปัญหาที่พบ คือก๊าซแอมโมเนียจากการขับถ่ายมูล เกิดจากการที่นกกกระทาได้รับโปรตีนเกินความต้องการของร่างกาย ทำให้ต้องมีการขับถ่ายสารเหล่านี้ออกมาทางมูลในรูปแบบของ

แอมโมเนียในโตรเจน เมื่อมีการย่อยสลายโปรตีนที่ตกค้างจะเกิดเป็นก๊าซแอมโมเนีย เมื่อระเหยไปสัมผัสกับกับตัวนกกกระทา ส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจและสุขภาพทั่วไป โดยอาจทำให้เกิดอาการระคายเคืองในเยื่อทางเดินหายใจ ลดประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรค (ชนินฐา และคณะ, 2555)

นำหมักผลไม้ได้จากกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจนทำการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้มีโมเลกุลเล็กลง มีทั้งจุลินทรีย์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นหลากหลายชนิด มีกรดอินทรีย์ เช่น กรดแลคติก กรดอะซิติก รวมทั้งสารประกอบที่สกัดได้จากเซลล์พืช ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอนไซม์ และอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก (เบญจวรรณ และอรัญ, 2555) กรดแลคติก (Lactic) ช่วยลดค่า pH ในกระเพาะอาหาร ทำให้

สภาพแวดล้อมเหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนโปรเอนไซม์ (proenzyme) เช่น pepsinogen ที่มีฤทธิ์ย่อยโปรตีน (pepsin) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยอาหาร (Nguyen & Kim, 2020) กรดแลคติกมีบทบาทในการปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ ส่งผลให้ระบบการย่อยและการดูดซึมอาหารมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Adil *et al.*, 2010; Leeson & Summers, 2008) ในปี พ.ศ. 2568 ปริมาณผลผลิตผลไม้ส่งออกสู่ตลาดจำนวนมาก โดยเฉพาะมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ซึ่งถือเป็นหนึ่งในผลไม้ที่ออกสู่ตลาดอย่างมากในช่วงฤดูการ พบปริมาณมะม่วงคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานและกลายเป็นขยะทางการเกษตร แต่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จากการศึกษาของ Thawomcharoen *et al.*, 2024 พบว่าในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้งในเปลือกและในเนื้อมีวิตามินซี ฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic contents) สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และเบต้าแคโรทีน (beta-carotene) โดยพบว่าในเปลือกมะม่วงมีแนวโน้มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเนื้อมะม่วงผลสุก ซึ่งเบต้าแคโรทีนเป็นวิตามินชนิดหนึ่งจัดเป็นกลุ่มรงควัตถุ (pigment) ที่มีสีส้ม สีเหลือง อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) และเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ (pro vitamin A) ซึ่ง แคโรทีนอยด์ (carotenoids) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในร่างกายของสัตว์ปีก การผลิตไข่และน้ำหนักร และเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) (Nabi *et al.*, 2020) และหากนำมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกมาผ่านกระบวนการหมัก เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการนำไปใช้ในการผลิตสัตว์ หรือช่วยเพิ่มกระบวนการย่อยและดูดซึม เพื่อลดปริมาณแอมโมเนียในมูลนกกระทา ชนิดสุรา และคณะ (2555) ศึกษาผลของการให้จุลินทรีย์ผสม และไบโพรัง เพื่อลดกลิ่นเหม็นในมูลไก่กระทง พบว่า การเสริมจุลินทรีย์ (EM) ที่ระดับ 0.02% หรือ 30 cc. ต่อน้ำ 150 ลิตร และไบโพรังบดแห้งที่ระดับ 3% สามารถลดปริมาณแอมโมเนียในมูลไก่กระทงได้ Nawiri *et al.* (2024) ศึกษาผลของการเสริมเศษเปลือกมะม่วงหมักในอาหารของไก่ไข่ต่อประสิทธิภาพและคุณภาพไข่ในเคนยา พบว่า ค่าสีไข่แดงเพิ่มขึ้นในกลุ่มการทดลองที่ได้รับการเสริมเศษเปลือกมะม่วงหมักในอาหาร โดยการเสริมเปลือกมะม่วงในไก่ไข่ทำให้ระดับ

โพลีฟีนอลในไข่แดงเพิ่มขึ้นจึงทำให้มีเม็ดสีที่สังเกตได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญในการใช้ประโยชน์จากน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก เพื่อศึกษาการเสริมน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกในน้ำดื่มต่อสมรรถภาพการผลิต ปริมาณก๊าซแอมโมเนีย คุณภาพไข่ และองค์ประกอบทางเคมีของไข่นกกระทา

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ผู้วิจัยได้รับอนุญาตใช้สัตว์เพื่อ งานทางวิทยาศาสตร์ เลขที่ใบอนุญาตใช้สัตว์ U1-10556-2565 และโครงการวิจัยนี้ได้รับอนุญาตใช้ สัตว์ทางวิทยาศาสตร์ เลขที่ ACKU67-AGK-039 แผนการทดลองและการเลี้ยงสัตว์ทดลองนี้ใช้ นกกระทาเพศเมียอายุ 26 สัปดาห์ จำนวน 600 ตัว สุ่มนกกกระทาตามแผนการทดลองแบบสมบูรณ์ (CRD) แบ่งเป็น 3 กลุ่มทดลอง ทดลองซ้ำ 8 ครั้ง แต่ละครัง ใช้ นกกระทา จำนวน 25 ตัว ดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 กลุ่มที่ไม่มีการเสริม น้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก (กลุ่มควบคุม, C) น้ำสะอาด จำนวน 4.5 ลิตร

กลุ่มการทดลองที่ 2 กลุ่มที่มีการเสริม น้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก 1% (FM 1%) (น้ำ สะอาด 4.5 ลิตร ผสมกับ น้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้ สีทองสุก 45 มิลลิลิตร)

กลุ่มการทดลองที่ 3 กลุ่มที่มีการเสริม น้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก 3% (FM 3%) น้ำ สะอาด 4.5 ลิตร ผสมกับ น้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้ สีทองสุก 135 มิลลิลิตร

โดยเลี้ยงนกกกระทาบนกรงตบ ขนาด 45×45 cm² ภายในโรงเรือนแบบเปิดขนาด 4x4 เมตร ของ ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม โดยเริ่มการทดลองหลังจากนกกกระทา ปรับตัวได้สองสัปดาห์ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์- กลางเดือนเมษายน พ.ศ. 2568 ทั้งนี้ทำการให้อาหาร นกกระทาแบบจำกัดปริมาณ (26 กรัม/ตัว/วัน) และน้ำ แบบจำกัดปริมาณ โดยให้น้ำในรอบเช้า และเย็น (รอบละ 4.5 ลิตร จำนวน 9 ลิตร/วัน วันละ 90 มิลลิลิตร/ตัว/วัน) อาหารทดลองเป็นอาหารสำเร็จรูปทางการค้า เบทา

โกร 108M โดยมีคุณภาพของอาหารสัตว์ทางเคมี ประกอบด้วย โปรตีน ไม่น้อยกว่า 22 % ไขมัน ไม่น้อยกว่า 3 % กาก ไม่มากกว่า 5 % และ ความชื้น ไม่มากกว่า 13 %

การเตรียมตัวอย่างน้ำหมักผลไม้จากมะม่วง น้ำดอกไม้อีสทองสุกโดยการทดลองนี้ใช้มะม่วง น้ำดอกไม้อีสทองสุกที่ตลาดสดกำแพงแสน สุ่มเลือก จำนวน 1,500 กรัม ล้างทำความสะอาดด้วยเบกกิ้ง โซดา แล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด (2-3 ซม.) รวม เปลือก และเมล็ด แต่เมล็ดไม่ต้องหั่น ใส่โหลแก้วขนาด บรรจุ 15,000 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลทรายแดง 500 กรัม และน้ำกลั่น 5,000 กรัม คนผสมให้น้ำตาลทรายแดงละลายและเข้ากันดี ปิดฝาให้แน่น แล้วบ่มทิ้งไว้ใน สภาพไร้อากาศ ณ อุณหภูมิห้องประมาณ 30 องศาเซลเซียส เปิดฝาเพื่อระบายแก๊ส และคนผสมทุก ๆ 2 วัน และสุ่มดักตัวอย่างผ่านตะแกรงกรอง เพื่อกรอง ชิ้นส่วนมะม่วงที่ถูกย่อยจากกระบวนการหมักออกใช้ เพียงน้ำที่ผ่านการกรอง นำไปใช้ในการทดลอง และ นำมาวิเคราะห์ ณ วันที่ต่าง ๆ ได้แก่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มทดลอง ทดลองซ้ำจำนวน 2 ครั้ง (วารุณี และทวีช, 2550) เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ-เคมี และจุลินทรีย์จากน้ำหมักมะม่วง น้ำดอกไม้อีสทองสุก ได้แก่ 1) ปริมาณความหวาน/ปริมาณน้ำตาลในของเหลว ($^{\circ}$ Brix หรือองศา บริกซ์) วัดปริมาณความหวาน/ปริมาณน้ำตาลในของเหลว ($^{\circ}$ Brix หรือองศาบริกซ์) ด้วย hand refractometer รุ่น 0-32 $^{\circ}$ Brix with ATC (HRB-32ATC) 2) ศึกษาปริมาณกรดแลคติกโดยปิเปต (pipette) ของเหลวที่ได้จากการกรอง จำนวน 2 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น ปริมาณ 100 มิลลิลิตร เติมนีลอฟฟทาไลน์ (phenolphthalein) จำนวน 5 มล. และไตเตรทด้วย สารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์(NaOH) 0.1 N ทำการจดบันทึกปริมาณที่ใช้ในการไตเตรทเพื่อ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก (AOAC, 1990) 3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH-meter (รุ่น AD31-Ec/TDS) 4) ค่าสี CIE L* a* b* วัดค่าสีด้วยเครื่อง MiniScan by Hunter Lab, USA 5) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) วิเคราะห์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ด้วยวิธี

Microbiology of the food chain -Horizontal method for the enumeration of microorganisms (ISO4833-1:2013) 6) ปริมาณเบต้าแคโรทีนด้วยเครื่อง HPLC In-house method based on modified Chen *et al.*, 2024. นำของเหลวที่ได้จากการกรอง 20 มิลลิลิตร สกัดเบต้าแคโรทีนด้วยคลอโรฟอร์มและเมทานอลใน อัตราส่วน 2:1 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ในกรวยแยกเติม สารละลายโซเดียม คลอไรด์อิ่มตัว 5 มิลลิลิตร เขย่าประมาณ 100 ครั้งและตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น เก็บ ชั้นคลอโรฟอร์มด้านล่าง สารละลายด้านบนสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง เก็บชั้นคลอโรฟอร์มรวมกัน กรองผ่าน Na_2SO_4 เพื่อกำจัดน้ำที่เหลือออก จากนั้นระเหยแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator นำตัวอย่างมาละลายด้วย mobile phase A:B (1:1) ปริมาตร 0.5 มล.จากนั้นนำมากรองผ่านตัวกรองชนิดไนลอน ขนาดรูพรุน 0.22 μm ใน สภาวะการวิเคราะห์ : คอลัมน์ YMC Carotenoid C30 (250 $\times$ 4.6 mm i.d., 5 μm) เฟสเคลื่อนที่ สารละลาย A (MeOH/H₂O(97/3(v/v)), 0.05M ammonium acetate, 0.1% BHT สารละลาย B (tert-Butyl-Methyl-ether, 0.1% BHT) 7) ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก นำของเหลวใส มาเจือจางที่ 10^{-2} , 10^{-4} , 10^{-6} และ 10^{-8} โดยทำการปิเปต 1 มล. ของตัวอย่างและ 0.85% Sterile NaCl ปริมาตร 9 มล. ตูตสารละลายตัวอย่าง ความเข้มข้นที่ต้องการใส่ในจานอาหารที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ (Lactobacillus MRS agar) เติมน้ำแคลเซียม คาร์บอเนต (CaCO_3) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 $^{\circ}\text{C}$ ใน สภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 48-72 ชม. หลังจากนั้น สังเกตโคโลนี (colony) สีที่ให้ในสไลด์อาหาร สุ่ม ย้อมติดสีม่วง รูปร่างท่อน บันทึกผลและคำนวณ จำนวนเชื้อจุลินทรีย์เป็น Colony forming unit/milliliter (CFU/ml) (Kozaki *et al.*, 1992) 8) ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus spp.* นำของเหลวที่ได้จากการกรอง วิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus spp.* ด้วยวิธี Bergey's Manual of systematic bacteriology, volume 2, 1986 and compendium of methods for the microbiological examination of food (APHA) edition (2015) โดยการวิเคราะห์จำนวน *Bacillus spp.* ทั้งหมดจากการให้ความร้อนตัวอย่างที่ 80 $^{\circ}\text{C}$ นาน 10 นาที หลังจากนั้นเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อหาปริมาณ

จุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างอาหาร Plate count agar (PCA) บ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 48 ชม. นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ วิธีการวิเคราะห์ให้ความร้อนกับตัวอย่าง ที่ 80°C นาน 10 นาที แบคทีเรียที่เหลือยู่จากการให้ความร้อนจะเป็นพวกที่สร้าง Endospore ซึ่งได้แก่เชื้อในกลุ่ม Bacillus และ Clostridium ซึ่งเมื่อนำมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 48 ชม.จะเป็นสภาวะของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศ (aerobic) เจริญได้ ซึ่งจะไม่ใช้กลุ่ม Clostridium ที่เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ (anaerobic) บันทึกและรายงานผลจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เป็น Colony forming unit/milliliter (CFU/ml) ผลการทดลองแสดงใน Table 1

1. ข้อมูลสมรรถภาพการผลิต

มีการบันทึกข้อมูลรายวัน ได้แก่ ปริมาณอาหารที่ให้ (กรัม), ปริมาณอาหารที่เหลือ (กรัม), ปริมาณน้ำที่ให้ (มล.), ปริมาณน้ำที่เหลือ (มล.), จำนวนนกกกระทา (ตัว), จำนวนไข่ (ฟอง), น้ำหนักไข่รวม (กรัม) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ จากนั้นทำการคำนวณหา

1.1 ปริมาณอาหารที่กิน (Feed Intake) = $\frac{\text{ปริมาณอาหารที่ให้ (กรัม)} - \text{ปริมาณอาหารที่เหลือ (กรัม)}}{\text{จำนวนนกกกระทา (ตัว)} \times \text{จำนวนวัน}}$

1.2 ปริมาณน้ำที่กิน (Water Intake) = $\frac{\text{ปริมาณน้ำที่ให้ (มล.)} - \text{ปริมาณน้ำที่เหลือ (มล.)}}{\text{จำนวนนกกกระทา (ตัว)} \times \text{จำนวนวัน}}$

1.3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ (Feed per egg ratio) = $\frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)}}{\text{มวลไข่ (กรัม)}}$

1.4 ผลผลิตไข่ (Hen-day Production) = $\frac{\text{ไข่ทั้งหมด (ฟอง)} \times 100}{\text{จำนวนนกกกระทา (ตัว)} \times \text{จำนวนวัน}}$

1.5 น้ำหนักไข่เฉลี่ย (Egg Weight) = $\frac{\text{น้ำหนักไข่รวม (กรัม)}}{\text{จำนวนไข่ทั้งหมด (ฟอง)}}$

1.6 มวลไข่ (Egg mass) = $\frac{\text{ผลผลิตไข่ (เปอร์เซ็นต์)} \times \text{น้ำหนักไข่ (กรัม)}}{100}$ ตามวิธีการคำนวณของ กานดา และ อัจฉราภรณ์ (2558)

2. การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียในมูล

สุ่มเก็บตัวอย่างมูลนกกกระทาในช่วงเช้า เวลา 08.30-09.00 น. ในสัปดาห์ที่ 1, 4 และ 8 โดยเก็บตัวอย่างมูลนกกกระทาประมาณ 200 กรัมต่อกลุ่มทดลอง การทดลองละ 8 ซ้ำ ใส่ถุงพลาสติกใส ขนาด 8×9 นิ้ว มัดปากถุง ใส่ลึงโฟมแช่น้ำแข็ง และส่งตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย วิเคราะห์แอมโมเนียในสารสกัดจากมูล (manure extract) ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) ตามวิธีของ METHODS IN AGRICULTURAL CHEMICAL ANALYSIS (2002)

2. คุณภาพไข่

สุ่มตัวอย่างไข่ นกกกระทาในแต่ละกลุ่มการทดลองในสัปดาห์ที่ 1, 3, 5 และ 7 ทดลองซ้ำ 8 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ไข่ นกกกระทา จำนวน 8 ฟอง เพื่อศึกษาข้อมูลคุณภาพไข่ โดยชั่งน้ำหนักไข่ทั้งฟอง น้ำหนักไข่ขาว และน้ำหนักเปลือกไข่ ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล 0.001 กรัม (Digital scale, Briffit รุ่น KA 29, China) วัดความกว้างของไข่ ความยาวของไข่ ความสูงไข่ขาว ความยาวไข่ขาว ความกว้างไข่แดง ความสูงไข่แดง ความกว้างไข่ขาว ความหนาของเปลือกไข่ ที่ 3 จุดที่แตกต่างกัน ได้แก่ ด้านป้าน ด้านแหลม และส่วนกลางของไข่ ค่าเฉลี่ยสามจุดถือเป็นความหนาสุดท้ายของเปลือกไข่แต่ละใบ ด้วยคาลิเปอร์ดิจิตอล (digital vernier caliper) 0.01 มม. (Vernier Caliper Series 530 Mitutoyo, Japan) และคำนวณข้อมูลตามวิธีการของ กานดา และ อัจฉราภรณ์ (2558) ดังนี้

2.1 ดัชนีรูปทรงไข่ (Shape index) = $\frac{\text{ความกว้างของไข่ (มล.)} \times 100}{\text{ความยาวของไข่ (มล.)}}$

2.2 ดัชนีไข่แดง (Yolk index) = $\frac{\text{ความสูงไข่แดง (มล.)} \times 100}{\text{ความกว้างของไข่แดง (มล.)}}$

2.3 ดัชนีไข่ขาว (Albumin index) = $\frac{\text{ความสูงไข่ขาว (มล.)} \times 100}{\text{ความยาวไข่ขาว (มล.)} + \text{ความกว้างไข่ขาว (มล.)}}$

2.4 เปอร์เซนต์ไข่ขาว (Albumin ratio) = $100 \times \frac{\text{น้ำหนักไข่ขาว}}{\text{น้ำหนักไข่รวม}}$

2.5 เปอร์เซนต์ไข่แดง (Yolk ratio) = $100 \times \frac{\text{น้ำหนักไข่แดง}}{\text{น้ำหนักไข่รวม}}$

2.6 เปอร์เซนต์เปลือกไข่ (Eggshell ratio) = $100 \times (\text{น้ำหนักเปลือกไข่} / \text{น้ำหนักไข่รวม})$

2.7 การวัดสีไข่แดงด้วยเครื่องวัดสี โดยใช้กรรไกรตัดเปลือกไข่ เทไข่ลงบนพื้นผิวเรียบ แยกไข่แดงออกจากไข่ขาว ตีผสมไข่แดงให้เข้ากันแล้ววัดสีบันทึกค่าความสว่าง Lightness (L*) ค่าความเป็นสีแดง Redness (a*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง Yellowness (b*) ด้วยเครื่อง MiniScan by hunter lab, USA

3. องค์ประกอบทางเคมีของไข่นกกระทา

สุ่มตัวอย่างไข่นกกระทาในแต่ละกลุ่มการทดลองในสัปดาห์ที่ 4 และ สัปดาห์ที่ 8 จำนวน 50 ฟอง เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

3.1 วิเคราะห์โปรตีนตามวิธี in-house method TE-CH-042 based on AOAC (2019) 981.10. โดยวิธีการวิเคราะห์ใช้ตาม AOAC (2019) ต่างกันที่การชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

3.2 วิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธี AOAC (2019) 922.06.

3.3 วิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต และพลังงานตามวิธี in-house method TE-CH-0169 based on Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) โดยวิธีการวิเคราะห์ใช้ตาม AOAC (2019) ต่างกันที่การชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

3.4 วิเคราะห์ความชื้นตามวิธี AOAC (2019) 950.46(B)

3.5 วิเคราะห์เถ้าตามวิธี AOAC (2019) 920.153

3.6 วิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนด้วยเครื่อง HPLC In-house method ตามวิธีดัดแปลงของ Chen *et al.*, 2024 และ Islam & Schweigert, 2015

สุ่มตัวอย่างไข่นกกระทาในแต่ละกลุ่มการทดลองในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 จำนวน 20 ฟอง ตอกใส่จานทดลอง เพื่อแยกไข่แดงกับไข่ขาว เก็บตัวอย่างไข่แดงและผสมให้เข้ากัน สุ่มตัวอย่างจำนวน 1.5 กรัม เติมน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Homogenizer นาน 3 นาที สกัดเบต้าแคโรทีนด้วยเฮกเซน และไอโซโพรพานอลในอัตราส่วน 3:2 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่า 15 นาที ตกตะกอนด้วย

เครื่องปั่นเหวี่ยง ความเร็วรอบ 8000 rpm นาน 15 นาที แยกสารละลายส่วนใสเก็บไว้ สกัดตะกอนซ้ำอีกครั้ง นำสารละลายส่วนใสที่ได้ทั้งหมดเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว 5 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นประมาณ 30 นาที เก็บชั้นเฮกเซนด้านบน สารละลายชั้นล่างสกัดด้วยเฮกเซนที่ผสมกับ 0.05% BHT ปริมาณ 7.5 มิลลิลิตร วางไว้ในที่มืด 30 นาที จนสารละลายแยกชั้นเก็บชั้นเฮกเซนด้านบนรวมกับของเดิม สารละลายชั้นล่างสกัดอีกครั้งด้วยเฮกเซนที่ผสมกับ 0.05% BHT ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เก็บชั้นเฮกเซนด้านบนรวมกับของเดิม จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 20 มิลลิลิตรด้วยเฮกเซนปิเปตสารละลาย 0.4 มิลลิลิตร ระบายแห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน หลังจากนั้นละลายตัวอย่างด้วยไอโซโพรพานอล ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร กรองผ่านตัวกรองชนิดไนลอน ขนาดรูพรุน 0.22 ไมครอน

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ และ องค์ประกอบทางเคมีของไข่นกกระทา ที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างที่ทเมนต์ด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R 2.10.1 (Jompuk, 2012)

การศึกษา

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ-เคมี และ จำนวนจุลินทรีย์ของน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกที่ระยะการหมัก 7- 28 วัน พบว่า ปริมาณน้ำตาลในของเหลว (สารละลาย) ($^{\circ}\text{Brix}$) 8.90 – 10.05 ปริมาณกรดแลคติก 0.95-2.75% ค่า pH 2.89 - 3.59 ปริมาณเบต้าแคโรทีน 0.00 - 0.36 mg/liter ค่าสี ความสว่าง (L*) 23.92 - 25.58 ค่าสีแดง (a*) 0.61 - 1.49 ค่าสีเหลือง (b*) 17.03-18.00 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 6.65×10^6 - 3.15×10^7 cfu/ml ปริมาณจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก 1.00×10^4 - 9.5×10^6 cfu/ml และ ปริมาณ *Bacillus spp.* 2.50 – 11.50 cfu/ml

Table 1 Quality of fermented juice from *Mangifera indica* L. (Nam Dok Mai Sri thong) at 7 - 28 days

Parameter	Quality of fermented juice from <i>Mangifera indica</i> L. (Nam Dok Mai Sri thong)
° Brix	8.90 - 10.05
Lactic acid (%)	0.95 - 2.75
pH value	2.89 - 3.59
Beta-Carotene (mg/liter)	0.00 - 0.36
Color	
L*	23.92 - 25.58
a*	0.61 - 1.49
b*	17.03 - 18.00
Total plate count (cfu/ml)	6.65×10^6 - 3.15×10^7
Lactic acid bacteria (cfu/ml)	1.00×10^4 - 9.5×10^6
<i>Bacillus</i> spp. (cfu/ml)	2.50 - 11.50

สมรรถภาพการผลิต

ผลการเสริมหน้าหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสู่การสมรรถภาพการผลิตในนกกระทาญี่ปุ่น (Table 2) พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ และ น้ำหนักไข่ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณน้ำที่กิน ผลผลิตไข่ และ มวลไข่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มการทดลองที่ FM1% และ FM3% นกกระทากินอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ

กับกลุ่ม C แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณน้ำที่กิน พบว่า ในกลุ่มการทดลองที่ FM1% นกกระทากินน้ำมากกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ๆ ซึ่งนกกระทาในกลุ่มการทดลอง C กินน้ำน้อยที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลผลิตไข่ (Hen-day production) และ มวลไข่ (Egg mass) พบว่ากลุ่มการทดลองที่ FM1% และ FM3% มีผลผลิตไข่และมวลไข่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลอง C ($P<0.05$)

Table 2 The effect of adding fermented fruit juice from *Mangifera indica* L. (Nam Dok Mai Sri thong) at the levels of 0, 1 and 3% on performance and ammonia in Japanese quails

Item	C	FM1%	FM3%	P-value
Feed Intake (g/bird/day)	22.92±1.38 ^b	24.58±1.15 ^a	24.60±1.01 ^a	0.00
Water Intake (ml/bird/day)	25.47±3.00 ^c	33.06±1.60 ^a	31.28±0.94 ^b	0.00
Feed per egg ratio (g/g)	2.62±0.11	2.57±0.13	2.54±0.12	0.27
Hen-day Production (%)	77.95±3.54 ^b	87.17±2.73 ^a	88.88±3.33 ^a	0.00
Egg weight (g/egg)	11.24±0.36	10.98±0.41	10.90±0.37	0.06
Egg mass (g/egg)	8.76±0.50 ^b	9.58±0.46 ^a	9.68±0.38 ^a	0.00
Ammonia (ppm)	1798.23±287.39	1866.29±295.37	1903.33±341.42	0.66

Note: Different (a, b or c) after the means within a column indicate significant difference among treatments ($P<0.05$), C = Control, FM1% = fermented fruit juice from Nam Dok Mai Sri Thong at the levels of 1% and FM3% = fermented fruit juice from Nam Dok Mai Sri Thong at the levels of 3%

ปริมาณแอมโมเนีย จากผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองที่ FM1% และ FM3% มีแนวโน้มทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียในมูลนกกระทาเพิ่มขึ้น เมื่อ

เปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง C แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.66$)

คุณภาพไข่

ผลของการเสริมน้ำหมักจากมะม่วง น้ำดอกไม้อีสทองสุกที่ระดับ 1% และ 3% ต่อ คุณภาพไข่ (Table 3) พบว่าไม่ส่งผลต่อดัชนีไข่แดง ดัชนีไข่ขาว ความสูงไข่ขาว น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว เปอร์เซ็นต์ไข่แดง แต่ส่งผลต่อดัชนีรูปร่างไข่ น้ำหนักเปลือก เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ ความหนาเปลือกไข่ และค่าสีของไข่แดง แตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกลุ่มการทดลองที่ FM3% มีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น

ค่าสีของไข่แดง พบว่าค่าความเป็นสีแดง Redness (a^*) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ค่าความสว่าง Lightness (L^*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง Yellowness (b^*) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 3) โดยพบว่ากลุ่มการทดลองที่ FM1% และ FM3% มีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

Table 3 The effect of adding fermented fruit juice from Nam Dok Mai Sri Thong at the levels of 0, 1 and 3% on egg quality in Japanese quails

Item	C	FM1%	FM3%	P-value
Shape Index (%)	76.78±1.30 ^b	76.76±1.41 ^b	77.98±1.68 ^a	0.03
Yolk Index (%)	46.64±2.94	45.96±1.92	46.32±1.07	0.66
Albumin Index (%)	5.86±0.48	5.86±0.74	5.78±0.47	0.91
Albumin height (mm)	4.69±0.31	4.70±0.51	4.60±0.27	0.73
Albumin weight (g)	5.50±0.61	5.38±0.30	5.50±0.32	0.62
Shell weight (g)	1.67±0.07 ^b	1.74±0.15 ^b	1.84±0.08 ^a	0.00
Yolk weight (g)	3.50±0.22	3.49±0.31	3.33±0.11	0.08
Albumin Ratio (%)	49.29±4.26	49.10±1.96	50.81±1.40	0.18
Yolk Ratio (%)	31.41±1.82	31.88±2.51	30.87±0.80	0.31
Eggshell Ratio (%)	15.42±0.94 ^b	15.86±1.04 ^{ab}	16.52±0.97 ^a	0.05
Shell thickness	0.19±0.01 ^b	0.19±0.01 ^b	0.22±0.01 ^a	0.00
Yolk color				
L^*	35.40±0.15 ^b	36.06±0.79 ^a	36.65±0.37 ^a	0.00
a^*	13.30±0.08	13.16±0.22	13.27±0.14	0.31
b^*	41.00±2.92 ^b	44.07±1.95 ^a	43.73±1.73 ^a	0.00

Note: Different (^a or ^b) after the means within a row indicate significant difference among treatments ($P<0.05$), C = Control, FM1% = fermented fruit juice from Nam Dok Mai Sri Thong at the levels of 1% and FM3% = fermented fruit juice from Nam Dok Mai Sri Thong at the levels of 3%

องค์ประกอบทางเคมีของไข่นกกระทา

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่นกกระทาที่ได้รับการเสริมน้ำหมักผลไม้จากมะม่วง

น้ำดอกไม้อีสทองสุกที่ระดับ 1% และ 3% พบว่าการเสริมน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองสุกไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของไข่นกกระทา ($P>0.05$)

Table 4 Chemical composition of quail eggs adding fermented fruit juice from Nam Dok Mai Sri Thong at the levels of 0, 1 and 3% on egg quality in Japanese quails

Chemical composition	C	FM1%	FM3%	P-value
Protein (g/100g)	12.59±0.27	12.45±0.06	12.79±0.21	0.36
Fat (g/100g)	11.06±0.51	12.33±0.00	12.59±0.09	0.34
Carbohydrate (g/100g)	0.94±0.11	0.33±0.00	0.97±0.50	0.19
Moisture (g/100g)	74.26±2.17	73.76±0.02	73.35±0.27	0.79
Calories (Kcal/100g)	162.80±3.60	162.05±0.28	168.23±0.49	0.09
Ash (g/100g)	0.93±0.05	1.14±0.09	1.02±0.01	0.10
Beta-carotene (µg/g)	1.38±0.11	1.28±0.42	1.53±0.25	0.26

Note: C = Control, FM1% = fermented fruit juice from Nam Dok Mai Sri thong at the levels of 1% and FM3% = fermented fruit juice from Nam Dok Mai Sri thong at the levels of 3%

วิจารณ์

ในด้านสมรรถภาพการผลิต พบว่าปริมาณอาหารที่กินเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมน้ำหมักผลไม้จากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก เนื่องจากในน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกมีกรดอินทรีย์ที่เกิดจากกระบวนการหมัก ได้แก่ กรดแลคติก ปริมาณ 0.95 - 2.75% (Table 1) ซึ่งกรดแลคติกช่วยกระตุ้นการหลั่งเอนไซม์จากกระเพาะอาหาร ทำให้การย่อยอาหารมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Açıkgöz *et al.*, 2011; Khan & Iqbal, 2016; Hamid *et al.*, 2018; Bouassi *et al.*, 2021) และกรดแลคติกช่วยลดค่า pH ในกระเพาะอาหาร ทำให้สภาพแวดล้อมเหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนโปรเอนไซม์ (proenzyme) เช่น pepsinogen ที่มีฤทธิ์ย่อยโปรตีน (pepsin) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยอาหาร (Nguyen & Kim, 2020) ส่งผลให้นกกระทากลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกกินอาหารเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Ningsih *et al.*, (2022) ศึกษาผลการเสริมน้ำหมักเปลือกแก้วมังกรในน้ำดื่มต่อการผลิตไข่นกกระทา จากการทดลองพบปริมาณ Lactic acid bacteria ในน้ำหมักเปลือกแก้วมังกร จำนวน 8.1×10^5 cfu/g ส่งผลให้ปริมาณอาหารที่กินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเสริมน้ำหมักเปลือกแก้วมังกร ซึ่งระดับการเสริมที่ 6% นกกระทากินอาหาร 32.26 กรัมต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับ

การเสริมนกกระทากินอาหาร 31.48 กรัมต่อวัน และวิวัฒน์ และคณะ (2024) ศึกษาการเสริมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกมังคุดในน้ำดื่มต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากของไก่พื้นเมืองลูกผสม พบว่าปริมาณการกินได้โดยเฉลี่ยตลอดการทดลองของกลุ่มทดลองที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกมังคุดในน้ำดื่มที่ระดับ 50 มิลลิลิตร/ลิตร มีค่าเท่ากับ 57.31 กรัมต่อวัน สูงกว่าทุกทรีทเมนต์ ($P < 0.01$)

ปริมาณน้ำที่กิน (Water intake) ในกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกมีปริมาณการกินน้ำสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยในน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกมีกลิ่นหอมของกระบวนการหมัก มีกรดอินทรีย์ (กรดแลคติก) ที่ช่วยกระตุ้นการย่อย ส่งผลให้ร่างกายใช้น้ำมากขึ้นทั้งในแง่ของกระบวนการย่อย การขับของเสีย และการรักษาอุณหภูมิ (Orakpoghenor *et al.*, 2021) โดยการเสริมน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกที่มีกรดแลคติกและน้ำตาล ทำให้น้ำมีรสเปรี้ยว และรสหวานอ่อน ๆ (°Brix ที่ระดับ 9-10) ที่สามารถกระตุ้นการรับรสของนกกระทา (Niknafs *et al.*, 2023) อีกทั้งนกกระทากินอาหารเพิ่มขึ้น (Table 2) ทำให้อาหารได้รับโปรตีนเพิ่มขึ้นกระตุ้นการใช้พลังงานเกิดความร้อนในร่างกาย ส่งผลให้นกกระทากินน้ำเพิ่มขึ้น (Leeson & Summers (2008) สอดคล้องกับรายงานของ Arce-Menocal *et al.*, (2020) ที่รายงานว่า ไก่ที่ได้รับการเสริมกรดอินทรีย์รวมปริมาณ 0.3 และ 1 ลิตร/น้ำ

1,000 ลิตร มีปริมาณการบริโภคน้ำดื่มเพิ่มขึ้น 2.23 และ 2.42% แต่ในขณะที่ Dewi *et al.*, (2021) ศึกษาผลกระทบของน้ำเปลือกแก้วมังกรหมัก (*Hylocereus Sp.*) ในน้ำดื่มต่อประสิทธิภาพและคุณภาพของไข่นกกระทาญี่ปุ่น พบว่า ปริมาณน้ำที่กินลดลงในกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำเปลือกแก้วมังกรหมัก ($P < 0.05$) เนื่องจากในเปลือกแก้วมังกรมีสารซาโปนิน (saponin) ทำให้มีรสขม ส่งผลทำให้นกกระทากินน้ำลดลง

ผลผลิตไข่ (Hen-day production) และมวลไข่ (Egg mass) ในน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุก มีการลดค่าที่มีบทบาทในการปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ ส่งผลให้ระบบการย่อยและการดูดซึมอาหารมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้พลังงานและสารอาหารสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไข่ได้มากขึ้น ส่งผลต่ออัตราการให้ไข่ที่สูงขึ้นของนกกระทา (Adil *et al.*, 2010; Leeson & Summers, 2008) และในน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุกมีเบต้าแคโรทีน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญซึ่งช่วยลดความเครียดจากการออกซิเดชันในร่างกาย และส่งเสริมการทำงานของระบบสืบพันธุ์ ส่งผลให้ผลผลิตไข่เพิ่มขึ้นในสัตว์ปีก (Lokaewmanee *et al.*, 2011; Surai, 2002) สอดคล้องกับการทดลองของ Ningsih *et al.*, (2022) ศึกษาผลของน้ำเปลือกแก้วมังกรหมักเสริมในน้ำดื่มต่อการผลิตไข่นกกระทา พบว่า ผลผลิตไข่ (Hen-day Production) เพิ่มขึ้นตามปริมาณการเสริมน้ำเปลือกแก้วมังกรหมัก โดยที่ระดับการเสริม 6% ให้ผลผลิตไข่ 83.21% ในขณะที่กลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม ให้ผลผลิตไข่ 73.87% เนื่องมาจากสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในเปลือกแก้วมังกร สามารถลดการเกิดอนุมูลอิสระ ทำให้ร่างกายมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและยังช่วยให้กระบวนการทำงานของฮอร์โมนเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Du *et al.*, (2020) การผลิตไข่ของสัตว์ปีกถูกควบคุมโดยระบบฮอร์โมนในร่างกาย โดยเฉพาะฮอร์โมน GnRH (Gonadotropin-releasing hormone), FSH (Follicle-stimulating hormone), LH (Luteinizing hormone) และ prolactin ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนา ถุงหุ้มไข่ (follicle) และการตกไข่ อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Ambarwati *et al.*, 2007 ที่รายงานว่าสารต้านอนุมูล

อิสระในอาหารสามารถช่วยรักษาระดับการผลิตไข่ของสัตว์ปีกได้ เนื่องจากมีบทบาทในการรักษาสมดุลของแร่ธาตุในร่างกาย เพื่อลดความเสี่ยงต่อภาวะขาดแร่ธาตุ

ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอาจเกิดจากปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์ที่สูงจากกระบวนการหมัก ซึ่งมะม่วงสุกเป็นผลไม้ที่มีน้ำตาลและโปรตีนธรรมชาติ จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารหรือในกระบวนการหมักจะทำหน้าที่ย่อยสลายโปรตีนให้เป็นการดอะมิโน จากนั้นกรดอะมิโนเหล่านี้จะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายต่อผ่านกระบวนการ การกำจัดหมู่อะมิโน ($-NH_2$) หรือ Deamination ออกจากโมเลกุล ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในกลไกการสลายโปรตีนและไนโตรเจนอินทรีย์ กระบวนการนี้จะส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งอาจเกิดการสะสมในระบบหมักได้ (Nahm, 2003; Ferket *et al.*, 2002) ดังนั้นการเสริมน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุกจึงเป็นการเพิ่มปริมาณแอมโมเนียในน้ำดื่มให้นกกระทา ส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียในกลุ่มที่ได้รับการเสริมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แตกต่างจากการทดลองของ ขนิษฐา และคณะ (2555) ศึกษาผลของการให้จุลินทรีย์ผสม และไบโพรัง เพื่อลดกลิ่นเหม็นในมูลไก่กระทง พบว่า การเสริมจุลินทรีย์ (EM) ที่ระดับ 0.02% หรือ 30 cc. ต่อน้ำ 150 ลิตร และไบโพรังบดแห้งที่ระดับ 3% สามารถลดปริมาณแอมโมเนียในมูลไก่กระทงได้ เนื่องจากไบโพรังแห้งบดในการศึกษานี้มีสารแทนนินเป็นองค์ประกอบอยู่ 922.73 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งคุณสมบัติของแทนนินนั้น มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Salmonella spp.* และ enteropathogenic bacteria อื่นๆ รวมทั้งเชื้อยีสต์ *Candida albicans* และเชื้อรา *Aspergillus niger* 427 (Cáceres *et al.*, 1990; Rabe and Staden, 1997)

คุณภาพไข่จากการทดลองของ Kolo *et al.*, (2019) ศึกษาคุณภาพไข่นกกระทาญี่ปุ่น (*Coturnix coturnix japonica*) ที่ได้รับการเสริมเมล็ดมะม่วงหมักในอาหาร (*Mangifera spp*) พบว่า กลุ่มการทดลองที่ได้รับการเสริมเมล็ดมะม่วงหมักในอาหารที่ระดับ 10-25% มีผลทำให้ความยาวของฟองไข่ ความกว้าง

ของฟองไข่ ความหนาเปลือก และดัชนีรูปร่างไข่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งความยาวของฟองไข่ ความหนาเปลือก และดัชนีรูปร่างไข่ เพิ่มขึ้นตามปริมาณที่ได้รับการเสริมเมล็ดมะม่วงหิมพาน์ ในอาหาร โดยในน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ *Lactic acid bacteria* จำนวน 1.00×10^4 - 9.5×10^6 cfu/ml และ ปริมาณ *Bacillus spp.* 2.50 – 11.50 cfu/ml (Table 1) ซึ่ง Yesilbag และ Colpan (2006) รายงานว่าการปรับปรุงคุณภาพเปลือกไข่มีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของแคลเซียมในซีรัม ซึ่งอาจมาจากผลของกรดอินทรีย์ต่อการดูดซึมแคลเซียมและคุณภาพเปลือกไข่อาจเป็นผลมาจากการดูดซึมแร่ธาตุและโปรตีนที่เพิ่มขึ้นโดยการเสริมกรดอินทรีย์ (Soltan, 2008) และการเสริมจุลินทรีย์กลุ่ม *Bacillus spp.* ในอาหารอาจช่วยปรับปรุงคุณภาพเปลือกไข่ของไก่ไข่ในระยะปลายของการผลิต (Abdelqader *et al.*, 2013; Sobczak & Kozłowski, 2015) จากการทดลองของ Wang *et al.* (2021) พบว่า การเสริม *B. subtilis* ส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมในเปลือกเพิ่มขึ้นจาก 32.49% เป็น 35.17%

ค่าสีของไข่แดง ในน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองสุกมีเบต้าแคโรทีน (Table 1) ซึ่งเป็นสารสีธรรมชาติในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ที่มีสีเหลือง-ส้ม โดยเบต้าแคโรทีนสามารถถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและสะสมในไข่แดงผ่านกระบวนการสร้างไข่ในระบบสืบพันธุ์ ส่งผลให้สีของไข่แดงมีความเข้มข้นในโทนเหลืองถึงส้มตามปริมาณของเบต้าแคโรทีนที่ได้รับ สอดคล้องกับการทดลองของ Nawiri *et al.* (2024) ศึกษาผลของการเสริมเศษเปลือกมะม่วงหิมพาน์ในอาหารของไก่ไข่ต่อประสิทธิภาพและคุณภาพไข่ในเคนยา พบว่า ค่าสีไข่แดงเพิ่มขึ้นในกลุ่มการทดลองที่ได้รับการเสริมเศษเปลือกมะม่วงหิมพาน์ในอาหาร โดยการเสริมเปลือกมะม่วงในไก่ไข่ทำให้ระดับแคโรทีนอยด์ในไข่แดงเพิ่มขึ้น (Kijak *et al.*, 2021) โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมเศษเปลือกมะม่วงหิมพาน์ในอาหารที่ระดับ 28% ให้คะแนนค่าสีของไข่แดงที่ 14.29 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการเสริมได้คะแนนสีของไข่แดง 12.38

ผลการศึกษาดังกล่าวประกอบทางเคมีของไข่นกกระทาสอดคล้องกับ Abd El-Ghany (2024); Abdel-Wareth *et al.* (2014) ที่รายงานว่า กรดอินทรีย์สามารถช่วย ปรับ pH ในระบบทางเดินอาหาร ช่วยลดเชื้อก่อโรคและเพิ่มสุขภาพลำไส้ของสัตว์ปีก และสามารถช่วยปรับสมดุลจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ปีก เพิ่มความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร และลดการเจริญของเชื้อก่อโรค ส่งผลให้เกิดการดูดซึมกรดอะมิโนได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และส่งผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมพลังงานและสารอาหารหลัก และสีของไข่แดงจะถูกกำหนดโดยปริมาณและชนิดของแคโรทีนอยด์ที่สร้างเม็ดสีในอาหารเป็นหลัก (Hernandez *et al.*, 2008) ดังนั้นการเสริมน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองสุกในระดับ 1% และ 3% ส่งผลดีต่อผลผลิตไข่ มวลไข่ และคุณภาพไข่ของนกกระทา โดยเฉพาะในคุณภาพของเปลือกไข่ แนะนำให้มีการศึกษาต่อเนื่องในระดับการเสริมที่สูงกว่า 3%

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน รหัสโครงการ KPS-RDI 2024-009 ทั้งนี้ขอขอบคุณคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพื่อสถานที่ในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กานดา ล้อแก้วมณี และอัจฉราภรณ์ ภูบึงดำ. 2558. การศึกษาการเพิ่มระดับกากมะพร้าวอบแห้งในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่. *ข่าวสารเกษตรศาสตร์*. 60(3): 70-80.
- ชนินฐา เรืองวิทยานุสรณ์, สุวรรณิ์ แสนทวีสุข, ดวงนภา บัวใหญ่, กนกวรรณ แพนสมบัติ, รัชดาพร ไชยโชติ, และ สุวรรณ ปักกะทานัง. (2555). ผลของการให้จุลินทรีย์ผสม และไบโอฟรังก์ เพื่อลดกลิ่นเหม็นในมูลไก่กระตัง. *แก่นเกษตร*, 40(ฉบับพิเศษ 2), 424–427.

- เบญจวรรณ คำศรี และอรัญ ชวาลภาฤทธิ์. (2555). การผลิตน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม. ใน การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9: วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- วารุณี ขนนทอง และทวิช ทำนาเมือง. (2550). การเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียในกระบวนการหมักน้ำสัสดชีวภาพและผลของน้ำสัสดชีวภาพต่อการยับยั้งแบคทีเรียโรคพืช. *ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์*, 7(2), 62-77. <http://sci.bsru.ac.th/sciweb/e-magazine/7-2/chapter-9.pdf>
- วิวัฒน์ วรามิตร, หทัยชนก อินทร์สูงเนิน, และ ทิพย์วดี ประไพวงษ์. (2567). การเสริมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกมังคุดในน้ำดื่มต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากของไก่พื้นเมืองลูกผสม. *วารสารเกษตรพระวรุณ*, 21(2), 108–118.
- Abdelqader, A., Al-Fataftah, A.-R., & Daş, G. (2013). Effects of dietary *Bacillus subtilis* and inulin supplementation on performance, eggshell quality, intestinal morphology and microflora composition of laying hens in the late phase of production. *Animal Feed Science and Technology*, 179(1–4), 103–111.
- Abdel-Wareth, A. A. A., Kehraus, S., & Südekum, K. H. (2014). Effects of thyme and oregano on growth performance of broilers from 4 to 42 days of age and on microbial counts in crop, small intestine and caecum of 42-day-old broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 23(2), 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.10.006>
- Abd El-Ghany, W. A. (2024). Applications of organic acids in poultry production: An updated and comprehensive review. *Agriculture*, 14(10), 1756. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101756>
- Açıkgöz, Z., Bayraktar, H., & Altan, Ö. (2011). Effects of formic acid administration in the drinking water on performance, intestinal microflora and carcass contamination in male broilers under high ambient temperature. *Asian-australasian Journal of Animal Science*, 24(1), 96-102. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10195>
- Adil, S., Banday, T., Bhat, G. A., Salahuddin, M., Raquib, M., & Shanaz, S. (2010). Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. *Veterinary Medicine International*, 2010, Article ID 479485. <https://doi.org/10.4061/2010/479485>
- Ambarwati, L., & Saidah, N. (2007). Pengaruh penambahan selenium dan vitamin E terhadap performans ayam petelur periode afkir. *Prosiding Seminar Teknologi dan Agribisnis Peternakan.(STAP)*, 5, 124–128.
- AOAC International. (2019). Official Methods of Analysis Crude Protein in Meat (981.10). AOAC.
- AOAC International. (2019). Official Methods of Analysis Fat in flour acid Hydrolysis method (922.06). AOAC.
- AOAC International. (2019). Official Methods of Analysis Loss on Drying (Moisture) in Meat (950.46). AOAC.

- AOAC International. (2019). Official Methods of Analysis Cholesterol in Foods (994.10). AOAC.
- AOAC International. (2019). Official Methods of Analysis Ash of Meat (920.153). AOAC.
- Arce-Menocal, J., Roa-Flores, M., López-Coello, C., Ávila-González, E., Herrera-Camacho, J., & Cortes-Cuevas, A. (2020). Organic acids employment in water and its effect on productive performance in broiler chicks. *Abanico Veterinario*, 10, 1–17.
- Bouassi, T., Libanio, D., Mesa, M. D., Oke, O. E., Gil A. H., Tona, K., & Ameyapoh, Y. (2021). Supplementation with liquid whey and ACIDAL® ML in drinking water affect gut pH and microflora and productive performance in laying hens. *British Poultry Science*. 62(1), 138-146. <https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1824291>
- Cáceres, A., Figueroa, L., Teracena, A. M., & Samayoa, B. (1990). Plants used in Guatemala for the treatment of respiratory diseases: II. Evaluation of activity of 16 plants against gram-positive bacteria. *Journal of Ethnopharmacology*, 39(1), 77–82. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(93\)90053-8](https://doi.org/10.1016/0378-8741(93)90053-8)
- Chen, H.-H., Wu, J.-X., Huang, R., Dai, J.-L., Liang, M.-H., & Jiang, J.-G. (2024). Enhancing astaxanthin accumulation through the expression of the plant-derived astaxanthin biosynthetic pathway in *Dunaliella salina*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 211, 108697. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108697>
- Dewi, G. A. M. K., Umiarti, A. T., & Wirapartha, M. (2021). Impact of fermented dragon fruit peel (*Hylocereus* sp.) juice in drinking water on the performance and quality of Japanese quail eggs. *KnE Life Sciences*. 156. <https://doi.org/10.18502/kls.v7i3.11127>
- Du, Y., Liu, L., He, Y., Dou, T., Jia, J., & Ge, C. (2020). Endocrine and genetic factors affecting egg-laying performance in chickens: A review. *British Poultry Science*, 61(5), 538–549. <https://doi.org/10.1080/00071668.2020.175829>
- Ferket, P. R., van Heugten, E., van Kempen, T. A. T. G., & Angel, R. (2002). Nutritional strategies to reduce environmental emissions from non-ruminants. *Journal of Animal Science*, 80(E-Suppl_2), E168–E182. https://doi.org/10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_2E168x
- Hamid, H., Shi, H. Q., Ma, G. Y., Fan, Y., Li, W. X., Zhao, L. H., Zhang, J. Y., Ji, C., & Ma, Q. G. (2018). Influence of acidified drinking water on growth performance and gastrointestinal function of broilers. *Poultry Science*. 97(10), 3601-3609. <https://doi.org/10.3382/ps/pey212>
- Hernandez, J.-M., Beardsworth, P., & Weber, G. (2005). Egg quality – meeting consumer expectations. *International Poultry Production*, 13(3). 20-23. <https://www.positiveaction.info/files/pdfs/articles/pp13.3p20.pdf>
- Islam, K. M. S., & Schweigert, F. J. (2015). Comparison of three spectrophotometric methods for analysis of egg yolk carotenoids. *Food Chemistry*, 172, 233–237. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.045>

- Jompuk, C. (2012). *Statistics: Experimental design and Data Analysis in Plant Research with "R"* (2nd ed.) Kasetsart University Press.
- Khan, S. H. & Iqbal, J. (2016). Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research*. 44(1), 359-369. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1079527>
- Kljak, K., Carović-Stanko, K., Kos, I., Janječić, Z., Kiš, G., Duvnjak, M., Safner, T., Bedeković, D. (2021). Plant carotenoids as pigment sources in laying hen diets: Effect on yolk color, carotenoid content, oxidative stability and sensory properties of eggs. *Foods*, 10(4), 721. <https://doi.org/10.3390/foods10040721>
- Kolo, Y. S., Charles, H., & Damba, D. B. (2019). Egg quality characteristics of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) fed graded levels of fermented mango kernel (*Mangifera spp*) composite meal. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 8(4), 217–221.
- Leeson, S., & Summers, J. D. (2008). *Commercial Poultry Nutrition* (3rd ed.). University Books.
- Lokaewmanee, K., Yamauchi, K., Komori, T., & Saito, K. (2011). Enhancement of egg yolk color by paprika combined with a probiotic. *Journal of Applied Poultry Research*, 20(1), 90–94. <https://doi.org/10.3382/japr.2009-00140>
- Zuyie, R., Rutsa, M., Vidyarthi, V. K., & Singh, R. (2024). Effect of Amla (*Emblca officinalis*) powder on the performance of broiler chicken under different stocking density. *International Journal of Agricultural Science*, 9, 26-39. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19464.23043>
- Nabi, F., Arain, M. A., Rajput, N., Alagawany, M., Soomro, J., Umer, M., Soomro, F., Wang, Z., Ye, R., & Liu, J. (2020). Health benefits of carotenoids and potential application in poultry industry: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(6), 1809–1818. <https://doi.org/10.1111/jpn.13375>
- Nahm, K. H. (2003). Evaluation of the nitrogen content in poultry manure. *World's Poultry Science Journal*, 59(1), 77–88. <https://doi.org/10.1079/WPS20030004>
- Nawiri, E., Maina, J. G., Atela, J. A., Ambuko, J. L., & Kyalo, B. (2024). Effects of inclusion of mango peel waste in diets of layer chickens on performance and egg quality in Kenya. *Agriculture*, 14(6) , 944. <https://doi.org/10.3390/agriculture14060944>
- Nguyen, D. H., & Kim, I. H. (2020). Protected organic acids improved growth performance, nutrient digestibility, and decreased gas emission in broilers. *Animals*, 10(3), 416. <https://doi.org/10.3390/ani10030416>
- Faithfull, N.T. (2002). *Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook*. CABI Publishing.

- Ningsih, N. W. A., Dewi, G. A. M. K., Puspani, E., Siti, N. W., & Bidura, I. G. N. G. (2022). Effect of fermented dragon fruit skin juice through drinking water on quail egg production. *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*, 8(12), 1–5.
- Orakpoghenor, O., Ogbuagu, N. E., & Sa'Idu, L. (2021). Effect of Environmental Temperature on Water Intake in Poultry. In Patra, A.K. (Eds.), *Advances in Poultry Nutrition Research*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95695>
- Rabe, T., & van Staden, J. (1997). Antibacterial activity of South African plants used for medicinal purposes. *Journal of Ethnopharmacology*, 56(1), 81–87. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(96\)0015-2](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(96)0015-2)
- Saleh, A. A., Gawish, E., Mahmoud, S. F., Amber, K., Awad, W., Alzawqari, M. H., Shukry, M., & Abdel-Moneim, A.-M. E. (2021). Effect of natural and chemical colorant supplementation on performance, egg-quality characteristics, yolk fatty-acid profile, and blood constituents in laying hens. *Sustainability*, 13(8), 4503. <https://doi.org/10.3390/su13084503>
- Niknafs, S., Navarro, M., Schneider, E. R., & Roura, E. (2023). The avian taste system. *Frontiers in Physiology*, 14, 1235377. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1235377>
- Sobczak, A., & Kozłowski, K. (2015). The effect of a probiotic preparation containing *Bacillus subtilis* ATCC PTA-6737 on egg production and physiological parameters of laying hens. *Annals of Animal Science*, 15(3), 711–723. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0040>
- Soltan, M. (2008). Effect of dietary organic acid supplementation on egg production, egg quality and some blood serum parameters in laying hens. *International Journal of Poultry Science*, 7(6), 613–621.
- Surai, P. F. (2002). *Selenium in nutrition and health*. Nottingham University Press.
- Thaworncharoen D., Kasemsub P., Suvitavas K., Thanongchit K., Phengchang P., & Chumphukham J. (2024). Evaluation of antioxidant content in the flesh and peel of ripe mango (*Mangifera indica*). *Journal of Agricultural Science and Management*, 7(1), 22–29.
- Wang, J., Wang, W. W., Qi, G. H., Cui, C. F., Wu, S. G., Zhang, H. J., Xu, L., & Wang, J. (2021). Effects of dietary *Bacillus subtilis* supplementation and calcium levels on performance and eggshell quality of laying hens in the late phase of production. *Poultry science*, 100(3), 100970. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.067>
- Yesilbag, D., & Colpan, I. (2006). Effects of organic acid supplemented diets on growth performance, egg production and quality and on serum parameters in laying hens. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 157(5), 280–284.