รหัสโครงการ SUT3-303-62-12-08

รายงานการวิจัย

การประเมินศักยภาพของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทอง เพื่อพัฒนาเป็นสารเสริมสำหรับสัตว์

(Potential assessment of *Cordyceps militaris* fermentation product for development as innovative animal feed additive)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-303-62-12-08

รายงานการวิจัย

การประเมินศักยภาพของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทอง เพื่อพัฒนาเป็นสารเสริมสำหรับสัตว์

(Potential assessment of *Cordyceps militaris* fermentation product for development as innovative animal feed additive)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. สุทิศา เข็มผะกา

สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. ปริญญา น้อยสา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทธวัช โมฬี

นายเพลิน เมินกระโทก

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มีนาคม 2565

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2562 ขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่เพื่อใช้ในงานทดลอง ขอขอบคุณบริษัท เอสดี เทคโนเวชั่น จำกัด ที่ได้สนับสนุนวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า เพื่อใช้ในงานทดลอง และขอขอบคุณ คุณเมริษา ศิริโสภาพงษ์ คุณชญาณ์นันท์ ปักกัง และคุณสุภัตรา โอกระโทก ที่ได้ทำหน้าที่ผู้ช่วยวิจัยและจัดทำรายงานฉบับนี้ด้วย

สุทิศา เข็มผะกา

10 มีนาคม 2565

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองสำหรับใช้เป็นสารเสริมในอาหารไก่เนื้อ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาหาระดับที่เหมาะสมของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารไก่เนื้อต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ใช้ไก่เนื้อเพศผู้อายุ 21 วัน จำนวน 42 ตัว เลี้ยงบนกรงขังเดี่ยว โดยแบ่งไก่ออกเป็น 7 กลุ่ม ๆ ละ 6 ซ้ำ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ อาหารทดลองประกอบด้วยกลุ่มควบคุม และวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า 6 ระดับ (0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 และ 0.30%) โดยให้อาหารและน้ำแบบเต็มที่ตลอดการทดลอง เลี้ยงเป็นเวลา 10 วัน จากนั้นสุ่มเก็บมูลเป็นระยะเวลา 3 วัน (ไก่อายุ 28–30 วัน) ผลการทดลองพบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองทุกระดับในอาหารไก่เนื้อ (0.05–0.30%) ไม่มีผลกระทบต่อการย่อยได้ของสิ่งแห้งและสารอินทรีย์ และการสะสมไนโตรเจน การเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับ 0.20% ในอาหารไก่เนื้อสามารถเพิ่มค่าการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ในซีรัมได้ดีที่สุด ($P<0.05$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการตอบสนองของไก่เนื้อเมื่อได้รับอาหารเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองใช้ไก่เนื้อคละเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 400 ตัว ทำการสุ่มไก่แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 20 ตัว โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มีระยะเวลาทดลอง 42 วัน อาหารทดลองมี 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มอาหารควบคุมลบ (กลุ่มที่ไม่ได้เสริม) กลุ่มควบคุมบวก (เสริมสารเสริมชีวนะ zinc-bacitracin 50 ppm) และกลุ่มที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทอง 3 ระดับ (0.10, 0.20 และ 0.30%) พบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองทุกระดับในอาหารไก่เนื้อไม่มีผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก น้ำหนักอวัยวะภายใน ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดและเนื้อสะโพก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ TBAR) และองค์ประกอบทางเคมีในกระดูกส่วนแข้ง ($P>0.05$) การเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับ 0.10 และ 0.20% ในอาหาร สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออก (อายุ 42 วัน) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมบวก ($P<0.05$) และการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 0.10% สามารถเพิ่มขนาดของกระเพาะบด เพิ่มความสูงของวิลไลและความลึกของคริปท์ในลำไส้ส่วนปลายเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ ($P<0.05$)

โดยภาพรวมการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 0.10% มีความเหมาะสมที่สุด

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the potential of *Cordyceps militaris* fermentation product (CMF) for use as feed additive in broiler diets, which were divided into 2 experiments.

Experiment 1: Investigate the optimal level of CMF supplementation in broiler diets on nutrient digestibility and utilization and antioxidant capacity. A total of 42 21-day-old, male broiler chickens were allotted into 7 groups and 6 replicates in a Completely Randomized Design (CRD). Dietary treatments composed with a control and 6 levels of CMF (0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 and 0.30%). Feed and water were provided ad libitum for 10 days. The excreta were collected in the last three days of the experimental period (at 28-30 days of age). The results showed that the inclusion of all CMF levels (0.05-0.30%) in broiler diets had no negative effects on dry matter and organic matter digestibilities and nitrogen retention (P>0.05). The inclusion of 0.20% CMF in broiler diet possessed positive effects on antioxidant capacity (DPPH) in serum (P<0.05).

Experiment 2: Investigate the response of broilers to the dietary CMF. A total of 400, one-day-old mixed-sex broiler chickens were allocated to 5 groups in 4 replicate pens with 20 chicks each in the CRD for 42 days. The experimental diets consisted of 5 treatments: negative control (untreated), positive control (supplemented with 50 ppm zinc-bacitracin) and 3 CMF levels (0.10, 0.20 and 0.30%). It indicated that the inclusion of all CMF levels in broiler diets had no significant effects on productive performance, carcass characteristic, internal organ weight, cholesterol and triglyceride content in blood and thigh meat, antioxidant activity (DPPH and TBAR) and tibia bone mineralization (P>0.05). The inclusion of 1.0 and 0.2% in diets had positive effects, which reduced cholesterol in breast meat (at 42 days of age) as compared to positive control (P<0.05). In addition, the CMF showed the potential effects of improved gizzard function and increased ileum villi height and crypt depth relative to negative control (P<0.05).

In conclusion, the optimal level of the inclusion of CMF in broiler diets is 0.10%.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 คุณลักษณะของเห็ดถั่งเช่า	4
2.2 บทบาทและความสำคัญของเห็ดถั่งเช่า	6
2.3 ผลของการเสริมเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อ	10
2.4 ผลของการเสริมเห็ดชนิดต่าง ๆ ในอาหารสัตว์	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในไก่เนื้อ	16
3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าเพื่อประเมินศักยภาพในการใช้เป็นสารเสริมในอาหารไก่เนื้อ	20
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อการย่อยได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในไก่เนื้อ	29
4.2 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ องค์ประกอบซาก น้ำหนักอวัยวะ ปริมาณคอเลสเตอรอล ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการสะสมแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกส่วนแข้ง	30

4.2.1 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ 30
4.2.2 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อองค์ประกอบซาก และน้ำหนักอวัยวะภายในของไก่เนื้อ 34
4.2.3 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อปริมาณคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของไก่เนื้อ 36
4.2.4 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อการสะสมแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกส่วนแข้งของไก่เนื้อ 38
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการวิจัย 40
5.2 ข้อเสนอแนะ 40
บรรณานุกรม 41
ประวัตินักวิจัย 51

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า (*C. militaris*)	5
ตารางที่ 2.2	สารออกฤทธิ์ที่สำคัญที่พบในวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า (*C. militaris*)	5
ตารางที่ 2.3	ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ	11
ตารางที่ 2.4	ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อค่าทางโลหิตวิทยาของไก่เนื้อ	13
ตารางที่ 2.5	ผลของการเสริมเห็ดแต่ละชนิดต่อการเป็นสารเสริมชีวนะในอาหารสัตว์	14
ตารางที่ 3.1	องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า (*C. militaris*)	17
ตารางที่ 3.2	ส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 1 (as-fed basis)	18
ตารางที่ 3.3	ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อช่วงอายุ 1–10 วัน ในการทดลองที่ 2 (as-fed basis)	21
ตารางที่ 3.4	ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อช่วงอายุ 11–21 วัน ในการทดลองที่ 2 (as-fed basis)	22
ตารางที่ 3.5	ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อช่วงอายุ 22–42 วัน ในการทดลองที่ 2 (as-fed basis)	23
ตารางที่ 4.1	ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารไก่เนื้อต่อการย่อยได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในซีรัม	30
ตารางที่ 4.2	ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ	33
ตารางที่ 4.3	ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารไก่เนื้อต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ที่อายุ 14 วัน	34
ตารางที่ 4.4	ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารไก่เนื้อต่อองค์ประกอบซากของไก่เนื้อ	35
ตารางที่ 4.5	ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารต่อปริมาณคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด เนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อ	37
ตารางที่ 4.6	ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเลือด เนื้ออก และสะโพกของไก่เนื้อ	38
ตารางที่ 4.7	ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารต่อลักษณะและองค์ประกอบโภชนะในกระดูกส่วนแข้งของไก่เนื้อ	39

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	ลักษณะเห็ดถั่งเช่าสีทองและฐานเพาะเห็ด	5
ภาพที่ 2.2	โครงสร้างทางเคมีของคอร์ไดเซปิน	5
ภาพที่ 3.1	ตัวอย่างการวัด Villus height และ Cryptal depth	25

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

อุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ของประเทศไทยมีแนวโน้มในการผลิตที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับจำนวนประชากร และการขยายตัวของตลาดการส่งออก มีการพัฒนาด้านเทคโนโลยี และการนำองค์ความรู้ในด้านต่าง ๆ มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยผลผลิตที่ได้จะต้องมีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค และได้มาตรฐานตามข้อกำหนดของประเทศคู่ค้านั้น ๆ อย่างไรก็ตาม ณ ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งหลายประเทศได้มีมาตรการยกเลิกการใช้ยาปฏิชีวนะเสริมในอาหารสัตว์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต (antibiotic growth promoter, AGPs) เนื่องจากผู้บริโภคกังวลเรื่องสารตกค้างในผลิตภัณฑ์และการดื้อยาของเชื้อจุลินทรีย์ จากมาตรการดังกล่าวส่งผลให้สัตว์มีสุขภาพอ่อนแอและเสี่ยงต่อการเกิดโรคมากขึ้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยเพื่อหาสารเสริม (feed additive) จากธรรมชาติที่มีในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงเป็นประเด็นเร่งด่วนที่ต้องตระหนักถึง

เห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) เป็นเชื้อราที่มีสรรพคุณทางยาของจีน มีการใช้กันมานานในรูปแบบของโภชนเภสัช (nutraceutical food) ในเกาหลี จีน และญี่ปุ่น โดยสรรพคุณทางยาของถั่งเช่าได้ศึกษาและวิจัยอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ป้องกันการอักเสบ (anti-inflammatory) ออกฤทธิ์ต่อต้านเนื้องอก (antitumor) ฤทธิ์แก้ปวด (antiociceptive) ชะลอการสร้างพังผืด (antitibrotic) และยับยั้งการสร้างหลอดเลือดเลี้ยงเซลล์มะเร็ง (antiangiogenic) (Ng and Want, 2005) รวมถึงมีคุณสมบัติในการสร้างภูมิคุ้มกันโรค (Kuo et al., 2007) นอกจากนี้เห็ดถั่งเช่าสีทองยังช่วยแก้ปัญหาภาวะดื้ออินซูลิน (improve insulin resistance) และเพิ่มการคัดหลั่งอินซูลิน (Cheng et al., 2012) แก้ปัญหาทางเพศ (hyposexuality) และภาวะไขมันในเลือดสูง (hyperlipidemia) (Huang et al., 2004) รักษาโรคหอบหืด (asthma) และปอดอักเสบ (lung inflammation) (Wang et al., 2007) โดยคอร์ไดเซปิน (cordycepin) เป็นสารออกฤทธิ์หลักที่พบในถั่งเช่า มีบทบาทสำคัญในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial) และต้านมะเร็ง (antitumor) (Ahn et al., 2000; Nakamura et al., 2006) และกระตุ้นการคัดหลั่งไซโตไคน์ (Zhou et al., 2002) การศึกษาในระดับโมเลกุลพบว่าคอร์ไดเซปินช่วยควบคุมการแสดงออกของ cyclooxygenase-2 และเหนี่ยวนำให้เกิดการสังเคราะห์ nitric oxide และ TNF-α (Kim et al., 2006) รวมทั้งสามารถลดการสร้างเอนไซม์ inducible nitric oxide synthase และลดเอนไซม์ cyclooxygenase-2 ได้ ในระดับการแสดงออกของ mRNA ของม้ามและต่อมเบอร์ซ่า (bursa of Fabricius) ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นสารเสริมในไก่ที่เป็นโรคเกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบและติดเชื้อแบคทีเรียได้ (Cheng et al., 2019)

จากสารออกฤทธิ์ที่พบในเห็ดถั่งเช่าข้างต้น วัสดุเพาะเห็ดซึ่งเป็นผลพลอยได้หลังการเก็บเกี่ยวเห็ดถั่งเช่า น่าจะมีสรรพคุณที่จะสามารถพัฒนาเป็นสารเสริมสำหรับสัตว์ ที่มีศักยภาพในการใช้เพื่อส่งเสริมสุขภาพสัตว์ได้ จากการรวบรวมเอกสารพบว่า การเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของลูกสุกรหย่านมและเพิ่มการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันโรค รวมถึงสามารถเพิ่มการผลิตสเปิร์มในสุกรพ่อพันธุ์ (Lin et al., 2007) นอกจากนี้ Cheng et al. (2016) ศึกษาการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารลูกสุกรหย่านมที่ระดับ 0.05 0.10 และ 0.15% พบว่าวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสามารถเพิ่มน้ำหนักตัวและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร รวมถึงยังมีบทบาทสำคัญในการลดจุลินทรีย์ก่อโรค Koh (2003) รายงานถึงบทบาทของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสามารถลดเชื้อ *Salmonella* sp. และ *E. coli* และเพิ่ม *Lactobacillus* spp. ในลำไส้เล็ก รวมถึงยังมีผลในการลดเชื้อก่อโรคอื่น ๆ เช่น *Clostridium* spp. โดยไม่มีผลกระทบต่อ Bifidobacteria และ Lactobacilli (Ahn et al., 2000) สำหรับการศึกษาในไก่เนื้อพบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.1% สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโต และเพิ่มการสะสมแคลเซียมในกระดูกส่วนแข้ง (tibia bone) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพสัตว์และค่าชีวเคมีของเลือด (blood biochemistry) (Han et al., 2015) ในการศึกษาของ Wang et al. (2015) รายงานว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.5 1.0 และ 2.0% ในอาหารไก่ไข่สามารถเพิ่มสมรรถนะการให้ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และลดการสะสมคอเลสเตอรอลในไข่แดง Han et al. (2015) รายงานว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 4.0 g/kg สามารถเพิ่มน้ำหนัก และปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน แต่ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการใช้อาหาร นอกจากนี้ Hsieh et al. (2021) ศึกษาการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าร่วมกับวัสดุเพาะเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้า พบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าเพียงชนิดเดียว (1% *Cordyceps militaris* waster medium, CM) มีน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าร่วมกับเห็ดนางรม (0.5% *Cordyceps militaris* waster medium+0.5% *Pleurotus eryngii* stalk residues, CMPE) และกลุ่มที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าร่วมกับเห็ดนางฟ้า (0.5% *Cordyceps militaris* waster medium+0.5% *Pleurotus sajor-caju* stalk residues, CMPS)

อย่างไรก็ตามข้อมูลเหล่านี้ ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในต่างประเทศ รวมถึงวัสดุหรืออาหารที่ใช้ในการเพาะเห็ดของแต่ละแหล่งมีสูตรที่แตกต่างกัน การวิจัยเพื่อหาคุณสมบัติและระดับการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำสำหรับพัฒนาเป็นสารเสริมในอาหารสัตว์มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาศักยภาพของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าเพื่อใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์ โดยศึกษาผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก การสะสมไขมันและคอเลสเตอรอล สุขภาพลำไส้ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า (*C. militaris* fermentation product, CMF) สำหรับใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์

1.2.2 เพื่อศึกษาหาระดับที่เหมาะสมของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารไก่เนื้อ ต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ

1.2.3 เพื่อศึกษาหาระดับที่เหมาะสมของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถนะการผลิต องค์ประกอบซากและน้ำหนักอวัยวะภายในของไก่เนื้อ

1.2.4 เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในการส่งเสริมสุขภาพลำไส้ (gut health) ของไก่เนื้อ

1.2.5 เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า ต่อการสะสมไขมันและคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่

1.2.6 เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในไก่เนื้อ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าเพื่อใช้เป็นสารเสริมในอาหารไก่เนื้อ โดยศึกษาผลต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ สมรรถนะการผลิต องค์ประกอบซากและน้ำหนักอวัยวะภายใน ลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ การสะสมไขมันและคอเลสเตอรอล และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยคาดหวังว่าความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้จะสามารถผลิตสารเสริมชนิดใหม่ที่มีศักยภาพเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ได้

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของการวิจัย

เนื่องจากวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่เหลือจากการเพาะเลี้ยงเห็ด น่าจะสามารถใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์ได้ โดยการใช้วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในระดับที่เหมาะสมจะไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ สามารถกระตุ้นสมรรถนะการผลิต คุณภาพเนื้อ อีกทั้งน่าจะสามารถลดการสะสมไขมันและคอเลสเตอรอลได้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์จากวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าได้มากขึ้น ช่วยกำจัดของเสีย และลดมลภาวะสู่สิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

2. ทราบระดับที่เหมาะสมในการใช้วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าเพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับไก่เนื้อ รวมถึงสามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยเป็นแนวทางในการพัฒนาวัตถุดิบคุณภาพต่ำชนิดอื่น ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสำหรับเลี้ยงไก่เนื้อได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

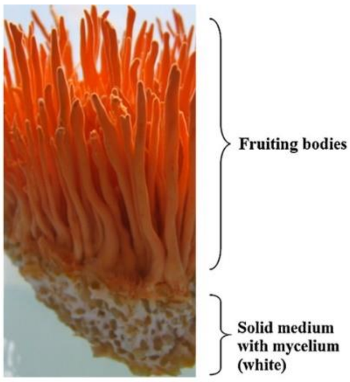
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณลักษณะของเห็ดถั่งเช่า

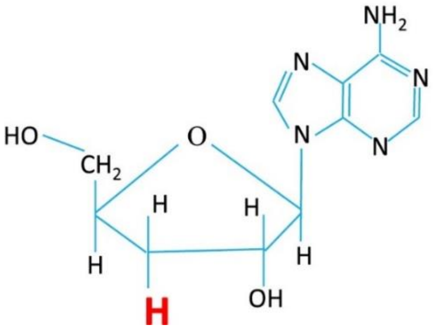
เห็ดถั่งเช่า (ถั่งเฉ้า) สีทอง หรือหญ้าหนอน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cordyceps militaris* (ภาพที่ 2.1) เห็ดถั่งเช่าเป็นที่รู้จักมาตั้งแต่อดีตกาล ชาวจีนถือว่าเป็นยาอายุวัฒนะ มีสรรพคุณช่วยปรับสมดุลของร่างกายเป็นสมุนไพรธาตุร้อน โดยตำราการแพทย์ทิเบตมีการบันทึกไว้ว่า เห็ดถั่งเช่าถูกใช้เป็นยาชูกำลัง ถั่งเช่าอุดมไปด้วยสารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ พอลิแซ็กคาไรด์ (galactomannan) นิวคลีโอไทด์ (adenosine, cordycepin) กรดอะมิโน (cordycepic acid) และสเตอรอล (ergosterol, beta-sitosterol) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารอาหารสำคัญอื่น ๆ เช่น โปรตีน วิตามินต่าง ๆ (วิตามินอี เค บี1 บี2 และบี12) และแร่ธาตุต่าง ๆ (โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี และซิลิเนียม) เป็นต้น (Das et al., 2010; ธัญญา, 2555)

ปัจจุบันเห็ดถั่งเช่าได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในแง่ของการใช้เป็นอาหารเชิงหน้าที่ (functional food) ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากมีรายงานการวิจัยจำนวนมากพบว่าถั่งเช่าเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เช่น โพลีแซกคาไรด์หรือเบต้ากลูแคนในถั่งเช่ามีสรรพคุณในการช่วยกระตุ้นการสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย รวมถึงยังมีสรรพคุณทางยา เช่น ช่วยต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มภูมิคุ้มกัน ลดระดับน้ำตาลในเลือด มีความน่าจะเป็นในการลดการเติบโตของเนื้องอกและเซลล์มะเร็ง ยืดอายุและชะลอความเสื่อมของเซลล์ บำรุงไต เพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนของโลหิต ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ช่วยเพิ่มการเมแทบอลิซึมของร่างกาย ป้องกันเลือดออกในสมอง ป้องกันลิ่มเลือด โรคหัวใจขาดเลือด หอบหืด และต้านการแข็งตัวของเลือด เป็นต้น (ธัญญา, 2555; Hsiao et al., 2017) นอกจากนี้คอร์ไดเซปินหรือ คอร์ไดซิปิคแอซิด (cordycepic acid) (ภาพที่ 2.2) ที่พบในถั่งเช่ายังมีฤทธิ์ช่วยเพิ่มความสามารถของเซลล์ในการดึงออกซิเจนไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้น มีบทบาทสำคัญในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial) และต้านมะเร็ง (Ahn et al., 2000; Nakamura et al., 2006) และกระตุ้นการคัดหลั่งไซโตไคน์ (Zhou et al., 2002) โดยระดับโมเลกุลคอร์ไดเซปินช่วยควบคุมการแสดงออกของ cyclooxygenase-2 และเหนี่ยวนำให้เกิดการสังเคราะห์ nitric oxide และ TNF-α (Kim et al., 2006)

จากสารออกฤทธิ์สำคัญที่พบในเห็ดถั่งเช่าข้างต้น วัสดุเลี้ยงเชื้อซึ่งเป็นผลพลอยได้หลังการเก็บเกี่ยวถั่งเช่า น่าจะมีสรรพคุณที่จะสามารถพัฒนาเป็นสารเสริมสำหรับสัตว์ที่มีศักยภาพในการส่งเสริมสุขภาพสัตว์ได้ โดย Wang et al. (2015) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในวัสดุเลี้ยงเชื้อเห็ดถั่งเช่า (ตารางที่ 2.1 และ 2.2) พบว่าวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่ายังมีสารอาหาร เช่น โปรตีนหลงเหลืออยู่ ซึ่งน่าจะมีประโยชน์ต่อสัตว์ นอกจากนี้ยังพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ เช่น cordyceptin, cordycepic acid, crude poly-saccharide, flavonoid adenosine, ergosterol, total phenolics และ crude triterpenoid เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 ลักษณะเห็ดถั่งเช่าสีทองและวัสดุเพาะเห็ด
ที่มา: Ni et al. (2009)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของคอร์ไดเซปิน
ที่มา: Chen et al. (2017)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า (*C. militaris*)

Items	%
Dry matter, %	89.03±0.08
Crude protein, %	7.56±0.09
Crude ash, %	5.60±0.04
Ether extract, %	3.76±0.95
Neutral detergent fiber %	34.33±0.02

ที่มา: Wang et al. (2015)

ตารางที่ 2.2 สารออกฤทธิ์ที่สำคัญที่พบในวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า (*C. militaris*)[1]

Items	Amount
Cordyceptin (mg CE[3]/g DW[2])	1.82±0.12
Cordyceptin acid (mg ME[4]/g DW)	21.88±0.36
Crude polysaccharide (mg/g DW)	36.50±4.7
Flavonoid (mg of QE[5], g DW)	4.26±0.05
Adenosine (μg/g DW)	470.0±30.0
Ergosterol (mg/g DW)	1.99±0.22
Total phenolics (mg/GAE[6]/g DW)	3.91±0.16
Crude triterpenoid (mg/g DW)	35.31±1.43

[1] The value is expressed as the mean ± standard deviation; [2] DW: dry weight; [3] CE: cordycepin equivalent; [4] ME: mannitol equivalent, [5] QE: Quercetin, [6] GAE: Gallic acid equivalent.

ที่มา: Wang et al. (2015)

2.2 บทบาทและความสำคัญของเห็ดถั่งเช่า

เห็ดถั่งเช่าจัดเป็นเห็ดทางการแพทย์ (medicinal mushrooms) หรือพืชสมุนไพร (medicinal plants) ที่มีคุณสมบัติหลากหลายด้าน เช่น การต้านอนุมูลอิสระ การลดการอักเสบ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน การลดเชื้อแบคทีเรีย รวมถึงการลดไขมันในเลือด (Elkhateeb et al., 2019; Mohammadhosseini et al., 2019) เป็นต้น

2.2.1 การต้านอนุมูลอิสระ

จากการรวบรวมข้อมูลการศึกษาคอร์ไดเซปินที่สกัดได้จากเห็ดถั่งเช่า พบว่ามีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ดังนี้ 1) ลดการสร้างอนุมูลอิสระ 2) กำจัดอนุมูลอิสระ 3) ลดการเกิดปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ของกรดไขมัน และ 4) ส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase, SOD) คะตาเลส (catalase, CAT) กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase, GPx) กลูตาไธโอนรีดักเทส (glutathione reductase, GR) กลูตาไธโอนเอสทรานส์เฟอร์เรส (glutathione-S-transferase, GST) เป็นต้น โดย Chu et al. (2011) ที่ศึกษาผลของคอร์ไดเซปินจากเห็ดถั่งเช่าต่อความเครียดจากการเหนี่ยวนำให้มีปริมาณกลูโคสสูงในเซลล์บุผนังหลอดเลือดของสายสะดือมนุษย์ พบว่าคอร์ไดเซปินสามารถลดการสร้างอนุมูลอิสระกลุ่มออกซิเจน (reactive oxygen species, ROS) และกลุ่มที่มีไนตริกออกไซด์ (nitric oxide; NO) รวมทั้งสามารถลดปริมาณการตายของเซลล์ (apoptosis) นอกจากนี้การศึกษาน้ำสกัดจากเห็ดถั่งเช่าในหลอดทดลอง (in vitro) ต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activities) พบว่า 1) เพิ่มความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 2) เพิ่มความสามารถในการกำจัดอนุมูลไฮดรอกซิลแรดดิเคิล (hydroxyl radical eliminating) 3) เพิ่มความสามารถจับประจุของอิออนเหล็ก (ferrous ion chelating activity assay) 4) ยับยั้งการเกิดการปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ของกรดไขมันลิโนเลอิก (linoleic acid lipid peroxidation) และ 5) เพิ่มความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี potassium ferricyanide reducing power (PFRAP) และเมื่อเสริมคอร์ไดเซปินที่ความเข้มข้น 1.8 mg/ml สามารถกำจัดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลได้ถึง 50% ในหลอดทดลอง (Zhan et al., 2006; He et al., 2013) โดย Li et al. (2012) ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากเห็ดถั่งเช่าต่อภาวะความจำบกพร่องในหนูแก่ที่ถูกเหนี่ยวนำโดยดีกาแลคโทส (D-galactose) พบว่าการใช้สารสกัดในเห็ดถั่งเช่าช่วยลดปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) และโมโนเอมีนออกซิเดส (monoamineoxidase, MAO) เพิ่มค่าซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส ค่าความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (total antioxidant capacity, T-AOC) ในสมองส่วนหน้า และเพิ่มระดับกลูตาไธโอน และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดสในซีรัม อีกทั้งยังมีการศึกษาในหนูทดลองเมื่อมีการเสริมคอร์ไดเซปินที่ปริมาณ 20 mg/kg พบว่าสามารถเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส คะตาเลส กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส กลูตาไธโอนรีดักเทส กลูตาไธโอนเอสทรานส์เฟอร์เรส รวมถึงระดับมาลอนไดอัลดีไฮด์ในตับ ไต หัวใจ และปอดของหนูที่อายุ 12 เดือน โดยค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไม่แตกต่างกับหนูอายุ 2 เดือน ซึ่ง

ชี้ให้เห็นว่าคอร์ไดเซปินมีประสิทธิภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระและลดการเกิดลิปิดเปอร์ออกไซด์ในหนูอายุ 12 เดือนได้ (Ramesh et al., 2012)

2.2.2 การต้านการอักเสบ

สารออกฤทธิ์ในเห็ดถั่งเช่าที่มีบทบาทสำคัญต่อการต้านการอักเสบ เช่น คอร์ไดเซปิน และเซเรโบรไซด์ (cerebroside) โดยสารแต่ละชนิดมีกลไกการทำงานที่แตกต่างกันทั้งในระดับเซลล์และในตัวสัตว์ ซึ่งสารเหล่านี้ทำหน้าที่ป้องกันการอักเสบ และยับยั้งการสร้างสารอนุมูลอิสระ ไนตริกออกไซด์ และไซโตไคน์ เป็นต้น (Tan et al., 2021) จากการรวบรวมข้อมูลการศึกษาในระดับเซลล์โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเซลล์เม็ดเลือดขาว (RAW 264.7) และกระตุ้นให้เซลล์เม็ดเลือดขาวเกิดการอักเสบด้วยสารไลโพพอลิแซ็กคาไรด์ (lipopolysaccharide, LPS) เพื่อศึกษาความสามารถของสารคอร์ไดเซปินในการยับยั้งการอักเสบ พบว่าสารคอร์ไดเซปินสามารถยับยั้งการทำงานของ nuclear factor kappa B (NF-kB) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการอักเสบ และลดการทำงานของเอนไซม์ mitogen-activated protein kinase (MAPK) ที่เกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระ รวมถึงยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ (Choi et al., 2014) นอกจากนี้ยังยับยั้งกระบวนการเติมหมู่ฟอสเฟต (phosphorylation) ของโปรตีนไคเนสบี (protein kinase B, AKT) และโปรตีน p38 (p38 mitogen-activated protein kinase) ยับยั้งการสร้างไซโตไคน์ tumor necrosis factor (TNF-alpla) และยีน NF-KB ลดการสร้างเอนไซม์ cyclooxygenase-2 (COX-2) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ (Kim et al., 2006) การศึกษาการอักเสบในเซลล์เม็ดเลือดขาวในถุงลมของสุกรที่ถูกกระตุ้นด้วยสารไลโพพอลิแซ็กคาไรด์ พบว่าสารคอร์ไดเซปินจากเห็ดถั่งเช่าที่ผ่านการสกัดด้วยน้ำร้อนสามารถยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ และการแสดงออกของยีน cyclooxygenase-2 protein ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ (Hsiao et al., 2017) อีกทั้งยังช่วยลดการสร้างเอนไซม์ inducible nitric oxide synthase (iNOS) ทำให้มีการผลิตไนตริกออกไซด์น้อยลง (Choi et al., 2014; Huynh and Chin-Dusting, 2006) ส่วนสารสกัดที่ได้จากส่วนดอกเห็ด (*C. militaris* fruiting bodies) คือ soyacerebroside I ที่เป็นเซเรโบรไซด์ มีประสิทธิภาพต้านการอักเสบ โดยยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ที่เกิดจากเอนไซม์ inducible nitric oxide synthase และ cyclooxygenase-2 ในเซลล์เม็ดเลือดขาว (RAW264.7) ที่ถูกกระตุ้นด้วยสารไลโพพอลิแซ็กคาไรด์ และยังพบสารเซเรโบรไซด์ชนิดอื่น ๆ คือ cordycerebroside A และ glucocerebroside ที่มีประสิทธิภาพต้านการอักเสบเช่นกัน (Kim et al., 2006; Chiu et al., 2016) จากการศึกษาของ Han et al. (2011) ในหนูทดลองที่ได้รับสารสกัดคอร์ไดเซปินและเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบที่ลำไส้ใหญ่ด้วย dextran sodium sulfate พบว่าหนูทดลองที่ได้รับสารสกัดคอร์ไดเซปินไม่แสดงอาการป่วย น้ำหนักตัวปกติ ไม่มีอาการท้องเสียหรือเลือดออกในลำไส้ ลดการอักเสบของลำไส้ใหญ่ และยับยั้งการแสดงออกของเอนไซม์ inducible nitric oxide synthase และไซโตไคน์ TNF-alpla (mRNA expression)

2.2.3 การกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน

เห็ดถั่งเช่ามีส่วนประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) จากส่วนของดอกเห็ด (fruiting bod) และส่วนของฐานเห็ด (mycelium) ประมาณ 3–8% ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด (Liu et al., 2015) พอลิแซ็กคาไรด์มีส่วนประกอบของน้ำตาลกาแล็กโทส (D-galactose) อะราบิโนส (arabinose) ไซโลส (D-xylose) แรมโนส (L-rhamnose) กรดกาแลกตูโรนิก (D-galacturonic acid) เป็นต้น (Ohta et al., 2007) โดยทั่วไปสารออกฤทธิ์มีคุณสมบัติในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ได้แก่ พอลิแซ็กคาไรด์ โพลิเปปไทด์ (polypeptide) หรือคอร์ไดเซปิน เป็นต้น โดยประเมินจากการทำงานของบีเซลล์ (B cell) ทีเซลล์ (T cell) เซลล์เม็ดเลือดขาว (macrophage) และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันเมื่อเกิดการบาดเจ็บ จากนั้นเซลล์ฟาโกไซต์ (phagocyte) จะจับกินและย่อยทำลายเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกายด้วยกระบวนการกลืนกิน (phagocytosis) เป็นขั้นตอนแรก ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดการอักเสบอย่างรวดเร็ว (การหลั่งไซโตไคน์ tumor necrosis factor-alpha และ interleukin-1 (IL-1)) และการผลิตอนุมูลอิสระ (ไนตริกออกไซด์และอนุมูลอิสระกลุ่มออกซิเจน) (Zhang et al., 2019) จากการศึกษาในหลอดทดลองโดยใช้สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายในน้ำจากเห็ดถั่งเช่าที่มีน้ำตาลแมนโนส กลูโคส และกาแล็กโทสเป็นองค์ประกอบ พบว่าสามารถเพิ่มจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด ลิมโฟไซต์ในม้ามของหนู (Luo et al., 2017) อีกทั้งยังมีผลกระตุ้นการเพิ่มจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวในระบบน้ำเหลืองและม้ามของหนูได้อีกด้วย (Liu et al., 2015) จากการศึกษาของ Ohta et al. (2007) ในหนูทดลองโดยให้พอลิแซ็กคาไรด์สกัดจากเห็ดถั่งเช่าผ่านทางการกิน และเหนี่ยวนำให้เกิดการติดเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่ชนิด A (influenza A) พบว่าสามารถลดปริมาณเชื้อไวรัสและเพิ่มอัตรารอดชีวิตในหนูทดลองได้ และสามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันส่วนของเซลล์เม็ดเลือดขาวในเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้อีกด้วย และเมื่อเสริมพอลิแซ็กคาไรด์สกัดจากเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 100 และ 1000 µg/ml ในอาหารเพาะเลี้ยงเซลล์สามารถกระตุ้นการสร้างไนตริกออกไซด์และเพิ่มการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ inducible nitric oxide synthase ทำให้ไซโตไคน์ทั้ง interleukin (IL)-1β, IL-6, IL-10 และ TNF-α เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Jeong et al. (2012) รายงานว่าเซลล์ม้ามของหนูทดลองที่ได้รับสารสกัดคอร์ไดเซปินมีการสร้าง T helper 2 cytokines, IL-4 และ IL-10 เพิ่มขึ้น ซึ่งบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการทำงานที่เพิ่มขึ้นของภูมิคุ้มกันแบบพึ่งเซลล์ (cell-mediated immunity) และแบบพึ่งแอนติบอดี (antibody หรือ humoral immunity) นอกจากนี้โพลิเปปไทด์ในเห็ดถั่งเช่ายังสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน โดยเพิ่มค่าดัชนีภูมิคุ้มกันในม้ามและต่อมไทมัสเพิ่มปริมาณเม็ดเลือดขาวในเลือด และกระตุ้นการเกิดภาวะภูมิไวเกินชนิดที่ 4 (delayed type hypersensitivity) ซึ่งเป็นภาวะภูมิแพ้แบบเกิดช้า 48–72 ชั่วโมง (Xu et al., 2018) และจากการศึกษาการเสริมสารสกัดจากเห็ดถั่งเช่าในอาหารไก่เนื้อต่อระบบภูมิคุ้มกันเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์หลังเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ พบว่าสามารถลดการสร้าง mRNA expression ของเอนไซม์ inducible nitric oxide synthase และ cyclooxygenase-2 ในม้ามและต่อมเบอร์ซ่าได้ (Cheng et al., 2019) อีกทั้งยังมีการศึกษาผลของการเสริมพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้จากเห็ดถั่งเช่า

(สกัดด้วยการต้มและตกตะกอนด้วยเอทานอล) ต่อระบบภูมิคุ้มกันเมื่อไก่ได้รับวัคซีนโรคนิวคาสเซิล พบว่าพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันอินเตอร์เฟียรอนแกมมา (interferon-gamma, INF-gamma) ซึ่งมีหน้าที่กระตุ้นการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวให้ทำลายเชื้อโรค รวมทั้งสามารถกระตุ้นค่าไตเตอร์ของแอนติบอดี (antibody titre) ในซีรัม และกระตุ้นการเพิ่มจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดขาว (lymphocyte proliferation) ได้ (Wang et al., 2013)

2.2.4 การต้านเชื้อแบคทีเรีย

สารออกฤทธิ์ในเห็ดถั่งเช่าที่มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรีย เช่น คอร์ไดเซปิน และเออร์โกสเทอรอล (ergosterol) จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าสารสกัดหยาบส่วนดอกเห็ดและเส้นใยเห็ดถั่งเช่าที่สกัดโดยใช้เมทานอลและเอทานอลสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus ATCC25923, S. epidermidis TISTR518* และ *E. coli TISTR780* ได้ (Srithaworn et al., 2019) และการศึกษาสารสกัดเห็ดถั่งเช่าโดยใช้น้ำร้อนต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในทางเดินอาหารพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *E. coli, E. faecalis, S. aureus* และ *L. gasseri* (Gamage et al., 2018) อีกทั้งสารสกัดคอร์ไดเซปินที่สกัดด้วยเทคนิค preparative high-performance liquid chromate-graphy มีความบริสุทธิ์ 99.6% พบว่ามีกลไกที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ NAD+-dependent DNA ligase ที่ให้ผลเช่นเดียวกับ broad-spectrum adenosine analog จึงสามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae*, *E. coli* และ *Staphylococcus aureus* (Zhou et al., 2016) นอกจากนี้ยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ adenosine kinase ในแบคทีเรีย ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่เปลี่ยน adenosine เป็น AMP ผ่านปฏิกิริยาฟอสฟอริเลชัน (phosphorylation) ในการยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Mycobacterium bovis* (*M. bovis*) และ *M. tuberculosis* (Huang et al., 2019) และไปรบกวนผนังเซลล์และแทรกจับกับดีเอ็นเอของแบคทีเรีย ทำให้สามารถฆ่าแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ *Bacillus subtilis* ได้ (Jiang et al. 2019) ในการศึกษาการผสมคอร์ไดเซปินในอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าคอร์ไดเซปินมีฤทธิ์เป็น selective growth inhibitor โดยยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Clostridium* spp. แต่ไม่กระตุ้นและรบกวนการเติบโตของแบคทีเรียในกลุ่มที่สร้างกรดแลคติก (lactic acid bacteria) ได้แก่ Bifidobacteria และ Lactobacilli (Ahn et al., 2000) จากการรวบรวมงานวิจัยที่ศึกษาสารออกฤทธิ์ในเห็ดถั่งเช่าในสัตว์ พบว่าการเสริมคอร์ไดเซปินในอาหารที่มีไขมันสูงในหนูทดลอง มีผลทำให้แบคทีเรียกลุ่ม Bacteroidetes และกลุ่ม Firmicutes ลดลงอีกทั้งยังสามารถลดน้ำหนักของหนูทดลองลงได้ (An et al., 2018) และการเสริมคอร์ไดเซปินมีผลต่อแบคทีเรียในลำไส้เล็ก โดยช่วยลดจำนวน *Salmonella* spp. และ *E. coli* และเพิ่มจำนวน *Lactobacillus* spp. ในไก่เนื้อได้ (Koh et al., 2003)

2.2.5 การลดไขมันในเลือด

สารออกฤทธิ์ในเห็ดถั่งเช่าที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดภาวะไขมันในเลือดสูง เช่น คอร์ไดเซปิน อะดีโนซีน กัวโนซีน ทริปโตเฟน สเตอรอล เป็นต้น ซึ่งกลไกการทำงานของคอร์ไดเซปินคล้ายกับอะดีโนซีนโดยมีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน สามารถกระตุ้นเอนไซม์ adenosine

monophosphate-activated protein kinase (AMPK) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของกระบวนการเมแทบอลิซึม ซึ่งการกระตุ้นการทำงานของ AMPK ทำให้เกิดการยับยั้งปฏิกิริยาฟอสฟอรีเลชัน (phosphorylation) ของกรดไขมัน และยังยั้งการผลิตเอนไซม์ acetyl-CoA carboxylase (ACC) ส่งผลให้เกิดการสังเคราะห์กรดไขมันและการเกิดออกซิเดชันลดลง (Ashraf et al., 2020) รวมทั้งลดการสังเคาระห์ไขมันโดยยับยั้งการทำงานของเซลล์ไขมันชนิด 3T3-L1 ซึ่งมีหน้าที่เพิ่มจำนวนเซลล์ เปลี่ยนแปลงรูปร่างเซลล์ไขมัน และกระตุ้นให้เกิดกระบวนการ adipogenesis (Liu et al., 2011) จากการศึกษาวิจัยเพาะเลี้ยงเซลล์ไขมันของ Shimada et al. (2008) พบว่าคอร์ไดเซปินที่สกัดจากเห็ดถั่งเช่าสามารถยับยั้งเซลล์ไขมันชนิด 3T3-L1 ที่อยู่ในระยะ preadipocytes ไม่ให้เซลล์เปลี่ยนแปลงไปสู่ระยะ adipocytes ซึ่งมีผลต่อการขัดขวางการสังเคราะห์ไขมันและลดการสะสมของไขมัน รวมถึงมีศักยภาพในการรักษาโรคอ้วนและความผิดปกติจากโรคอ้วนอย่างมีประสิทธิภาพ (Liu et al., 2011; Takahashi et al., 2012) และจากการศึกษาสารสกัดจากเห็ดถั่งเช่าที่สกัดด้วยน้ำ (water extracts of *C. militaris*) ต่อการเหนี่ยวนำภาวะเครียดออกซิเดชันในตับโดยใช้สารพิษเทิร์ต-บิวทิลไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (t-butyl hydroperoxide) ในเซลล์ human hepatoma cell line (HepG2) พบว่าการใช้สารสกัดจากเห็ดถั่งเช่า (สกัดด้วยน้ำ) ที่ระดับ 500 µg/ml สามารถยับยั้งการสร้างสารพิษในตับ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณอนุมูลอิสระกลุ่มออกซิเจน และการทำงานของเอนไซม์แคสเปส-3 (caspase-3) ลดลง (Wang et al., 2012) จากการศึกษาในสัตว์ทดลองของ Kim et al. (2012) พบว่าการเสริมสารสกัดเห็ดถั่งเช่าที่สกัดด้วยน้ำร้อน (*C. militaris* hot-water extract) พบว่าสามารถลดไขมันในเลือดของหนู ได้แก่ ปริมาณคอเลสเตอรอลรวม (totol cholesterol, TC), ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride, TG) ฟอสโฟลิปิด (phospholipid, PL) และการทำงานของเอนไซม์ในตับ เช่น aspartate aminotransferase (AST) และ alanine aminotransferase (ALT) ที่เหนี่ยวนำให้มีภาวะไขมันในเลือดสูง

2.3 ผลของการเสริมเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อ

จากการรวบรวมเอกสารพบว่าการเสริมเห็ดถั่งเช่าในระดับที่เหมาะสมสามารถเพิ่มการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร ซึ่งท้ายที่สุดจะช่วยส่งเสริมสมรรถนะการผลิตของสัตว์ปีกได้ (Han et al., 2015; Wang et al., 2015; Cheng et al. 2019) โดยผลของการเสริมเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 จากการศึกษาการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารไก่เนื้อที่ระดับแตกต่างกัน (0 2.0 3.5 และ 5% *Cordyceps* with fly pupa, CFP) (อายุ 1–35 วัน) พบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับ 3.5% และ 5% มีน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มควบคุม (Park, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Han et al. (2015) พบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 4.0 g/kg สามารถเพิ่มน้ำหนักตัวและปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน แต่ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการใช้อาหาร นอกจากนี้ Hsieh et al. (2021) ศึกษาการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าร่วมกับวัสดุเพาะเห็ดนางรม

และเห็ดนางฟ้า พบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าเพียงชนิดเดียว (1% *Cordyceps militaris* waster medium, CM) มีน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าร่วมกับเห็ดนางรม (0.5% *Cordyceps militaris* waster medium+0.5% *Pleurotus eryngii* stalk residues, CMPE) และกลุ่มที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าร่วมกับเห็ดนางฟ้า (0.5% *Cordyceps militaris* waster medium+0.5% *Pleurotus sajor-caju* stalk residues, CMPS) (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม Cheng et al. (2016) ศึกษาการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารลูกสุกรหย่านม ที่ระดับ 0.05 0.10 และ 0.15% พบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.10% สามารถเพิ่มน้ำหนักตัวและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารได้ Wang et al. (2015) ศึกษาการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.5 1.0 และ 2.0% ในอาหารไก่ไข่ พบว่าเมื่อเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 2.0% สามารถเพิ่มผลผลิตไข่และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ตารางที่ 2.3 ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

Treatment	Age (day)	BW (g)	BWG (g/chick)	FI (g/chick)	FCR	References
Control	35	1,798[b]	-	2,235[b]	1.24[b]	Park (2011)
2.0% CFP[1]		1,802[b]	-	2,246[b]	1.24[b]	
3.5% CFP		1,884[a]	-	2,439[a]	1.29[a]	
5.0% CFP		1,810[b]	-	2,197[c]	1.21[b]	
Control	42	-	2,105[b]	4,105[b]	1.95	Han et al. (2015)
1.0% FPCM[2]		-	2,173[a]	4,175[ab]	1.92	
2.0% FPCM		-	2,149[ab]	4,125[b]	1.92	
4.0% FPCM		-	2,168[a]	4,258[a]	1.96	
Control	35	-	1,872[ab]	2,739[ab]	1.46[ab]	Hsieh et al. (2021)
1.0% CM[3]		-	1,900[a]	2,697[ab]	1.42[ab]	
0.5%+0.5% CMPE		-	1,824[b]	2,508[c]	1.38[b]	
0.5%+0.5% CMPS		-	1,822[b]	2,574[bc]	1.41[ab]	
0.5%+0.5% CMFV		-	1,861[ab]	2,787[a]	1.50[a]	

[a, b, c] Means within columns with different letters are significantly different (*P<0.05*).

[1] CFP: *Cordyceps* with fly pupa 2.0%, 3.5% and 5.0% respectively.

[2] FPCM: fermentation products of *C. Militaris*.

[3] CM: 1% *Cordyceps militaris* waster medium; CMPE, 0.5% *Cordyceps militaris* waster medium + 0.5% *Pleurotus eryngii* stalk residues; CMPS, 0.5% *Cordyceps militaris* waster medium + 0.5% *Pleurotus sajor-caju* stalk residues; CMFV, 0.5% *Cordyceps militaris* waster medium + 0.5% *Fammulina velutipes* stalk residues.

สำหรับผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อค่าทางโลหิตวิทยา (ตารางที่ 2.4) พบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารที่ระดับ 2.0–5.0% ในอาหารไก่เนื้อที่อายุ 35 วัน สามารถลดปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) คอเลสเตอรอลรวม (totoal cholesterol) และคอเลสเตอรอลชนิดไม่ดี (LDL-cholesterol) และสามารถเพิ่มปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดดี (HDL-cholesterol) (Park, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ ปริชญา (2562) พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลรวม และคอเลสเตอรอลชนิดไม่ดีลดลงเมื่อเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.25–0.5% และ 0.25% ตามลำดับ นอกจากนี้ Li et al. (2009) ศึกษาการเสริมสารสกัดจากเส้นใยเห็ดถั่งเช่าทิเบต (*Cordyceps sinensis*, CS) พบว่าสามารถลดคอเลสเตอรอลได้มากกว่ากลุ่มควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องจากคอร์ไดเซปินที่มีอยู่ในเห็ดถั่งเช่าสีทองสามารถยับยังการสร้างเซลล์ไขมัน (adipocyte) โดยยับยั้งการเปลี่ยนแปลงเซลล์ 3T3-L1 preadipocytes ไปสู่ adipocytes โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อเซลล์ ทำให้การสร้างไขมันลดลง (Shimada et al., 2008) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารไก่เนื้อที่ระดับสูงขึ้น (0.50–4.0%) พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์มีค่าไม่ต่างกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) (Park, 2011; Han et al., 2015; ปริชญา, 2562)

2.4 ผลของการเสริมเห็ดชนิดต่าง ๆ ในอาหารสัตว์

ผลของการเสริมเห็ดชนิดต่าง ๆ ในอาหารสัตว์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 ซึ่งการออกฤทธิ์ของเห็ดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด แหล่งที่มา ปริมาณสารออกฤทธิ์ ระดับการเสริม โดยภาพรวมสรุปได้ว่าการเสริมเห็ดถั่งเช่า และผลิตภัณฑ์จากเห็ดถั่งเช่า เช่น เศษเหลือจากวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า สารสกัดจากเห็ดถั่งเช่า ต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ พบว่าสามารถเพิ่มอัตราส่วนวิลไลต่อคริปท์ได้ดีขึ้น ทำให้การย่อยและดูดซึมสารอาหารเพิ่มขึ้น ส่งเสริมให้สัตว์มีสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น (Liu et al., 2020; Wang et al., 2015) สำหรับคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระพบว่าผลิตภัณฑ์จากเห็ดถั่งเช่าในรูปแบบต่าง ๆ สามารถกระตุ้นการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ (Keap-1 และ Nrf-2) ลดการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ inducible nitric oxide synthase และ cyclooxygenase-2 ในม้ามและต่อมเบอร์ซ่า รวมถึงลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (TBAR) และสารอนุมูลอิสระ (DPPH) ในเนื้อส่วนอกและส่วนสะโพก ช่วยพัฒนาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่ได้ โดยมีผลทำให้น้ำหนักซากและเนื้อส่วนอกรวมถึงสะโพกเพิ่มขึ้น และไขมันช่องท้องลดลง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความนุ่มเนื้อ และลดการสูญเสียน้ำของเนื้ออีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในสัตว์อีกหลากหลายชนิด เช่น ปลิงทะเล ปลา สุกร เป็นต้น (Boontiam et al., 2020; Barido et al., 2020; Park, 2011)

ตารางที่ 2.4 ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อค่าทางโลหิตวิทยาของไก่เนื้อ

Treatment	Age (day)	TG[1] (mg/dl)	TC[2] (mg/dl)	HDL-C[3] (mg/dl)	LDL-C[4] (mg/dl)	References
Control	35	125.56[a]	124.95[a]	51.48[c]	48.35[a]	Park (2011)
2.0% CFP[5]		114.98[b]	110.06[b]	64.73[a]	22.33[c]	
3.5% CFP		112.21[b]	113.41[b]	64.21[a]	26.75[b]	
5.0% CFP		118.87[b]	109.18[b]	62.72[b]	22.68[c]	
Control	42	103.68	56.52	-	-	Han et al. (2015)
1.0 % FPCM[6]		93.96	48.24	-	-	
2.0 % FPCM		113.40	55.80	-	-	
4.0 % FPCM		110.16	55.26	-	-	
Control	36	68.00	139.25[a]	98.00	35.32[a]	ปริชญา (2562)
0.10% CTC[7]		61.75	137.75[ab]	99.50	35.75[a]	
0.10% SMCM[8]		62.50	125.00[abc]	101.75	32.85[ab]	
0.25% SMCM		59.25	115.00[c]	105.00	29.05[b]	
0.50% SMCM		68.75	118.75[bc]	95.00	30.10[ab]	

[a, b, c] Means within columns with different letters are significantly different (*P<0.05*).

[1]Total triglycerides; [2]Total cholesterol; [3]HDL- cholesterol; [4]LDL-cholesterol; [5]CFP: *Cordyceps* with fly pupa 2.0%, 3.5% and 5.0% respectively; [6]FPCM: Fermentation products of *C. militaris*; [7]CTC, control diet 0.1% supplemented with chlortetracycline antibiotic; [8]Spent mushroom (*C. militaris*) substrate.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.5 ผลของการเสริมเห็ดแต่ละชนิดต่อการเป็นสารเสริมชีวนะในอาหารสัตว์

Mushroom species	Animal type	Effect of the experiment	References
Mixed mushroom (*Lentinula edodes, Ganoderma lucidum, Pleurotus ostreatus and* ***Cordyceps inensis***)	broilers infected with coccidiosis	✓ reduced oocyst shedding in the faecal droppings	Willis et al. (2013)
Mixed mushroom (*Lentinula edodes,* ***Cordyceps sp.,*** *Ganoderma sp. and Pleurotus ostreatus*)	broilers infected with coccidiosis	✓ deteriorated BW of male broilers ✓ no effect on shedding of *Eimeria* oocyst ✓ higher population of *Bifidobacteria*	Hines et al. (2013)
C. militaris waste residue	laying hens	✓ hypocholesterolemic activity ✓ improved FCR	Wang et al. (2015)
C. militaris waste residue	female broilers	✓ improved antioxidant capacity via activated Keap-1 and Nrf-2 mRNA expression ✓ increased villus height and crypt depth ratio of jejunum	Hsieh et al. (2021)
Cordyceps polysaccharide (CP)	sea cucumber	✓ improved carbohydrate metabolism ✓ improved membrane transport after feeding with CP ✓ improved superoxide dismutase, lysozyme and acid phosphatase activities ✓ increased immune responses	Sun et al. (2021)
solid-state fermented *Isaria cicadae*	male broiler	✓ enhanced growth performance ✓ improved body anti-oxidative status ✓ improved broiler meat quality	Liu et al. (2020)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.5 ผลของการเสริมเห็ดแต่ละชนิดต่อการเป็นสารเสริมชีวนะในอาหารสัตว์ (ต่อ)

Mushroom species	Animal type	Effect of the experiment	References
Cordyceps militaris hot water extract	broilers infected with lipopolysac-charide (LPS)	✓ decreased iNOS and COX-2 mRNA levels in the spleen and bursa of Fabricius ✓ increased IFN-γ and IL-4 expression in the spleen and bursa of Fabricius	Cheng et al. (2019)
Cordyceps militaris spent mushroom substrate	growing pigs	✓ increased immunoglobulin A and G ✓ increased total antioxidant capacity and glutathione peroxidase activity ✓ decreased leukocyte percentage, cholesterol and malondialdehyde (MDA)	Boontiam et al. (2020)
Cordyceps militaris mushrooms	broilers carcasses	✓ improved antioxidant activity (TBAR and DPPH) in breast and thigh ✓ improved meat quality (shear force and cooking loss) in breast and thigh	Barido et al. (2020)
Cordyceps with fly pupa	broilers	✓ increased carcss characteristics (carcass yield, breast and thigh) ✓ decreased abdominal fat	Park (2011)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาประเมินศักยภาพของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าเพื่อใช้เป็นสารเสริมในอาหารไก่เนื้อ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนั้น

3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในไก่เนื้อ

การศึกษาวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับแตกต่างกัน 7 ระดับ คือ 0 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 และ 0.30% ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 10 วัน จากนั้นทำการคัดเลือกระดับการเสริมในเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลองที่ 2 ต่อไป โดยทำการคัดเลือกระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และส่งผลที่ดีในการต้านอนุมูลอิสระในไก่เนื้อ

3.1.1 การเตรียมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่เป็นผลพลอยได้จากการเพาะเลี้ยงเห็ด

นำวัสดุที่เหลือจากการเพาะเห็ดถั่งเช่า ซึ่งได้จากบริษัท เอสดี เทคโนเวชั่น จำกัด ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปบดให้ได้ขนาดประมาณ 1 mm นำไปสกัดโดยใช้น้ำกลั่นร้อนในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำไปกรอง สารละลายที่กรองได้นำไปทำให้แห้งโดยใช้กระบวนการ freeze drying เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาสารออกฤทธิ์คอร์ไดเซปินโดยใช้เทคนิค High performance liquid chromatography (HPLC) และวัดฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การเตรียมเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ นำวัสดุที่เหลือจากการเพาะเห็ดถั่งเช่า ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปบดให้ได้ขนาดประมาณ 1 mm

3.1.2 สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่เนื้อเพศผู้พันธุ์คอบบ์-500 (cobb-500) อายุ 1 วัน น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 40 กรัม เลี้ยงจนถึงอายุ 21 วัน จึงสุ่มไก่จำนวน 42 ตัว ขึ้นเลี้ยงบนกรงขังเดี่ยว เลี้ยงบนกรงจนถึงอายุ 30 วัน เพื่อให้ไก่ปรับตัวให้ชินกับสภาพแวดล้อม เมื่อไก่อายุ 21 วัน โดยทำการแบ่งไก่ออกเป็น 7 กลุ่ม ๆ ละ 6 ซ้ำ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยให้อาหารและน้ำแบบเต็มที่ ไก่ได้รับอาหารทดลองเป็นเวลา 10 วัน เก็บมูลเพื่อนำไปหาค่าการย่อยได้และใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ ในช่วง 3 วันสุดท้ายของการทดลอง

3.1.3 อาหารทดลอง

เป็นการทดสอบการใช้วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับต่าง ๆ คือ 0 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 และ 0.30% ในสูตรอาหาร โดยอาหารทดลองทั้งหมดคำนวณให้มีระดับของโปรตีนและพลังงานเท่ากันตามคำแนะนำของ NRC (1994) โดยรายละเอียดองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าได้แสดง

ไว้ในตารางที่ 3.1 ส่วนอาหารทดลองมีรายละเอียดองค์ประกอบทางโภชนะดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 อาหารทดลองที่ใช้แบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม ประกอบด้วย

สูตรที่ 1 อาหารสูตรควบคุม (control)
สูตรที่ 2 วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.05% (คอร์ไดเซปิน 0.063 mg/g)
สูตรที่ 3 วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.10% (คอร์ไดเซปิน 0.126 mg/g)
สูตรที่ 4 วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.15% (คอร์ไดเซปิน 0.089 mg/g)
สูตรที่ 5 วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.20% (คอร์ไดเซปิน 0.252 mg/g)
สูตรที่ 6 วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.25% (คอร์ไดเซปิน 0.315 mg/g)
สูตรที่ 7 วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.30% (คอร์ไดเซปิน 0.378 mg/g)

3.1.4 การเก็บข้อมูล

3.1.4.1 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ (digestibility)

ทำการเก็บมูลทั้งหมดที่ไก่ขับถ่ายออกมาวันละ 1 ครั้ง ในช่วง 3 วันสุดท้ายของการทดลอง สเปรย์มูลที่เก็บได้ในแต่ละวันด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5% เพื่อป้องกันการสูญเสียไนโตรเจน และนำมูลของไก่แต่ละตัวที่ได้รับในแต่ละวัน ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55 °C นำมาบดใส่ถุงพลาสติกและเก็บไว้เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

3.1.4.2 การศึกษาฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (DPPH)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุ่มไก่กลุ่มการทดลองละ 12 ตัว เก็บเลือดเพื่อใช้ในการวัดฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเจาะเลือดบริเวณเส้นเลือด wing vein ใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 23 ความยาว ½ นิ้ว กระบอกฉีดยาขนาด 3 ml เก็บใส่ในหลอด clotted blood เพื่อเก็บซีรัม โดยเก็บเลือดใส่หลอดแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เลือดแข็งตัวในเวลา 30 นาที และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 1,000×g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการต่อไป

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า (*C. militaris*)

Nutrient	*C.militaris* fermentation products
Dry matter, %	94.20
Crude protein, %	10.43
Crude fiber, %	2.05
Ether extract, %	3.16
Ash, %	1.51
Gross energy, kcal/g	4.14
Cordycepin, mg/g	1.26

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 1 (as-fed basis)

Ingredients		*Cordyceps militaris* fermentation product (%)					
	Control	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
Corn	55.66	55.73	55.72	55.72	55.71	55.71	55.70
Soybean meal, 44% CP	30.90	30.84	30.84	30.84	30.84	30.84	30.84
Full-fat soybean, 36% CP	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47
Cassava starch	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.00
Cordyceps militaris fermentation product	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
Rice bran oil	5.86	5.85	5.86	5.86	5.87	5.87	5.88
Calcium carbonate	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Monocalcium phosphate	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Sodium chloride	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
L-lysine	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
DL-methionine	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
L-threonine	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Calculated composition (%)							
Metabolizable energy (kcal/kg)	3,186	3,186	3,186	3,186	3,186	3,186	3,186
Calcium	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Available phosphorus	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Digestible lysine	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Digestible methionine	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Digestible methionine + cystine	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Digestible threonine	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Analyzed composition (%)							
Dry matter	90.59	90.68	90.83	89.74	88.84	90.39	92.22
Crude protein	20.32	20.62	20.46	20.61	20.33	20.34	20.32
Crude fat	8.35	8.33	8.41	8.57	8.40	8.63	8.64

[1]Premix (0.5%) provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 15,000 IU; vitamin D3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 7 mg; vitamin B6, 4 mg; vitamin B12, 25 μg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 μg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.5 การวิเคราะห์ทางเคมี

1. วิเคราะห์ปริมาณคอร์ไดเซปินจากวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า นำสารสกัดมากรองด้วยกระดาษกรอง 0.2 µm แล้วตรวจสอบปริมาณคอร์ไดเซปินด้วย High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 1690 series Column คือ Zobaxstable C18, (4.6x150mm), 35 °C ใน guard column เหมือนกับ stationary phase อัตราการไหล 1 ml/min และ Mobile phase เป็น Methanal: Water (92:8) (Huang et al., 2009)

2. วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน เยื่อใย แคลเซียม และฟอสฟอรัส (AOAC, 1990)

3. วิเคราะห์หาโภชนะในมูล โดยวิเคราะห์หาค่าความชื้น เถ้า และปริมาณไนโตรเจน ตามวิธี AOAC (1990)

4. วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นการวัดค่า DPPH โดยทำการดัดแปลงจากวิธีของ Martinez et al. (2006) โดยให้สารเร่งทำปฏิกิริยากับ DDPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีสีม่วง เมื่อ DPPH ได้รับอิเล็กตรอนหรืออนุมูลอิสระไฮโดรเจนจะเปลี่ยนเป็น DPPH: H ซึ่งไม่มีสี โดยปิเปตตัวอย่าง 200 µl ใส่หลอดทดลองขนาด 2 ml เติมน้ำกลั่น จำนวน 800 µl นำตัวอย่างไปผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นเติม methanolic DPPH solution (0.1 mM) ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำตัวอย่างไปเก็บไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เตรียม control โดยใช้น้ำกลั่น 1000 µl ผสมกับ DPPH (0.1 mM) จำนวน 1000 µl (อัตราส่วน 1:1) ผสมให้เข้ากัน และเตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น จำนวน 2000 µl นำตัวอย่าง blank และ control เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ดูดส่วนใสของตัวอย่าง control และ blank 200 µl ใส่ 96 well plate อย่างละ 3 ซ้ำ เพื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 517 nm และค่า DPPH ที่ได้มีหน่วยเป็น % inhibition

5. การคำนวณการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ นำข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร และมูลมาคำนวณตามสมการดังนี้

การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักอาหารที่กิน} - \text{น้ำหนักมูล}) \times 100}{\text{น้ำหนักอาหารที่กิน}}$$

การย่อยได้ของโภชนะ (%)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักอาหาร} \times \text{\%โภชนะในอาหาร}) - (\text{น้ำหนักมูล} \times \text{\%โภชนะในมูล}) \times 100}{(\text{น้ำหนักอาหาร} \times \text{\%โภชนะในอาหาร})}$$

3.1.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลอง ด้วยวิธี Tukey's range test ทำการวิเคราะห์แนวโน้มของการใช้วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับต่าง ๆ ด้วยวิธี Orthogonal polynomials โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS เวอร์ชัน 18.0 (SPSS, 2009)

3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าเพื่อประเมินศักยภาพในการใช้เป็นสารเสริมในอาหารไก่เนื้อ

เพื่อศึกษาหาผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก การสะสมไขมัน และคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่ ลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

3.2.1 สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่เนื้อเพศผู้พันธุ์คอบบ์-500 อายุ 1 วัน จำนวน 400 ตัว ทำการสุ่มไก่แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 20 ตัว มีระยะเวลาในการทดลอง 42 วัน โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แต่ละซ้ำเลี้ยงในคอกแบบปล่อยพื้น ซึ่งไก่ทุกตัวจะได้กินน้ำ และอาหารอย่างเต็มที่ตลอดการทดลอง

3.2.2 อาหารทดลอง

ทำการคัดเลือกระดับวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ได้จากการทดลองที่ 1 จำนวน 3 ระดับ โดยอาหารทดลองทั้งหมดคำนวณให้มีระดับของโปรตีนและพลังงานเท่ากันตามคำแนะนำของ NRC (1994) นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมที่เสริมสารเสริมชีวนะ (zinc-bacitracin) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.3 3.4 และ 3.5 โดยอาหารทดลองที่ใช้แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ประกอบด้วย

สูตรที่ 1 อาหารสูตรควบคุมเชิงลบ (negative control)

สูตรที่ 2 อาหารสูตรควบคุมเชิงบวก (positive control) เสริมสารเสริมชีวนะ (zinc-bacitracin 50 mg/kg)

สูตรที่ 3 เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า ที่ระดับ 0.10% (คอร์ไดเซปิน 0.126 mg/g)

สูตรที่ 4 เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า ที่ระดับ 0.20% (คอร์ไดเซปิน 0.252 mg/g)

สูตรที่ 5 เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า ที่ระดับ 0.30% (คอร์ไดเซปิน 0.378 mg/g)

3.2.3 การเก็บข้อมูล

3.2.3.1 สมรรถนะการเจริญเติบโต

ทำการบันทึกน้ำหนักตัว (body weight; BW) ปริมาณอาหารที่กิน (feed intake; FI) ของไก่ทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เพื่อคำนวณอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio; FCR) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain; ADG) และมีการบันทึกทุกครั้งที่มีไก่ตาย เพื่อคำนวณอัตราการตาย

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อช่วงอายุ 1–10 วัน ในการทดลองที่ 2 (as-fed basis)

Ingredients	Starter diets (1-10 days)				
	NC[1]	PC[2]	0.10% CM[3]	0.20% CM	0.30% CM
Corn	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
Soybean meal, 44% CP	32.56	32.56	32.56	32.54	32.54
Full-fat soybean, 36% CP	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80
Cassava starch	0.30	0.30	0.20	0.10	0.00
Cordyceps militaris fermentation product	0.00	0.00	0.10	0.20	0.30
Rice bran oil	3.00	3.00	3.00	3.02	3.02
Calcium carbonate	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Monocalcium phosphate	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
Sodium chloride	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
Premix[4]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
L-lysine	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
DL-methionine	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
L-threonine	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Calculated composition (%)					
Metabolizable energy (kcal/kg)	3,008	3,008	3,008	3,008	3,008
Calcium	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Available phosphorus	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Digestible lysine	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
Digestible methionine	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
Digestible methionine + cystine	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Digestible threonine	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Analyzed composition (%)					
Dry matter	90.61	90.61	90.62	90.63	90.64
Crude protein	21.12	21.12	21.13	21.13	21.14
Crude fat	6.32	6.32	6.32	6.34	6.34

[1] NC, negative control (non-treated); [2] PC, Positive control (50 mg/kg of diet; Zinc-Bacitracin supplemented); [3] *Cordyceps militaris* fermentation product.

[4] Premix (0.5%) provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 15,000 IU; vitamin D3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 7 mg; vitamin B6, 4 mg; vitamin B12, 25 µg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.4 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อช่วงอายุ 11–21 วัน ในการทดลองที่ 2 (as-fed basis)

Ingredients	Grower diets (11-21 days)				
	NC[1]	PC[2]	0.10% CM[3]	0.20% CM	0.30% CM
Corn	55.30	55.30	55.30	55.30	55.30
Soybean meal, 44% CP	31.00	31.00	31.00	30.99	30.98
Full-fat soybean, 36% CP	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Cassava starch	0.30	0.30	0.20	0.10	0.00
Cordyceps militaris fermentation product	0.00	0.00	0.10	0.20	0.30
Rice bran oil	4.06	4.06	4.06	4.07	4.08
Calcium carbonate	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Monocalcium phosphate	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
Sodium chloride	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Premix[4]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
L-lysine	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
DL-methionine	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
L-threonine	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Calculated composition (%)					
Metabolizable energy (kcal/kg)	3,086	3,086	3,086	3,086	3,086
Calcium	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Available phosphorus	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Digestible lysine	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
Digestible methionine	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
Digestible methionine + cystine	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Digestible threonine	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Analyzed composition (%)					
Dry matter	90.67	90.67	90.68	90.69	90.69
Crude protein	20.09	20.09	20.09	20.10	20.10
Crude fat	7.12	7.12	7.12	7.12	7.13

[1] NC, negative control (non-treated); [2] PC, Positive control (50 mg/kg of diet; Zinc-Bacitracin supplemented); [3] *Cordyceps militaris* fermentation product.

[4] Premix (0.5%) provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 15,000 IU; vitamin D3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 7 mg; vitamin B6, 4 mg; vitamin B12, 25 μg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 μg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อช่วงอายุ 22–42 วัน ในการทดลองที่ 2 (as-fed basis)

Ingredients	Finisher diets (22-42 days)				
	NC[1]	PC[2]	0.10% CM[3]	0.20% CM	0.30% CM
Corn	57.70	57.70	57.70	57.70	57.70
Soybean meal, 44% CP	29.28	29.28	29.27	29.26	29.25
Full-fat soybean, 36% CP	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93
Cassava starch	0.30	0.30	0.20	0.10	0.00
Cordyceps militaris fermentation product	0.00	0.00	0.10	0.20	0.30
Rice bran oil	4.97	4.97	4.98	4.99	5.00
Calcium carbonate	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Monocalcium phosphate	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Sodium chloride	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Premix[4]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
L-lysine	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
DL-methionine	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
L-threonine	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Calculated composition (%)					
Metabolizable energy (kcal/kg)	3,165	3,165	3,165	3,165	3,165
Calcium	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Available phosphorus	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Digestible lysine	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Digestible methionine	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Digestible methionine + cystine	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Digestible threonine	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Analyzed composition (%)					
Dry matter	90.66	90.66	90.67	90.68	90.68
Crude protein	19.00	19.00	19.01	19.01	19.01
Crude fat	7.90	7.90	7.91	7.91	7.92

[1]NC, negative control (non-treated); [2]PC, Positive control (50 mg/kg of diet; Zinc-Bacitracin supplemented); [3]*Cordyceps militaris* fermentation product.

[4]Premix (0.5%) provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 15,000 IU; vitamin D3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 7 mg; vitamin B6, 4 mg; vitamin B12, 25 μg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 μg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.3.2 การเก็บตัวอย่างเมื่อไก่เนื้ออายุ 21 และ 42 วัน

ทำการสุ่มไก่คอกละ 2 ตัว (กลุ่มการทดลองละ 10 ตัว) ที่อายุ 21 และ 42 วัน (ไม่ต้องอดอาหาร) ทำการเจาะเลือดบริเวณใต้ปีก (wing vein) โดยแบ่งเลือดออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) เก็บใส่ในหลอด lithium heparin เพื่อเก็บพลาสม่า สำหรับศึกษาค่าทางโลหิตวิทยา และ 2) เก็บใส่ในหลอด clotted blood เพื่อเก็บซีรัม โดยเก็บเลือดใส่หลอดแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เลือดแข็งตัวในเวลา 30 นาที และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 1,000×g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 °C สำหรับศึกษาภูมิคุ้มกัน เมื่อเก็บเลือดเสร็จแล้วจึงทำให้ไก่สลบด้วย chloroform และเชือดเพื่อเปิดช่องท้อง จากนั้นทำการแยกส่วนเครื่องในและบันทึกข้อมูลน้ำหนักของทางเดินอาหาร ได้แก่ น้ำหนักกระเพาะอาหาร (proventriculus) กระเพาะบด (gizzard) ตับ (liver) ไขมันช่องท้อง (abdominal fat) และลำไส้ส่วนต่าง ๆ ทำการบันทึกค่า pH ของสิ่งย่อยในกระเพาะบด และบันทึกความยาวของลำไส้ทุกส่วน จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างลำไส้ส่วนดูโอดีนัม (duodenum) เจจูนัม (jejunum) และไอเลียม (ileum) โดยเก็บเนื้อเยื่อลำไส้ที่ตำแหน่งตรงกลางของลำไส้แต่ละส่วนซึ่งมีขนาดความยาวประมาณ 1.0–1.5 เซนติเมตร ไว้ในสารละลายบัฟเฟอร์ฟอร์มาลิน 10% (เตรียมจากน้ำยาฟอร์มาลิน 40% และเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็นสารละลายฟอร์มาลิน 10%) เป็นการเก็บรักษาเนื้อเยื่อ เพื่อนำไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้ ทำการเก็บตัวอย่างสิ่งย่อยจากซีกัมใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างที่ปราศจากเชื้อขนาด 15 ml นำตัวอย่างสิ่งย่อยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป นอกจากนี้เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ไก่เนื้ออายุ 42 วัน) ทำการเก็บตัวอย่างเนื้ออก เนื้อสะโพก และตับไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

3.2.3.3 สิ่งที่ต้องการศึกษา

1) ค่าทางโลหิตวิทยา

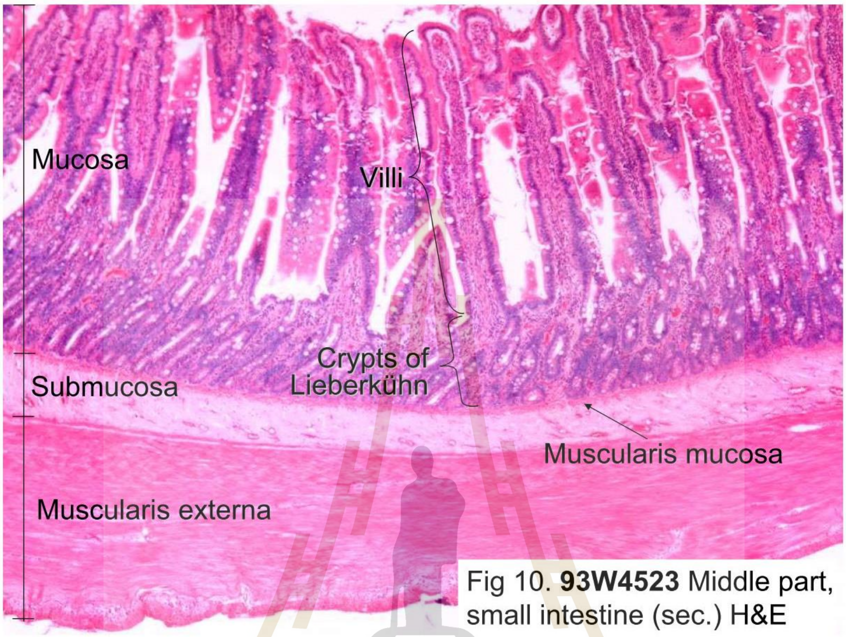
การศึกษาค่าทางโลหิตวิทยา ได้แก่ ปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ในเลือด โดยใช้เครื่องตรวจเลือดอัตโนมัติ (automatic clinical chemistry, A15 analyzer)

2) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้ ได้แก่ ความสูงของวิลไล (vilius height) ความลึกของคริปท์ (crypt depth) และอัตราส่วนระหว่างความสูงของวิลไลกับความลึกของคริปท์ (villus height: crypt depth ratio) ในลำไส้ส่วนต่าง ๆ โดยนำชิ้นเนื้อของลำไส้ที่เก็บรักษาไว้ในสารละลายบัฟเฟอร์ฟอร์มาลิน 10% มาผ่านกระบวนการเตรียมด้วยเครื่องเตรียมชิ้นเนื้อแบบอัตโนมัติ (automatic tissue processer) ก่อนนำตัวอย่างไปทำการฝังชิ้นเนื้อ (embedding) ลงในบล็อกพาราฟิน (embedding mold) โดยใช้เครื่องฝังชิ้นเนื้อ (embedding center) และทิ้งให้บล็อกพาราฟินที่มีชิ้นเนื้อฝังอยู่แข็งตัวบนแท่นทำความเย็น จากนั้นนำบล็อกชิ้นเนื้อมาตัด (section) ด้วยเครื่องไมโครโตม (microtome) ให้เนื้อเยื่อมีความหนาขนาด 4 µm นำเนื้อเยื่อที่ตัดแล้วมาลอยในอ่างลอยเนื้อเยื่อ (tissue floating bath) ที่อุณหภูมิ 45 °C และทำการติดเนื้อเยื่อกับสไลด์ด้วยการช้อน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เนื้อเยื่อให้แปะติดลงบนสไลด์ (polysine slides) แล้วนำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 ℃ ทิ้งไว้ข้ามคืน จากนั้นนำสไลด์พร้อมเนื้อเยื่อไปย้อมสี (staining) โดยการย้อมสีสไลด์ด้วยวิธีฮีมาทอกซิลิน (hematoxylin) และอีโอซิน (eosin) (H & E stain) นำสไลด์เนื้อเยื่อไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ดังแสดงตัวอย่างไว้ในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างการวัด Villus height และ Cryptal depth
ที่มา: Chen et al. (2020)

3) วิเคราะห์คอเลสเตอรอลในเนื้ออกและเนื้อสะโพกไก่

ทำการวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออกและเนื้อสะโพก ตามวิธีการของ Rowe et al. (1999) เตรียมตัวอย่างเนื้อบดให้ละเอียดที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นชั่งตัวอย่าง 5 g ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 ml (round bottom flask) เติมสารคลอโรฟอร์ม : เมทานอล : ไอโซโพรพานอล ในอัตราส่วน 90 : 5 : 5 (chloroform : methanol : isopropanol, 90 : 5 : 5) ปริมาตร 20 ml และเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 60 (60% KOH) ปริมาตร 5 ml เขย่าให้เข้ากัน และทำการสกัดแบบไหลกลับ (reflux) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำสารละลายตัวอย่างมาวางทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมเฮกเซน (hexane) ปริมาตร 100 ml เขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 ml เขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 15 นาที จะเห็นการแยกชั้นของเฮกเซนซึ่งจะอยู่ชั้นบน ทำการปิเปตสารละลายชั้นบนของขวดปริมาตร 12.5 ml ใส่ในหลอดทดลองและทำให้แห้งโดยใช้แก็สไนโตรเจน (N_2) จากนั้นทำการเติมสารละลาย 5-แอลฟาคอเลสทีน (5-α-cholestane, Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA) เพื่อเป็นสารมาตรฐานภายใน และนำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์

ปริมาณคอเลสเตอรอลด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี (GC, Agilent 7890B, Agilent Technologies, USA) โดยใช้คอลัมน์ HP-5 (0.32 mm x 0.25 um fused silica capillary column) และใช้ flame-ionization detector (FID) เป็นตัวตรวจวัด โดยเปรียบเทียบกับสารคอเลสเตอรอลมาตรฐาน (cholesterol, Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA)

4) วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระเนื้อไก่

การวัดค่าเปอร์เซ็นการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือ DPPH (AA%, percentage of antioxidant activity) ดัดแปลงจากวิธีการของ Jang et al. (2008) โดยให้สารเร่งทำปฏิกิริยากับ DDPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีสีม่วง เมื่อ DPPH ได้รับอิเล็กตรอนหรืออนุมูลอิสระไฮโดรเจนจะเปลี่ยนเป็น DPPH: H ซึ่งไม่มีสี โดยการชั่งตัวอย่าง 5 g ใส่หลอดทดลองขนาด 50 ml เติมน้ำกลั่นดีไอโอไนซ์ (deionized water) 15 ml นำตัวอย่างไปผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องฮอโมจีไนซ์ (homogenizer, KA ULTRA-TURRAX T25 digital) เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเติมคลอโรฟอร์ม (chloroform) 9 ml นำตัวอย่างที่ผสมเข้ากันแล้วไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 rpm นาน 10 นาที เตรียม control โดยใช้น้ำกลั่น 1000 µl ผสมกับ 0.1 mM DPPH 1000 µl (อัตราส่วน 1:1) ผสมให้เข้ากัน และเตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น 2000 µl นำตัวอย่าง blank และ control เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ดูดตัวอย่าง control และ blank จำนวน 200 µl ใส่ 96 well plate อย่างละ 3 ซ้ำ เพื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 517 nm และค่า DPPH ที่ได้มีหน่วยเป็น % inhibition

การวัดค่า Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ดัดแปลงจากวิธีการของ Sohaib et al. (2012) ซึ่งเป็นการทดสอบฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยดูจากปริมาณสารประกอบอัลดีไฮด์ในรูป MDA ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid oxidation) โดยการนำตัวอย่างมาทำปฏิกิริยากับสาร TBA (thiobarbituric acid) และสาร TCA (trichloroacetic acid) และใช้ความร้อนในการเร่งปฏิกิริยา จะได้สารสีชมพูใส โดยชั่งตัวอย่างเนื้อ 5 g ใส่หลอดทดลองฝาเกลียว (50 ml) และเติมน้ำกลั่น 15 ml นำไปบดให้เข้ากันโดยเครื่องฮอโมจีไนซ์ เพื่อให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ความเร็วรอบ 480 g/min ประมาณ 1 นาที โดยปิเปตส่วนใสตัวอย่างที่บดเข้ากันแล้ว 2 ml ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียวอันใหม่ (10 ml) เติมสารละลาย BHT (7.2%) จำนวน 50 µl และเติมสารละลาย TBA-TCA (เตรียมสารละลาย 20 mMol TBA ผสมร่วมกับสารละลาย 15% TCA) จำนวน 4 ml ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer) จากนั้นปิดฝาให้เรียบร้อยแล้วนำไปใส่ลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่ 90 °C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปทิ้งไว้ให้เย็นในกล่องน้ำแข็งประมาณ 15 นาที นำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที ทำการปิเปตส่วนใสด้านบน (supernatant) จำนวน 200 µl ใส่ใน 96 well plate จำนวน 3 ซ้ำ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 532 nm และค่า TBAR ที่ได้มีหน่วยเป็น nmol MDA/kg

5) วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในเลือด

การวัดค่าเปอร์เซ็นการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือ DPPH ดัดแปลงจากวิธีการของ Jang et al. (2008) โดยให้สารเร่งทำปฏิกิริยากับ DDPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีสีม่วง เมื่อ DPPH ได้รับอิเล็กตรอนหรืออนุมูลอิสระไฮโดรเจนจะเปลี่ยนเป็น DPPH: H ซึ่งไม่มีสี โดยการปิเปตตัวอย่าง 200 µl ใส่หลอดทดลองขนาด 2 ml เติมน้ำกลั่น จำนวน 800 µl นำตัวอย่างไปผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นเติม methanolic DPPH solution (0.1 mM) ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำตัวอย่างไปเก็บไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เตรียม control โดยใช้น้ำกลั่น 1000 µl ผสมกับ DPPH (0.1 mM) จำนวน 1000 µl (อัตราส่วน 1:1) ผสมให้เข้ากัน และเตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น จำนวน 2000 µl นำตัวอย่าง blank และ control เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ดูดส่วนใสของตัวอย่าง control และ blank 200 µl ใส่ 96 well plate อย่างละ 3 ซ้ำ เพื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 517 nm และค่า DPPH ที่ได้มีหน่วยเป็น % inhibition

การวิเคราะห์หาค่า TBARS วัดออกมาในรูปของปริมาณ malondialdehyde ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการออกซิเดชันของไขมันในเลือด ดัดแปลงตามวิธีของ Feix et al. (1991) และ Kang et al. (2001) โดยนำซีรั่มจำนวน 200 µl ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติม 40 nMol BHT จำนวน 40 µl และ 10% TCA จำนวน 400 µl และนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เมื่อตัวอย่างตกตะกอนทำการปิเปตส่วนใสจำนวน 500 µl ใส่ในหลอดทดลอง และเติม 5% TBA จำนวน 500 µl จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลากำหนดจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างเย็นประมาณ 15 นาที นำตัวอย่างที่ได้มาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ทำการปิเปตส่วนใสด้านบนจำนวน 200 µl ใส่ 96 well plate อย่างละ 3 ซ้ำ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 532 nm และค่า TBAR ที่ได้มีหน่วยเป็น nMol ของปริมาณ MDA ต่อมิลลิตรของซีรัม (nmol MDA/ml)

6) วิเคราะห์การสะสมแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกส่วนแข้ง

นำตัวอย่างกระดูกส่วนแข้ง 1 คู่ แช่ด้วย ethyl alcohol เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อทำความสะอาดกระดูกและเอาเนื้อเยื่อที่ติดกับกระดูกออกให้หมด แล้วนำตัวอย่างไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Hamdi et al., 2015) จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด (ขนาด 2 mm) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 250 mg แล้วนำไปย่อยให้ได้เป็นสารละลายด้วยเครื่อง Microwave (Anton Paar Synthos 3000) เมื่อได้ตัวอย่างที่อยู่ในรูปสารละลาย นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง (filter paper, Whatman 1) และเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิตร นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัส ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES) (Fleischer et al., 2014)

3.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยวิธี Tukey's post hoc test และทำการวิเคราะห์แนวโน้มของการใช้วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับต่าง ๆ ด้วยวิธี Orthogonal polynomials โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS เวอร์ชัน 18.0 (SPSS, 2010)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อการย่อยได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในไก่เนื้อ

ผลของการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในไก่เนื้อที่ได้รับอาหารเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับ 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 และ 0.30% แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยพบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับต่าง ๆ ในสูตรอาหารนั้น ไม่มีผลกระทบต่อการย่อยได้ของสิ่งแห้ง สารอินทรีย์ และการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ส่วนผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในซีรัมของไก่เนื้อที่ได้รับวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารที่ระดับต่าง ๆ พบว่าค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของเส้นโค้งกำลังสาม (cubic, $P<0.01$) โดยไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.20% มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH, 78.96%) มากที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.30 และ 0.25% (DPPH, 62.82 และ 62.09%) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.01$) ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.05, 0.10 และ 0.15% มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่ต่างกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$)

จากผลการทดลองบ่งชี้ให้เห็นว่าวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองยังมีสารออกฤทธิ์ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระหลงเหลืออยู่ซึ่งสอดคล้องกับ Srithaworn et al. (2019) ที่รายงานว่าสารสกัดหยาบส่วนเส้นใยของเห็ดถั่งเช่าสีทองที่สกัดจากน้ำสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุด (DPPH assay, IC_{50} เท่ากับ 1.15 mg/ml) โดยพบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้น 4–8 mg/ml สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ถึง 80% และสารสกัดความเข้มข้น 0.8–1.6 mg/ml สามารถยับยั้งการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) ได้ถึง 90% (Dong and Yao, 2008) อีกทั้งยังพบว่าการใช้สารสกัดจากเห็ดถั่งเช่าสีทองช่วยต้านอนุมูลอิสระในหนูทดลอง โดยทำหน้าที่ต่อต้านการเกิดภาวะเครียด (oxidative stress) ผ่านการกำจัดอนุมูลอิสระ (Chu et al., 2011) นอกจากนี้ยังมีรายงานคุณสมบัติของการต้านอนุมูลอิสระโดยฤทธิ์การจำกัดอนุมูลอิสระ (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) ความสามารถในการกำจัดอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical) และความสามารถจับประจุของอิออน Fe^{2+} (ferrous ion chelating ability) รวมทั้งยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกไซด์ของกรดไขมันลิโนเลอิก (linoleic acid lipid peroxidation) และความสามารถในการลดการเกิดอนุมูลอิสระ (reducing power) ได้ (Zhan et al., 2006)

จากผลการทดลองนี้ พบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับ 0.20% ส่งผลดีที่สุดในการต้านอนุมูลอิสระ จึงทำการคัดเลือกระดับที่เหมาะสม 3 ระดับ คือ 0.10 0.20 และ 0.30% เพื่อทดสอบในการทดลองที่ 2 ต่อไป โดยระดับดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาของ Han et al. (2015) ที่รายงานว่า

ไก่เนื้อสามารถใช้วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าได้สูงสุดถึงระดับ 0.40% ในสูตรอาหารโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต อีกทั้งยังมีการศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในสัตว์กระเพาะรวม โดยการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทอง 100–300 g/d ในอาหารไม่ส่งกระทบต่อปริมาณการกินอาหาร และการย่อยได้ของโภชนะ (apparent digestibility, %) ในแพะเพศผู้อายุ 18 เดือน (Chanjula and Cherdthong, 2018)

ตารางที่ 4.1 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารไก่เนื้อต่อการย่อยได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในซีรัม

Items	Control	*Cordyceps militaris* fermentation product (%)						SEM[4]	Linear Trend[5]
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30		
Digestibility, %									
DM[1]	83.33	82.37	84.66	84.14	84.57	83.44	84.27	0.44	NS
OM[2]	83.42	83.67	83.99	84.39	85.68	84.09	85.70	0.40	NS
Nitrogen retention, %									
	80.09	77.57	79.26	79.88	79.76	79.63	79.28	0.62	NS
Antioxidant activity in serum, %									
DPPH[3]	38.94[c]	41.61[c]	46.36[c]	47.57[c]	78.96[a]	62.09[b]	62.82[b]	2.35	C

[a, b, c] Means with different superscripts in a row are significantly different at (P<0.05).

[1]DM, Dry matter.

[2]OM, Organic matter.

[3]DPPH, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.

[4]SEM, standard error of the mean.

[5]NS, Not significant; C, Cubic.

4.2 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ องค์ประกอบซาก น้ำหนักอวัยวะ ปริมาณคอเลสเตอรอล ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการสะสมแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกส่วนแข้ง

4.2.1 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้

ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับต่าง ๆ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 โดยพบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองทุกระดับ (0.10, 0.20 และ 0.30%) ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว การกินได้เฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการ

เปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ของไก่เนื้อในทุกช่วงอายุ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ (ไม่มีการเสริม) และกลุ่มควบคุมบวก (เสริมสารเสริมปฏิชีวนะ zinc-bacitracin) (P>0.05)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น (+) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ (0) พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าทั้ง 3 ระดับ คือ 0.1 0.2 และ 0.3% มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นน้ำหนักของตัว (0.0 +2.2 และ +2.7%) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (+3.5 +5.6 และ +9.5%) ตามระดับการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทอง มงคล และคณะ (2558) ศึกษาการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 0, 50, 100 และ 200 mg/kg พบว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับ 100–200 mg/kg diet หรือ 0.01 และ 0.02% ในอาหาร มีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารดีกว่าไก่เนื้อกลุ่มควบคุม ซึ่งการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.01–0.02% ในไก่เนื้ออายุ 42 วัน สามารถปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารได้ (กันติกา และคณะ, 2557) นอกจากนี้ Han et al. (2015) รายงานว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 1% สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของไก่เนื้อได้ อย่างไรก็ตาม Hsieh et al. (2021) ศึกษาการเสริมเศษเหลือวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองร่วมกับเศษเหลือวัสดุเพาะเห็ดชนิดต่าง ๆ คือ เห็ดออรินจิ เห็ดนางฟ้า และเห็ดเข็มทองในอาหารไก่เนื้อ (อายุ 1–35 วัน) พบว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับ 1% เพียงอย่างเดียว มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

ดังนั้นการนำวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่ามาพัฒนาเพื่อเป็นสารเสริมทางเลือกในอาหารสัตว์ น่าจะสามารถส่งเสริมสมรรถนะการเจริญเติบโตโดยเฉพาะในไก่เนื้อและสุกรได้ (Han et al., 2015; Cheng et al., 2016; Boontiam et al., 2020) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในการกระตุ้นสมรรถนะการผลิตของสัตว์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารออกฤทธิ์ที่หลงเหลืออยู่ ซึ่งสัมพันธ์กับปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน เช่น ชนิดสัตว์ พันธุกรรม อายุ ปริมาณการเสริม การกินได้และการนำไปใช้ประโยชน์ได้ในสัตว์ ซึ่งมีผลไปยังสมรรถนะการเจริญเติบโต

ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับต่าง ๆ ต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 โดยพบว่าความลึกของคริปท์ (crypt depth) ของไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองทุกระดับ (0.10, 0.20 และ 0.30%) และกลุ่มควบคุมบวก ในลำไส้เล็กส่วนต้น ลดลงเป็นแบบเส้นโค้งกำลังสอง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมเชิงลบ (Quadratic, P<0.01) ส่วนความลึกของคริปท์ในลำไส้เล็กส่วนกลาง และส่วนปลาย มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเส้นโค้งกำลังสาม (Cubic, P<0.05) โดยในส่วนลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่าความลึกของคริปท์ในไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.20% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.10% (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.30% และกลุ่มควบคุมบวกและลบ (P>0.05) ในส่วนลำไส้เล็กส่วนปลาย (ileum) พบว่าความลึกของคริปท์ในไก่กลุ่มที่ได้รับ

วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.10% มีความยาวของวิลไล (villus) และความลึกของคริปท์สูงกว่ากลุ่มควบคุมลบ (P<0.05)

โดยภาพรวมจากการทดลองครั้งนี้พบว่าการเสริมเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.1% มีผลในการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้มากที่สุด ซึ่งมีผลทำให้ความลึกของคริปท์ในลำไส้เล็กส่วนต้นและส่วนกลางลดลง (P<0.05) และมีความลึกมากขึ้นในลำไส้เล็กส่วนปลาย (P<0.05) นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ความสูงของ วิลไลในส่วนลำไส้เล็กส่วนปลายเพิ่มขึ้น (P<0.05) การที่ความลึกของคริปท์เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้การดูดซึมโภชนะมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่เมื่อความลึกของคริปท์ลดลงจะมีผลต่อการใช้พลังงานในการกระจายตัวของเซลล์ในลำไส้ โดยที่ความลึกของคริปท์ยิ่งมากยิ่งก็จะทำให้การใช้พลังงานในการกระจายตัวของเซลล์เพิ่มขึ้น โดยเซลล์ลำไส้จะมีการสร้างและผลัดเซลล์บุผิวน้อยลง เซลล์ใหม่จากคริปท์ที่สร้างขึ้นมาจะเคลื่อนไปยังส่วนปลายของวิลไลช้าลง ซึ่งส่งผลต่อความสามารถของการหลั่งน้ำย่อย และดูดซึมสารอาหารในท่อทางเดินอาหารลดลง และส่งผลข้างเคียงให้เกิดความเครียดต่อตัวสัตว์ และความลึกของคริปท์ยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่บ่งบอกความผิดปกติทางสรีรวิทยาของลำไส้ได้อีกด้วย (Miles et al., 2006; Giannenas et al., 2011; Hsieh et al., 2021) สำหรับความสูงวิลไลและความลึกของคริปท์ที่เพิ่มสูงขึ้นในลำไส้ส่วนปลายนั้น มีส่วนช่วยในการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสในการย่อยและการดูดซึมสารอาหารในลำไส้ และส่งผลให้สัตว์มีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น (Giannenas et al., 2011) นอกจากนี้ Hsieh et al. (2021) รายงานว่าเยื่อใยที่เป็นองค์ประกอบในวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า ช่วยส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และกระตุ้นการหลั่งเมือก ซึ่งมีไกลโคโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักทำหน้าที่เป็นชั้นป้องกันการยึดเกาะของจุลินทรีย์ก่อโรค (Desai et al., 2016) อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ลดการทำลายผิวเยื่อบุลำไส้จากอนุมูลอิสระ หรือการเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดสรวมถึงลดการเกิดปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดการเกิดสภาวะเครียด (Nie et al. 2013; Chuang et al. 2020)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

Items	NC[1]	PC[2]	*Cordyceps militaris* fermentation product (%) 0.10	0.20	0.30	SEM[3]	*P*-value
Body weight, g/bird							
1–21 days	735.5	730.3	746.7	745.5	757.3	6.97	0.83
	0	*-0.7*	*+1.5*	*+1.4*	*+3.0*		
21–42 days	2,447.0	2,531.1	2,448.0	2,500.3	2,514.2	42.49	0.97
	0	*+3.4*	*0.0*	*+2.2*	*+2.7*		
1–42 days	2,447.0	2,531.1	2,448.0	2,500.3	2,514.2	42.49	0.97
	0	*+3.4*	*0.0*	*+2.2*	*+2.7*		
Average daily feed intake (ADFI), g/bird/day							
1–21 days	44.6	39.2	45.9	41.4	40.4	1.10	0.28
	0	*-12.0*	*+3.1*	*-7.0*	*-9.2*		
21–42 days	114.4	111.7	114.2	118.0	112.8	2.53	0.98
	0	*-2.3*	*-0.1*	*+3.2*	*-1.3*		
1–42 days	89.8	90.2	92.4	90.1	89.7	1.87	0.99
	0	*+0.4*	*+2.8*	*+0.3*	*-0.2*		
Average daily gain (ADG), g/bird/day							
1–21 days	32.27	32.58	33.13	32.68	32.87	0.38	0.98
	0	*+1.0*	*+2.7*	*+1.3*	*+1.8*		
21–42 days	82.82	86.22	81.18	83.89	84.67	1.61	0.94
	0	*+4.1*	*-2.0*	*+1.3*	*+2.2*		
1–42 days	53.77	57.11	52.98	54.85	55.30	0.91	0.70
	0	*+6.2*	*-1.5*	*+2.0*	*+2.8*		
Feed conversion ratio (FCR)							
1–21 days	1.37	1.20	1.35	1.28	1.25	0.04	0.72
	0	*+12.3*	*+1.9*	*+7.1*	*+8.8*		
21–42 days	1.46	1.31	1.41	1.37	1.33	0.04	0.85
	0	*+10.3*	*+3.7*	*+6.0*	*+8.8*		
1–42 days	1.78	1.57	1.72	1.68	1.62	0.05	0.74
	0	*+11.7*	*+3.5*	*+5.6*	*+9.5*		

[1]NC, negative control (non-treated).

[2]PC, Positive control (50 mg/kg of diet; Zinc-Bacitracin supplemented).

[3]SEM, standard error of the mean.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารไก่เนื้อต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ที่อายุ 14 วัน

Items[1]	NC[2]	PC[3]	*Cordyceps militaris* fermentation product (%)			SEM[5]	P-value	Linear Trend[6]
			0.10	0.20	0.30			
Duodenum								
V (µm)	518.55	569.03	524.82	538.24	533.04	8.56	0.41	NS
C (µm)	104.15[a]	81.92[b]	78.59[b]	71.36[b]	70.12[b]	3.23	<0.01	Q
V:C ratio	5.03	7.03	6.89	7.58	7.65	0.31	0.07	NS
Jejunum								
V (µm)	509.27	583.86	512.01	689.73	601.16	22.75	0.06	NS
C (µm)	76.07[ab]	82.67[ab]	61.63[b]	98.10[a]	72.05[ab]	4.05	0.02	C
V:C ratio	6.80	7.37	7.99	7.26	8.39	0.38	0.65	NS
Ileum								
V (µm)	297.06[b]	316.53[ab]	419.70[a]	330.81[ab]	385.15[ab]	15.01	0.03	C
C (µm)	51.28[b]	66.74[ab]	93.19[a]	72.19[ab]	69.00[ab]	4.39	0.05	C
V:C ratio	5.77	5.28	4.30	4.61	5.70	0.26	0.32	NS

[1]V, Villus height; C, Crypt depth; V:C, Villus: Crypt ratio.

[2]NC, negative control (non-treated).

[3]PC, Positive control (50 mg/kg of diet; Zinc-Bacitracin supplemented).

[4]CMF, *Cordyceps militaris* fermentation product.

[5]SEM, standard error of the mean.

[6]NS, Not significant; Q, Quadratic; C, Cubic.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.2 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อองค์ประกอบซาก และน้ำหนักอวัยวะภายในของไก่เนื้อ

ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักอวัยวะ แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 โดยพบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารทุกระดับ (0.10, 0.20 และ 0.30%) ไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบซาก ได้แก่น้ำหนักซากเย็น สะโพก น่อง ปีก เนื้ออก และน้ำหนักอวัยวะ ได้แก่ หัวใจ ม้าม ตับ และไขมันช่องท้องของไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมบวกและกลุ่มควบคุมลบ ($P<0.05$) โดยน้ำหนักกระเพาะบดของไก่กลุ่มที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่ามีค่าเพิ่มขึ้นเป็นแบบเส้นโค้งกำลังสาม (Quadratic, $P<0.05$) ซึ่งไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่ระดับ 0.20% มีน้ำหนักกระเพาะบดมากกว่ากลุ่มควบคุมบวกและกลุ่มควบคุมลบ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.4 ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารไก่เนื้อต่อองค์ประกอบซากของไก่เนื้อ

Items	NC[1]	PC[2]	*Cordyceps militaris* fermentation product (%)			SEM[3]	*P*-value	Linear Trend[4]
			0.10	0.20	0.30			
Live weight (g)	2,139.50	2,362.63	2,284.75	2,303.75	2,263.88	34.59	0.36	NS
Carcass characteristics (g/100 g of live BW)								
Cold carcass	75.12	74.77	74.65	73.20	74.40	0.26	0.14	NS
Thigh	14.64	15.18	14.59	14.11	14.92	0.15	0.21	NS
Drumstick	12.04	12.01	11.50	11.99	11.97	0.07	0.14	NS
Wing	9.48	9.24	9.38	9.18	9.30	0.06	0.58	NS
Breast	24.26	24.54	24.13	24.49	24.99	0.12	0.23	NS
Weights of internal organs (g/100 g of live BW)								
Heart	0.34	0.32	0.34	0.34	0.34	0.01	0.93	NS
Spleen	0.10	0.12	0.11	0.10	0.11	0.01	0.91	NS
Liver	1.85	1.86	1.73	1.86	1.83	0.04	0.89	NS
Gizzard	1.32^{b}	1.30^{b}	1.45^{ab}	1.57^{a}	1.42^{ab}	0.03	0.02	Q
Abdominal fat	0.97	0.97	0.91	0.92	0.84	0.04	0.88	NS

[a, b] Means with different superscripts in a row are significantly different at (*P<0.05*).

[1]NC, negative control (non-treated).

[2]PC, Positive control (50 mg/kg of diet; Zinc-Bacitracin supplemented).

[3]SEM, standard error of the mean.

[4]NS, Not significant; Q, Quadratic.

โดยปกติกระเพาะบดของสัตว์ปีกมีบทบาทหน้าที่ในการบดย่อยอาหารหรือการลดขนาดอนุภาคของอาหารก่อนผ่านเข้าสู่ลำไส้เล็ก ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักกระเพาะบดในไก่เนื้อจึงสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดเบื้องต้นที่แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาของชั้นกล้ามเนื้อหรือการเพิ่มความหนาของผนังกล้ามเนื้อของกระเพาะบดได้ ซึ่งองค์ประกอบของอาหารและรูปแบบอนุภาคของอาหารที่สัตว์ได้รับ (แบบผง แบบขบเม็ด หรือแบบอัดเม็ด) รวมถึงอาหารที่มีความคงทนในการบดนั้นเป็นปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการส่งเสริมประสิทธิภาพการทำงานของกระเพาะบด (Tuli et al., 2014) จากผลการศึกษาพบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับ 0.20% ในอาหารส่งเสริมให้กระเพาะบดของไก่เนื้อมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, 34.33%) และปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (crude polysaccharide, 36.50 mg/g) (Wang et al., 2015) ในวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่มีความคงทนต่อการบดย่อยทำให้ต้องใช้ระยะเวลานานในการบด จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและส่งเสริมพัฒนาการในด้านการเพิ่มความ

หนาของผนังกล้ามเนื้อขึ้น (Kheravii et al., 2018) โดยกระเพาะบดที่ได้รับการพัฒนาให้แข็งแรงขึ้นนั้นจะมีผลต่อการช่วยควบคุมสรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหารและช่วยเพิ่มความสามารถในการบดจึงเอื้อต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่แสดงให้เห็นว่าปริมาณใยอาหารที่เหมาะสมในอาหารไก่เนื้อสามารถเพิ่มน้ำหนักและกระตุ้นการทำงานของกระเพาะบด และควบคุมการไหลย้อนกลับของอาหารในระบบทางเดินอาหาร (Kheravii et al., 2018; Makivic et al., 2019)

4.2.3 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อปริมาณคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของไก่เนื้อ

ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับต่าง ๆ ต่อปริมาณคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (TBAR และ DPPH) แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 และ 4.6 โดยพบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองทุกระดับ (0.10, 0.20 และ 0.30%) ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงปริมาณคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (TBAR และ DPPH) ในเลือดไก่เนื้อที่อายุ 21 และ 42 วัน รวมถึงในเนื้อสะโพกของไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมบวกและกลุ่มควบคุมลบ ($P<0.05$) ในขณะที่ปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อส่วนอกมีการเปลี่ยนแปลงแบบโค้งกำลังสามตามระดับการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทอง (Cubic, $P<0.05$) ซึ่งไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับ 0.01 และ 0.02% ในสูตรอาหาร มีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออกต่ำกว่ากลุ่มควบคุมบวก ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมลบ ($P>0.05$) การลดลงของคอเลสเตอรอลในเนื้อส่วนอกของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าอาจเนื่องมาจากพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดถั่งเช่า เป็นตัวกลางในการควบคุมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเมแทบอลิซึมของลิพิด (regulation of lipid metabolic) กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ lipoprotein lipase ที่มีบทบาทต่อการย่อยไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (very low density lipoprotein, VLDL) ในกระแสเลือด (Huang et al., 2018) และมีการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเห็ดถั่งเช่าต่อการเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะไขมันในเลือดสูงในหนู พบว่ามีผลทำให้ lipoprotein lipase ในซีรัมเพิ่มสูงขึ้นรวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ hepatic lipase และ pancreatic lipase (Gao et al., 2011; Kim et al., 2014) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Koh et al. (2003) ที่รายงานว่าสารสกัดจากเห็ดถั่งเช่าทิเบต (*Cordyceps sinensis*) สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของหนูได้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากคอร์ไดเซปินไปมีผลในการลดกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ที่ตับ ทำให้การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกายลดลง อย่างไรก็ตามการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อส่วนสะโพก อาจเนื่องมาจากปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อส่วนสะโพกมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในเนื้อ และเมื่อพิจารณาปริมาณไขมันในเนื้อส่วนอกจะมีน้อยกว่าในเนื้อส่วนสะโพก และให้ผลในทิศทางเดียวกันคือปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อส่วนอกก็น้อยกว่าเนื้อส่วนสะโพกเช่นกัน โดย De Oliveira et al. (2016) รายงานว่าปริมาณคอเลสเตอรอลมี

ความแปรผันตามปริมาณของไขมันในเนื้อ ซึ่งในเนื้อไก่ส่วนเนื้ออกและเนื้อสะโพก มีปริมาณไขมัน 3.6% และ 6.4% และมีปริมาณคอเลสเตอรอล 49.12% และ 64.12% ตามลำดับ โดยทั่วไปปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่อยู่ที่ประมาณ 47–129 mg/100 g (ปริมาณต่อน้ำหนักเนื้อสด) ซึ่งแปรผันตามชนิดของสัตว์ พันธุ์ อายุสัตว์ หรือปริมาณไขมันที่สะสมในเนื้อ เป็นต้น (Dinh et al., 2011) ซึ่งจากงานทดลองนี้การเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองมีค่าเฉลี่ยของปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออกใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน (78.55–102.62 mg/100 g)

ตารางที่ 4.5 ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารต่อปริมาณคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด เนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อ

Items	NC[1]	PC[2]	*Cordyceps militaris* fermentation product (%)			SEM[3]	*P*-value	Linear Trend[4]
			0.10	0.20	0.30			
Total cholesterol in blood serum (mg, %)								
1–21 days	135.00	120.33	122.00	120.33	122.00	2.76	0.44	NS
1–42 days	128.50	123.00	110.00	111.67	113.67	2.95	0.16	NS
Triglycerides in blood serum (mg, %)								
1–21 days	99.50	99.75	86.67	94.00	99.50	4.96	0.94	NS
1–42 days	44.50	48.33	45.00	45.00	52.33	1.84	0.70	NS
Cholesterol content in fresh meat (mg/100 g)								
Breast	84.49^{ab}	102.62^{a}	78.55^{b}	86.40^{b}	97.24^{ab}	2.92	0.02	C
Thigh	105.67	91.97	83.58	97.53	102.91	3.73	0.73	NS

[a, b] Means with different superscripts in a row are significantly different at (*P<0.05*).

[1]NC, negative control (non-treated).

[2]PC, Positive control (50 mg/kg of diet; Zinc-Bacitracin supplemented).

[3]SEM, standard error of the mean.

[4]NS, Not significant; C, Cubic.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเลือด เนื้ออก และสะโพกของไก่เนื้อ

Item	NC[1]	PC[2]	*Cordyceps militaris* fermentation product (%)			SEM[3]	*P*-value
			0.10	0.20	0.30		
TBAR[4] in blood serum (nmol MDA/ml)							
1–21 days	5.16	5.29	5.22	5.14	4.93	0.12	0.65
1–42 days	7.50	7.10	8.69	8.53	7.47	0.23	0.83
DPPS[5] in blood serum (% inhibition)							
1–21 days	43.10	47.35	41.40	46.78	48.20	1.33	0.47
1–42 days	33.94	39.39	32.87	34.43	37.33	1.11	0.36
TBAR[4] in fresh meats (nmol MDA/kg)							
Breast	0.16	0.19	0.17	0.18	0.18	0.04	0.20
Thigh	0.24	0.21	0.22	0.22	0.27	0.11	0.13
DPPS[5] in fresh meats (% inhibition)							
Breast	62.36	65.36	62.69	63.81	69.65	1.59	0.66
Thigh	78.03	80.23	81.69	78.82	78.58	1.14	0.89

[1]NC, negative control (non-treated).

[2]PC, Positive control (50 mg/kg of diet; Zinc-Bacitracin supplemented).

[3]SEM, standard error of the mean.

[4]TBAR, Thiobarbituric acid reactive substances.

[5]DPPH, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.

4.2.4 ผลของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อการสะสมแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกส่วนแข้งของไก่เนื้อ

ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ระดับต่าง ๆ ต่อลักษณะและองค์ประกอบโภชนะในกระดูกส่วนแข้ง แสดงไว้ในตารางที่ 4.7 พบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารทุกระดับ (0.10 0.20 และ 0.30%) ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ความกว้าง และความยาวของกระดูกส่วนแข้ง รวมถึงองค์ประกอบทางเคมี คือ วัตถุแห้ง เถ้า ปริมาณแคลเซียม และฟอสฟอรัสในกระดูกส่วนแข้ง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมบวกและกลุ่มควบคุมลบ (P>0.05)

จากการรวบรวมเอกสารพบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าในอาหารที่ระดับ 2% สามารถเพิ่มการสะสมแคลเซียมในกระดูกส่วนแข้งของไก่เนื้อที่อายุ 21 และ 42 วัน ได้ (Han et al., 2015) นอกจากนี้การศึกษาการใช้เห็ดถั่งเช่ากระตุ้นการสร้างเซลล์กระดูกชนิด MC3T3-E1 ในเขากวาง พบว่าจำนวนเซลล์กระดูกชนิด MC3T3-E1 เพิ่มสูงขึ้นเป็น 137% รวมถึงการแสดงออกของยีนเซลล์กระดูกในระดับ mRNA เพิ่มขึ้น และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ alkaline phosphatase (ALP) เพิ่มขึ้นเป็น 119% เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน (Lee et al., 2011) อีกทั้งยังมีการศึกษาการเสริมคอร์ไดเซปินที่ระดับแตกต่างกันในหนู

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อายุ 2 เดือน และ 12 เดือน โดยแบ่งระดับการเสริมคอร์ไดเซปินออกเป็น 5 10 15 และ 20 mg/kg ซึ่งให้ติดต่อกันทุกวันเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าการเสริมคอร์ไดเซปินมีผลทำให้เลือดของหนูอายุ 12 เดือน มีปริมาณยูเรีย ไนโตรเจน และกรดยูริกลดลง และมีแคลเซียมเพิ่มขึ้น (Sohn et al., 2012) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแข้ง ลักษณะแข้ง และการสะสมแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกส่วนแข้ง อาจเนื่องมาจากในสูตรอาหารทุกกลุ่มการทดลองได้มีการคำนวณปริมาณและสัดส่วนของแคลเซียมและฟอสฟอรัสให้เพียงพอต่อความต้องการของไก่เนื้อ และมีปริมาณเท่ากันทุกกลุ่มการทดลอง

ตารางที่ 4.7 ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารต่อลักษณะและองค์ประกอบโภชนะในกระดูกส่วนแข้งของไก่เนื้อ

Items	NC[1]	PC[2]	*Cordyceps militaris* fermentation product (%)			SEM[3]	*P*-value
			0.10	0.20	0.30		
Tibia weight (g)	16.58	18.65	18.92	18.45	17.90	0.37	0.24
Tibia length (mm)	10.85	10.97	11.13	11.09	11.12	0.05	0.43
Tibia width (mm)	1.20	1.21	1.31	1.33	1.37	0.03	0.32
Chemical composition in tibia (% dry matter)							
Dry matter (%)	97.60	96.84	97.20	96.97	97.26	0.14	0.55
Ash (%)	40.89	41.87	41.68	41.36	41.29	0.53	0.39
Calcium (% of ash)	26.67	28.38	29.73	26.43	26.66	0.14	0.40
Phosphorus (% of ash)	15.19	15.21	15.89	15.25	15.38	0.20	0.15

[1]NC, negative control (non-treated).

[2]PC, Positive control (50 mg/kg of diet; Zinc-Bacitracin supplemented).

[3]SEM, standard error of the mean.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาศักยภาพของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าเพื่อใช้เป็นสารเสริมในอาหารไก่เนื้อ โดยศึกษาผลต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ สมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก การสะสมไขมันและคอเลสเตอรอล สุขภาพลำไส้ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สรุปได้ดังนี้

1. การเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า สามารถเพิ่มความสูงของวิลไลและความลึกของคริปท์ในลำไส้เล็กส่วนปลายนอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มน้ำหนักของกระเพาะบดได้

2. การเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออก

3. การเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่า ไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ สมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก การต้านอนุมูลอิสระ ลักษณะของกระดูกและการสะสมแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกส่วนแข้ง แต่มีแนวโน้มว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่ามีสมรรถนะการเจริญเติบโตดีขึ้น

โดยภาพรวมระดับการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าที่เหมาะสมในอาหารไก่เนื้อ คือ 0.1%

5.2 ข้อเสนอแนะ

วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าอาจแสดงผลได้ชัดเจนในไก่เนื้อที่อยู่ในสภาวะเครียด เช่น เครียดจากความร้อน ความหนาแน่นที่เกิดจากการจัดการเลี้ยงดูไม่ดี หรือสภาวะที่เสี่ยงต่อการเกิดโรค อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้ได้มีการจัดการเลี้ยงดูเป็นอย่างดี ซึ่งอาจทำให้วัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าแสดงผลได้ไม่ชัดเจน นอกจากนี้สารออกฤทธิ์ที่หลงเหลืออยู่ในวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่ามีปริมาณแตกต่างตามวัสดุหรืออาหารที่ใช้ในการเพาะเห็ดซึ่งเป็นปัจจัยที่ควรต้องคำนึงถึง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

กันติกา กันทะด้วง, วรรณพร ทะพิงค์แก, ธัญญา ทะพิงค์แก และ มงคล ยะไชย. 2557. ผลของการใช้เห็ดถั่งเช่าสีทองเพื่อทดแทนสารเร่งการเจริญเติบโตที่เป็นยาปฏิชีวนะต่อสมรรถภาพการผลิตและจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ของไก่เนื้อ. วารสารแห่งประเทศไทย. 1: 41–44.

ธัญญา ทะพิงค์แก. 2555. การศึกษาการเพาะเลี้ยงเห็ดสมุนไพรถั่งเช่าสีทองและการนำไปใช้ประโยชน์. รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

ปริชญา หนูพันธุ์. 2562. ผลการเสริมวัสดุพะเห็ดถั่งเช่าสีทองต่อสรรถภาพการเจริญเติบโต ค่าเมแทบอไลท์ในกระแสเลือด และคุณภาพซากของไก่เนื้อ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยาการธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มงคล ยะไชย, วรรณพร ทะพิงค์แก, ธัญญา ทะพิงค์แก และ ศุภชัย ศรีธิวงศ์. 2558. ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตและจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ของไก่เนื้อ. วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย. 2: 267–270.

Ahn, Y. J., S. J. Park, S. G. Lee, S. C. Shin, and D. H. Choi. 2000. Cordycepin: selective growth inhibitor derived from liquid culture of *Cordyceps militaris* against *Clostridium* spp. Journal of agricultural and food chemistry. 48(7): 2744–2748.

An, Y., Y. Li, X. Wang, Z. Chen, H. Xu, L. Wu, S. Li, C. Wang, W. Luan, X. Wang, M. Liu, and L. Yu. 2018. Cordycepin reduces weight through regulating gut microbiota in high-fat diet-induced obese rats. Lipids in health and disease. 17(1): 1–10.

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

Ashraf, S. A., A. E. O. Elkhalifa, A. J. Siddiqui, M. Patel, A. M. Awadelkareem, M. Snoussi, M. S. Ashraf, M. Adnan, and S. Hadi. 2020. Cordycepin for health and wellbeing: a potent bioactive metabolite of an entomopathogenic medicinal fungus *Cordyceps* with its nutraceutical and therapeutic potential. Molecules. 25(12): 1–21.

Barido, F. H., A. Jang, J. I. Pak, D. Y. Kim, and S. K. Lee. 2020. Investigation of taste-related compounds and antioxidative profiles of retorted samgyetang made from fresh and dried *Cordyceps militaris* mushrooms. Food Science of Animal Resources. 40(5): 772–784.

Boontiam, W., C. Wachirapakorn, and S. Wattanachai. 2020. Growth performance and hematological changes in growing pigs treated with Cordyceps militaris spent mushroom substrate. Veterinary world. 13(4): 768–773.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Chanjula, P., and A. Cherdthong. 2018. Effects of spent mushroom *Cordyceps militaris* supplementation on apparent digestibility, rumen fermentation, and blood metabolite parameters of goats. Journal of animal science. 96(3): 1150–1158.

Cheng, Y. H., Y. C. Hsieh, and Y. H. Yu. 2019. Effect of *Cordyceps militaris* hot water extract on immunomodulation-associated gene expression in broilers, *Gallus gallus*. The journal of poultry science. 56(2): 128–139.

Cheng, Y. H., C. M. Wen, A. Dybus, and W. S. Proskura. 2016. Fermentation products of *Cordyceps militaris* enhance performance and modulate immune response of weaned piglets. South African Journal of Animal Science. 46(2): 121–128.

Cheng, Y. W., Y. I. Chen, C. Y. Tzeng, H. C. Chen, C. C. Tsai, Y. C. Lee, J. G. Lin, Y. K. Lai, and S. L. Chang. 2012. Extracts of *Cordyceps militaris* lower blood glucose via the stimulation of cholinergic activation and insulin secretion in normal rats. Phytotherapy Research. 26(8): 1173–1177.

Chen, S. C., Y. S. Chang, Y. C. Lee, C. Y. Chang, and C. C. Liu. 2020. Histology laboratory. In: Digestive system I. Available online: http://anatomy.kmu.edu.tw/BlockHis/Block10-1/index2.html. (Accessed on 8 Jan 2020).

Chen, Y. C., Y. H. Chen, B. S. Pan, M. M. Chang, and B. M. Huang. 2017. Functional study of *Cordyceps sinensis* and cordycepin in male reproduction: a review. Journal of food and drug analysis. 25(1): 197–205.

Chiu, C. P., S. C. Liu, C. H. Tang, Y. Chan, M. El-Shazly, C. L. Lee, Y. C. Du, T. Y. Wu, F. R. Chang, and Y. C. Wu. 2016. Anti-inflammatory cerebrosides from cultivated *Cordyceps militaris*. Journal of agricultural and food chemistry. 64(7): 1540–1548.

Choi, Y. H., G. Y. Kim, and H. H. Lee. 2014. Anti-inflammatory effects of cordycepin in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages through Toll-like receptor 4-mediated suppression of mitogen-activated protein kinases and NF-kB signaling pathways. Drug Design, Development and Therapy. 8 :1941–1953.

Chuang, W. Y., Y. C. Hsieh, and T. T. Lee. 2020. The effects of fungal feed additives in animals: a review. Animals. 10(5): 1–15.

Chu, H. L., J. C. Chien, and P. D. Duh. 2011. Protective effect of *Cordyceps militaris* against high glucose-induced oxidative stress in human umbilical vein endothelial cells. Food chemistry. 129(3): 871–876.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Das, S. K., M. Masuda, A. Sakurai, and M. Sakakibara. 2010. Medicinal uses of the mushroom *Cordyceps militaris*: current state and prospects. Fitoterapia. 81(8): 961–968.

De Oliveira, J., S. V. Avanço, M. Garcia-Neto, and E. H. G. Ponsano. 2016. Composition of broilers meat. Journal of Applied Poultry Research. 25(2): 173–181.

Desai, M. S., A. M. Seekatz, N. M. Koropatkin, N. Kamada, C. A. Hickey, M. Wolter, N. A. Pudlo, S. Kitamato, N. Terrapon, A. Muller, V. B. Young, B. Henrissat, P. Wilmes, T. S. Stappenbeck, G. Nunez, and E. C. Martens. 2016. A dietary fiber-deprived gut microbiota degrades the colonic mucus barrier and enhances pathogen susceptibility. Cell. 167(5): 1339–1353.

Dinh, T. T., L. D., Thompson, M. L. Galyean, J. C. Brooks, K. Y. Patterson, and L. M. Boylan. 2011. Cholesterol content and methods for cholesterol determination in meat and poultry. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 10(5): 269–289.

Dong, C. H., and Y. J. Yao. 2008. In vitro evaluation of antioxidant activities of aqueous extracts from natural and cultured mycelia of *Cordyceps sinensis*. LWT-Food Science and Technology. 41(4): 669–677.

Elkhateeb, W. A., G. M. Daba, P. W. Thomas, and T. C. Wen. 2019. Medicinal mushrooms as a new source of natural therapeutic bioactive compounds. Egyptian Pharmaceutical Journal. 18(2): 88–101.

Feix, J. B., G. J. Bachowski, and A. W. Girotti. 1991. Photodynamic action of merocyanine 540 on erythrocyte membranes: structural perturbation of lipid and protein constituents. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects. 1075(1): 28–35.

Fleischer, H., E. Vorberg, K. Thurow, M. Warkentin, and D. Behrend. 2014. Determination of calcium and phosphor in bones using microwave digestion and ICP-MS: comparison of manual and automated methods using ICP-MS. In Proceedings of the 5th IMEKO TC19 Symposium on Environmental Instrumentation and Measurement, Chemnitz, Germany, 23–24 September 2014. pp. 94–99.

Gamage, S., J. Nakayama, Y. Fuyuno, and S. Ohga. 2018. The effect of the hot water extracts of the *Paecilomyces hepiali* and *Cordyceps militaris* mycelia on the growth of gastrointestinal bacteria. Advances in Microbiology. 8(07): 490–505.

Gao, J., Z. Q. Lian, P. Zhu, and H. B. Zhu. 2011. Lipid-lowering effect of cordycepin (3'-deoxyadenosine) from *Cordyceps militaris* on hyperlipidemic hamsters and rats. Yao xue xue bao= Acta pharmaceutica Sinica. 46(6): 669–676.

Giannenas, I., E. Tsalie, E. F. Chronis, S. Mavridis, D. Tontis, and I. Kyriazakis. 2011. Consumption of *Agaricus bisporus* mushroom affects the performance, intestinal microbiota composition and morphology, and antioxidant status of turkey poults. Animal Feed Science and Technology. 165(3-4): 218–229.

Hamdi, M., S. López-Vergé, E. G. Manzanilla, A. C. Barroeta, and J. F. Pérez. 2015. Effect of different levels of calcium and phosphorus and their interaction on the performance of young broilers. Poultry Science. 94(9): 2144–2151.

Han, E. S., J. Y. Oh, and H. J. Park. 2011. *Cordyceps militaris* extract suppresses dextran sodium sulfate-induced acute colitis in mice and production of inflammatory mediators from macrophages and mast cells. Journal of ethnopharmacology. 134(3): 703–710.

Han, J. C., H. X. Qu, J. G. Wang, Y. F. Yan, J. L. Zhang, L. Yang, M. Zhang, and Y. H. Cheng. 2015. Effects of fermentation products of *Cordyceps militaris* on growth performance and bone mineralization of broiler chicks. Journal of Applied Animal Research. 43(2): 236–241.

He, Y. T., X. L. Zhang, Y. M. Xie, Y. X. Xu, and J. R. Li. 2013. Extraction and antioxidant property in vitro of cordycepin in artificially cultivated *Cordyceps militaris*. In Advanced Materials Research. 750: 1593–1596.

Hines, V., W. L. Willis, O. S. Isikhuemhen, S. L. Ibrahim, F. Anike, J. Jackson, S. L. Hurley, and E. I. Ohiman. 2013. Effect of incubation time and level of fungus myceliated grain supplemented diet on the growth and health of broiler chickens. International Journal of Poultry Science. 12(4): 206–211.

Hsiao, F. S. H., Y. H. Cheng, S. K. Wang, and Y. H. Yu. 2017. *Cordyceps militaris* hot water extract inhibits lipopolysaccharide-induced inflammatory response in porcine alveolar macrophages by the regulation of mitogen-activated protein kinase signaling pathway. Canadian Journal of Animal Science. 98(1): 44–52.

Hsieh, Y. C., W. C. Lin, W. Y. Chuang, M. H. Chen, S. C. Chang, and T. T. Lee. 2021. Effects of mushroom waster medium and stalk residues on the growth performance and oxidative status in broilers. Animal Bioscience. 34(2): 265–275.

Huang, F., W. Li, H. Xu, H. Qin, and Z. G. He. 2019. Cordycepin kills Mycobacterium tuberculosis through hijacking the bacterial adenosine kinase. PloS one. 14(6): 1–19.

Huang, Y. L., S. F. Leu, B. C. Liu, C. C. Sheu, and B. M. Huang. 2004. In vivo stimulatory effect of *Cordyceps sinensis* mycelium and its fractions on reproductive functions in male mouse. Life Sciences. 75(9): 1051–1062.

Huang, Z. F., M. L. Zhang, S. Zhang, Y. H. Wang, and X. W. Jiang. 2018. Structural characterization of polysaccharides from *Cordyceps militaris* and their hypolipidemic effects in high fat diet fed mice. RSC advances. 8(71): 41012–41022.

Huynh, N. N., and J. Chin-Dusting. 2006. Amino acids, arginase and nitric oxide in vascular health. Clinical and experimental pharmacology and physiology. 33(1-2): 1–8.

Jang, A., X. D. Liu, M. H. Shin, B. D. Lee, S. K. Lee, J. H. Lee, and C. Jo. 2008. Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix. Poultry science. 87(11): 2382–2389.

Jeong, M. H., M. J. Seo, J. U. Park, B. W. Kang, K. S. Kim, J. Y. Lee, G. Y. Kim, J. I. Kim, Y. H. Choi, K.H. Kim, and Y. K. Jeong. 2012. Effect of cordycepin purified from *Cordyceps militaris* on Th1 and Th2 cytokines in mouse splenocytes. Journal of microbiology and biotechnology. 22(8): 1161–1164.

Jiang, Q., Z. Lou, H. Wang, and C. Chen. 2019. Antimicrobial effect and proposed action mechanism of cordycepin against Escherichia coli and *Bacillus subtilis*. *Journal of* Microbiology. 57(4): 288–297.

Kang, K. R., G. Cherian, and J. S. Sim. 2001. Dietary palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid-modified poultry products. Poultry Science. 80(2): 228–234.

Kheravii, S. K., N. K. Morgan, R. A. Swick, M. Choct, and S. B. Wu. 2018. Roles of dietary fibre and ingredient particle size in broiler nutrition. World's Poultry Science Journal. 74(2): 301–316.

Kim, H. G., B. Shrestha, S. Y. Lim, D. H. Yoon, W. C. Chang, D. J. Shin, S. K. Han, M. P. Sang, J. H. Park, H. I. Park, J. M. Sung, Y. Jang, N. Chung, K. C. Hwang, and T. W. Kim. 2006. Cordycepin inhibits lipopolysaccharide-induced inflammation by the suppression of NF-**K**B through Akt and p38 inhibition in RAW 264.7 macrophage cells. European journal of pharmacology. 545(2-3): 192–199.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Kim, H. S., M. A. Kim, S. H. Jang, W. K. Lee, J. Y. Ryu, and C. S. Lee. 2012. Anti-hyperlipidemic effects of *Cordyceps militaris* hot-water extract. Journal of Environmental Science International. 21(7): 875–881.

Kim, S. B., B. Ahn, M. Kim, H. J. Ji, S. K. Shin, I. P. Hong, and M. K. Lee. 2014. Effect of *Cordyceps militaris* extract and active constituents on metabolic parameters of obesity induced by high-fat diet in C58BL/6J mice. Journal of ethnopharmacology. 151(1): 478–484.

Koh, J. H., H. J. Suh, and T. S. Ahn. 2003. Hot-water extract from mycelia of *Cordyceps sinensis* as a substitute for antibiotic growth promoters. Biotechnology letters. 25(7): 585–590.

Kuo, M. C., C. Y. Chang, T. L. Cheng, and M. J. Wu. 2007. Immunomodulatory effect of exo-polysaccharides from submerged cultured *Cordyceps sinensis*: enhancement of cytokine synthesis, CD11b expression, and phagocytosis. Applied microbiology and biotechnology. 75(4): 769–775.

Lee, H. S., M. K. Kim, Y. K. Kim, E. Y. Jung, C. S. Park, M. J. Woo, S. H. Lee, J. S. Kim, and H. J. Suh. 2011. Stimulation of osteoblastic differentiation and mineralization in MC3T3-E1 cells by antler and fermented antler using *Cordyceps militaris*. Journal of ethnopharmacology. 133(2): 710–717.

Lin, W. H., M. T. Tsai, Y. S. Chen, R. C. W. Hou, H. F. Hung, C. H. Li, H. K. Wang, M. N. Lai, and K. C. G. Jeng. 2007. Improvement of sperm production in subfertile boars by *Cordyceps militaris* supplement. The American journal of Chinese medicine. 35(04): 631–641.

Liu, Q., I. P. Hong, M. J. Ahn, H. S. Yoo, S. B. Han, B. Y. Hwang, and M. K. Lee. 2011. Anti-adipogenic activity of *Cordyceps militaris* in 3T3-L1 cells. Natural product communications. 6(12): 1–3.

Liu, S., W. Yan, C. Ma, Y. Liu, L. Gong, C. Levesque, and B. Dong. 2020. Effects of supplemented culture media from solid-state fermented *Isaria cicadae* on performance, serum biochemical parameters, serum immune indexes, antioxidant capacity and meat quality of broiler chickens. Asian-Australasian journal of animal sciences. 33(4): 568–578.

Liu, Y., J. Wang, W. Wang, H. Zhang, X. Zhang, and C. Han. 2015. The chemical constituents and pharmacological actions of *Cordyceps sinensis*. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 1–12.

Li, Z., Z. Zhang, J. Zhang, J. Jia, J. Ding, R. Luo, and Z. Liu. 2012. *Cordyceps militaris* extract attenuates D-galactose-induced memory impairment in mice. Journal of medicinal food. 15(12): 1057–1063.

Luo, X., Y. Duan, W. Yang, H. Zhang, C. Li, and J. Zhang. 2017. Structural elucidation and immunostimulatory activity of polysaccharide isolated by subcritical water extraction from *Cordyceps militaris*. Carbohydrate polymers. 157: 794–802.

Makivic, L., M. Glišić, M. Bošković, J. Đorđević, R. Marković, M. Ž. Baltić, and D. Šefer 2019. Performances, heal and cecal microbial populations and histological characteristics in broilers fed diets supplemented with lignocellulose. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 25(1): 83–91.

Martinez, S., L. Valek, J. Rešetić, and D. F. Ružić. 2006. Cyclic voltammetry study of plasma antioxidant capacity–Comparison with the DPPH and TAS spectrophotometric methods. Journal of Electroanalytical Chemistry. 588(1): 68–73.

Mohammadhosseini, M., A. Venditti, S. D. Sarker, L. Nahar, and A. Akbarzadeh. 2019. The genus *Ferula*: Ethnobotany, phytochemistry and bioactivities–a review. Industrial crops and products. 129: 350–394.

Nakamura, K., N. Yoshikawa, Y. U. Yamaguchi, S. Kagota, K. Shinozuka, and M. Kunitomo. 2006. Antitumor effect of cordycepin (3′-deoxyadenosine) on mouse melanoma and lung carcinoma cells involves adenosine A3 receptor stimulation. Anticancer research. 26(1A): 43–47.

Ng, T. B., and H. X. Wang. (2005). Pharmacological actions of *Cordyceps*, a prized folk medicine. Journal of Pharmacy and Pharmacology. 57(12): 1509–1519.

Nie, S., S. W. Cui, M. Xie, A. O. Phillips, and G. O. Phillips. 2013. Bioactive polysaccharides from *Cordyceps sinensis*: Isolation, structure features and bioactivities. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 1(1): 38–52.

Ni, H., X. H. Zhou, H. H. Li, and W. F. Huang. 2009. Column chromatographic extraction and preparation of cordycepin from *Cordyceps militaris* waster medium. Journal of Chromatography B. 877(22): 2135–2141.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. (9th ed.). Washington, DC., USA: National Academy Press.

Ohta, Y., J. B. Lee, K. Hayashi, A. Fujita, D. K. Park, and T. Hayashi 2007. *In Vivo* anti-influenza virus activity of an immunomodulatory acidic polysaccharide isolated from *Cordyceps militaris* grown on germinated soybeans. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55(25): 10194–10199.

Park, B. S. 2011. Effect of feeding *Cordyceps* with fly pupa on growth performance in broiler chickens. Journal of Life Science. 21(11): 1541–1548.

Ramesh, T., S. K. Yoo, S. W. Kim, S. Y. Hwang, S. H. Sohn, I. W. Kim, and S. K. Kim. 2012. Cordycepin (3′-deoxyadenosine) attenuates age-related oxidative stress and ameliorates antioxidant capacity in rats. Experimental gerontology. 47(12): 979–987.

Rowe, A., F. A. F. Macedo, J. V. Visentainer, N. E. Souza, and M. Matsushita. 1999. Muscle composition and fatty acid profile in lambs fattened in drylot or pasture. Meat Science. 51(4); 283–288.

Shimada, T., N. Hiramatsu, A. Kasai, M. Mukai, M. Okamura, J. Yao, T. Huang, M. Tamai, S. Takahashi, T. Nakamura, and M. Kitamura. 2008. Suppression of adipocyte differentiation by *Cordyceps militaris* through activation of the aryl hydrocarbon receptor. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism. 295(4): 859–867.

Sohaib, M., F. M. Anjum, M. I. Khan, M. S. Arshad, and M. Shahid. 2012. Enhancement of lipid stability of broiler breast meat and meat products fed on alpha lipoic acid and alpha tocopherol acetate supplemented feed. Lipids in Health and Disease. 11(1): 1–10.

Sohn, S. H., S. C. Lee, S. Y. Hwang, S. W. Kim, I. W. Kim, B. Y. Michael, and S. K. Kim. 2012. Effect of long-term administration of cordycepin from *Cordyceps militaris* on testicular function in middle-aged rats. Planta medica. 78(15): 1620–1625.

SPSS, 2009. PASW Statistics for Windows, Version 18.0. SPSS Inc., Chicago, USA.

Srithaworn, M., P. Wata, C. Promla, and C. Chinnawong. 2019. Antibacterial and antioxidant activities of fruiting body and mycelium crude extracts from *Cordyceps militaris.* Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University. 6(5): 33–47.

Sun, Y., M. H. Rabbi, S. Ma, Z. Wen, X. Li, R. Mi, N. Meng, Y. Li, Q. Wang, X. Du, and T. Ren. 2021. Effect of dietary Cordyceps polysaccharide supplementation on intestinal

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

microflora and immune response of *Apostichopus japonicus*. Aquaculture Research. 52(11): 5198–5212.

Takahashi, S., M. Tamai, S. Nakajima, H. Kato, H. Johno, T. Nakamura, and M. Kitamura. 2012. Blockade of adipocyte differentiation by cordycepin. British Journal of Pharmacology. 167: 561–575.

Tan, L., X. Song, Y. Ren, M. Wang, C. Guo, D. Guo, Y. Gu, Y. Li, Z. Cao, and Y. Deng. 2021. Anti-inflammatory effects of cordycepin: a review. Phytotherapy Research. 35(3): 1284–1297.

Tuli, H. S., S. S. Sandhu, D. Kashyap, and A. K. Sharma. 2014. Optimization of extraction conditions and antimicrobial potential of a bioactive metabolite, cordycepin from *Cordyceps militaris* 3936. WJPPS. 3: 1525–1535.

Wang, B. S., C. P. Lee, Z. T. Chen, H. M. Yu, and P. D. Du. 2012. Comparison of the hepatoprotective activity between cultured *Cordyceps militaris* and natural *Cordyceps sinensis*. Journal of Functional Foods. 4(2): 489–495.

Wang, C. L., C. J. Chiang, Y. P. Chao, B. Yu, and T. T. Lee. 2015. Effect of *Cordyceps militaris* waster medium on production performance, egg traits and egg yolk cholesterol of laying hens. The Journal of Poultry Science. 52: 188–196.

Wang, M., X. Meng, R. Yang, T. Qin, Y. Li, L. Zhang, C. Fei, W. Zhen, K. Zhang, X. Wang, and Y. Hu. 2013. *Cordyceps militaris* polysaccharides can improve the immune efficacy of Newcastle disease vaccine in chicken. International journal of biological macromolecules. 59: 178–183.

Wang, N. Q., L. D. Jiang, X. M. Zhang, and Z. X. Li. 2007. Effect of dongchong xiacao capsule on airway inflammation of asthmatic patients. Zhongguo Zhong yao za zhi= Zhongguo zhongyao zazhi= China journal of Chinese materia medica. 32(15): 1566–1568.

Willis, W. L., D. C. Wall, O. S. Isikhuemhen, J. N. Jackson, S. Ibrahim, S. L. Hurley, and F. Anike. 2013. Effect of level and type of mushroom on performance, blood parameters and natural coccidiosis infection in floor-reared broilers. The Open Mycology Journal. 7(1): 1–6.

Xu, G., G. Yuan, L. An, P. Du, L. Xie, H. Li, Y. Sheng, and X. Han. 2018. Immunomodulatory mechanism of *Cordyceps militaris* polypeptide through regulating gene Hist1h2bp, Ctsg, and elane in mice. Pharmacognosy Magazine. 14(56): 404–410.

Zhang, J., C. Wen, Y. Duan, H. Zhang, and H. Ma 2019. Advance in *Cordyceps militaris* (Linn) Link polysaccharides: Isolation, structure, and bioactivities: a review. International journal of biological macromolecules. 132: 906–914.

Zhan, Y., C. H. Dong, and Y. J. Yao. 2006. Antioxidant activities of aqueous extract from cultivated fruit-bodies of *Cordyceps militaris* (L.) Link *In Vitro*. Journal of integrative plant biology. 48(11): 1365–1370.

Zhou, X., C. U. Meyer, P. Schmidtke, and F. Zepp. 2002. Effect of cordycepin on interleukin-10 production of human peripheral blood mononuclear cells. European journal of pharmacology. 453(2-3): 309–317.

Zhou, X., G. Cai, Y. I. He, and G. Tong. 2016. Separation of cordycepin from *Cordyceps militaris* fermentation supernatant using preparative HPLC and evaluation of its antibacterial activity as an NAD+-dependent DNA ligase inhibitor. Experimental and therapeutic medicine. 12(3): 1812–1816.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัตินักวิจัย

1. **ชื่อ – สกุล:** นางสาว สุทิศา เข็มผะกา
   Miss Sutisa Khempaka
2. **หมายเลขบัตรประชาชน:** 3 3201 00126 85 7
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน:** รองศาสตราจารย์
4. **หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมเลขหมายโทรศัพท์ และ E-mail**
   สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
   โทรศัพท์ 0-4422-4572 โทรสาร 0-4422-4150
   E-mail: khampaka@sut.ac.th

5. **ประวัติการศึกษา**

ระดับการศึกษา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	คณะ	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา/ปี	ประเทศ
ป. ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1)	เกษตรศาสตร์	เกษตรศาสตร์	ม.อุบลราชธานี, 2541	ไทย
ป. โท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เกษตรศาสตร์	สัตวศาสตร์	ม. ขอนแก่น, 2545	ไทย
ป. เอก	Ph.D. (Agricultural Science)	เกษตรศาสตร์	Animal Nutrition and Feed Science	Gifu University, 2006	Japan

6. **สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ**
   6.1 โภชนศาสตร์สัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง (Non-ruminant Nutrition)
   6.2 การผลิตสัตว์ปีก (Poultry production)
   6.3 การผลิตสุกร (Swine Production)

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** การศึกษาและปรับปรุงเนื้อเยื่อของไก่ที่ตอบสนองต่อความเครียดจากความร้อนเพื่อเพิ่มความทนทานในการผลิตภายใต้สภาพอากาศที่ท้าทาย

7.2 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** การประเมินศักยภาพของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองเพื่อพัฒนาเป็นสารเสริมสำหรับสัตว์

7.3 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** การประเมินคุณสมบัติของ *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* ที่ได้จากท่อทางเดินอาหารของไก่เพื่อใช้เป็นโพรไบโอติคในอาหารไก่เนื้อ

7.4 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** การสกัดและการประเมินใยอาหารที่ได้จากกากมันสำปะหลังและกากมันเอทานอลเป็นสารเสริมสำหรับไก่เนื้อและไก่ไข่

7.5 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** ระดับพลังงาน โปรตีน และกรดอะมิโน ที่เหมาะสมสำหรับไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

7.6 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** การใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับส่าเหล้าเป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับสุกร

7.7 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** ผลของการเสริมกรดอินทรีย์ต่อสุขภาพทางเดินอาหาร และสมรรถนะการผลิตของลูกสุกรหย่านม

7.8 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกสำหรับไก่ไข่

7.9 **หัหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** การเพิ่มคุณภาพของกากมันสำปะหลังโดยการหมักด้วยเชื้อ *Aspergillus oryzae* เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับไก่ไข่

7.10 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** การใช้น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ไทย (*Mentha cordifolia* Opiz.) เพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะในอาหารไก่เนื้อ

7.11 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** การใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อ

7.12 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** การปรับปรุงคุณภาพของกากมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่สำหรับไก่เนื้อ

7.13 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** ผลของการเสริมกลูตามีนในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การพัฒนาของระบบทางเดินอาหาร และการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อ

7.14 **หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง:** การใช้ไคตินจากเปลือกกุ้งกุลาดำ (Peneaus monodon) เป็นสารเสริมชีวนะในอาหารไก่เนื้อ

7.15 **ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง:** การทดสอบผลิตภัณฑ์การค้าของส่วนผสมสารสกัดหยาบจากพริกและสารฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในสุกรขุน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7.16 ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง: ผลของระดับน้ำมันปลาทะเลในอาหารและช่วงระยะเวลาการให้อาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและส่วนประกอบของกรดไขมันขนิดโอเมก้า-3 ในเนื้อไก่พื้นเมือง

7.17 ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง: การศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในโรงฆ่าสุกร การขนส่งจากโรงฆ่าไปยังจุดจำหน่าย และแหล่งจำหน่ายเนื้อสุกร ในเขตจังหวัดนครราชสีมาและอุบลราชสีมา

7.18 ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง: การสร้างสายพันธุ์ “ไก่เนื้อโคราช” เพื่อการผลิตเป็นอาชีพวิสาหกิจชุมชน

7.19 ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง: ผลของการเลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบกึ่งปล่อยต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ปริมาณคอเลสเตอรอล และองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อ

8. ผลงานวิจัยตีพิมพ์

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. Effect of shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. J. Poult. Sci. 43: 250–254.

Khempaka, S., M. Mochizuki, K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. Effect of chitin in shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. J. Poult. Sci. 43: 339–343.

Khempaka, S., W. Molee, and M. Guillaume. 2009. Dried cassava pulp as an alternative feedstuffs for broilers: effect on growth performance, carcass traits, digestive organs and nutrient digestibility. J. Appl. Poult. Res. 18: 487–493.

Thongkratok, R., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2010. Protein enrichment of cassava pulp using microorganisms fermentation techniques for use as an alternative animal feedstuff.J. Anim. Vet. Adv. 9(22): 2859–2862.

Khempaka, S., C. Chitsatchapong, and W. Molee. 2011. Evaluation of chitin and protein constituents in shrimp meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids and ammonia production in broilers. J. Appl. Poult. Res. 20: 1–11.

Puttaraksa, P., W. Molee, and **S. Khempaka**. 2012. Meat quality of Thai indigenous chickens raised indoors or with outdoor access. J. Anim. Vet. Adv. 11 (7): 975–978.

Pudpila, U., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Hormta. 2011. Comparison of distillation methods of *Mentha cordifolia* Opiz. essential oil on antibacterial activity for application use in animal feeds. J. Agri. Sci. and Tech A. 1: 1336–1340.

Khempaka, S., U. Pudpila, and W. Molee. 2013. The effect of dried peppermint (*Mentha cordifolia*) on growth performance, nutrient digestibility, carcass traits, antioxidant properties and ammonia production in broilers. J. Appl. Poult. Res. 22(4): 904–912.

Khempaka, S., R. Thongkratok, S. Okrathok, and W. Molee. 2014. An evaluation of cassava pulp feedstuff fermented with *A. oryzae,* on growth performance, nutrient digestibility and carcass quality of broilers. J. Poult. Sci. 50: 71–79.

Tiengtam, N., **S. Khempaka**, P. Paengkoum, and S. Boonanuntanasarn. 2015. Effects of inulin and Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus) as prebiotic ingredients in the diet. Anim. Feed Sci. Technol. 127: 120–129.

Khempaka, S., L. Hokking, and W. Molee. 2016. Potential of dried cassava pulp as an alternative energy source for laying hens. J. Poult. Sci. 00: 1–11.

Maliwan, P., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2017. Evaluation of various feeding programmes on growth performance, carcass and meat qualities of Thai indigenous crossbred (50%) chickens. S. Afr. J. Anim. Sci. 47(1): 16–25.

Okrathok, S., P. Pasri, R. Thongkratok, W. Molee, and **S. Khempaka**. 2018. Effects of cassava pulp fermented with *Aspergillus oryzae* as a feed ingredient substitution in laying hen diets. J. Appl. Poult. Res. 27(2): 188–197.

Hang, T.T.T., W. Molee, **S. Khempaka,** and N. Paraksa. 2018. Supplementation with curcuminoids and tuna oil influenced skin yellowness, carcass composition, oxidation status, and meat fatty acids of slow-growing chickens. Poult. Sci. 97(3): 901–909.

Khempaka, S., P. Maliwan, S. Okrathok, and W. Molee. 2018. Digestibility, productive performance, and egg quality of laying hens as affected by dried cassava pulp replacement with corn and enzyme supplementation. Trop. Anim. Health and Prod. 50(6): 1239–1247.

Hang, T.T.T., W. Molee, and **S. Khempaka**. 2018. Linseed oil or tuna oil supplementation in slow-growing chicken diets: Can their meat reach the threshold of a “high in n-polyunsaturated fatty acids” product? J. Appl. Poult. Res. 0: 1–12.

Maliwan, P., **S. Khempaka,** W. Molee, and J.T. Schonewille. 2018. Effect of energy density of diet on growth performance of Thai indigenous (50% crossbred) Korat chickens from hatch to 42 days of age. Trop Anim Health Prod: 50(8): 1835–1841.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Maliwan, P., W. Molee, and **S. Khempaka**. 2019. Responses of Thai indigenous crossbred chickens to various dietary protein levels at different ages. Tropical Animal Health and Production: 51(6): 1427–1439.

Okrathok, S., and **S. Khempaka**. 2020. Modified-dietary fiber from cassava pulp reduces abdominal fat and meat cholesterol contents without affecting growth performance of broiler chickens. J. Appl. Poult. Res. 29: 229–239.

Tsukagoshi, M., M. Sirisopapong, F. Namai, M. Ishida, S. Okrathok, S. Shigemori, T. Ogita, T. Sato, **S. Khempaka** and T. Shimosato. 2020. *Lactobacillus ingluviei* C37 from chicken inhibits inflammation in LPS-stimulated mouse macrophages. Anim. Sci. J. 91: 1–7.

Tran, D.H., J.Th. Schonewille, C. Pukkung, and **S. Khempaka**. 2021. Growth performance and accretion of selected amino acids in response to three levels of dietary lysine fed to fast and slow growing broilers. Poult. Sci. 100(4): 100998.

Khempaka, S., C. Pukkung, S. Okrathok, S. Chaiyasit, A. Khimkem, M. Sirisopapong, ans P. Pasri. 2022. Mix of cassava pulp, napier grass, and enzymes can be used as low cost alternative feed ingredient for laying hens. Trop Anim Health Prod. 54(1): 1–10.

Maliwan, P., S. Okrathok, C. Pukkung, P. Pasri, and **S. Khempaka**. 2022. Effect of dietary energy concentration on the growth of slow-growing Korat chickens from 43 to 84 days old. South African Journal of Animal Science. 52(1): 17–22.

จรณี จิตสัจจพงศ์ วิทธวัช โมพี และ**สุทิศา เข็มผะกา**. 2552. ผลของการเสริมเปลือกกุ้งป่นในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และการตอบสนองภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อ. วารสารแก่นเกษตร. 37(4): 331–338.

เอกพล พูนชัย **สุทิศา เข็มผะกา** วิทธวัช โมพี และจักร์ โนจากุล. 2553. บทบาทของกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน และการพัฒนาระบบทางเดินอาหารสุกรหย่านม. วารสารแก่นเกษตร. 38(1): 39–46.

พชรพล พะศรี, สุภัตรา โอกระโทก, เมริษา ศิริโสภาพงษ์, อาภรณ์ คิมเข้ม, วิทธวัช โมพี, อมรรัตน์ โมพี, ประพจน์ มลิวัลย์, Nadine Gerard, Pascal Mermillod และ**สุทิศา เข็มผะกา**. 2561. ผลของระดับพลังงาน วิตามินซี วิตามินอี และซีลีเนียมในอาหารแม่ไก่ ต่อสมรรถนะการผลิต ระยะเวลาการมีชีวิตรอดของอสุจิ และการต้านอนุมูลอิสระในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่. วารสารแก่นเกษตร. 46(1): 63–72.

สุภัตรา โอกระโทก เมริษา ศิริโสภาพงษ์ วิทธวัช โมฬี และ**สุทิศา เข็มผะกา**. 2562. ผลของการหมักใย อาหารที่สกัดได้จากกากมันสำปะหลัง และกากมันเอทานอล ในหลอดทดลองต่อประชากร จุลินทรีย์ การผลิตกรดไขมันสายสั้น และกรดแลคติก. วารสารแก่นเกษตร. 47(2): 271–280.

อาภรณ์ คิมเข้ม และ**สุทิศา เข็มผะกา**. 2562. การประเมินคุณสมบัติทางพฤษเคมีของหญ้าขัดมอญใบ ยาว และผลการเสริมในอาหารต่อความเข้มข้นพิวรีน อนุพันธ์พิวรีน และ กรดยูริกในพลาสมา ของไก่โคราช. วารสารแก่นเกษตร. 48(1): 143–152.

สุภัตรา โอกระโทก เมริษา ศิริโสภาพงษ์ เพลิน เมินกระโทก และ**สุทิศา เข็มผะกา**. 2564. ผลของใย อาหารดัดแปลงจากกากมันสำปะหลังต่อลักษณะทางเดินอาหารและลักษณะสัณฐานวิทยาของ ลำไส้ในไก่เนื้อ วารสารแก่นเกษตร. 49(2): 159–163.

9. เสนอในการประชุมวิชาการต่างประเทศ

Khempaka, S., M. Mochizuki, K. Koh, and Y. Karasawa. 2005. Effects of shrimp meal on growth performance, digestibility, nitrogen retention and meat color in growing broilers. Japanese Poultry Science Association, Spring Meeting 2005. Tokyo, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2005. Growth performance, digestibility and nitrogen retention in growing broiler given diets containing 4 to 16% of shrimp meal. Japanese Poultry Science Association, Autumn Meeting 2005. Kumamoto, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. High calcium content in shrimp meal had little effect on growth performance in growing broilers. Japanese Poultry Science Association, Spring Meeting 2006. Fukuoka, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2007. The *in vitro* measurement of dry matter and crude protein digestibilities of shrimp meal. First International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries, Kunming Yunnan, China.

Khempaka, S., W. Molee, R. Thongkratoke, C. Chitsatchapong, and E. Poonchai. 2008. Fermentation of cassava pulp with *Aspergillus oryzae* and *Candida utilis* for improved nutrients as an alternative feedstuff for animals. The 13th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. September 22-26, 2008. Hanoi, Vietnam.

Khempaka, S., and W. Molee. 2008. Effect of cassava pulp on growth performance and digestibility in broilers. The 13th Animal Science Congress of the Asian-Australasian

Association of Animal Production Societies. September 22-26, 2008. Hanoi, Vietnam.

Molee, W., **S. Khempaka,** and C. Hormta. Effects of dietary tuna oil on performance, egg quality and egg yolk fatty acid composition of laying hens. The 13th Animal Science congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. September 22-26, 2008. Hanoi, Vietnam.

Khempaka, S., C. Chitsatchapong, and W. Molee. 2009. Measurement of chitin efficiencies on growth performance and ammonia production in broilers. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries, November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Chisatchapong, C., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Homta. 2009. Effect of chitin constituent in shrimp meal on nutrient digestibility, hematology and immune response in broilers. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Thongkratok, R., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Homta. 2009. Evaluation of fermented cassava pulp on growth performance and nutrient digestibility in broilers. 2009. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Poonchai, E., **S. Khempaka**, W. Molee, and J. Nojakul. 2009. Effect of glutamine supplementation on growth performance and intestinal microbial population of weaned pigs. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Khempaka, S., N. Chaiyasit, and W. Molee. 2010. Effect of dietary shrimp meal on microbial populations and ammonia production in broilers administered with *Lactobacillus* spp. and *Bacillus* spp. The 14th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. August 23-27, 2010. Pingtung, Taiwan, Republic of China.

Molee, W., **S. Khempaka**, C. Chitsatchapong, and P. Puttaraksa. 2010. Effects of dietary Tuna Oil on growth performance and fatty acid composition of meat in Thai Native Chickens. The 14th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association

of Animal Production Societies. August 23-27, 2010. Pingtung, Taiwan, Republic of China.

Pudpila, U., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Hormta. 2011. Comparison of distillation methods of *Mentha cordifolia* Opiz. essential oil on antibacterial activity for application use in animal feeds. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Suriyawong, T., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Hormta. 2011. The *In Vitro* evaluation of non-starch polysaccharide digestibility of cassava pulp using xylanase enzyme. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Khempaka, S., and K. Koh. 2011. Effect of covering with acidified sawdust on ammonia volatilization during composting of poultry manure. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Yingyuen, S., S. Wongsutthavas, C. Yuanklang, K. Vasupen, S. Bureenok, **S. Khempaka,** and A.C. Beynen. 2011. Effect of dried black cumin and tamarin supplementation on egg performance and lipids concentration in egg yolk of layer hens. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Chaokaur, A., **S. Khempaka**, T. Matsumoto, J. Takahashi, and T. Nishida. 2011. Effect of ruminal dosing of mechanical stimulating brush on methane emission from rumen in dry cows. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Khempaka, S., S. Okrathok, L. Hokking, B. Thuhanon, and W. Molee. 2011. Influence of supplemental glutamine on nutrient digestibility and utilization, small intestinal morphology and gastrointestinal tract and immune organ developments of broiler chickens. World Academy of Science, Engineering and Technology. August 24-26, 2011. Paris, France.

Molee, W., P. Puttaraksa, S. Pitakwong, and **S. Khempaka.** 2011. Performance, carcass yield, hematological parameters, and feather pecking damage of Thai indigenous

chickens raised indoors or with outdoor access. World Academy of Science, Engineering and Technology. August 24-26, 2011. Paris, France.

Khempaka, S., and W. Molee. 2012. An evaluation of glutamine feed supplementation on the immune response, intestinal morphology and growth performance of broilers, at various stages of development. ADSA®-AMPA-ASAS –CSAS-WSASAS Joint Annual Meeting. July 15-19, 2011, Phoenix, Arizona, USA.

Khempaka, S., E. Poonchai, and W. Molee. 2012. Efficacy of glutamine enriched diet on the growth performance, hematology and blood urea nitrogen of weaned pigs. In APE 2012: International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012. Cantho, Vietnam.

Suriyawong, T., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2012. The effects of xylanase enzyme supplementation in diets containing dried cassava pulp on nutrient digestibility and growth performance of broilers. In APE 2012: International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Pitagwong, S., W. Molee, **S. Khempaka,** and C. Hormta. 2012. Varying ratios of soybean oil to tuna oil in laying hen diets on productive performance and ratio of omega-6 to omega-3 fatty acids in egg yolk. In APE 2012: International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Molee, W., P. Puttaraksa, and **S. Khempaka.** 2012. Effect of rearing systems on fatty acid composition and cholesterol content of Thai indigenous chicken meat. ICABBBE 2012: International Conference on Agricultural, Biosystems, Biotechnology and Biological Engineering, September 26-27, 2012, Rome, Italy.

Okrathok, S., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2012. Effects on cassava pulp fermented with *A. oryzae* on nutrient digestibility and ammonia production of laying hens. In APE 2012: International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Hokking, L., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2012. An evaluation of the metabolizable energy and nutrient digestibility of dried cassava pulp in layers. In *APE 2012*: International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Maliwan, P., C. Sripaoraya, P. Nuansritong, and **S. Khempaka.** 2012. Effect of pineapple bran on the growth performance and carcass quality of brolilers. In *APE 2012*:

International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Molee, W., A. Molee, **S. Khempaka** C. Hormta, P. Mernkrathoke, T. Chormai, and B. Likitdecharote. The comparison of growth performance, carcass composition, and meat quality between Thai crossbred (Thai indigenous chicken x layer) and male layer chickens. EggMeat Symposia 2013, 15-19 September 2013. Bergamo, Italy.

Khempaka, S., S. Terapuntuwat, W. Wongsrikeao, and P. Pakdee. 2013. Responses of broiler chicks to methionine hydroxyl analog and DL-methionine using fish meal or full fat soybean meal as the sole source of protein. World Academy of Science, Engineering and Technology. January 14-15, 2013. Zurich, Switzerland.

Thukhanon, B., S. Pitagwong, **S. Khempaka,** and W. Molee. 2013. Productive performance and egg quality of laying hens kept under difference rearing systems. 2013 International Conference on Agriculture Science and Environment Engineering (ICASEE 2013), December 19-20, 2013. Beijing, China.

Khempaka, S., T. Suriyawong, and W. Molee. 2014. Xylanase supplementation improve nutrient digestibility in broilers fed dried cassava pulp. In *EAAP 2014* 65th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 25-29 August 2014, Copenhagen, Denmark.

Maliwan, P., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2015. Metabolizable energy requirement of Thai indigenous crossbred (50%) chickens (Korat chickens) from 0–3 weeks of age. Khon Kaen Agr. J. 43 Suppl.2: 211 (Abstr.)

Molee, W., **S. Khempaka,** P. Mernkrathoke, and A. Molee. 2014. Effect of free-range raising system on growth performance and carcass traits of “Korat Meat Chickens”. XIVth European Poultry Conference (EPC 2014), June 23-27, 2014. Stavanger, Norway.

Maliwan, P., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2015b. Effects of dietary energy on growth performance of Korat chickens from 3 to 6 weeks of age. In *EAAP 2015* 66th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 31 August – 4 September 2015, Warsaw, Poland.

Khempaka, S., P. Pasri, S. Okrathok, T. Suriyawong, L. Hokking, and W. Molee. 2015. Responses of weaned pigs to organic acids on growth performance and intestinal mucosa morphology. In *EAAP 2015* 66th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 31 August – 4 September 2015, Warsaw, Poland.

Sirisopapong, M., A. Khimkem, P. Pasri, S. Chaiyasit, P. Jaiboonlue, S. Okrathok, and **S. Khempaka**. 2015. Evaluation of nutrient digestibility of mixed cassava pulp and Napier Pakchong grass for use as an alternative feedstuff in laying hens. The 5rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. October 27-30, 2015. Chonburi, Thailand.

Samdangchai, T., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2015. Effect of dietary vitamin E, selenium and omega-3 on fertility and hatchability of SUT female broiler breeders. The 1st International Conference on Native Chicken (ICONC2015), February 23-25, 2015. Khon Kaen, Thailand.

Molee, W., **S. Khempaka,** and A. Molee. 2015. Meat quality of Thai indigenous crossbred chickens kept under free-range raising system. The 66th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP2015), August 31 to September 4, 2015, Warsaw, Poland.

Yaemphet, T., W. Molee, **and S. Khempaka.** 2016. Effect of long-term feeding of n-6 to n-3 fatty acid ratio in laying hen diets on yolk fatty acid accumulation. The 17th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, August 22 to 25, 2016, Fukuoka, Japan.

Maliwan, P., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2016. Protein requirement of Korat chickens from 0-3 weeks of age. In EAAP 2016 67th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 29 August - 2 September 2016, Belfast, UK.

Khempaka, S., P. Maliwan, and W. Molee. 2016. Mixed enzymes supplementation in laying hens fed dried cassava pulp. In EAAP 2016 67th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 29 August - 2 September 2016, Belfast, UK.

Molee, W., P. Mernkrathoke, **S. Khempaka,** and A. Molee. 2016. Effect of different management systems on performance and carcass traits of crossbred chickens. In EAAP 2016 67th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 29 August - 2 September 2016, Belfast, UK.

Molee, A., W. Molee, **S. Khempaka,** C. Hormta, P. Mernklatoak, T. Chormai, R. Bunnom, N. Tanpol, and B. Likitdejcharoj, 2016. The establishment of female line of alternative meat chicken for smallholder farmer's occupation. In EAAP 2016 67th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 29 August - 2 September 2016, Belfast, UK.

Phocharapon. P., **S. Khempaka**, W. Molee, A. Molee, N. Gerard, and P. Mermillod. 2016. Reproductive performance and fertility response of laying hens as affected by dietary energy and antioxidant substance supplementation. In The 1st International Conference on Tropical Animal Science and Production (TASP2016), September 26 to 29, 2016. Bangkok, Thailand.

Hang, T.T.T., W. Molee, and **S. Khempaka**. 2016. Growth performance, meat quality and plasma TBARS of indigenous crossbred chickens fed curcumin removed turmeric oleoresin. In The 1st International Conference on Tropical Animal Science and Production (TASP2016), September 26 to 29, 2016. Bangkok, Thailand.

Yaemphet, T., W. Molee, and **S. Khempaka.** 2016. Effect of different n-6 to n-3 fatty acid ratio in laying hen diets on egg quality, yolk fat and yolk cholesterol. The 1st International Conference on Tropical Animal Science and Production (TASP2016), Bangkok, Thailand, September 26 to 29, 2016.

Molee, W., T. Yaemphet, and **S. Khempaka.** 2016. Productive performance and yolk fatty acid composition of laying hens fed different dietary n-6 to n-3 fatty acid ratios. The International conference on "Agriculture development in the context of international integration: Opportunities and challenges" (ICOAD 2016), December 7 to 8, 2016. Vietnam National University of Agriculture, Hanoi, Vietnam.

Khempaka, S., T. Omura, M. Sirisopapong, A. Khimkem, P. Pasri, S. Chaiyasit, S. Okrathok and W. Molee. 2017. Effects of mixed cassava pulp and Napier Pakchong grass as alternative feedstuff in laying hens diets. In EAAP 2017 68th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 28 August - 2 September 2017, Tallins, Estonia.

Khempaka, S., P. Pasri, S. Okrathok, P. Maliwan, M. Sirisopapong, W. Molee, N. Gerard and P. Mermillod. 2018. Energy, vitamin C, vitamin E and selenium affected antioxidant activity in egg yolk and uterine fluid of laying hens. In EAAP 2018 69th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 27 – 31 August 2018, Dubrovnik, Croatia.

Chaiyasit, S., S. Okrathok, J. Pongsetkul, P. Sangsawad, W. Molee, and **S. Khempaka.** 2019. Effect of low purine diets on uric acid concentration in serum and excreta of Korat chickens. In The 2nd International Conference on Tropical Animal Science and

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Production (TASP 2019) and The 2nd International Conference on Native Chicken (ICON 2019), July 9 to 12, 2019. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Khimkem, A., O. Jantasaeng, J. Pongsetkul, P. Sangsawad, W. Molee and **S. Khempaka**. 2019. Effects of Sida acuta Burm.f. supplementation in diets on serum antioxidant enzyme of Korat chickens. In The 2nd International Conference on Tropical Animal Science and Production (TASP 2019) and The 2nd International Conference on Native Chicken (ICON 2019), July 9 to 12, 2019. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Khempaka, S., C. Pukkung, M. Sirisopapong, A. Khimkem, P. Pasri, S. Chaiyasit and S. Okrathok. 2019. Evaluation of mixed cassava pulp and Napier Packing grass for use as feedstuff in laying hen. International Congress on Domestic Animal Breeding Genetics and Husbandry (ICABGEH-2019)", Prague, Czech Republic.

Khempaka, S., S. Okrathok, M. Sirisopapong and S. Chaiyasit. 2019. Chemical characteristics of modified-dietary fiber from cassava by-products. The 7th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2019. Pokhara, Nepal.

Okrathok, S., M. Sirisopapong, P. Pasri, S. Chaiyasit, A. Khimkem, and **S. Khempaka**. 2019. Using modified-dietary fiber from cassava pulp as an insoluble fiber source in broiler diets to enhance gizzard development and nutrient utilization. The 7th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2019. Pokhara, Nepal.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี