รหัสโครงการเลขที่ R2561B057

อภินันทนาการ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินระดับและอัตราส่วนที่เหมาะสมของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำในสูตรอาหารไก่เนื้อ

Assessments of the optimum level and ratio of insoluble to soluble dietary fiber in broiler rations

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทศพร อินเจริญ	สาขาวิชาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2) รองศาสตราจารย์ ดร. วันดี ทาตระกูล	สาขาวิชาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3) ดร. พรพรรณ รัตนะสัจจะ	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 22 มีค. 2565
เลขทะเบียน 1049870
เลขเรียกหนังสือ 2 SF
97
ท2375
2561

สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	1.1 หลักการและเหตุผล	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
	1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
	1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
2	การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
	2.1 เยื่อใยหยาบ (crude fiber; CF)	4
	2.2 เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอร์เจ้น (detergent fiber)	4
	2.3 ใยอาหารรวม (total dietary fiber; TDF)	5
	2.4 ผลของใยอาหารต่อสุขภาพของระบบทางเดินอาหาร	6
	2.5 ใยอาหาร (dietary fiber) ในอาหารสัตว์ปีก	8
	2.6 บทบาทของใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber; SDF)	8
	2.7 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber; IDF) ต่อการผลิตสัตว์ปีก	9
	2.8 แหล่งของใยอาหาร	10
3	วิธีการดำเนินการวิจัย	12
	3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของระดับและชนิดใยอาหารที่เหมาะสมในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์	12
	3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอัตราส่วนใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์	18
4	ผลการทดลองและวิจารณ์	24
	4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของระดับและชนิดใยอาหารที่เหมาะสมในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์	24
	4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์	30

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
5	**สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ**	**34**
	5.1 สรุปผลการทดลอง.....	34
	5.2 ข้อเสนอแนะ.....	34
	เอกสารอ้างอิง	**35**
	ภาคผนวก	**43**

สารบัญตาราง

Table		หน้า
2.1	Dietary fiber classification	6
2.2	Chemical composition of corncob	11
3.1	Feed ingredients of grower semi-purified diets (10-24 d-old)	14
3.2	Calculated nutrient compositions of grower semi-purified (10-24 d-old)	15
3.3	Feed ingredient of finisher semi-purified diets (25-45 d-old)	16
3.4	Calculated nutrient compositions of finisher semi-purified (25-45 d-old)	17
3.5	Selection criteria for type and used level of dietary fiber	19
3.6	Feed ingredients and calculated chemical composition of grower semi-purified diets (10 to 24 d-old)	20
3.7	Feed ingredients and calculated chemical composition of finisher semi-purified diets (24 to 45 d-old)	21
4.1	Different levels of inclusion of soluble and insoluble dietary fiber in semi-purified diets on growth performance of broiler chickens during 10-45 d-old	26
4.2	Different levels of inclusion of soluble and insoluble dietary fiber in semi- purified diets on apparent digestibility coefficient of crude protein, ether extract and dry matter in broiler at 45 d-old	27
4.3	Different levels of inclusion of soluble and insoluble dietary fiber in semi-purified diets on on *Salmonella spp.* and *E.coli* in cecal content of broilers at 45 d-old	29
4.4	Different ratio of dietary insoluble fiber to soluble fiber in semi-purified diets on growth performance, apparent digestibility coefficient of nutrient and cecal microbiota population (Salmonella spp. and E.coli) of broiler chickens during 10 to 45 day of age	32
4.5	Different ratio of dietary insoluble fiber to soluble fiber in semi-purified diets on duodenal morphological alterations of broiler chickens during 10 to 45 day of age	33

สารบัญภาพ

Figure		หน้า
2.1	Type of dietary fiber.....	7

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวก		หน้า
1	การเตรียมพื้นที่กกลูกไก่และถาดให้อาหารและหัวให้น้ำแบบนิ๊ปเปิ้ล.....	44
2	ลักษณะความเป็นอยู่ของลูกไก่ช่วงกก.....	44
3	ลักษณะคอกเลี้ยงสัตว์ทดลอง.....	45
4	การเก็บตัวอย่างสิ่งเหลือในไส้ติ่งเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์.....	45
5	การเก็บรักษาตัวอย่างลำไส้ในตู้แช่เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล.....	46
6	การตัดชิ้นเนื้อตัวอย่างลำไส้เพื่อนำไปวิเคราะห์สัณฐานวิทยา.....	46
7	ตัวอย่างสไลด์ตัวอย่างลำไส้.....	47
8	หน้าปกวารสารแก่นเกษตรฉบับที่ได้รับการตีพิมพ์ผลงานวิจัย.....	48
9	ตัวอย่างบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารแก่นเกษตร ปีที่ 47 ฉบับพิเศษ 2 หน้า 647-652.....	49
10	ตัวอย่างโปสเตอร์นำเสนอในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 3rd Alternatives to Antibiotics (ATA) “Challenges and Solution in Animal Health and Production” The Berkeley Hotel, Bangkok, Thailand 16-18 December 2019.....	50
11	หนังสือตอบรับการนำเสนอในงานประชุมวิชาการเกษตรศึ่งที่ 21 ประจำปี 2563 ระหว่างวันที่ 27-28 มกราคม 2563 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	51

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

อุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อสมัยใหม่ได้มีการประกาศห้ามใช้ยาปฏิชีวนะในฟาร์มเลี้ยงสัตว์เด็ดขาด ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อผู้เลี้ยงสัตว์ เนื่องจากในอดีตที่ผ่านมาอาจจะถือได้ว่ายาปฏิชีวนะเป็นทางออกหลักในการจัดการกับปัญหาสุขภาพสัตว์ และเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถช่วยกระตุ้นประสิทธิภาพการผลิตได้ แต่จากผลการศึกษาในระยะต่อมา กลับพบว่าการใช้ยาปฏิชีวนะในฟาร์มเลี้ยงสัตว์อย่างต่อเนื่องสัตว์จะเกิดอาการดื้อยา และสัตว์ดึงไปสะสมไว้ในร่างกาย ทำให้เกิดผลเสียตามมาต่อผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์นั้นๆ ในแง่ของสารตกค้างในผลผลิต นักวิจัยจึงจำเป็นต้องศึกษา วิจัย คิดค้น และพัฒนาเพื่อหาแนวทางในการผลิตไก่เนื้อภายใต้สภาพการเลี้ยงแบบปลอดยาปฏิชีวนะ (free antibiotics) แนวคิดเรื่องการใช้อาหารเป็นยา (food as medicine) สำหรับมนุษย์ไม่ใช่เรื่องใหม่ ซึ่งในอดีตอาหารเป็นสิ่งที่ใช้รักษาโรคขาดสารอาหาร แต่ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าอาหารมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าแค่สารอาหารหลักๆ ที่มีอยู่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามินและเกลือแร่เท่านั้น ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัย ได้มีแนวคิดในการพัฒนาอาหารสัตว์เป็นยาเพื่อใช้ในการผลิตไก่เนื้อ โดยอาศัยองค์ความรู้จากหลักโภชนศาสตร์ (nutrition) ของอาหารคน ซึ่งนักโภชนาการได้มีความพยามยามส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้บริโภคหันมารับประทานอาหารประเภทใยอาหารสูง (high dietary fiber) เพื่อสุขภาพที่ดีขึ้น ปราศจากโรคภัยเบียดเบียน แต่ในทางตรงกันข้ามหากอ้างอิงตามหลักโภชนศาสตร์อาหารสัตว์ (animal nutrition) กลับพบว่า เยื่อใยหยาบ (crude fiber) เป็นปัจจัยอันดับต้นๆ ที่มักจะถูกจำกัดการใช้ในสูตรอาหาร ซึ่งระดับเยื่อใยหยาบมักจะถูกกำหนดไว้ให้อยู่ระหว่าง 3-4 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารไก่เนื้อ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุของไก่ด้วย (Swennen et al., 2010) เพราะเยื่อใยหยาบมีผลไปเจือจางความหนาแน่นของโภชนะ (nutrient density) ที่สำคัญอื่นๆ รวมทั้งมีผลยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะอื่นๆ อีกด้วย ดังนั้นการคำนวณสูตรอาหารสัตว์จึงคำนึงถึงเฉพาะโภชนะหลักๆ เช่น พลังงาน โปรตีน ไวตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโน เท่านั้น เพราะโภชนะดังกล่าวมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต ปริมาณและคุณภาพของผลผลิต แต่ในทางตรงกันข้าม กลับพบว่ามีผลิตภัณฑ์สารเสริมประเภทใยอาหาร (dietary fiber) กลุ่มลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) ออกมาจำหน่ายมากมายหลายยี่ห้อ เช่น Abocel, Opticellและ Jeluvet เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายหลังที่สหภาพยุโรปมีคำสั่งห้ามใช้ยาปฏิชีวนะในการผลิตปศุสัตว์โดยเด็ดขาด จึงส่งผลให้สารเสริมประเภทนี้ได้รับความนิยมนำมาใช้เป็นสารส่งเสริมสุขภาพสัตว์แทนการใช้ยาปฏิชีวนะกันมากขึ้น อย่างไรก็ดีการเสริมใยอาหารที่มีจำหน่ายในเชิงการค้าอยู่ในปัจจุบัน อาจยังไม่ใช่ทางออกเดียวหรือเป็นคำตอบสุดท้ายก็เป็นได้ เพราะวัตถุดิบที่นิยมนำไปใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ส่วนใหญ่มักมาจากวัตถุดิบที่ได้จากธัญพืช สูงถึง 65

เปอร์เซ็นต์ หรือผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น กากถั่วเหลือง สูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นสัดส่วนทั้งหมดในสูตรอาหารผสมสูงเกือบ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งวัตถุดิบผสมอาหารสัตว์เหล่านี้ก็จะประกอบไปด้วยใยอาหาร หรือลิกโนเซลลูโลสอยู่แล้ว และในอนาคตสัดส่วนการใช้แหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์จากพืชมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะแหล่งวัตถุดิบอาหารจากสัตว์ เช่น ปลาป่น เนื้อป่น เลือดป่น และกระดูกป่น มีแนวโน้มค่อยๆ ลดลง ทำให้ไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ที่เพิ่มขึ้น

ใยอาหารรวม (total dietary fiber; TDF) เป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืช (cell wall) จัดเป็นกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch polysaccharides) สามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ ใยอาหารชนิดละลายน้ำ (soluble dietary fiber; SDF) และใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber; IDF) จะรวมกลุ่มของลิกนินเข้าไปด้วย (lignin) ซึ่ง SDF จะมีลักษณะเป็นเจล สามารถจับกับน้ำตาล ดูดซับน้ำมันได้ ความหนืดสูง และแบคทีเรียที่อาศัยในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้ เช่น แพคติน (pectin) กลูโคแมนแนน (glucomannan) กัม (gums) มิวซิเลจ (mucilage) เป็นต้น สอดคล้องกับ Silva et al. (2013) ที่พบว่า อาหารไก่เนื้อที่เสริมด้วยแพคตินใน ที่ระดับ 3-5 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการเพิ่มความหนืด และลดอัตราการเคลื่อนที่ของอาหารในระบบทางเดินอาหาร รวมทั้งช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์ของพลังงานในอาหารให้ดีขึ้นสำหรับไก่เนื้อระยะแรก แต่ไปมีผลกระทบต่ออัตราการย่อยได้ของโภชนะที่ลดลงในไก่เนื้อระยะเจริญเติบโต ส่วน IDF ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) และ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) รวมไปถึงลิกนิน (lignin) ซึ่งไม่ใช่กลุ่มคาร์โบไฮเดรตแต่จัดให้เป็นกลุ่มเดียวกัน มีคุณสมบัติตรงกันข้ามกับ SDF อย่างสิ้นเชิง คือ จะมีความหนืดต่ำ ความพองตัวสูงช่วยเพิ่มอัตราการเคลื่อนที่ของอาหารในระบบทางเดินอาหารได้ดีขึ้น เป็นตัวช่วยทำความสะอาดระบบทางเดินอาหาร กระตุ้นการพัฒนาโครงสร้างของกระเพาะอาหารและลำไส้ (gastrointestinal tract) กระตุ้นการผลิตเซลล์ดูดซึม (absorptive epithelial cells) ช่วยลดค่า pH ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยร่วมในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค และส่งเสริมจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ทำให้เกิดความสมดุลของจุลินทรีย์ประจำถิ่นภายในลำไส้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของคณะผู้วิจัย ที่พบว่าการเสริม IDF จากแกลบข้าวในอาหารไก่เนื้อมีผลช่วยให้เกิดการพัฒนาของวิลไลและเซลล์ดูดซึมของลำไส้เล็ก ซึ่ง IDF จะทำหน้าที่คล้ายแปรงทำความสะอาดระบบท่อทางเดินอาหาร จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยและดูดซึมดีขึ้น รวมไปถึงสมรรถภาพการผลิตโดยรวมเพิ่มขึ้นตามมา (Incharoen, 2013) นอกจากนั้นแล้วยังส่งผลเชิงบวกต่อความสม่ำเสมอฝูงของไก่ไข่รุ่น และแม่ไก่ที่กำลังให้ไข่ เช่น เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ และคุณภาพไข่ (Incharoen and Maneechote, 2013) ซึ่งสอดคล้องกับ Adibmoradi et al. (2016) ที่รายงานว่า สูตรอาหารไก่เนื้อที่ประกอบด้วย IDF จากแกลบข้าว ที่ระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนช่วยเพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการย่อยได้ของโปรตีน รวมไปถึงช่วยกระตุ้นสัณฐานวิทยาของวิลไล จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาทั้งหมดมีความชัดเจนแล้วว่า ทั้งใยอาหารทั้ง 2 ชนิด มีบทบาทหน้าที่และมีผลกระทบทั้งเชิงบวกและลบต่อกระบวนการย่อยและดูดซึมสารอาหารแตกต่างกันออกไป หากสูตรอาหารไก่เนื้อมีใยอาหารรวม (TDF) และอัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำ (IDF/SDF Ratio) ในระดับที่เหมาะสม อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่มี

ส่วนช่วยทำให้ระบบย่อยและดูดซึมอาหารมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ส่งผลดีต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพผลผลิต รวมไปถึงสุขภาพของสัตว์ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของระดับใยอาหารรวมและอัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำที่เหมาะสมในสูตรอาหารไก่เนื้อเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์สำหรับการนำไปประยุกต์และพัฒนางานด้านโภชนศาสตร์สัตว์ต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาผลของระดับใยอาหารรวมและอัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำในสูตรอาหารไก่เนื้อต่ออัตราการย่อยได้ของโภชนะ จุลินทรีย์ประจำถิ่น ลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของวิลไล และสมรรถภาพการเจริญเติบโตโดยรวม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1) เป็นองค์ความรู้พื้นฐานสำหรับงานวิจัยเชิงลึกด้านการพัฒนาสูตรอาหารสัตว์ฟังค์ชั่นนอลจากใยอาหาร

1.3.2) เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไก่เนื้อแบบปลอดยาปฏิชีวนะ (Free Antibiotics)

1.3.3) เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสูตรอาหารไก่เนื้อสำหรับภาคการผลิตเชิงการค้า

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1) การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของระดับและชนิดใยอาหารที่เหมาะสมในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 2 ปัจจัย ประกอบด้วย ปัจจัย A คือ ระดับใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ 4 ระดับ ได้แก่ 0, 8, 12 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปัจจัย B คือ ระดับใยอาหารชนิดละลายน้ำ 4 ระดับ ได้แก่ 0, 3, 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์

1.4.2) การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอัตราส่วนใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำที่เหมาะสมในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์ เมื่อทราบผลของระดับการใช้ใยอาหารทั้งชนิดไม่ละลายน้ำและละลายน้ำ หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มากำหนดชนิดและระดับของใยอาหารที่จะนำมาใช้ในการทดลองที่ 2 (ยกเว้นกลุ่มควบคุม) และกำหนดให้ IDF/SDF Ratio ที่ได้จากผลการทดลองที่ 1 เป็นค่ากลาง เพื่อทำการปรับเพิ่มขึ้น/ลดลงจากค่าเดิมอีก ± 2 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD)

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 เยื่อใยหยาบ (crude fiber; CF)

หมายถึงเยื่อใยชนิดหนึ่งที่เป็นส่วนผนังเซลล์พืชที่เหลือจากอาหาร หลังจากการวิเคราะห์ทางเคมีโดยการย่อยด้วยกรดและด่าง โดยสารเคมีจะละลายเอาส่วนของ (soluble dietary fiber; SDF) ทั้งหมดและ (insoluble dietary fiber; IDF) บางส่วนออกไป โดยส่วนที่เหลือหรือที่เรียกว่าเยื่อใยรวมหรือเยื่อใยหยาบ เรียกวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวว่า "Weender analysis" จนกระทั่งเปลี่ยนชื่อมาเป็นการวิเคราะห์แบบประมาณการ (proximate analysis) วิธีการวิเคราะห์แบบดังกล่าว ประกอบด้วยส่วนหลัก คือ ลิกโนเซลลูโลส เช่น เซลลูโลส (cellulose) ประมาณ 50-80 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน (lignin) 10-50 เปอร์เซ็นต์ และ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปัจจุบันมีความชัดเจนแล้วว่า ปริมาณเยื่อใยหยาบ และปริมาณใยอาหารมีความแตกต่างกัน เนื่องจากผนังเซลล์พืชมีองค์ประกอบในสัดส่วนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายๆ อย่าง และการวัดปริมาณเยื่อใยหยาบในห้องปฏิบัติการเคมีที่ผ่านมา เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณใยอาหาร แล้วอาจมีค่าต่ำกว่าถึง 50 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่านั้น

2.2 เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอร์เจ้น (detergent fiber)

การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยในวัตถุดิบอาหารสัตว์แบบดีเทอร์เจนท์ (detergent method) จะให้ค่าของระดับเยื่อใยใกล้เคียงกับค่าจริงมากกว่าการวิเคราะห์แบบประมาณการ ที่จะได้เพียงค่าเยื่อใยหยาบเท่านั้น (Van Soest, 1991) ซึ่งเยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอร์เจ้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ 1) Neutral detergent fiber (NDF) หมายถึง กลุ่มของผนังเซลล์พืชทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ถ้าหักส่วนนี้ออกจากวัตถุแห้ง ส่วนที่เหลือก็จะเป็นคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในเซลล์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพวกแป้งและน้ำตาล และ 2) Acid detergent fiber (ADF) คือ เป็นองค์ประกอบของลิกนินและเซลลูโลสถ้า หักส่วนของ ADF ออกจาก NDF จะได้ค่าของเฮมิเซลลูโลส

อย่างไรก็ดีถึงแม้การวิเคราะห์เยื่อใยด้วยวิธี Detergent method จะสามารถทำให้ทราบค่าเยื่อใยได้ละเอียดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์แบบ Proximate analysis แต่ยังไม่สามารถอ้างอิงค่า NDF ว่าเป็นค่าพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch polysaccharides; NSP) ทั้งหมดได้ โดยเฉพาะวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทพืชตระกูลถั่วเพราะจะประกอบไปด้วยโพลิเมอร์ของแพคตินที่ถูกทำละลายได้ จึงไม่ปรากฏเหลืออยู่ในส่วนของ NDF ทั้งๆ ที่เป็น NSP อีกชนิดหนึ่ง เช่น Galacturonans, Rhamnogalacturonan, Arabinans และ Arabinogalactions เป็นต้น ยกตัวอย่างวัตถุดิบที่นิยมใช้ในอาหารสัตว์อย่างแพร่หลาย เช่น กากถั่วเหลือง จะประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแบ่งออกเป็นน้ำตาลมวลโมเลกุลต่ำที่ละลายน้ำได้ (low-molecular weight

soluble sugars) 14 เปอร์เซ็นต์ และ NSP ประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Choct et al. (2010) รายงานว่า ในสัดส่วนทั้งหมดของ NSP จะประกอบด้วย ส่วนที่ละลายน้ำได้สูงถึง 5-7 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหากเราคำนึงเฉพาะค่า NDF ก็อาจจะไม่ใช่ค่าที่แท้จริงของ NSP ก็เป็นได้ เพราะการวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยแบบดีเทอร์เจนท์จะไม่สามารถวัดจากส่วนที่ถูกทำละลายออกไปได้ นั้นหมายความว่าค่า NDF ที่ได้ ยังไม่ใช่ค่า NSP ที่มีอยู่แท้จริงในวัตถุดิบนั้นๆ

2.3 ใยอาหารรวม (total dietary fiber; TDF)

ใยอาหาร (total dietary fiber; TDF) หมายถึงคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน หรือส่วนผสมที่มีความซับซ้อนของโพลิเมอร์คาร์โบไฮเดรต ที่มีจำนวนของส่วนที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย มีความสำคัญในการทำหน้าที่ทางชีวภาพ โดยเป็นแหล่งของสารที่ไม่มีพลังงาน หรือไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว โดยใยอาหาร เป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืช (cell wall) ดังแสดงใน Table 2.1 จัดเป็นกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch polysaccharides; NSP) (McDougall et al., 1996) การวิเคราะห์ใยอาหารมักใช้การละลายได้เป็นตัวกำหนด เช่น NSP ที่ละลายได้ (soluble NSP; sNSP) ถูกเชื่อว่าเป็นสารออกฤทธิ์ ในการควบคุมการย่อยและการดูดซึมในระบบทางเดินอาหารส่วนต้น ในทางตรงกันข้าม NSP ที่ไม่ละลาย (insoluble NSP; iNSP) จะมีบทบาทในทางเดินอาหารส่วนปลาย เนื่องจากลักษณะทางกายภาพที่เป็นอยู่ จึงช่วยเพิ่มปริมาตรของอุจจาระ เจือจางความเข้มข้นขององค์ประกอบในไส้ติ่ง และลดระยะเวลาการเคลื่อนที่ของอาหารจากปากจนถึงทวารหนัก (Zhang et al, 2013) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเทคนิคการวิเคราะห์ใหม่ สามารถจะแยกแยะทางเคมี กายภาพ คุณสมบัติทางเคมีของใยอาหารในวัตถุดิบจากพืชได้ละเอียดมากขึ้น โดยสามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิด ตามการละลายน้ำ คือ ใยอาหารชนิดละลายน้ำ (soluble dietary fiber; SDF) ได้แก่ เพคติน กัม มิวซิเลจส์ และใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber; IDF) ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ซึ่งจะรวมกลุ่มของลิกนิน (lignin) เข้าไปด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ของใยอาหารแต่ละชนิดได้สรุปเป็นภาพรวมอย่างง่าย ดังแสดงใน Figure 2.1 แต่อย่างไรก็ดีองค์ประกอบของใยอาหารแต่ละชนิดที่ตรวจประเมินได้จากตัววัตถุดิบที่ใช้ประกอบอาหารสัตว์นั้น ยังต้องมีการวิจัย วิเคราะห์ และศึกษาในเชิงลึกเพื่อจะสามารถสร้างองค์ความรู้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์แห่งโลกอนาคตต่อไป สอดคล้องกับ Choct et al. (2010) ที่กล่าวว่าการประกอบสูตรอาหารที่จะทำให้ได้คุณค่าโภชนะที่แท้จริงแห่งโลกอนาคตจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่มีอยู่ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ทั้งนี้รวมไปถึงพวกโอลิแซ็กคาไรด์ และกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้งทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น พวกที่ละลายน้ำได้ และละลายน้ำไม่ได้ เป็นต้น ซึ่งการทราบค่าคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด จะส่งผลให้การคำนวณทางโภชนศาสตร์มีความแม่นยำมากขึ้น

Table 2.1 Dietary fiber classification

ชนิดของใยอาหาร	แหล่งของใยอาหาร	หน้าที่
Cellulose	องค์ประกอบหลักของผนังเซลล์พืช	อุ้มน้ำ ลดความดันในช่องผนังลำไส้ใหญ่ จับกับสังกะสี
Noncellulose polysaccharides		
-Gum -Mucilages	สารคัดหลั่งจากพืชและเมล็ดพืช	ช่วยไม่ให้กระเพาะว่าง เป็นวัสดุหมักสำหรับแบคทีเรียในไส้ติ่ง ได้ผลผลิตเป็น แก๊ส และ volatile fatty acids จับเกลือน้ำดีและคอเรสเตอรอล
-Algal polysaccharides	สาหร่าย สาหร่ายทะเล	
-Pectin substances	สารเคลือบภายในเซลล์ของพืช	
-Hemicellulose	ผนังเซลล์ของพืช	อุ้มน้ำ เพิ่มมวลอุจจาระลดแรงดันในไส้ติ่ง จับเกลือน้ำดี
Lignin	ส่วนที่เป็นเนื้อไม้ของพืช	ต้านอนุมูลอิสระ จับเกลือน้ำดีคอเรสเตอรอลและโลหะ

ที่มา: faculty.ksu.edu.sa/shamali/Documents/Lecture%206.ppt

2.4 ผลของใยอาหารต่อสุขภาพของระบบทางเดินอาหาร

สุขภาพของระบบทางเดินอาหารที่ดี หมายถึง ความสมดุลและปฏิกิริยาร่วมระหว่างอาหารที่กิน จุลินทรีย์ประจำถิ่นในท่อทางเดินอาหาร (normal flora) และผนังเยื่อบุในระบบทางเดินอาหาร (Conway, 1994) เพราะอาหารที่กินเข้าไป ส่วนใหญ่มักจะมีองค์ประกอบของใยอาหารอยู่แล้ว โดยเฉพาะอาหารที่มาจากพืช ซึ่งจะมีบทบาทสำคัญในการคงสภาวะสุขภาพทางเดินอาหารให้ปกติ เช่น ช่วยเพิ่มปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เพื่อควบคุมปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ดังนั้นใยอาหารจึงเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลเป็นอย่างมาก (Montagne et al., 2003) เพราะใยอาหารเป็นสารอาหารหลักสำหรับการหมักย่อยของแบคทีเรีย โดยเฉพาะในทางเดินอาหารส่วนปลายและมีผลร่วมกับเยื่อบุทางเดินอาหารและจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร (Montagne et al., 2003)

นอกจากนั้นใยอาหารยังไปมีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของเซลล์และขนาดของระบบทางเดินอาหาร รวมไปถึงหน้าที่ทางสรีระวิทยาโดยรวม เช่น การควบคุมกิจกรรมของเอนไซม์ การบีบตัวของลำไส้ และการหลั่ง Mucin ในระบบทางเดินอาหาร ใยอาหารที่กินเข้าไปมักเป็นสาเหตุของการเพิ่มขนาดและความยาวของลำไส้เล็ก ไส้ติ่งและโคลอนของสุกร (Jin et al., 1994; McDonald et al., 2001; Jorgensen et al., 1996) นอกจากนี้ใยอาหารยังมีผลกับเยื่อลักษณะของบุผิวทางเดินอาหาร โดยการเปลี่ยนให้มีความสามารถในการดูดซึมได้มากขึ้นได้ (Montagne et al., 2003) และเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับเซลล์เยื่อบุผิว เนื่องจากมีการหมักย่อยของจุลินทรีย์มากจึงเพิ่มปริมาณกรด

ไขมันสายสั้น (short chain fatty acids; SCFA) โดยเฉพาะ Butyrate (Barbara et al., 2010) ความสามารถของใยอาหารที่มีผลต่อโครงสร้างและหน้าที่ของเยื่อบุผิวทางเดินอาหารขึ้นอยู่กับความหนืดของ Digesta ยกตัวอย่างเช่นอาหารผสมที่ประกอบไปด้วย SDF ในระดับสูง จะส่งผลทำให้ Digesta มีความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะไปมีมีผลด้านลบต่อเยื่อบุผิวทางเดินอาหาร (Montagne et al., 2003) แต่ในทางตรงกันข้าม กลับพบว่า อาหารที่ประกอบไปด้วยเยื่อใยที่หมักย่อยได้ (fermentable dietary fiber) ไม่มีผล หรือมีผลเพียงเล็กน้อยต่อลักษณะโครงสร้างของทางเดินอาหาร ทั้งในส่วนลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ (Glitso et al., 1998) Montagne et al. (2003) รายงานว่า IDF มีผลในการขัดข่วนในช่วงที่อาหารเคลื่อนที่ผ่านท่อทางเดินอาหาร ส่งผลให้มีการหลั่ง Mucin เพิ่มมากขึ้น เพราะการหลั่ง Mucin ซึ่งเป็นสารประเภท Glycoprotein ที่หลั่งออกมาเพื่อป้องกันผิวทางเดินอาหารจากการถูกทำลายทางกายภาพ เคมี และเอนไซม์และการติดเชื้อแบคทีเรีย นอกจากนั้นใยอาหารจะทำให้ปริมาณ Mucin ที่เป็นกรดมากขึ้น จึงทำให้ต้านทานต่อการเข้าทำงานของเอนไซม์ของแบคทีเรียก่อโรค ทำให้ง่ายต่อการกำจัดแบคทีเรียก่อโรคออกไป (Rhodes, 1989)

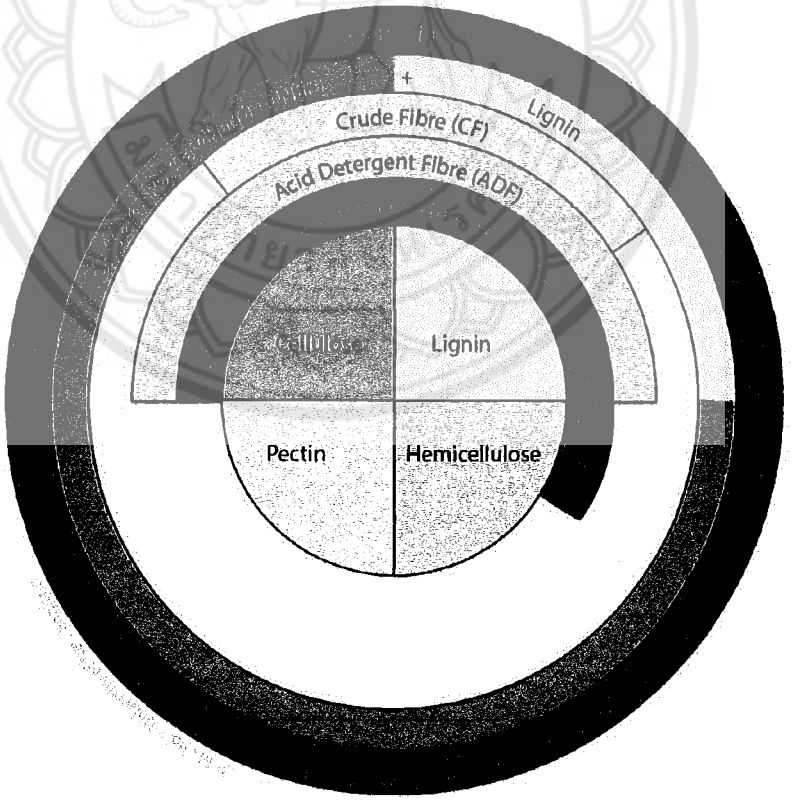


Figure 2.1 Type of dietary fiber (Choct et al., 2010)

2.5 ใยอาหาร (dietary fiber) ในอาหารสัตว์ปีก

สูตรอาหารสัตว์สำเร็จรูปทางการค้า โดยเฉพาะอาหารไก่เนื้อจะกำหนดให้มีใยอาหาร (dietary fiber) หรือเยื่อใยรวม (crude fiber) ไม่เกิน 3-4% เนื่องจากใยอาหารรวมถูกจัดอยู่ในกลุ่มวัตถุเจือจางคุณค่าทางโภชนะของอาหารสัตว์ และส่งผลกระทบต่ออัตราการกินและขัดขวางการย่อยได้ (Mateos et al., 2002) แต่อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในระยะ 2-3 ปีมานี้ พบว่า แหล่งของใยอาหารและปริมาณที่เหมาะสมในอาหารสัตว์สามารถกระตุ้นการพัฒนาของอวัยวะย่อยอาหาร (Hetland et al., 2005; González-alvarado et al., 2007; Hetland and Svihus, 2007) และเพิ่มปริมาณกรดไฮโดรคลอริค กรดเกลือ รวมทั้งเอมไซม์ย่อยอาหารชนิดต่างๆได้ (Hetland et al., 2003; Svihus, 2011) การเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคและสรีรวิทยาของอวัยวะในระบบทางเดินอาหารเหล่านี้อาจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น การย่อยได้ของโภชนะในอาหารเพิ่มสูงขึ้น (Rogel et al., 1987; Amerah et al., 2009; Jiménez-Moreno et al., 2009) และสมรรถภาพการเจริญเติบโต (Sklan et al., 2003; González-alvarado et al., 2010) โดยปกติแล้วรูปแบบการผลิตไก่เนื้อมักจะมุ่งประเด็นสำคัญเฉพาะประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) เพราะถือว่าเป็นเป้าหมายที่สำคัญที่สุดเนื่องจากเป็นตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการผลิต แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ห้นมาให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารปลอดภัย หรืออาหารปลอดสารปฏิชีวนะและสารเคมี ซึ่งเป็นประเด็นที่ผู้ผลิตไก่เนื้อกำลังให้ความสนใจเกี่ยวกับการจัดการให้อาหารไก่เนื้อโดยการเสริมสารอาหารประเภทใยอาหารเพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีในอุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อ ซึ่งจะสังเกตได้จากผลิตภัณฑ์สารเสริมประเภทใยอาหาร ที่ถูกผลิตออกมาจำหน่ายอย่างเป็นทางการ 2-3 ยี่ห้อ เช่น Abocel, Opticellและ Jeluvet เป็นต้น

2.6 บทบาทของใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber; SDF)

ใยอาหารที่ละลาย (soluble dietary fiber; SDF) หรือ sNSP หรือ fermentable dietary fiber จะมีการหมักย่อยที่ไส้ติ่งเป็นแหล่งสารอาหารของจุลินทรีย์ ได้ผลผลิตเป็นกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acids) เช่น กรดอะซิติค กรดโปรปิออนิค และกรดบิวทีริค ซึ่งกรดบิวทีริคให้พลังงานสำหรับเซลล์เยื่อบุของไส้ติ่งด้วย มีความสำคัญต่อการดูดซึมน้ำ ป้องกันอาการการท้องเสีย จะมีลักษณะเป็นเจล สามารถจับกับน้ำตาล ดูดซับน้ำมันได้ ความหนืดสูง และแบคทีเรียที่อาศัยในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้ เช่น แพคติน (pectin) กลูโคแมนแนน (glucomannan) กัม (gums) มิวซิเลจ (mucilage) เป็นต้น สอดคล้องกับ Silva et al. (2013) ที่พบว่าการเสริมแพคตินในอาหารไก่เนื้อ ระหว่าง 3-5 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการเพิ่มความหนืดและลดอัตราการเคลื่อนที่ของอาหารในระบบทางเดินอาหาร รวมทั้งช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์ของพลังงานในอาหารให้ดีขึ้นสำหรับไก่เนื้อระยะแรก แต่ไปมีผลกระทบต่ออัตราการย่อยได้ของโภชนะที่ลดลงในไก่เนื้อระยะเจริญเติบโต นอกจากนั้น SDF มีส่วนช่วยป้องกันการจับตัวของคลอเลสเตอรอลในเส้นเลือด ช่วยป้องกันโรคหัวใจ รวมทั้งช่วยคงระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งมีประโยชน์สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน แหล่งของใยอาหารที่ละลาย ได้แก่ ข้าวบาเลย์

ข้าวโอ๊ต เมล็ดพืช ถั่ว และเลนทิล รวมทั้งพืชและผักบางชนิด ดังนั้นอาหารที่ประกอบด้วยผักและผลไม้มักจะประกอบด้วยใยอาหารที่ละลาย สูงขึ้น 25-30 % ซึ่งมักจะมีอยู่น้อยกว่าใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ใยอาหารชนิดนี้ถูกย่อยที่บริเวณลำไส้เล็กได้มากกว่า (Bach Knudsen, 2001) ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการย่อยและการดูดซึมในลำไส้เล็ก และมีผลต่อลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีในทางเดินอาหารโดยการเพิ่มความหนืดของของเหลวในลำไส้ เพิ่มระยะเวลาเคลื่อนผ่านระบบทางเดินอาหาร ชะลอความว่างของพื้นที่ในกระเพาะ และชะลอการดูดซึมกลูโคส เพิ่มการหลั่งของตับอ่อน และการดูดซึมต่ำลง (Stephen and Cumming, 1980) นอกจากนั้นแล้ว SDF ยังสามารถเพิ่มประชากรและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในส่วนของลำไส้เล็กส่วนปลายและลำไส้ใหญ่มากกว่า IDF (Wenk, 2001) เนื่องจากถูกหมักย่อยอย่างรวดเร็วในระบบทางเดินอาหาร (Nyman et al., 1986; Bach Knudsen et al., 1993) ตัวอย่างของเหลวจากลำไส้ของสุกรที่กินอาหารที่มี SDF อยู่สูงพบปริมาณและความหลากหลายของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารมากกว่าสุกรที่กินอาหารเยื่อใยต่ำ (Jensen and Jorgensen, 1994) Roca-Canudas et al. (2007) แสดงให้เห็นว่าสุกรระยะรุ่นที่กินอาหารเสริมใยอาหารที่ละลายได้จากถั่วเหลือง มีความเสถียรของประชากรจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารมากกว่าสุกรที่กินอาหารที่มีส่วนผสมของรำข้าวสาลีซึ่งเป็นแหล่งของ IDF ซึ่งมีความหลากหลายของจุลินทรีย์น้อยกว่า Wang et al. (2004) ได้ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ ได้แก่ coliform, yeast, lactobacilli, lactic acid bacteria และ total anaerobes ที่ขับออกมาในอุจจาระพบว่าสุกรที่กินอาหารที่ใช้ IDF จากรำข้าวสาลีมากกว่าสุกรที่กินอาหารเสริมใยอาหาร SDF จากเปลือกถั่วเหลืองและทั้งสองกลุ่มพบปริมาณจุลินทรีย์มากกว่าสุกรที่กินอาหารที่ไม่เสริมใยอาหาร

เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์กระเพาะเดี่ยวชนิดอื่นๆ แล้วจะพบว่าไก่เนื้อจะมีอวัยวะในระบบทางเดินอาหารที่แตกต่างกับสัตว์อื่นๆ อย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอวัยวะในระบบย่อยอาหารส่วนท้าย จะมีลำไส้ใหญ่ที่สั้นเพียง 2-3 นิ้ว และอวัยวะที่ช่วยในการหมักย่อยเยื่อใยหรือใยอาหารมีเพียงไส้ติ่งจำนวน 2 พู เท่านั้น หากพิจารณาจากลักษณะทางกายวิภาคและสรีรวิทยาของอวัยวะในระบบทางเดินอาหารของไก่เนื้อแล้วจะพบว่า โอกาสในการเกิดการหมักย่อยโดยอาศัยจุลินทรีย์นั้นเกิดขึ้นค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับสัตว์ชนิดอื่น ดังนั้นหากอาหารไก่เนื้อที่ประกอบไปด้วย SDF ในระดับที่เหมาะสม และจุลินทรีย์ประจำถิ่นที่อยู่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารส่วนท้ายสามารถนำ SDF ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสมดุล ก็อาจจะก่อให้เกิดความสมดุลจุลินทรีย์ประจำถิ่น ทำให้สามารถควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารได้ และอาจจะเป็นทางออกที่จะช่วยจัดการกับปัญหาสุขภาพของไก่เนื้อได้อย่างยั่งยืน

2.7 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber; IDF) ต่อการผลิตสัตว์ปีก

ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) หรือ iNSP หรือ non-fermentable dietary fiber ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) และ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) รวมไปถึงลิกนิน (lignin) ซึ่งไม่ใช่พวกคาร์โบไฮเดรตแต่จัดให้เป็นกลุ่มเดียวกัน มีคุณสมบัติตรงกันข้ามกับ SDF อย่างสิ้นเชิง คือ จะมีความ

หนืดต่ำ ความพองตัวสูงช่วยเพิ่มอัตราการเคลื่อนที่ของอาหารในระบบทางเดินอาหารได้ดีขึ้น ช่วยทำความสะอาดระบบทางเดินอาหาร กระตุ้นการพัฒนาโครงสร้างของกระเพาะอาหารและลำไส้ (gastrointestinal tract) กระตุ้นการผลิตเซลล์ดูดซึม (absorptive epithelial cells) ช่วยลดค่า pH ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยร่วมในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค และส่งเสริมจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ทำให้เกิดความสมดุลของจุลินทรีย์ประจำถิ่นภายในลำไส้ การใช้แกลบโอ๊ตเป็นแหล่งของใยอาหารไม่ละลายน้ำ ส่งผลให้อาหารถูกบดอยู่บริเวณในกึ๋นได้เป็นเวลานานขึ้น (Jimenez-Moreno et al., 2009) และการที่แกลบโอ๊ตใช้เวลาย่อยในกึ๋นได้นานกว่าอาหารประเภทอื่นๆ ลักษณะดังกล่าวจะทำให้ปริมาตรของกึ๋นเพิ่มขนาดขึ้นเมื่อถูกกระตุ้นในเชิงสรีรวิทยา โดยคุณสมบัติบางประการของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งอาจจะส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหารได้ การเสริมแกลบโอ๊ต 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่เนื้อ พบว่าช่วยเพิ่มอัตราการย่อยได้ของแป้งข้าวสาลีและช่วยกระตุ้นการทำงานของกึ๋นให้เพิ่มขึ้น (Hetland and Svihus, 2001) สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของคณะผู้วิจัย ที่พบว่าการเสริมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำจากแกลบข้าวในอาหารไก่เนื้อมีผลช่วยให้เกิดการพัฒนาของวิลไลและเซลล์ดูดซึมของลำไส้เล็ก ซึ่งเยื่อใยจะทำหน้าที่คล้ายแปรงทำความสะอาดระบบท่อทางเดินอาหาร จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยและดูดซึมดีขึ้น รวมไปถึงสมรรถภาพการผลิตโดยรวมเพิ่มขึ้นตามมา (Incharoen, 2013) นอกจากนั้นแล้วยังส่งผลในเชิงบวกต่อความสม่ำเสมอฝูงของไก่ไข่รุ่น และแม่ไก่ที่กำลังให้ไข่ เช่น เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ และคุณภาพไข่ (Incharoen and Maneechote, 2013) ซึ่งสอดคล้องกับ Adibmoradi et al. (2016) ที่รายงานว่า สูตรอาหารไก่เนื้อที่ประกอบด้วยใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำจากแกลบข้าว ที่ระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนช่วยเพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการย่อยได้ของโปรตีน รวมไปถึงช่วยกระตุ้นสัณฐานวิทยาของวิลไล

2.8 แหล่งของใยอาหาร

ธัญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวบาเล่ย์ และข้าวฟ่าง เป็นแหล่งใยอาหารที่ได้จากวัตถุดิบหลักในอาหารสัตว์ เพราะให้พลังงานเข้มข้นที่สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานที่เพียงพอกับความต้องการของสัตว์ ธัญพืชแต่ละชนิดมักจะมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตและใยอาหารที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน นอกจากนั้นแล้วผลพลอยได้ทางการเกษตรจำนวนมากที่อุดมไปด้วยใยอาหารเข้มข้น เช่น ซังข้าวโพด แกลบข้าว และรำสกัดน้ำมัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.8.1) ซังข้าวโพด ประกอบด้วยเยื่อใยที่ใช้เป็นอาหารได้ (dietary fiber) มากกว่า 80% (Table 2.2) ซึ่งสามารถ ถูกเปลี่ยนไปเป็นกลูโคส ไซโลส และน้ำตาลชนิดอื่นๆ ได้ ถ้ามีการนำมาใช้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ในซังข้าวโพดยังประกอบด้วย โปรตีน และเถ้า อีกประมาณ 8 และ 2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จึงเหมาะที่จะนำซังข้าวโพดที่ผ่านการ Hydrolyze แล้ว มาใช้สำหรับเป็นสารสื่อกลางในการหมักย่อยของจุลินทรีย์ (Miura et al., 2004) จากรายงานของ Worasuwannarak et al. (2006) พบว่าส่วนประกอบ ของซังข้าวโพดในส่วน IDF ประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักที่เรียกรวมๆ ว่า Lignocellulosic materials (LCM) ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และอื่นๆ ประมาณ 31,

50.5, 15 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่จากรายงานของ Vazquez et al. (2006) ซึ่งวิเคราะห์ซังข้าวโพด พบว่าส่วนประกอบย่อยของ Hemicellulose ที่มีอยู่ในซังข้าวโพด มีปริมาณมากกว่า 40% ซึ่งได้แก่ Xylan, Arabinan, Uronic acids และ Acetyl groups โดย มี Xylan เป็นองค์ประกอบในปริมาณมากที่สุด คือประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

2.8.2) แกลบข้าว เพราะข้าวเป็นพืชหลักของประเทศไทย และแกลบก็เป็นผลพลอยได้หลักจากการสีข้าว แกลบเป็นส่วนเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดข้าว จากอัตราส่วนโดยมวลของแกลบต่อข้าวเปลือกประมาณ 0.20 - 0.25 ดังนั้นจึงสามารถประมาณได้ว่า ปริมาณแกลบที่ผลิตได้มีปริมาณประมาณ 6-8 ล้านตัน องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ของแกลบส่วนใหญ่จะเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ มี IDF มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในปริมาณ 38, 20 และ 22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบประมาณ 15-17เปอร์เซ็นต์ (Esa et al., 2013)

2.8.3) รำสกัดน้ำมัน เป็นวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในสูตรอาหารสัตว์ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานราคาถูกที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย รวมทั้งใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบที่ช่วยในการเจือจางโภชนะในอาหาร เพราะมีประมาณเยื่อในรูป CF ในปริมาณสูง หาซื้อได้ง่าย โดยเฉพาะถ้าเป็นรำข้าวที่อยู่ในรูปของรำสดที่มีตามโรงสีข้าวทั่วไป แต่รำสดมีข้อจำกัดค่อนข้างมากเพราะไม่สามารถเก็บได้นาน เพราะมีปริมาณน้ำมันอยู่สูง ก่อให้เกิดการหืนได้ง่าย และในสถานการณ์ปัจจุบัน ความนิยมในการบริโภคน้ำมันรำข้าว โดยเฉพาะน้ำมันรำข้าวสกัดเย็น มีมากขึ้น ทำให้รำข้าวถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันรำข้าวมากขึ้น ผลพลอยได้คือ รำสกัดน้ำมัน ก็ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ในวัตถุประสงค์เดิม เพียงแต่คุณภาพดีขึ้นเพราะสามารถเก็บได้นาน ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นแต่พลังงานลดลงเพราะถูกสกัดเอาน้ำมันออกไป และความเข้มข้นของเยื่อใยเพิ่มมากขึ้น แต่ราคาก็สูงขึ้นเมื่อเทียบกับรำสด อ้างตาม Bhosale and Vijayalakshmi (2015) รายงานว่า รำข้าวสกัดน้ำมันที่ผ่านกระบวนการ Stabilization มีปริมาณ CF, DF, IDF และ SDF 21.17, 23.34, 21.17 และ 2.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นรำสกัดน้ำมันจึงสามารถใช้เป็นแหล่ง IDF ที่มีคุณภาพได้

Table 2.2 Chemical composition of corncob

Fraction	Proportion (%)
Dietary fiber	86
Soluble dietary fiber - Starch	9
- Others	17
Insoluble dietary fiber (cellulose, hemicellulose, lignin)	60
Protein	5
Ash	2
Crude lipid	1
Water	6
Total	**100**

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เอกสารรับรองเลขที่ 60 01 011

3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของระดับและชนิดใยอาหารที่เหมาะสมในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์

3.1.1) การวางแผนการทดลอง

ซื้อไก่เนื้อแรกฟัก สายพันธุ์ทางการค้า อายุ 1 วัน เพศผู้ จำนวน 400 ตัว จากโรงฟักไข่เอกชน ลูกไก่ทุกตัวจะถูกเลี้ยงดูภายในโรงเรือนทดลองระบบปิด คอกที่ใช้เลี้ยงปูรองด้วยแกลบมีความหนาประมาณ 3-4 นิ้ว (8-10 เซนติเมตร) และกกลูกไก่แบบล้อมวงกกด้วยหลอดไฟฟ้า 200 วัตต์ เพื่อปรับอุณหภูมิในบริเวณพื้นที่กกให้อยู่ที่ 32 องศาเซลเซียล ในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นจึงค่อย ๆ ลดอุณหภูมิลงประมาณสัปดาห์ละ 2.8-3.0 องศาเซลเซียล จนกระทั่งอุณหภูมิภายในโรงเรือนคงที่อยู่ที่ ประมาณ 25-28 องศาเซลเซียล ในช่วงสัปดาห์แรกของการกกจะต้องคอยสังเกตพฤติกรรมของลูกไก่อย่างใกล้ชิด ที่อายุ 10 วัน ทำการชั่งน้ำหนักไก่ทั้งหมด และคัดเลือกไก่ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันที่สุดจำนวน 320 ตัว มาจัดแบ่งออกเป็น 16 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 5 ตัว ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด ตั้งแต่อายุ 10-45 วัน โดยใช้แผนการทดลองหลักแบบ 4X4 Factorial in CRD กำหนด 2 ปัจจัยหลักประกอบด้วยปัจจัย A และ B ดังนี้

ปัจจัย A คือ ระดับใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ (IDF level) 4 ระดับ ได้แก่ 0, 8, 12 และ 16 เปอร์เซ็นต์ (ค่ากลาง = 12 เปอร์เซ็นต์) อ้างอิงมาจาก Adibmoradi et al. (2016)

ปัจจัย B คือ ระดับใยอาหารชนิดละลายน้ำ (SDF level) 4 ระดับ ได้แก่ 0, 3, 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ (ค่ากลาง = 5 เปอร์เซ็นต์) อ้างอิงมาจาก Silva et al. (2013)

3.1.2) การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์จะถูกคำนวณและประกอบสูตรขึ้นมาให้ตรงกับความต้องการของไก่เนื้อ (Table 3.1-3.4) โดยแบ่งอาหารออกเป็น 2 ระยะ คือ 1) อาหารระยะเจริญเติบโต (10-24 วัน) และอาหารระยะสุดท้าย (25 วัน เป็นต้นไป) แหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับใช้ผสมอาหารทดลอง เป็นวัตถุดิบที่ไม่ได้มาจากพืช ปราศจากใยอาหารหรือเยื่อใย โดยกำหนดให้โภชนะมาจากวัตถุดิบต่อไปนี้

-แหล่งพลังงาน ได้แก่ แป้งข้าว และน้ำมัน หรือไขมัน

-แหล่งโปรตีน ได้แก่ โปรตีนจากสัตว์ L-lysine และ DL-Methionine

-แหล่งปลีกย่อย ได้แก่ พรีมิกซ์ แคลเซียมคาร์บอเนต และ ไดแคลเซียมฟอสเฟต

-แหล่งใยอาหาร ได้แก่ Lignocellulose และ Guar gum

3.1.3) การเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิตและตัวอย่าง

ทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิตโดยรวม เช่น น้ำหนักตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการแลกเนื้อ สัปดาห์ๆ ละ 1 ครั้ง ไปจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง และบันทึกอัตราการตายเป็นประจำทุกวัน ที่อายุ 45 วัน นำไก่ทดลองจากแต่ละกลุ่ม จำนวนกลุ่มละ 4 ตัว มาชั่งในกรงเดี่ยว เพื่อเก็บสิ่งขับถ่ายทั้งหมด สำหรับการวิเคราะห์หาอัตราการย่อยได้ของโภชนะ ตามวิธีการของ Adibmoradi et al. (2016) และสุ่มเก็บตัวอย่างสิ่งเหลือในไส้ติ่ง เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ประจำถิ่น หลังจากการเก็บตัวอย่างซากสัตว์จะถูกนำไปฝังกลบในหลุมความลึกไม่ต่ำกว่า 1 เมตร และทำการฝังกลบ พร้อมกับการโรยด้วยปูนขาวบริเวณภายในหลุมและบริเวณรอบๆ

3.1.4) การตรวจหา Salmonella spp และ *E. coli*

นำตัวอย่างที่ผ่านการเพิ่มจำนวนใน Lactose broth ไปทำการเพิ่มจำนวนเฉพาะชนิดแบคทีเรีย *Salmonella* spp. ในอาหารเหลว (Enrichment media) Tetrathionate (TT) broth บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 ± 2.0°C นาน 24 ± 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการเพาะเลี้ยงเพื่อตรวจนับจำนวนบนอาหารจำเพาะด้วยวิธีการ Dilution spread plate method บนอาหาร Salmonella agar โดยการทดสอบความเจือจางละ 3 ซ้ำ บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35°C นาน 24 ชั่วโมง และนับจำนวนโคโลนี สำหรับการตรวจหา *E. coli* โดยการนำตัวอย่างที่ผ่านการเพิ่มจำนวนใน Lactose broth มาเพาะเลี้ยงเชื้อด้วยวิธีการเจือจางแบบลำดับส่วนและนำไปเกลี่ยบนจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ (Dilution Spread plate method) ที่จำเพาะ คือ Eosin Methylene Blue (EMB) agar โดยการทดสอบความเจือจางละ 3 ซ้ำ บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35°C ± 0.5 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง จำนวนโคโลนีของเชื้อทั้ง 2 ชนิดจะถูกนำไปคำนวณค่าที่นับได้ในหน่วยของ CFU/g

3.1.5) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variances: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 4x4 Factorial in Completely Randomized Design และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test

Table 3.1 Feed ingredients of grower semi-purified diets (10-24 d-old)

Feed ingredients	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
Wheat flour	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5
Palm oil	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Animal protein	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3
Dicalcium phosphate	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Calcium carbonate	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Premix[1]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
L-lysine	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	ro	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
DL-Methionine	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Lignocellulose	0.0	8.0	12.0	16.0	0.0	8.0	12.0	16.0	0.0	8.0	12.0	16.0	0.0	8.0	12.0	16.0
Guar gum	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Kaolin	23.0	15.0	11.0	7.0	20.0	12.0	8.0	4.0	18.0	10.0	6.0	2.0	16.0	8.0	4.0	0.0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

[1]Premix provided the following per kilogram of complete diet: 14,000,000 IU of vitamin A; 3,000,000 IU of vitamin D3; 2,500 IU of vitamin E; 35 g of vitamin K; 2.5 g of vitamin B1; 6.5 g of vitamin B2; 275 g of vitamin B6; 25 mg of vitamin B12; 11.00 g of pantothenic acid; 35 g of nicotinic acid; 15 mg of biotin; 250 g of choline chloride; 1.5 g of copper; 60 g of manganese; 1.5 g of iron; 45 g of zinc; 400 mg of iodine; 150 mg of selenium.

Table 3.2 Calculated nutrient compositions of grower semi-purified (10-24 d-old)

Calculated nutrient compositions	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
ME (kcal/kg)	3,000															
CP	20.00															
EE	13.85															
CF	0.23															
Lys	1.43															
Met+Cys	1.10															
Met	0.95															
Thr	0.53															
Ca	1.69															
Tot.Phos	0.76															
Avail Phos.	0.70															

Table 3.3 Feed ingredient of finisher semi-purified diets (25-45 d-old)

Feed ingredients	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
Wheat flour	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
Palm oil	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
Animal protein	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Dicalcium phosphate	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Calcium carbonate	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Premix[1]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
L-lysine	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
DL-Methionine	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Lignocellulose	0.0	8.0	12.0	16.0	0.0	8.0	12.0	16.0	0.0	8.0	12.0	16.0	0.0	8.0	12.0	16.0
Guar gum	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Kaolin	23.0	15.0	11.0	7.0	20.0	12.0	8.0	4.0	18.0	10.0	6.0	2.0	16.0	8.0	4.0	0.0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

[1]Premix provided the following per kilogram of complete diet: 14,000,000 IU of vitamin A; 3,000,000 IU of vitamin D3; 2,500 IU of vitamin E; 35 g of vitamin K; 2.5 g of vitamin B1; 6.5 g of vitamin B2; 275 g of vitamin B6; 25 mg of vitamin B12; 11.00 g of pantothenic acid; 35 g of nicotinic acid; 15 mg of biotin; 250 g of choline chloride; 1.5 g of copper; 60 g of manganese; 1.5 g of iron; 45 g of zinc; 400 mg of iodine; 150 mg of selenium.

Table 3.4 Calculated nutrient compositions of finisher semi-purified (25-45 d-old)

Calculated nutrient compositions	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
ME (kcal/kg)	3,100															
CP	18.00															
EE	15.42															
CF	0.20															
Lys	1.14															
Met+Cys	0.93															
Met	0.80															
Thr	0.46															
Ca	1.50															
Tot.Phos	0.70															
Avail Phos.	0.64															

3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอัตราส่วนใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์

3.2.1) การออกแบบและวางแผนการทดลอง

เมื่อทราบผลของระดับการใช้ใยอาหารแต่ละชนิดจากการทดลองที่ 1 แล้ว ทำให้ทราบว่าระดับการใช้ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ หรือละลายน้ำ ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกจะคำนึงจากค่าที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ/ค่าที่มีผลกระทบต่อสุขภาพสัตว์ ดังนี้ 1) Weight gain 2) Feed conversion ratio 3) Apparent digestibility coefficient of CP 4) Apparent digestibility coefficient of EE 5) Apparent digestibility coefficient of DM 6) Number of *Salmonella spp.* และ 7) Number of *E.coli* ดังแสดงใน Table 3.5 จากผลการประเมินโดยภาพรวมภายใต้เกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่า ระดับที่ดีที่สุดของการใช้ใยอาหารชนิดละลายน้ำ ที่ระดับ 0% และใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ที่ระดับ 0 ถึง 12% สำหรับการศึกษานี้ นักวิจัยจึงได้พิจารณาและออกแบบระดับการใช้ใยอาหารแต่ละชนิดในการทดลองที่ 2 คือ ระดับการใช้ใยอาหารชนิดละลายน้ำ 0% และกรณีการกำหนดระดับการใช้ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ พิจารณาจากช่วงที่มีให้ค่าที่ดีที่สุด คือ 0-12% ซึ่งมีค่ากลางอยู่ที่ 8% และนักวิจัยได้ทำการปรับเพิ่มขึ้น/ลดลงจากค่าเดิมอีก ± 2 เปอร์เซ็นต์ (6, 8 และ 10 % ตามลำดับ) ดังนั้น อัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำ (IDF:SDF) ในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์ มีค่าเท่ากับ 0:0 (T1), 6:0 (T2), 8:0 (T3) และ 10:0 (T4) % ตามลำดับ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) ใช้ไก่เนื้อแรกฟัก สายพันธุ์ทางการค้า อายุ 1 วัน เพศผู้ จำนวน 200 ตัว จากโรงฟักไข่เอกชน ลูกไก่ทุกตัวจะถูกเลี้ยงดูภายในโรงเรือนทดลองระบบปิด คอกที่ใช้เลี้ยงปูรองด้วยแกลบมีความหนาประมาณ 3-4 นิ้ว (8-10 เซนติเมตร) และกกลูกไก่แบบล้อมวงกกด้วยหลอดไฟฟ้า 200 วัตต์ เพื่อปรับอุณหภูมิในบริเวณพื้นที่กกให้อยู่ที่ 32 องศาเซลเซียล ในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นจึงค่อย ๆ ลดอุณหภูมิลงประมาณสัปดาห์ละ 2.8-3.0 องศาเซลเซียล จนกระทั่งอุณหภูมิภายในโรงเรือนคงที่อยู่ที่ ประมาณ 25-28 องศาเซลเซียล ในช่วงสัปดาห์แรกของการกกจะต้องคอยสังเกตพฤติกรรมของลูกไก่อย่างใกล้ชิด ที่อายุ 10 วัน ทำการชั่งน้ำหนักไก่ทั้งหมด และคัดเลือกไก่ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันที่สุดจำนวน 160 มาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 8 ซ้ำๆ ละ 5 ตัว ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด ตั้งแต่อายุ 10-45 วัน

3.2.2) การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์จะถูกคำนวณและประกอบสูตรขึ้นมาให้ตรงกับความต้องการของไก่เนื้อ โดยแบ่งอาหารออกเป็น 2 ระยะ คือ 1) อาหารระยะเจริญเติบโต (10-24 วัน) และอาหารระยะสุดท้าย (25 วัน เป็นต้นไป) ดังแสดงใน Table 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ แหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับใช้ผสมอาหารทดลอง เป็นวัตถุดิบที่ไม่ได้มาจากพืช ปราศจากใยอาหารหรือเยื่อใย คล้ายคลึงกับการทดลองที่ 1

3.2.3) การเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิตและตัวอย่าง

ทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิตโดยรวม เช่น น้ำหนักตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการแลกเนื้อ สัปดาห์ๆ ละ 1 ครั้ง ไปจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง และบันทึกอัตราการ

ตายเป็นประจำทุกวัน ที่อายุ 45 วัน นำไก่ทดลองจากแต่ละกลุ่ม จำนวนกลุ่มละ 4 ตัว มาขังในกรงเดี่ยว เพื่อเก็บสิ่งขับถ่ายทั้งหมด สำหรับการวิเคราะห์หาอัตราการย่อยได้ของโภชนะ ตามวิธีการของ Adibmoradi et al. (2016) และสุ่มเก็บตัวอย่างสิ่งเหลือในไส้ติ่ง เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ประจำถิ่น หลังจากการเก็บตัวอย่างซากสัตว์จะถูกนำไปฝังกลบในหลุมความลึกไม่ต่ำกว่า 1 เมตร และทำการฝังกลบ พร้อมกับการโรยด้วยปูนขาวบริเวณภายในหลุมและบริเวณรอบๆ

3.2.4) การตรวจหา Salmonella spp และ *E. coli*

นำตัวอย่างที่ผ่านการเพิ่มจำนวนใน Lactose broth ไปทำการเพิ่มจำนวนเฉพาะชนิดแบคทีเรีย *Salmonella* spp. ในอาหารเหลว (Enrichment media) Tetrathionate (TT) broth บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 ± 2.0°C นาน 24 ± 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการเพาะเลี้ยงเพื่อตรวจนับจำนวนบนอาหารจำเพาะด้วยวิธีการ Dilution spread plate method บนอาหาร Salmonella agar โดยการทดสอบความเจือจางละ 3 ซ้ำ บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35°C นาน 24 ชั่วโมง และนับจำนวนโคโลนี สำหรับการตรวจหา *E. coli* โดยการนำตัวอย่างที่ผ่านการเพิ่มจำนวนใน Lactose broth มาเพาะเลี้ยงเชื้อด้วยวิธีการเจือจางแบบลำดับส่วนและนำไปเกลี่ยบนจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ (Dilution Spread plate method) ที่จำเพาะ คือ Eosin Methylene Blue (EMB) agar โดยการทดสอบความเจือจางละ 3 ซ้ำ บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35°C ± 0.5 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง จำนวนโคโลนีของเชื้อทั้ง 2 ชนิดจะถูกนำไปคำนวณค่าที่นับได้ในหน่วยของ CFU/g

Table 3.5 Selection criteria for type and used level of dietary fiber

	SDF levels[2]				IDF levels[3]			
Selection criteria[1]	0	3	5	7	0	8	12	16
Weight gain (g/b)	1	0	0	0	0	0	0	0
Feed conversion ratio	1	0	0	0	1	1	1	0
Apparent digestibility coefficient of CP	1	0	0	0	0	0	0	0
Apparent digestibility coefficient of EE	0	0	0	0	0	0	0	0
Apparent digestibility coefficient of DM	1	0	0	0	0	0	0	0
Number of *Salmonella spp.*	0	0	0	0	0	0	0	0
Number of *E.coli*	1	0	0	0	1	1	1	0
Total	5	0	0	0	2	2	2	0

[1]The best positive ranking with significant different result will be expressed as 1 score, while other value with non-significant different data will be expressed as 0 score.

[2]Soluble dietary fiber

[3]Insoluble dietary fiber

Table 3.6 Feed ingredients and calculated chemical composition of grower semi-purified diets (10 to 24 d-old)

Item	T1	T2	T3	T4
Feed ingredients				
Wheat flour	58.0	58.0	58.0	58.0
Palm oil	4.5	4.5	4.5	4.5
Porcine meal	16.5	16.5	16.5	16.5
Fish meal	9.0	9.0	9.0	9.0
Dicalcium phosphate	0.2	0.2	0.2	0.2
Calcium carbonate	0.2	0.2	0.2	0.2
Premix[1]	0.4	0.4	0.4	0.4
L-lysine	0.6	0.6	0.6	0.6
DL-Methionine	0.6	0.6	0.6	0.6
Lignocellulose	0.0	6.0	8.0	10.0
Kaolin	10.0	4.0	2.0	0.0
Total	100	100	100	100
Calculated chemical composition				
ME (kcal/kg)	3,157			
CP	22.11			
EE	6.74			
CF	0.65			
Lys	1.27			
Met+Cys	0.98			
Met	0.84			
Thr	0.48			
Ca	2.51			
Tot.Phos	1.16			
Avail Phos.	0.60			

[1]Premix provided the following per kilogram of complete diet: 14,000,000 IU of vitamin A; 3,000,000 IU of vitamin D3; 2,500 IU of vitamin E; 35 g of vitamin K; 2.5 g of vitamin B1; 6.5 g of vitamin B2; 275 g of vitamin B6; 25 mg of vitamin B12; 11.00 g of pantothenic acid; 35 g of nicotinic acid; 15 mg of biotin; 250 g of choline chloride; 1.5 g of copper; 60 g of manganese; 1.5 g of iron; 45 g of zinc; 400 mg of iodine; 150 mg of selenium.

Table 3.7 Feed ingredients and calculated chemical composition of finisher semi-purified diets (24 to 45 d-old)

Item	T1	T2	T3	T4
Feed ingredients				
Wheat flour	62.5	62.5	62.5	62.5
Palm oil	5.0	5.0	5.0	5.0
Porcine meal	12.6	12.6	12.6	12.6
Fish meal	8.0	8.0	8.0	8.0
Dicalcium phosphate	0.1	0.1	0.1	0.1
Calcium carbonate	0.1	0.1	0.1	0.1
Premix[1]	0.4	0.4	0.4	0.4
L-lysine	0.6	0.6	0.6	0.6
DL-Methionine	0.6	0.6	0.6	0.6
Lignocellulose	0.0	6.0	8.0	10.0
Kaolin	10.0	4.0	2.0	0.0
Total	100	100	100	100
Calculated chemical composition				
ME (kcal/kg)	3,213			
CP	20.14			
EE	6.78			
CF	0.51			
Lys	1.13			
Met+Cys	0.91			
Met	0.80			
Thr	0.39			
Ca	1.96			
Tot.Phos	0.90			
Avail Phos.	0.48			

[1]Premix provided the following per kilogram of complete diet: 14,000,000 IU of vitamin A; 3,000,000 IU of vitamin D3; 2,500 IU of vitamin E; 35 g of vitamin K; 2.5 g of vitamin B1; 6.5 g of vitamin B2; 275 g of vitamin B6; 25 mg of vitamin B12; 11.00 g of pantothenic acid; 35 g of nicotinic acid; 15 mg of biotin; 250 g of choline chloride; 1.5 g of copper; 60 g of manganese; 1.5 g of iron; 45 g of zinc; 400 mg of iodine; 150 mg of selenium.

3.2.5) การวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของวิลไล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ที่อายุ 45 วัน สุ่มไก่ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันในแต่ละกลุ่มๆละ จำนวน 4 ตัว/กลุ่ม เพื่อมาทำการการุณยฆาต แล้วทำการเก็บตัวอย่างลำไส้เล็ก ส่วนต้น (duodenum) บริเวณจุดกึ่งกลางของส่วนที่เชื่อมต่อกับกระเพาะบดไปจนถึง Bile duct entry หลังจากนั้นทำการล้างสิ่งเหลือภายในด้วย PBS นำตัวอย่างบรรจุลงในขวดแก้วที่มีสารละลายบัฟเฟอร์ฟอร์มาลิน 10% (สารละลาย 1 ลิตร ประกอบด้วย ฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 37-40% 100 มิลลิลิตร โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต 1.683 กรัม และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตแอนไฮดรัส 5.836 กรัม) เพื่อเป็นการเก็บรักษาเนื้อเยื่อให้คงสภาพ นำขวดเก็บตัวอย่างไปเก็บไว้ในตู้แช่เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล โดยวิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) ได้อ้างอิงมาจาก Incharoen et al. (2013) ซึ่งตัวอย่างเนื้อเยื่อแต่ละส่วนจะถูกนำไปผ่านกระบวนเตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อ ดังนี้

- เอทานอล 70% ครั้งละ 4 ชั่วโมง 1 ครั้ง
- เอทานอล 70% ครั้งละ 2 ชั่วโมง 1 ครั้ง
- เอทานอล 80% ครั้งละ 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง
- เอทานอล 90% ครั้งละ 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง
- เอทานอล 95% ครั้งละ 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง
- เอทานอล 100% ครั้งละ 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง
- ไซลีน ครั้งละ 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง
- พาราฟินหลอมเหลว ครั้งละ 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง ๆ ละ 30 นาที
- นำเนื้อเยื่อปรับความดันสุญญากาศ ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 30 นาที

หลังจากนั้นนำเนื้อเยื่อมาฝังลงในพาราฟิน (Embedding) แล้วนำไปตัดชิ้นเนื้อเยื่อให้มีความหนา 5 ไมโครเมตร ด้วยเครื่องเครื่องตัดบล็อกชิ้นเนื้อ (Manual Microtome) แล้วนำชิ้นเนื้อเยื่อที่ ตัดได้ (Section) มาวางบนแผ่นกระจกสไลด์ ทิ้งตัวอย่างไว้บนแท่นอุ่นสไลด์ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะทำการย้อมสีด้วยฮีมาทอกซิลิน (Hematoxylin) และอีโอซิน (Eosin) โดยก่อนอื่นจะนำไปผ่านขั้นตอนการขจัดพาราฟิน (Deparaffinization) ดังขั้นตอนต่อไปนี้

- ไซลิน ครั้งละ 10 นาที 2 ครั้ง
- เอทิลแอลกอฮอล์ 100% 2 นาที
- เอทิลแอลกอฮอล์ 95% 2 นาที
- เอทิลแอลกอฮอล์ 70% 2 นาที
- ล้างด้วยน้ำสะอาด ไหลผ่านตลอดเวลา 2 นาที
- ย้อมสีด้วยฮีมาทอกซิลิน ประมาณ 4 นาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด ไหลผ่านตลอดเวลา จนกระทั่งน้ำที่แช่อยู่ใสไม่มีสีม่วงออกมาอีก
- จุ่มลงในเอทิลแอลกอฮอล์ 1 ครั้ง เพื่อล้างสีส่วนเกิน แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด ไหลผ่าน ตลอดเวลา นาน 1-2 นาที

- ย้อมสีด้วย Eosin นาน 2 นาที
- เอทิลแอลกอฮอล์ 70% 30 วินาที
- เอทิลแอลกอฮอล์ 95% 2 นาที 2 ครั้ง
- เอทิลแอลกอฮอล์ 100% 2 นาที 2 ครั้ง
- ไซลิน ครั้งละ 5 นาที 3 ครั้ง
- หยด Mounting median ลงบนกระจกสไลด์แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์

นำกระจกสไลด์ที่มีเนื้อเยื่อที่ย้อมสีเสร็จแล้วไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ Optika ® Intaly รุ่น B-510 Series โดยใช้โปรแกรม Sxview เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางจุลกายวิภาค (histology) เพื่อประเมินความยาววิลไล (villus height) พื้นที่ของวิลไล (villus area) ความลึกของคริปต์ (crypt depth) และสัดส่วนของความยาววิลไลต่อความลึกของคริปต์ ตามวิธีการของ Incharoen et al. (2013)

3.2.6) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variances: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 4x4 Factorial in Completely Randomized Design และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของระดับและชนิดใยอาหารที่เหมาะสมในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์

Table 4.1 แสดงอิทธิพลของใยอาหารชนิดละลายน้ำและไม่ละลายน้ำระดับต่างๆ ในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อช่วงอายุ 10-45 วัน จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า น้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และอัตราการกินอาหาร ของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับใยอาหารชนิดละลายน้ำ ตั้งแต่ระดับ 3 ถึง 7 เปอร์เซ็นต์ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.001$) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.001$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มได้รับอาหารที่มีระดับใยอาหารชนิดละลายน้ำ ที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Rahmatnejad and Saki (2016) ที่ได้ทำการทดสอบผลของเซลลูโลสที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี และมีความหนืดสูง ที่เรียกว่า คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) ในอาหารไก่เนื้อ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าผลดังกล่าวมีความสัมพันธ์ความหนืดในระบบทางเดินอาหาร (Gastrointestinal system) ที่เพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้อัตราการไหลของอาหาร (Feed passage rate) ภายในท่อทางเดินอาหารช้าลง สัตว์จึงลดอัตราการกินอาหาร และส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลงตามไปด้วย (Shakouri et al., 2006) สอดคล้องกับรายงานต่างๆ ที่กล่าวว่า ปริมาณใยอาหารชนิดละลายน้ำในอาหารไก่ที่เพิ่มสูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพการเจริญเติบโตและอัตราการย่อยได้ที่ลดลง (Maisonnier et al., 2001; Carre et al., 2002)

แต่ในทางกลับกัน น้ำหนักตัว และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ที่ระดับ 0 ถึง 16 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในกลุ่มที่ได้รับใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ที่ระดับ 12 ถึง 16 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับอัตราการกินอาหาร และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ที่มีแนวโน้มเพิ่มในกลุ่มที่ได้รับใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำในระดับที่เพิ่มสูงขึ้น ($P>0.05$) และมีค่าสูงสุด ในกลุ่มที่ได้รับใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ที่ระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการเสริมใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากเปลือกข้าวโอ๊ต ที่ระดับ 2-3% ในอาหารจะทำให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ที่ได้รับอาหารที่มีส่วนประกอบของใยอาหารในระดับต่ำ (Mateos et al., 2012) Incharoen (2013) ที่ระบุว่า ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากแกลบข้าวสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงได้ นอกจากนั้นแล้วการเสริมใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำในอาหารไก่ไข่ ยังส่งผลในเชิงบวกต่อความสม่ำเสมอฝูงของไก่ไข่รุ่น และแม่ไก่ที่กำลังให้ไข่ เช่น เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ และคุณภาพไข่ (Incharoen and Maneechote, 2013) ซึ่งสอดคล้องกับ Adibmoradi et al. (2016) ที่รายงานว่า สูตรอาหารไก่เนื้อที่ประกอบด้วยใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำจากแกลบข้าวที่ระดับ 1.5

ว SP
Q7
ท2575
2561
1049870

22 มี.ค. 2565
สำนักหอสมุด

เปอร์เซ็นต์ มีส่วนช่วยเพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการย่อยได้ของโปรตีน รวมไปถึงช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์ สัณฐานวิทยาของวิลไล

อย่างไรก็ดี จากผลการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยยังพบอีกว่า อาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์ที่ใช้ในการทดลองมีผลทำให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่ทุกกลุ่มมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานสายพันธุ์ รอส 308 อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะน้ำหนักตัวและอัตราการกินอาหารของไก่กลุ่มควบคุม มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าหากปริมาณการกินอาหารลดลง มักจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อน้ำหนักตัวที่แย่ลงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งนี้มีความเป็นไปได้อย่างยิ่งว่าสัตว์อาจสามารถใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวสาลีที่เป็นองค์ประกอบหลักในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ได้ดีกว่าเมล็ดธัญพืชที่ใช้ประกอบสูตรอาหารพื้นฐานทางการค้าทั่วไป จึงส่งผลให้สัตว์ได้รับพลังงานอย่างเพียงพอและลดอัตราการกินอาหารในที่สุด ซึ่งคล้ายคลึงกับการทดลองของ Rahmatnejad and Saki (2016) ที่ใช้อาหารกึ่งบริสุทธิ์เลี้ยงไก่เนื้อสายพันธุ์ รอส 308 ที่อายุ 7-21 วัน แล้วพบว่า อัตราการกินอาหารมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน คิดเป็น 52.0 เปอร์เซ็นต์

Table 4.2 แสดงอิทธิพลของใยอาหารชนิดละลายน้ำและไม่ละลายน้ำระดับต่างๆ ในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ต่อค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโปรตีนหยาบ ไขมัน และวัตถุแห้ง ในไก่เนื้อที่อายุ 45 วัน พบว่า ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับใยอาหารชนิดละลายน้ำ ตั้งแต่ระดับ 3 ถึง 7 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโปรตีนหยาบ และวัตถุแห้ง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.001$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารที่มีระดับใยอาหารชนิดละลายน้ำ และมีค่าต่ำที่สุดในไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับใยอาหารชนิดละลายน้ำ ที่ 7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของไขมัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คล้ายคลึงกับงานวิจัย ของ Silva et al. (2013) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการใช้เพคติน (Pectin) ที่สกัดได้จากเปลือกส้ม ซึ่งถือได้ว่าเพคตินเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำอีกประเภทหนึ่ง จากผลวิจัยพบว่า การใช้เพคตินในอาหารไก่เนื้อมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของวัตถุแห้ง และโปรตีนหยาบ มีค่าลดลง ยิ่งไปกว่านั้น Maisonnier et al. (2003) ได้บันทึกไว้ว่า การเสริมกัวกัม (Guar gum) ในอาหารไก่เนื้อ มีผลทำให้ความเข้มข้นและประสิทธิภาพในการหลั่งกรดเกลือลดลง และส่งผลทำให้อัตราการย่อยได้ของไขมันลดลงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ที่ระดับ 0 ถึง 16 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโปรตีนหยาบ ไขมัน และวัตถุแห้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) จากผลการทดลองนี้สะท้อนให้เห็นว่า ประเภทของใยอาหารมีผลโดยตรงต่ออัตราการย่อยได้ของโภชนะ และส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงว่าใยอาหารชนิดละลายน้ำ อาจเป็นสาเหตุสำคัญในการลดอัตราการย่อยได้ เนื่องจากใยอาหารชนิดละลายน้ำจะมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำสูงและความสามารถในการสร้างเจล (Conte et al., 2003) จึงส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงาน และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโปรตีนหยาบ และวัตถุแห้ง (Silva et al., 2013)

Table 4.1 Different levels of inclusion of soluble and insoluble dietary fiber in semi-purified diets on growth performance of broiler chickens during 10-45 d-old

Item	SDF[1] (%)	IDF[2] (%)	BW[3] (g/b)	WG[4] (g/b)	FI[5] (g/b)	FCR[6]
Comparison of treatment means						
T1	0	0	2624.0^{c}	2425.3^{c}	5203.3^{b}	2.14^{cde}
T2	0	8	3517.5^{a}	3318.3^{a}	6094.0^{a}	1.84^{ef}
T3	0	12	3533.8^{a}	3334.5^{a}	5990.5^{a}	1.81^{f}
T4	0	16	3077.0^{b}	2877.8^{b}	6268.5^{a}	2.19^{cd}
T5	3	0	2306.8^{c}	2108.3^{c}	3910.0^{cd}	1.92^{def}
T6	3	8	1627.5^{def}	1428.8^{def}	3492.3^{de}	2.45^{abc}
T7	3	12	1859.8^{d}	1661.0^{d}	4001.8^{cd}	2.42^{abc}
T8	3	16	1901.5^{d}	1702.5^{d}	4630.8^{bc}	2.71^{a}
T9	5	0	1520.8^{def}	1321.8^{def}	3062.5^{ef}	2.32^{bc}
T10	5	8	1407.3^{ef}	1208.3^{ef}	2813.8^{ef}	2.33^{bc}
T11	5	12	1754.5^{de}	1555.8^{de}	3607.5^{de}	2.34^{bc}
T12	5	16	1554.3^{def}	1355.8^{def}	3439.3^{de}	2.54^{ab}
T13	7	0	1397.0^{ef}	1198.3^{ef}	2946.0^{ef}	2.46^{abc}
T14	7	8	1279.8^{f}	1081.0^{f}	2617.5^{f}	2.42^{abc}
T15	7	12	1402.3^{ef}	1203.8^{ef}	2835.8^{ef}	2.37^{bc}
T16	7	16	1467.3^{ef}	1268.5^{ef}	3115.0^{ef}	2.43^{abc}
Pooled SEM[7]			97.12	97.11	162.24	0.04
P-value			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Factorial analysis						
SDF (%)	0		3188.1^{a}	2988.9^{a}	5889.1^{a}	1.99^{b}
	3		1923.9^{b}	1725.1^{b}	4008.7^{b}	2.37^{a}
	5		1559.2^{c}	1360.4^{c}	3230.8^{c}	2.38^{a}
	7		1386.6^{d}	1187.9^{d}	2878.6^{c}	2.42^{a}
IDF (%)		0	1962.1	1763.4	3780.4^{b}	2.21^{b}
		8	1958.0	1759.1	3754.4^{b}	2.26^{b}
		12	2137.6	1938.8	4108.9^{ab}	2.23^{b}
		16	2000.0	1801.1	4363.4^{a}	2.46^{a}
Probability						
SDF			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
IDF			0.127	0.127	<0.05	<0.05
SDF x IDF			<0.001	<0.001	0.181	<0.05

[1]Soluble dietary fiber; [2]Insoluble dietary fiber; [3]Body weight; [4]Weight gain; [5]Feed intake; [6]Feed conversion ratio; [7]Standard error of mean.

[a-f]Means in the same column with common superscripts are significantly different (P<0.001 or P < 0.05).

Table 4.2 Different levels of inclusion of soluble and insoluble dietary fiber in semi-purified diets on apparent digestibility coefficient of crude protein, ether extract and dry matter in broiler at 45 d-old

Item	SDF[1] (%)	IDF[2] (%)	ADC-CP[3]	ADC-EE[4]	ADC-DM[5]
Comparison of treatment means					
T1	0	0	70.5^{a}	75.3	79.0^{a}
T2	0	8	68.0^{abc}	74.0	78.8^{a}
T3	0	12	71.8^{a}	76.5	77.0^{ab}
T4	0	16	69.5^{ab}	74.5	80.5^{a}
T5	3	0	57.8^{cd}	74.3	67.0^{bc}
T6	3	8	55.5^{d}	70.0	67.0^{bc}
T7	3	12	59.0^{bcd}	69.3	68.3^{bc}
T8	3	16	55.3^{d}	67.3	66.5^{bc}
T9	5	0	48.0^{d}	72.0	58.5^{d}
T10	5	8	56.0^{d}	74.3	65.0^{d}
T11	5	12	58.8^{cd}	75.0	67.8^{bc}
T12	5	16	56.3^{d}	75.3	67.8^{bc}
T13	7	0	49.8^{d}	69.0	57.8^{d}
T14	7	8	49.3^{d}	73.8	59.8^{d}
T15	7	12	50.3^{d}	73.3	66.5^{bc}
T16	7	16	49.3^{d}	75.8	62.5^{d}
Pooled SEM[6]			1.24	0.74	1.14
P-value			<0.001	0.646	<0.001
Factorial analysis					
SDF (%)	0		69.9^{a}	75.1	78.8^{a}
	3		56.9^{b}	70.2	67.2^{b}
	5		54.8^{b}	74.1	64.8^{bc}
	7		49.6^{c}	72.9	61.6^{c}
IDF (%)		0	56.5	72.6	65.6
		8	57.2	73.0	67.6
		12	59.9	73.5	69.9
		16	57.6	73.2	69.3
Probability					
SDF			<0.001	0.136	<0.001
IDF			0.544	0.981	0.281
SDF x IDF			0.861	0.698	0.782

[1]Soluble dietary fiber; [2]Insoluble dietary fiber; [3]Apparent digestibility coefficient of crude protein; [4]Apparent digestibility coefficient of ether extract; [5]Apparent digestibility coefficient of dry matter; [6]Standard error of mean. [a-f]Means in the same column with common superscripts are significantly different (P<0.001 or P < 0.05).

Table 4.3 แสดงอิทธิพลของใยอาหารชนิดละลายน้ำและไม่ละลายน้ำระดับต่างๆ ในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ต่อจำนวนเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E.coli* ในไส้ติ่งของไก่เนื้อ ที่อายุ 45 วัน พบว่า ไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ในไส้ติ่งของไก่เนื้อในทุกกลุ่มทดลอง อาจมีความเป็นไปได้ว่า การเลี้ยงสัตว์ทดลองที่ต้องดำเนินการจัดการด้านการเลี้ยงและสุขภาพสัตว์ให้เป็นไปตามมาตรฐานการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการจัดการและควบคุมระบบความปลอดภัยทางชีวภาพอย่างเข้มงวด จึงทำให้ตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ในขณะที่ จำนวนเชื้อ *E.coli* ในไส้ติ่งของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีระดับใยอาหารชนิดละลายน้ำ ตั้งแต่ระดับ 3 ถึง 7 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.001$) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีระดับใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ที่ระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ Jha et al. (2019) รายงานว่า ใยอาหารชนิดละลายน้ำมีความสามารถในการเพิ่มความหนืดและระยะเวลาในการเคลื่อนของสิ่งย่อยในลำไส้ และสิ่งย่อยที่คั่งค้างอยู่ในท่อทางเดินอาหารยาวนานขึ้นมีผลทำให้เกิดโอกาสเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้จึงอาจมีความเป็นไปได้ว่าชนิดใยอาหารมีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร คล้ายคลึงกับ การศึกษาในสุกรที่ได้รับอาหารที่มีใยอาหารที่ถูกหมักโดยจุลินทรีย์ได้ (Fermentable fiber) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในข้าวบาร์เลย์ที่มี β-glucans สูง พบว่า จุลินทรีย์จีนัส Firmicutes มีจำนวนเพิ่มขึ้น ได้แก่ *Dialister, Sharpea, and Ruminococcus* (Fouhse et al., 2017) อย่างไรก็ตามการเพิ่มความหนืดของสิ่งย่อยในสัตว์ปีกด้วยใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (β-glucans ข้าวบาร์เลย์ หรือ Arabinoxylans ข้าวสาลี) ส่งผลเสียต่ออัตราการเจริญเติบโต และมีผลต่อการเพิ่มจำนวนของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค อาทิเช่น *E. coli* and *Clostridium perfringens* (Annett et al, 2002; Shakouri et al., 2009). ยิ่งไปกว่านั้น บทบาทหน้าที่ของใยอาหารชนิดละลายน้ำยังเกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการหมักในลำไส้ส่วนท้ายเพื่อผลิตกรดไขมันสายสั้น (Van der Wielen et al., 2001) ในขณะที่งานวิจัยในสุกร ได้รายงานว่า ถึงแม้การเพิ่มระดับของใยอาหารชนิดละลายน้ำจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของกรดไขมันสายสั้นได้ แต่ยังมีผลต่อการเพิ่มจำนวนของเชื้ออีโคไลได้อย่างรวดเร็วเช่นกัน (Hopwood et al., 2004) Mathlouthi et al. (2002) บันทึกว่า จำนวน *Lactobacillus* and coliforms มีจำนวนเพิ่มขึ้นในไก่เนื้อเมื่อเปลี่ยนอาหารพื้นฐานจากข้าวโพดเป็นข้าวสาลี-บาร์เลย์ หากวิเคราะห์จากผลการทดลองของนักวิจัยเหล่านี้ มีข้อที่น่าสังเกตว่า ระบบนิเวศของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามองค์ประกอบของอาหารที่ได้รับ โดยเฉพาะแหล่งของใยอาหารที่จะมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ทั้งชนิดที่เป็นประโยชน์และก่อโรค ดังนั้นหากสามารถควบคุมและปรับสัดส่วนของชนิดใยอาหารให้เหมาะสม อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการช่วยปรับปรุงระบบนิเวศของจุลชีพประจำถิ่นที่อาศัยอยู่ภายในร่างกายสัตว์ให้อยู่ในสภาวะสมดุล ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ความสมดุลของจุลชีพประจำถิ่นในระบบกระเพาะลำไส้มีความสัมพันธ์กับระบบภูมิคุ้มกัน และสุขภาพโดยรวมของสัตว์เลี้ยง

Table 4.3 Different levels of inclusion of soluble and insoluble dietary fiber in semi-purified diets on on *Salmonella* spp. and *E.coli* in cecal content of broilers at 45 d-old

Item	SDF[1] (%)	IDF[2] (%)	*Salmonella* spp.	*E.coli*
Comparison of treatment means				
T1	0	0	ND	48.2^{cde}
T2	0	8	ND	41.5^{ef}
T3	0	12	ND	40.7^{f}
T4	0	16	ND	49.2^{cd}
T5	3	0	ND	43.2^{def}
T6	3	8	ND	55.2^{abc}
T7	3	12	ND	54.4^{abc}
T8	3	16	ND	60.9^{a}
T9	5	0	ND	52.1^{bc}
T10	5	8	ND	52.4^{bc}
T11	5	12	ND	52.5^{bc}
T12	5	16	ND	57.1^{ab}
T13	7	0	ND	55.4^{abc}
T14	7	8	ND	54.5^{abc}
T15	7	12	ND	53.3^{bc}
T16	7	16	ND	54.8^{abc}
Pooled SEM[3]			-	0.85
P-value			-	<0.001
Factorial analysis				
SDF (%)	0		ND	44.9^{b}
	3		ND	53.4^{a}
	5		ND	53.5^{a}
	7		ND	54.5^{a}
IDF (%)		0	ND	49.7^{b}
		8	ND	50.9^{b}
		12	ND	50.2^{b}
		16	ND	55.5^{a}
Probability				
SDF			-	<0.001
IDF			-	<0.001
SDF x IDF			-	<0.001

[1]Soluble dietary fiber; [2]Insoluble dietary fiber; [3]Standard error of mean.

[a-f]Means in the same column with common superscripts are significantly different (P<0.001 or P < 0.05).

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์

Table 4.4 แสดงผลของอัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อช่วงอายุ 10-45 วัน จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่ม T3 และ T4 ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (T1) แต่ในทางตรงกันข้าม ปริมาณอาหารที่กิน มีค่าลดลงในกลุ่มที่ T3 และ T4 ($P<0.05$) ในขณะที่อาหารทดลองของไก่แต่ละกลุ่มมีองค์ประกอบทางโภชนะ (โปรตีนรวม และ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้) ที่มีค่าทัดเทียมกัน (Table 3.6 และ 3.7) แต่ไก่กลุ่มที่ได้รับระดับใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำในอาหารที่ระดับเพิ่มสูงขึ้น กลับมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้อาจมีความเป็นไปได้ว่า อาหารสัตว์ที่ดีไม่ควรคำนึงถึงโภชนะหลักเพียงอย่างเดียว หากแต่จำเป็นต้องตระหนักถึงความต้องการปัจจัยสนับสนุนเพิ่มเติมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นการทำงานในเชิงสรีระวิทยาของระบบทางเดินอาหาร เพื่อให้เกิดการย่อยและดูดซึมสารอาหารที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และสัตว์สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาโครงสร้างร่างกายและการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ เหตุผลสนับสนุนข้อสันนิฐานข้างต้น มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติเฉพาะตัวของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ที่มีความหนืดต่ำ ความพองตัวสูงช่วยเพิ่มอัตราการเคลื่อนที่ของอาหารในระบบทางเดินอาหารได้ดีขึ้น เป็นตัวช่วยทำความสะอาดระบบทางเดินอาหาร กระตุ้นการพัฒนาโครงสร้างของกระเพาะอาหารและลำไส้ (gastrointestinal tract) กระตุ้นการผลิตเซลล์ดูดซึม (absorptive epithelial cells) ช่วยลดค่า pH ในระบบทางเดินอาหาร สำหรับการทดลองนี้ ชี้ให้เห็นได้ว่า อัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้น (8:0 และ 10:0) เป็นอีกปัจจัยที่ช่วยสนับสนุนและเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อได้ โดยผลการทดลองที่สามารถยืนยันข้อสันนิษฐานดังกล่าวนี้ คือ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่มีค่าดีขึ้น ($P<0.05$) ในกลุ่ม T3 และ T4 ($P<0.05$) ซึ่งผลการศึกษาที่ได้รับเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Incharoen (2013) ที่ได้ทำการทดลองโดยใช้ใยอาหารไม่ละลายน้ำจากแกลบข้าวในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 100 ก./กก. พบว่า สามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตได้ โดยปราศจากผลเสียใดๆ ต่อลักษณะคุณภาพซาก Jiménez-Moreno et al. (2011) ได้กล่าวว่า การใช้ใยอาหารไม่ละลายน้ำจากเปลือกถั่ว ที่ระดับ 5 % สามารถช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวได้ถึง 15 % แต่หากใช้ไปจนถึงระดับ 7.5 % จะเกิดผลกระทบในเชิงลบต่อสมรรถภาพการผลิต Mateos et al. (2012) รายงานว่า การเสริมใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากเปลือกข้าวโอ๊ต ที่ระดับ 2-3% ในอาหารจะทำให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ที่ได้รับอาหารที่มีส่วนประกอบของใยอาหารในระดับต่ำ คล้ายคลึงกับ Incharoen (2013) ที่ระบุว่า ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากแกลบข้าวสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงได้ นอกจากนั้นแล้วการเสริมใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำในอาหารไก่ไข่ยังส่งผลในเชิงบวกต่อความสม่ำเสมอฝูงของไก่ไข่รุ่น และแม่ไก่ที่กำลังให้ไข่ เช่น เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ และคุณภาพไข่ (Incharoen and Maneechote, 2013)

อิทธิพลของอัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น (T1-T4) ในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ไม่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของไขมัน และวัตถุแห้ง (Table 4.4)

อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการศึกษานี้สวนทางกับ Hetland et al. (2003) ที่บันทึกว่า ระดับของใยอาหารที่เพิ่มขึ้นมีผลช่วยกระตุ้นการผลิตและการหลั่งกรดน้ำดี (Bile acids) ซึ่งพบได้ในสิ่งย่อยของกระเพาะบด Mosenthin et al. (1999) พบว่า บทบาทของใยอาหารสามารถกระตุ้นการหลั่งของน้ำดีและน้ำย่อยจากตับอ่อนของสุกรได้ ถึงแม้จะมีรายงานวิจัยเกี่ยวกับผลเชิงบวกของใยอาหารต่อการเพิ่มการหลั่งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยได้ของไขมัน แต่ก็ไม่มีผลต่อการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของไขมันในการศึกษานี้แต่อย่างใด ทั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวในอนาคตต่อไป ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโปรตีนหยาบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่ม T3 และ T4 ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (T1) จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำมีผลโดยตรงต่อค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโปรตีนหยาบ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Adibmoradi et al. (2016) ที่รายงานว่า สูตรอาหารไก่เนื้อที่ประกอบด้วยใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำจากแกลบข้าว ที่ระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนช่วยเพิ่มอัตราการย่อยได้ของโปรตีน และมีผลทำให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตมีค่าดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในไก่อายุน้อยของ Gonzalez-Alvarado et al. (2007) และ Amerah et al. (2009) ที่พบว่า ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำที่ได้จากแกลบข้าวส่งผลดีต่ออัตราการย่อยได้ของโปรตีนหยาบ เถ้ารวม และวัตถุแห้ง ทั้งนี้ผลในเชิงบวกต่างๆ ที่เกิดขึ้นนั้น โดยเฉพาะค่าอัตราการย่อยได้ของโปรตีนหยาบที่เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำมีส่วนช่วยกระตุ้นการหลั่งกรดไฮโรคลอลิคให้เพิ่มขึ้น จึงส่งผลทำให้กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์เพปซิน มีค่าดีขึ้น (Gabriel et al. 2003)

การศึกษาผลของอัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น (T1-T4) ในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ต่อจำนวนเชื้อ *Salmonella spp.* และ *E.coli* ในไส้ติ่งของไก่เนื้อ ที่อายุ 45 วัน (Table 4.4) พบว่า ไม่พบเชื้อ *Salmonella spp.* ในไส้ติ่งของไก่เนื้อในทุกกลุ่มทดลอง เหตุผลคล้ายคลึงกับผลการทดลองที่ 1 ที่กล่าวไว้ว่า อาจมีความเป็นไปได้ว่าการเลี้ยงสัตว์ทดลองที่ต้องดำเนินการจัดการด้านการเลี้ยงและสุขภาพสัตว์ให้เป็นไปตามมาตรฐานการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการจัดการและควบคุมระบบความปลอดภัยทางชีวภาพอย่างเข้มงวด จึงทำให้ตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella spp.* ในขณะที่ จำนวนเชื้อ *E.coli* ในไส้ติ่งของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีอัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำระดับต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งเป็นที่ราบกันดีอยู่แล้วว่า เชื้อโรค *E.coli* เป็นสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตที่ลดลง ในการศึกษาในสุกร พบว่า การเติม insoluble nonstarch polysaccharides (iNSP) จากแกลบข้าวโอ๊ตในอาหาร มีส่วนช่วยลดอัตราการเกิดของเสียในลูกสุกร (Mateos et al., 2006; Kim et al., 2008) ถึงแม้แกลบข้าวโอ๊ตจะประกอบไปด้วยลิกนินและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำอยู่ในระดับสูง แต่กลับมีผลเชิงบวกต่อการลดปริมาณของ ไบโอเจนิคแอมินส์ในมูล (Fecal biogenic amines), คาดาเวอรีน (Cadaverine) และ β-phenylethylamine ที่ได้จากการหมักย่อยโปรตีน ซึ่งส่งผลที่เป็นประโยชน์ต่อรูปแบบและกลไกการหมักย่อยของอาหารที่กินเข้าไป (Kim et al., 2008) เช่นเดียวกับการเติมรำข้าวสาลี ที่ระดับ 40 กรัม/กิโลกรัม ในอาหารลูกสุกรสามารถช่วยลดประชากร Enterobacteria และเพิ่มความเข้มข้นของกรดบิวทีริคในลำไส้ได้ ซึ่งมีส่วนช่วยในการป้องกันอันตรายจะเชื้อก่อโรคที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพลำไส้ (Molist Gasa et al., 2010)

นอกจากนั้นแล้วใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำยังมีส่วนช่วยลดการยึดเกาะของเชื้อ *E. coli* K88^{+} ในลำไส้ส่วนท้าย (Ileum) ได้อีกด้วย (Molist et al., 2010) อย่างไรก็แล้วแต่ แม้จะมีรายงานวิจัยเกี่ยวกับผลดีของใยอาหารไม่ละลายน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรของแบคทีเรียก่อโรค แต่การศึกษานี้กลับไม่พบความเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนมากนัก ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวในอนาคตต่อไป

Table 4.4 Different ratio of dietary insoluble fiber to soluble fiber in semi-purified diets on growth performance, apparent digestibility coefficient of nutrient and cecal microbiota population (*Salmonella spp.* and *E.coli*) of broiler chickens during 10 to 45 day of age (Mean ± SD)

Item	T1	T2	T3	T4
Initial body weight, g/b	224.2 ± 0.88	224.1 ±0.92	224.1 ± 0.89	224.3 ± 0.90
Weight gain, g/b				
10-24 day old	566.5 ± 10.95^{b}	559.2 ± 14.00^{b}	584.3 ± 10.22^{ab}	605.7 ± 10.76^{a}
25-45 day old	1,304.3 ± 9.94^{c}	1,379.4 ± 36.42^{bc}	1,416.9 ± 30.46^{ab}	1,478.1 ± 26.73^{a}
10-45 day old	1,870.8 ± 16.22^{c}	1,938.6 ± 45.18^{bc}	2,001.1 ± 33.09^{ab}	2,083.8 ± 35.89^{a}
Feed intake, g/b				
10-24 day old	1,275.5 ± 56.09^{a}	1,157.5 ± 30.30^{ab}	1,013.3 ± 39.39^{b}	1,051.75 ± 49.70^{bc}
25-45 day old	4,014.5 ± 67.99^{a}	3,565.3 ± 104.56^{b}	3,004.3 ± 53.87^{c}	3,220.75 ± 84.72^{c}
10-45 day old	5,290.0 ± 108.84^{a}	4,722.8 ± 115.98^{b}	4,017.5 ± 81.67^{c}	4,272.50 ± 125.39^{c}
FCR				
10-24 day old	2.25 ± 0.11^{a}	2.08 ± 0.95^{a}	1.73 ± 0.05^{b}	1.74 ± 0.09^{b}
25-45 day old	3.08 ± 0.05^{a}	2.59 ± 0.09^{b}	2.12 ± 0.06^{c}	2.18 ± 0.07^{c}
10-45 day old	2.83 ± 0.07^{a}	2.44 ± 0.08^{b}	2.01 ± 0.05^{c}	2.05 ± 0.07^{c}
Apparent digestibility coefficient, %				
Crude protein	69.0 ± 1.83^{b}	72.5 ± 3.11^{ab}	73.8 ± 2.63^{a}	74.8 ± 1.50^{a}
Ether extract	78.7 ± 1.89	79.8 ± 2.62	77.5 ±3.69	77.0 ± 6.05
Dry matter	79.5 ± 3.69	80.5 ± 3.87	81.2 ± 6.23	80.7 ± 2.50
Cecal microbiota population				
Salmonella spp.	ND	ND	ND	ND
E.coli	50.5 ± 2.51	49.2 ±5.67	50.0 ± 7.87	51.5 ± 4.79

$^{a-c}$ Different superscripts within rows indicate significant differences ($P < 0.05$)

การประเมินผลของอัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น (T1-T4) ในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กส่วนต้น (Table 4.5) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (T1) ความสูงวิลไล และอัตราส่วนของความสูงวิลไลต่อความลึกของคริปต์ มีค่าเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ในกลุ่ม T2, T3 และ T4 ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้ว พื้นที่ผิววิลไล มีค่าสูงสุด ($P<0.05$) ในกลุ่ม T4 ในขณะที่ความลึกของคริปต์ มีค่าต่ำสุด ($P<0.05$) ในกลุ่ม T3 และ T4 ตามลำดับ คล้ายคลึงกับ การเติมใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำในอาหารไก่เนื้อ ที่ระดับ 0.75 % ซึ่งพบว่า ความยาววิลไล และอัตราส่วนของความยาววิลไลต่อความลึกของคริปต์ มีค่าเพิ่มขึ้น (Sarikhan et al., 2010) เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Rohe et al. (2019) ที่กล่าวว่า การใช้ลิกโนเซลลูโลสในอาหารไก่ไข่ ที่ระดับ 10% สามารถช่วยเพิ่มความยาวของวิลไล อัตราส่วนของความยาววิลไลต่อความลึกคริปต์ และพื้นที่ผิวของวิลไลให้มีค่าที่ดีขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม ผลของการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับข้อมูลสมรรถภาพการผลิต ซึ่งพบว่า ถึงแม้ปริมาณการกินอาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารกึ่งบริสุทธิ์ที่ประกอบไปด้วยใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำในอัตราส่วนที่เพิ่มสูงขึ้น มีค่าลดลง แต่น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นกลับมีค่าเพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีค่าดีขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Incharoen (2010) ที่รายงานว่า ความสูงและพื้นที่ผิวของวิลไลที่มีค่าเพิ่มขึ้น จะไปมีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมสารอาหารและกระตุ้นอัตราการเจริญเติบโตได้ในที่สุด ดังนั้นมีความเป็นไปได้สูงว่า ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำอาจมีบทบาทสำคัญและเป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการกระตุ้นและพัฒนาโครงสร้างของลำไส้เล็ก จึงส่งผลให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตดีขึ้นได้ในที่สุด

Table 4.5 Different ratio of dietary insoluble fiber to soluble fiber in semi-purified diets on duodenal morphological alterations of broiler chickens during 10 to 45 day of age (Mean ± SD)

Item	T1	T2	T3	T4
Villus height (μm)	914.3 ± 20.02^{c}	969.1 ± 16.22^{ab}	970.3 ± 17.17^{ab}	1,026.8 ± 12.83^{a}
Villus area (mm^2)	106.1 ± 6.24^{b}	105.4 ± 5.84^{b}	118.5 ± 5.84^{ab}	128.0 ± 5.84^{a}
Crypt depth (μm)	40.7 ± 1.45^{a}	38.5 ± 0.73^{a}	33.9 ± 0.93^{b}	33.7 ± 0.83^{b}
Villus height to crypt depth ratio	16.6 ± 1.25^{c}	23.4 ± 1.25^{b}	27.8 ± 1.34^{a}	31.0 ± 1.25^{a}

$^{a-c}$ Different superscripts within rows indicate significant differences ($P < 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 สรุปว่าอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์ที่ประกอบไปด้วยใยอาหารชนิดละลายน้ำ ที่ระดับ 3 ถึง 7 เปอร์เซ็นต์ มีผลกระทบเชิงลบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโปรตีนหยาบ และวัตถุแห้ง เช่นเดียวกับจำนวนเชื้อ *E.coli* ที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามการให้ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ที่ระดับ 0 ถึง 16 เปอร์เซ็นต์ ปราศจากผลกระทบเชิงลบใดๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตโดยรวม ยกเว้นที่ระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ ที่มีผลทำให้ปริมาณเชื้อ *E.coli* เพิ่มสูงขึ้น

การทดลองที่ 2 สรุปว่าอัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำในอาหารไก่เนื้อกึ่งบริสุทธิ์ที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้น (8:0 และ 10:0) เป็นอีกปัจจัยด้านอาหารที่มีส่วนช่วยสนับสนุนและเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของลำไส้ในไก่เนื้อ โดยปราศจากผลเสียต่อค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโภชนะ และปริมาณเชื้อ *E.coli* และ *Salmonella spp.* เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นผลการวิจัยพื้นฐานที่สามารถนำไปประยุกต์และบูรณาการกับศาสตร์วิชาโภชนศาสตร์สัตว์และการใช้อาหารสัตว์ได้ โดยทั่วไปแล้วอาหารสัตว์มักจะประกอบไปด้วยใยอาหารทั้ง 2 ชนิดในสัดส่วนที่แต่ต่างกันออกไป กล่าวคือแหล่งของใยอาหารจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ประกอบสูตรอาหาร ถึงแม้งานวิจัยนี้จะพบว่า การใช้อัตราส่วนของใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำต่อละลายน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น ตั้งแต่ระดับ 8:0 และ 10:0 จะส่งผลดีต่อสมรรถภาพการผลิตโดยรวม และสุขภาพของไก่เนื้อ แต่ในทางกลับกับอาหารที่ใช้ทดลองในครั้งนี้เป็นอาหารชนิดกึ่งบริสุทธิ์ ซึ่งจะมีองค์ประกอบแตกต่างไปจากอาหารไก่เนื้อปกติอย่างสิ้นเชิง ดังนั้นหากจะนำผลการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้หรือศึกษาวิจัยต่อในอนาคต ควรจะกำหนดหรือเลือกวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีองค์ประกอบของใยอาหารชนิดละลายน้ำระดับต่ำเป็นอันดับแรก เพื่อให้อาหารทดลองมีใยอาหารชนิดละลายน้ำเป็นองค์ประกอบต่ำที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Adibmoradi, M., B. Navidshad, and M.F. Jahromi. 2016. The effect of moderate levels of finely ground insoluble fibre on small intestine morphology, nutrient digestibility and performance of broiler chickens. Ital. J. Anim. Sci. 15:310–317.

Amerah, A.M., V. Ravindran, and R.G. Lentle. 2009. Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ilealmicrobiota profile of broiler chickens. Br. Poult. sci. 50:366–375.

Annett, C.B., J.R. Viste, M. Chirino-Trejo, H.L. Classen, D.M. Middleton, and E. Simko. 2002. Necrotic enteritis: Effect of barley, wheat and corn diets on proliferation of Clostridium perfringens type A. Avian Pathol. 31:598–601.

Bach Knudsen, K.E., B.B. Jensen, and I. Hansen. 1993. Digestion of polysaccharids and other major components in the small and large intestine of pigs fed on diet consisting of oat fractions rich in beta-D-glucan. Br. Nutr. J. 70:537-556.

Bach Knudsen, K. E., and H. Jørgensen. 2001. Intestinal degradation of dietary carbohydrates- from birth to maturity. Lindberg, J.E., Ogle, B. (Eds.) Digestive Physiology of Pigs- Proceedings of the 8th symposium pp.109-120. Wallingford, UK : CABI publishing.

Barbara. U., Z. Metzler, S. Hooda, R. Pieper, R.T. Zijlstra, A.G. Van Kessel, R. Mosenthin and M. G. Gänzle. 2010. Nonstarch polysaccharides modulate bacterial microbiota, pathways for butyrate production and abundance of pathogenic *Escherichia coli* in the pig gastrointestinal tract. Appl. Environ. Microbiol. 76: 3692-3701.

Bhosale, S., and D. Vijayalakshmi. 2012. Processing and Nutritional Composition of Rice Bran. Current Res. Nutr. Food Sci. 74:74-80.

Carre, B., A. Idi, S. Maisonnier, J.P. Melcion, F.X. Oury, J. Gomez, and P. Pluchard. 2002. Relationships between digestibilities of food components and characteristics of wheats (Triticum aestivum) introduced as the only cereal source in a broiler chicken diet. Br. Poult. Sci. 43: 404–415.

Choct, M., Y. Dersjant-Li, J. Mc Leish, and M. Peisker. 2010. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. Asian-australas. J. Anim. Sci. 23:1386-1398.

Conway, P.L. 1994. Function and regulation of the gastrointestinal microbiota of the pig. In: Souffrant, W., et al. (Eds.) Proceedings of the VIth International Symposium on Digestive Physiology in Pigs. pp. 231-240. Dummerstof: EAAP Publication.

Conte, A.J., A.S. Teixeira, E.T. Fialho, N.A. Schoulten, and A.G. Bertechini. 2003. Effect of phytase and xilanase on the performance and bone characteristics of broiler chicks fed diets with rice bran. R. Bras. Zootec. 32(5): 1147-1156.

Esa, N.M., T.B. Ling and L.S. Peng. 2013. By-products of rice processing: An overview of health benefits and applications. J. Rice Res.1:107

Fouhse, J.M., M.G. Gänzle, A.D. Beattie, T. Vasanthan, and R.T. Zijlstra. 2017. Whole-grain starch and fiber composition modifies ileal flow of nutrients and nutrient availability in the hindgut, shifting fecal microbial profiles in pigs. J. Nutr. 147:2031–2040.

Gabriel, I., S. Mallet, and M. Leconte. 2003. Differences in the digestive tract characteristics of broiler chickens fed on complete pelleted diet or on whole wheat added to pelleted protein concentrate. Br. Poult. Sci. 44:283–290.

Glitso, L.V., G. Brunsgaard, S. Hojsgaard, B. Sandstrom, and K.E. Bach Knudsen. 1998. Intestinal degradation in pigs of rye dietary fibre with different structural characteristics. Br. J. Nutr. 80:457-468.

González-alvarado, J.M., E. Jiménez-Moreno, R. Lázaro, and G.G. Mateos. 2007. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. Poult. Sci. 86:1705–1715.

González-alvarado, J.M., E. Jiménez-Moreno, D. González-sánchez, R. Lázaro, and G.G. Mateos. 2010. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. Anim. Feed Sci. Technol. 162:37–46.

Hopwood, D.E., D.W. Pethick, J.R. Pluske, and D.J. Hampson. 2004. Addition of pearl barley to a rice-based diet for newly weaned piglets increases the viscosity of the intestinal contents, reduces starch digestibility and exacerbates post-weaning colibacillosis. Br. J. Nutr. 92(3):419–427.

Hetland, H., and B. Svihus. 2001. Effect of oat hulls on performance, gut capacity, and feed passage time in broiler chickens. Br. Poult. Sci. 42:354–361.

Hetland, H., B. Svihus, and Å. Krögdahl. 2003. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. Br. Poult. sci. 44:275–282.

Hetland, H., B. Svihus, and M. Choct. 2005. Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. J. Appl. Poult. Res. 14:38–46.

Hetland, H., and B. Svihus. 2007. Inclusion of dust bathing materials affects nutrient digestion and gut physiology of layers. J. appl. Poult. Res.16:22–26

Incharoen, T., K. Yamauchi, and N. Thongwittaya. 2010. Intestinal villus histological alterations in broilers fed dietary dried fermented ginger. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 94:e130-e137.

Incharoen T. 2013. Histological adaptations of the gastrointestinal tract of broilers fed diets containing insoluble fiber from rice hull meal. Am. J. Anim. Vet. Sci. 8:79-88.

Incharoen, T., and P. Maneechote. 2013. The effects of dietary whole rice hull as insoluble fiber on the flock uniformity of pullets and on the egg performance and intestinal mucosa of laying hens. Am. J. Agri. Biol. Sci. 8: 323-329.

Jensen, B.B., and H. Jorgensen. 1994. Effect of dietary fiber on microbial activity and microbial gas production in various regions of the gastrointestinal tract of pigs. Appl. Environ. Microbiol. 60:1897-1904.

Jha, R., J.M. Fouhse, U.P. Tiwari, L. Li, and B.P. Willing. 2019. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals Front. Vet. Sci. 6:48.

Jiménez-Moreno, E., J.M. González-alvarado, R. Lázaro, and G.G. Mateos. 2009. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet

on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. Poult.Sci. 88:1925–1933.

Jimenez-Moreno, E., S. Chamorro, M. Frikha, H.M. Safaa, R. Lazaro, G.G. Mateos. 2011. Effects of increasing levels of pea hulls in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from one to eighteen days of age. Anim. Feed Sci. Technol. 168:100–112.

Jin, L., L.P. Reynolds, D.A. Redmer, J.S. Caton, and J.D. Crenshaw. 1994. Effects of dietary fibre on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. J. Anim. Sci. 72:2270-2278.

Jørgensen, H., X.Q. Zaho, and B. Eggum. 1996. The influence of dietary fibre and environmental temperature on the development of the gastrointestinal tract, digestibility, degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs. Br. J. Nutr. 75:365-378.

Kim, J.C., B.P. Mullan, D.J. Hampson, and J.R. Pluske. 2008. Addition of oat hulls to an extruded rice-based diet for weaner pigs ameliorates the incidence of diarrhoea and reduces indices of protein fermentation in the gastrointestinal tract. Br. J. Nutr. 99:1217–1225.

Maisonnier, S., J. Gomez, and B. Carre. 2001. Nutrient digestibility and intestinal viscosities in broiler chickens fed on wheat diets, as compared to maize diets with added guar gum. Br. Poult. Sci. 42: 102–110.

Maisonnier, S., J. Gomez, A. Bree, C. Berri, E. Baeza, and B. Carre. 2003. Effects of microflora status, dietary bile salts and guar gum on lipid digestibility, intestinal bile salts, and histomorphology in broiler chickens. Poult. Sci. 82:805–814.

Mateos, G.G., R. Lázaro, and M.I. Gracia. 2002. The feasibility of using nutritional modifications to replace drugs in poultry feeds. J. Appl. Poult. Res. 11:437–452.

Mateos, G.G., F. Martín, M.A. Latorre, B. Vicente, and R. Lázaro. 2006. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. Anim. Sci. 82:55–63.

Mateos, G.G., E. Jiménez-Moreno, M.P. Serrano, and R.P. Lázaro. 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics[1]. J. Appl. Poult. Res. 21:156–174.

Mathlouthi, N., S. Mallet, L. Saulnier, B. Quemener, and M. Larbier. 2002. Effects of xylanase and beta-glucanase addition on performance, nutrient digestibility, and physico-chemical conditions in the small intestine contents and caecal microflora of broiler chickens fed a wheat and barley-based diet. Anim. Res. 51(05):395–406.

McDougall, G.J., I.M. Morrison. D. Stewart, and J.R. Hillson. 1996. Plant cell walls as dietary fibrea; range, structure, processing and function. J. Food Agr. 70:133-150.

McDonald, D.E., D.W. Pethick, B.P. Mullan, J.R. Pluske, and D.J. Hampson. 2001. Soluble non-starch polysaccharides from pearl barley exacerbate experimental postweaning colibacillosis. In: Digestive Physiology of Pigs, (Eds.): Lindberg, J.E. & Ogle, B. CABI publishing. Wallingford. pp. 280-282.

Miura, S., T. Arimura, N. Ituda, L. Dwiarit, J.B. Feng and M. Okabe. 2004. Production of L-Lactic Acid from corncob. J. Biosci. Bioeng. 97:153-157.

Molist Gasa, F., M. Ywazaki, A.G. De Segura Ugalde, R.G. Hermes, J. Gasa Gasó, and J.F. Pérez Hernández. 2010. Administration of loperamide and addition of wheat bran to the diets of weaner pigs decrease the incidence of diarrhoea and enhance their gut maturation. Br. J. Nutr. 103:879–885.

Molist, F., A. Gómez de Segura, J.F. Pérez, S.K. Bhandari, D.O. Krause, and C.M. Nyachoti. 2010. Effect of wheat bran on the health and performance of weaned pigs challenged with *Escherichia coli* K88^{+}. Livest. Sci. 133:214-217.

Montagne, L., J.R. Pluske, and D.J. Hampson. 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. Anim. Feed. Sci. Tech. 108:95-117.

Mosenthin, R., E, Hambrecht, and W.C. Sauer. 1999. Utilization of different fibres in piglets feeds. In: Garnsworthy PC, Wiseman J, editors. Recent advances in animal nutrition. Nottingham, UK: Nottingham University Press. p. 227–256.

Nyman, M., N.G. Asp, J. Cumming, and H. Wiggins. 1986. Fermentation of dietary fibre in the intestinal tract: comparison between man and rat. Br. J. Nutr. 55:487–496.

Rahmatnejad, E., and A.A. Saki. 2016. Effect of dietary fibres on small intestine histomorphology and lipid metabolism in young broiler chickens. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 100: 665–672.

Rhodes, J.M. 1989. Colonic mucus and mucosal glycoproteins: the key to colitis and cancer. Gut. 30:1660–1666.

Roca-Canudas, M., M. Anguita, M. Nofrarias, N. Majo, A.M. Rozas, S.M. Martin, J.F. Perez, J. Pujols, J. Segales and I. Badiola. 2007. Effects of different types of dietary nondigestible carbohydrates on the physico-chemical properties and microbiota of proximal colon digesta of growing pigs. Livest. Sci. 109:85-88.

Rogel, A.M., D. Balnave, W.L. Bryden, and E.F. Annison. 1987. Improvement of raw potato starch digestion in chickens by feeding oat hulls and other fibrous feedstuffs. Aust. J. Agric. Res. 38:629–637.

Rohe, I., W. Vahjen, F. Metzger, and J. Zentek. 2019. Effect of a " diluted" diet containing 10% lignocellulose on the gastrointestinal tract, intestinal microbiota, and excreta characteristics of dual purpose laying hens. Poult. Sci. 0:1-10.

Sarikhan, M., H.A. Shahryar, B. Gholizadeh, M.H. Hosseinzadeh, B. Beheshti, and A. Mahmoodnejad. 2010. Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. Int. J. Agric. Biol. 12: 531-536.

Shakouri, M., H. Kermanshahi, and M. Mohsenzadeh. 2006. Effect of different non starch polysaccharides in semi purified diets on performance and intestinal microflora of young broiler chickens. Int. J. Poult. Sci. 5: 557–561.

Shakouri, M.D., P.A. Iji, L.L. Mikkelsen, and A.J. Cowieson. 2009. Intestinal function and gut microflora of broiler chickens as influenced by cereal grains and microbial enzyme supplementation. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 93:647–658.

Silva, V.K., V. de Souza Morita, I.C. Boleli. 2013. Effect of pectin extracted from citrus pulp on digesta characteristics and nutrient digestibility in broilers chickens. Revista Brasileira de Zootecnia. 42: 575-583.

Sklan, D., A. Smirnov, and I. Plavnik. 2003. The effect of dietary fiber on the small intestines and apparent digestion in the turkey. Br. Poult. Sci. 44:735–740.

Stephen, A.M. and J. Cummings. 1980. The microbial contribution to human faecal mass. Med. Microbial. J. 13:45-56.

Svihus, B. 2011. The gizzard: Function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. World's Poult. Sci. J. 67:207–224.

Swennen, Q., N. Everaert, M. Debonne, I. Verbaeys, C. Careghi, K. Tona, G.P.J. Janssens, E. Decuypere, V. Bruggeman, and J. Buyse. 2010. Effect of macronutrient ratio of the prestarter diet on broiler performance and intermediary metabolism. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 94:375-384.

Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch poly-saccharides in relation to animal nutrition. Dairy Sci. J. 74:3583-3597.

Van der Wielen P.W., S. Biesterveld, L.J. Lipman, F. van Knapen. 2001. Inhibition of a glucose-limited sequencing fed-batch culture of Salmonella enterica serovar enteritidis by volatile fatty acids representative of the ceca of broiler chickens. Appl. Environ. Microbiol. 67(4):1979-1982.

Vazquez, M.J., J.L. Alonso, H. Dominquez, and J.C. Parajo. 2006. Enhancing the potential of oligosaccharides from corncob autohydrolysis as prebiotic ingredients. Ind. Crops Prod. 24:152-159.

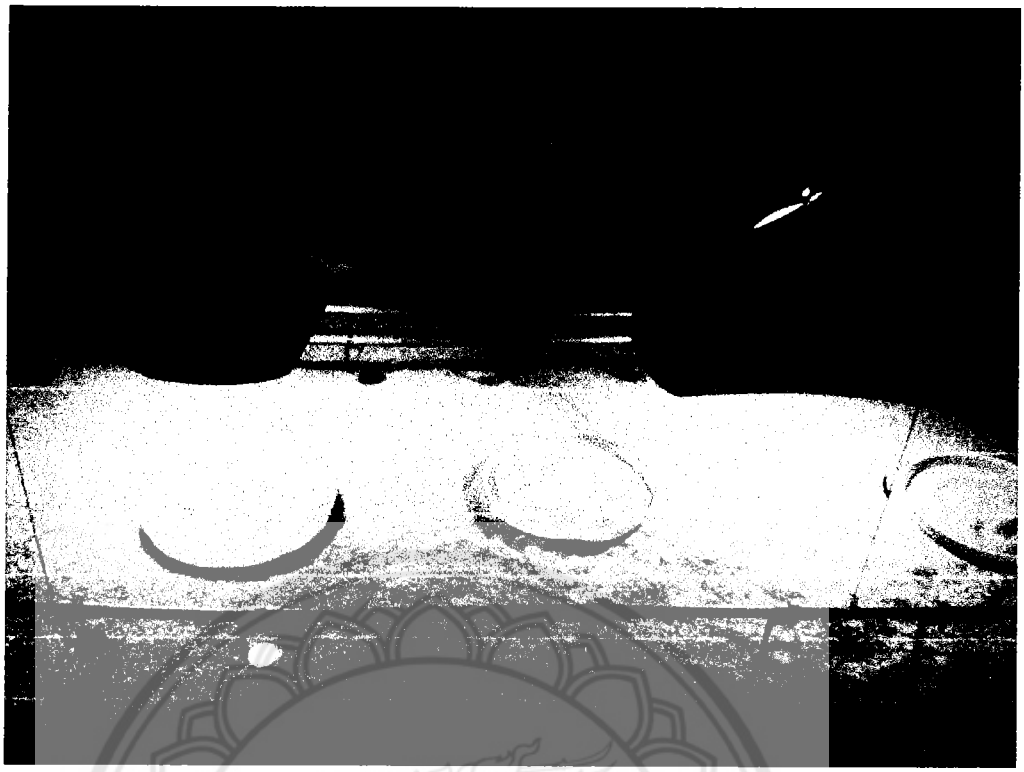
Wang, J.F., Y.H. Zhu, D.F. Li, M. Wang, and B.B. Jensen. 2004. Effect of type and level of dietary fibre and starch on ileal and faecal microbial activity and short-chain fatty acid concentrations in growing pigs. Anim. Sci. 78:109-117.

Wenk, C. 2001. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. Anim. Feed Sci. Tech. 90:21-23.

Worasuwanarak, N., T. Sonobe, and W. Tanthapanichakoon. 2006. Pyrolysis behaviors of rice straw, rice husk and corncob by TG-MS technique. J. Anal. Appl. Pyrolysis. 78:265-271

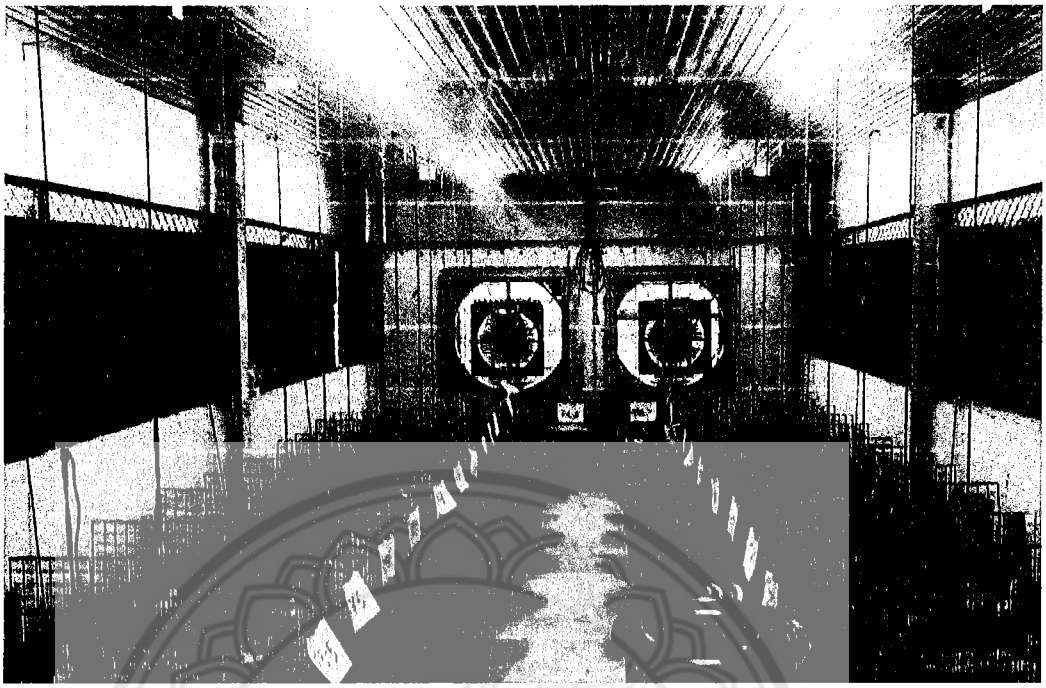
Zhang, W., D.Li., L. Liu, J. Zang, Q. Duan, W. Yang, and L. Zhang. 2013. The effect of dietary fiber level on nutrient digestibility in growing pigs. J. Anim. Sci. Biotech. 4:17

ภาคผนวก



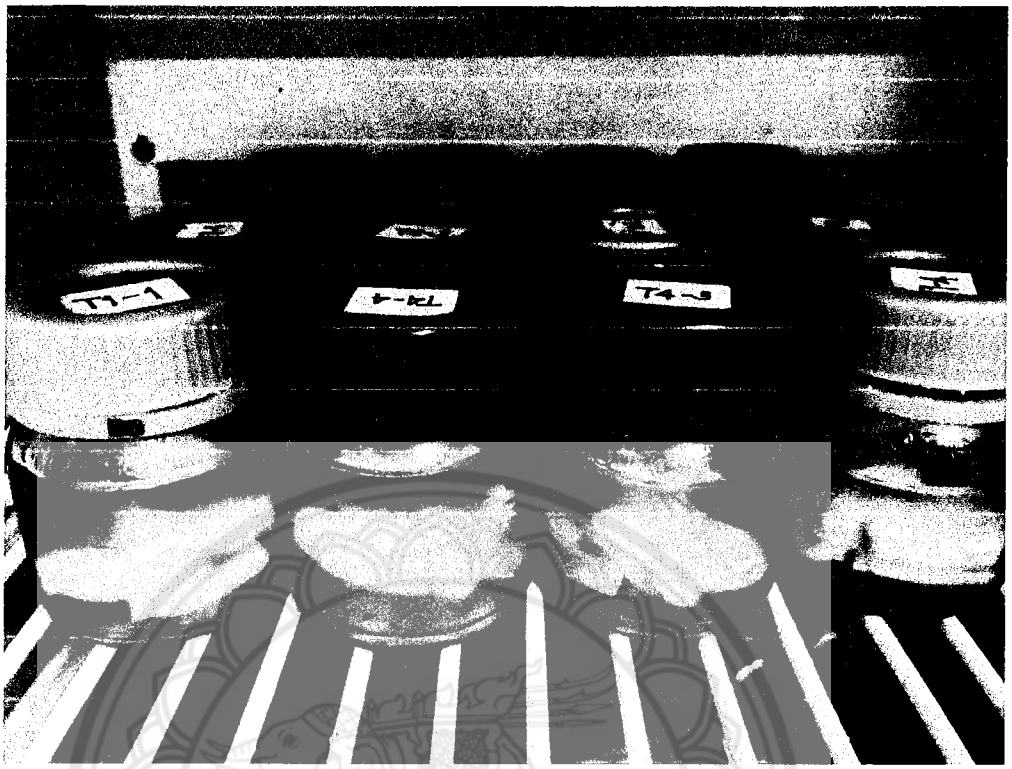
ภาคผนวกที่ 1 การเตรียมพื้นที่กกลูกไก่และถาดให้อาหารและหัวให้น้ำแบบนิ๊ปเปิ้ล

ภาคผนวกที่ 2 ลักษณะความเป็นอยู่ของลูกไก่ช่วงกก



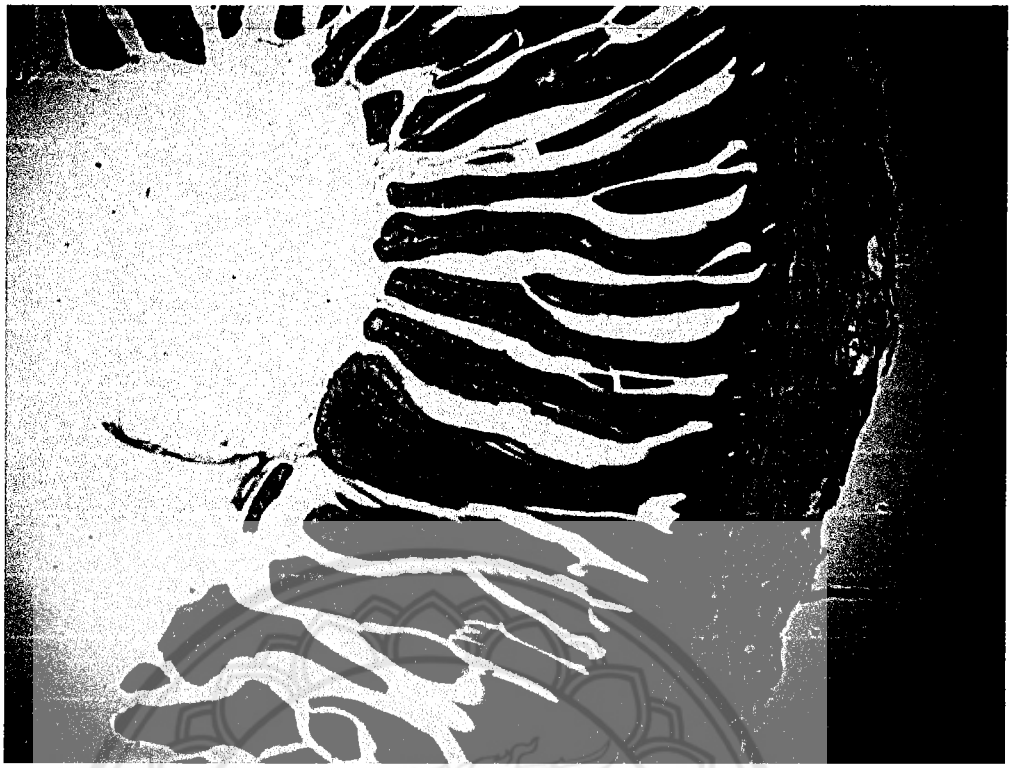
ภาคผนวกที่ 3 ลักษณะคอกเลี้ยงสัตว์ทดลอง

ภาคผนวกที่ 4 การเก็บตัวอย่างสิ่งเหลือในไส้ติ่งเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

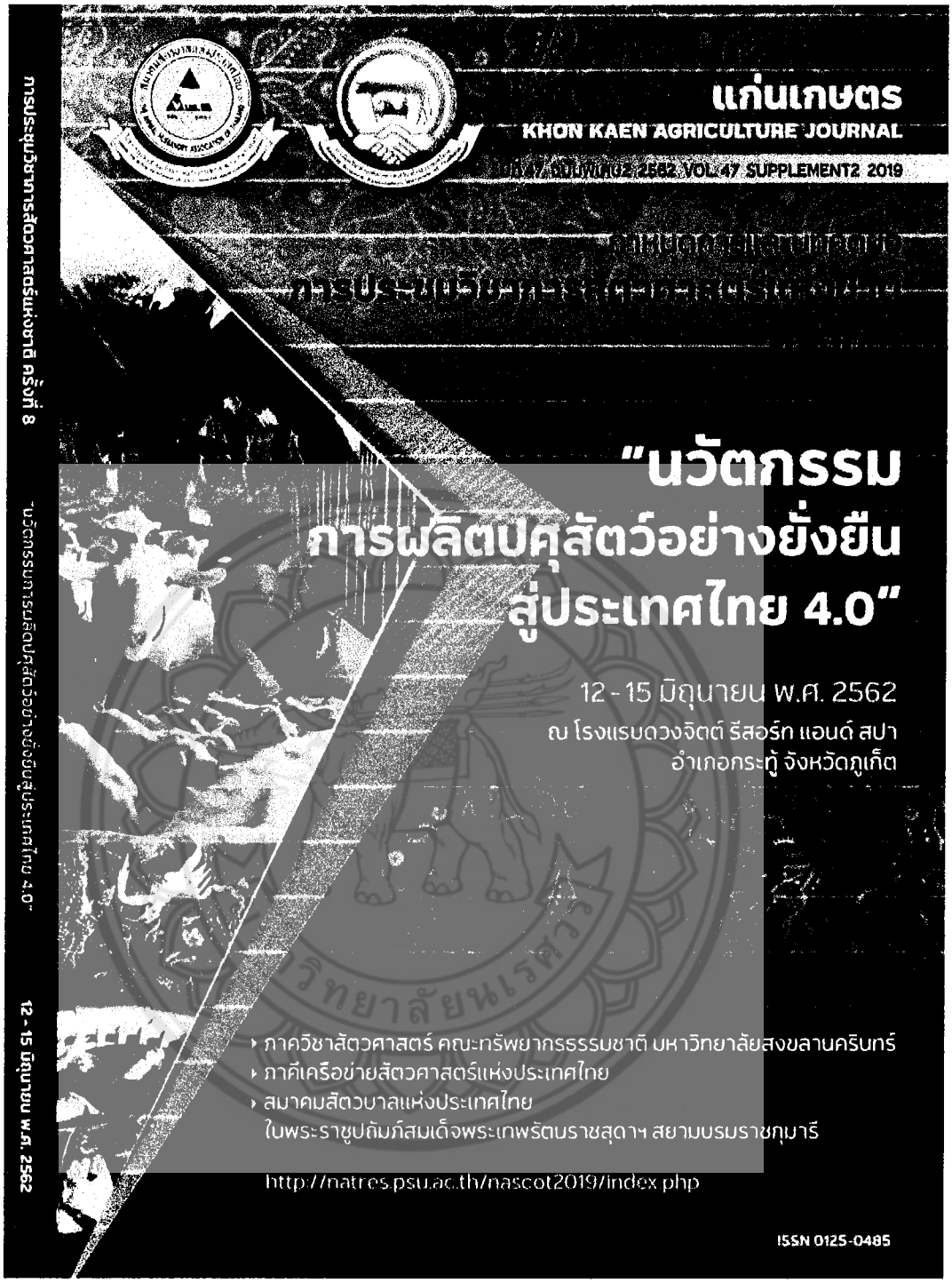


ภาคผนวกที่ 5 การเก็บรักษาตัวอย่างลำไส้ในตู้แช่เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล

ภาคผนวกที่ 6 การตัดชิ้นเนื้อตัวอย่างลำไส้เพื่อนำไปวิเคราะห์สัณฐานวิทยา



ภาคผนวกที่ 7 ตัวอย่างสไลด์ตัวอย่างลำไส้



ภาคผนวกที่ 8 หน้าปกวารสารแก่นเกษตรฉบับที่ได้รับการตีพิมพ์ผลงานวิจัย

ผลกระทบเชิงลบของใยอาหารชนิดละลายน้ำในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ต่อสมรรถภาพการผลิต และจุลินทรีย์ในไส่ติ่งของไก่เนื้อระยะแรก

Negative effects of soluble dietary fiber in semi-purified diets on performance and cecal microbe of young broiler chickens

ทศพร อินเจริญ[1,2*], ขัตติยา ล้านแปง[1], รองเดช ตั้งตระการพงษ์[3] และ พรพรรณ รัตนะสัจจะ[4]

Tossaporn Incharoen[1,2*], Khattiya Lanpang[1], Rongdej Tungtrakanpoung[3] and Pornpan Ruttanasutja[4]

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของระดับใยอาหารชนิดละลายน้ำในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ต่อสมรรถภาพการผลิต และจุลินทรีย์ในไส่ติ่งของไก่เนื้อระยะแรก โดยใช้กัวกัม (Guar gum) เป็นแหล่งของใยอาหารชนิดละลายน้ำ ไก่เนื้อ สายพันธุ์ รอส 308 (Ross 308) เพศผู้ อายุ 10 วัน จำนวน 80 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 5 ตัว ไก่แต่ละกลุ่มได้รับอาหารทดลองเสริมกัวกัม ที่ระดับ 0 (T1), 3 (T2), 5 (T3) และ 7 (T4) เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ที่อายุ 24 วัน พบว่า น้ำหนักตัว (ที่อายุ 17 และ 24 วัน) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และอัตราการกินอาหาร มีค่าลดลง ($P<0.05$) ตามระดับใยอาหารชนิดละลายน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีค่าแย่ลง ($P<0.05$) ในกลุ่ม T3 และ T4 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม T1 ด้านการประเมินทางจุลชีววิทยา ไม่พบเชื้อซัลโมเนลล่าในตัวอย่างสิ่งเหลือของไส่ติ่งในไก่ทั้ง 4 กลุ่ม ในขณะที่ ปริมาณของจุลเชื้อซีโคไลในโรงงานที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นการศึกษานี้จึงสามารถสรุปได้ว่าอาหารไก่เนื้อระยะแรกที่มีใยอาหารชนิดละลายน้ำ ตั้งแต่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป มีผลทำให้อัตราการกินอาหาร และน้ำหนักตัวมีค่าลดลง รวมทั้งอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีค่าแย่ลงอย่างเห็นได้ชัด ($P<0.05$) เมื่อระดับใยอาหารชนิดละลายน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตั้งแต่ระดับ 5-7 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ระดับของใยอาหารชนิดละลายน้ำไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรเชื้อซัลโมเนลล่าและซีโคไลในไส่ติ่ง

คำสำคัญ: ใยอาหาร, อาหารกึ่งบริสุทธิ์, สมรรถภาพการผลิต, ประชากรจุลินทรีย์ในไส่ติ่ง, ไก่เนื้อ

[1] สาขาวิชาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
Division of Animal Science and Agricultural Technology, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Sakon Nakhon Rajabhat University
[2] ศูนย์วิจัยเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
Center of Excellence for Agricultural and Environmental Biodiversity, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University
[3] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University
[4] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
Division of Science, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Rambhai Barni University, Chanthaburi
*Corresponding author: tossaporni@gmail.com

ภาคผนวกที่ 9 ตัวอย่างบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารแก่นเกษตร ปีที่ 47 ฉบับพิเศษ 2 หน้า 647-652

Inclusion of lignocellulose in semi-purified diet on performance and duodenal morphology of broilers

3rd International Symposium on Alternatives to Antibiotics, ATA 2019

Khattiya Lanpang & Tossaporn Incharoen*

Division of Animal Science and Feed Technology, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand

E-mail: tossaporni@nu.ac.th

ABSTRACT

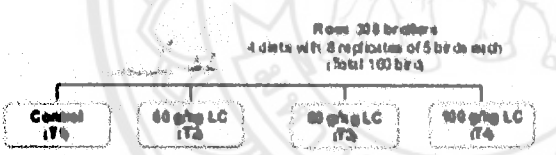
The current research was aimed to evaluate the effect of dietary lignocellulose (LC) in semi-purified diet on performance and duodenal morphological alterations of broilers. One hundred sixty 10-day-old Ross 308 chicks were divided into 4 groups, each with eight replicates of five birds. They were fed the semi-purified diet included with LC at 0 (T1), 60 (T2), 80 (T3) and 100 (T4) g/kg until 45 days of age. Results showed that diets containing various levels of dietary LC clearly affected broiler performance and duodenal tissue. Compared to the control group, body weight and weight gain tended to be higher with increasing dietary LC levels and significantly increased ($p < 0.05$) in the T3 and T4 groups. Whereas, feed intake significantly decreased ($p < 0.05$) in both T3 and T4 groups, resulting in an improved FCR in all the LC groups ($p < 0.05$). With increasing dietary LC levels, crypt depth (CD) in duodenum was significantly shallow ($p < 0.05$) in T3 and T4 groups. Duodenal villus height (VH) and VH to CD ratio increased linearly ($p < 0.01$) in all the LC groups than the control group. There were no significant ($p > 0.05$) differences in duodenal villus area among all dietary treatments. In conclusion, dietary LC can be added in semi-purified diet up to 100 g/kg to enhance broiler performance as a result of stimulation of duodenal morphological maturation. These results suggest that LC might have a high potential to use as alternative strategy to antibiotic growth promoters due to their ability to support gut development.

INTRODUCTION

Antibiotics have been added in feed as growth promoters to reduce overall health problems and improve growth performance in past several decade. Lignocellulose (LC) are the major structural component of plant cell wall and mainly composed of lignin and three polysaccharides:cellulose, hemicellulose and pectin. Some reports exhibited that LC are profitable to gut health and structure as well as stimulating the hydrochloric acid secretion. (Kheravii et al., 2018). The aims of this research was to determine the effect of inclusion of various levels of dietary LC in semi-purified diet on performance and duodenal morphological alterations of broilers.

MATERIAL AND METHODS

Experimental Treatments and design



- The body weight and feed intake were recorded weekly.
- At the end of trail, 4 birds from each group were slaughtered to assess duodenal morphology.

RESULTS

Growth performance

In the current results, body weight, weight gain and FCR improved in all LC groups compared to the T1 group, while lower feed intake ($p<0.05$) were found (Table 1).

Duodenal morphological measurement

Villus height, villus height to crypt depth ratio and villus area increased ($p<0.05$) in T2, T3 and T4 groups, while lower crypt depth ($p<0.05$) was observed in T3 and T4 groups compare with the T1 group.

Table 1. Different levels of lignocellulose in semi-purified diets on growth performance of broiler chickens during 10 to 45 day of age (Mean ± SD)

Item	Lignocellulose level g/kg			
	0 (T1)	60 (T2)	80 (T3)	100 (T4)
Body weight, g/b				
At 24 day of age	780.75±11.09^b	783.33±14.00^b	808.40±10.33^{ab}	826.70±10.78^a
At 45 day of age	2045.00±16.80^b	2162.75±45.4^{ab}	2226.25±33.2^{ab}	2307.75±39.01^a
Weight gain, g/b	1870.75±16.22^b	1938.81±48.18^{ab}	2001.14±33.0^{ab}	2083.77±39.89^a
Feed intake, g/b	5250.00±108.65^a	4722.75±115.9^b	4617.50±61.7^b	4272.50±125.3^b
FCR	2.81±0.07^a	2.44±0.09^b	2.31±0.05^b	2.05±0.07^b

^{a,b} Different superscripts within rows indicate significant difference ($P < 0.05$)

Table 2. Different levels of lignocellulose in semi-purified diets on duodenal morphological alterations of broiler chickens during 10 to 45 day of age (Mean ± SD)

Item	Lignocellulose level (g/kg)			
	0 (T1)	60 (T2)	80 (T3)	100 (T4)
Villus height, µm	914.3±20.02^c	987.1±16.22^{ab}	970.3±17.1^{bc}	1,026.8±12.83^a
Villus area, mm^2	108.1±6.24^b	103.4±5.6^b	118.8±5.84^{ab}	128.0±5.84^a
Crypt depth, µm	40.7±1.46^a	36.5±0.73^{ab}	33.9±0.93^b	33.7±0.83^b
Villus height to crypt depth ratio	16.6±1.26^b	23.6±1.26^a	27.8±1.34^a	31.0±1.26^a

^{a,b,c} Different superscripts within rows indicate significant differences ($P < 0.05$)

CONCLUSION

Dietary LC can be added in semi-purified diet up to 100 g/kg to enhance broiler performance as a result of stimulation of duodenal morphological maturation. These results suggest that LC might have a high potential to use as alternative strategy to antibiotic growth promoters due to their ability to support gut development.

ACKNOWLEDGEMENT

Author would like to express our sincere gratitude to the National Research council of Thailand for research support fund (Project No. R2561B057) and Division of Research and Innovation, Naresuan University.

REFERENCE

Kheravii, S. K., Swick, R. A., Choct, M. and Wu, S. B. 2018. Roles of dietary fibre and ingredient particle size in broiler nutrition. World's Poult. Sci. J. 74(2): 301-316.

ภาคผนวกที่ 10 ตัวอย่างโปสเตอร์นำเสนอในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 3rd Alternatives to Antibiotics (ATA) "Challenges and Solution in Animal Health and Production" The Berkeley Hotel, Bangkok, Thailand 16-18 December 2019

ประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 21
The 21st Agricultural Conference
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002
โทรศัพท์ 043-202360, 083-3435926
http://ag2.kku.ac.th/conference21

วันที่ 27 พฤศจิกายน 2562

เรื่อง แจ้งผลตอบรับ/การพิจารณาการตีพิมพ์บทความ

เรียน นางสาวชัดดิยา สำนนปง

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเพื่อนำเสนอในประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 21 ประจำปี 2563 และเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารแก่นเกษตร ฉบับพิเศษ เลขทะเบียนเรื่องของท่านคือ Arti 2"อิทธิพลของสิกในเจลอุโลสในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กส่วนต้นในไก่เนื้อ" บัดนี้ เรื่องของท่านได้ถูกพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ และกองบรรณาธิการเรียบร้อยแล้ว กองบรรณาธิการมีความยินดีที่จะแจ้งให้ทราบว่าเรื่องของท่านมีความเหมาะสมที่จะตีพิมพ์ได้ โดยวารสารแก่นเกษตรจะตีพิมพ์บทความของท่านใน ปีที่ 48 ฉบับพิเศษ 1 ทั้งนี้บทความของท่านได้รับการพิจารณาให้นำเสนอในรูปแบบ Oral (ในกรณีที่ท่านมีความเห็นต่าง โปรดแจ้งกลับมาทาง e-mail ที่ส่งถึงท่านภายในวันที่ 29 พฤศจิกายน 2562)

พร้อมนี้โปรดยืนยันการลงทะเบียนเข้าร่วมประชุมวิชาการโดยสแกนหลักฐานการโอนเงินค่าลงทะเบียนเข้าบัญชีคณะเกษตรศาสตร์ ธนาคารกรุงไทย บัญชีออมทรัพย์ สาขามหาวิทยาลัยขอนแก่น ชื่อบัญชี คณะเกษตรศาสตร์ ม.ข. (การประชุมวิชาการเกษตร) เลขที่บัญชี 980-2-86559-1 โดยส่งหลักฐานพร้อมระบุชื่อ-ที่อยู่สำหรับการออกใบเสร็จ มาที่ e-mail: agconferencekku@gmail.com อัตราค่าลงทะเบียนที่ประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 21 กำหนดไว้คือ

3,000 บาทต่อ 1 เรื่อง สำหรับนักวิจัย และบุคคลทั่วไป

2,000 บาทต่อ 1 เรื่อง สำหรับนักศึกษา

ทั้งนี้หากท่านไม่สามารถดำเนินการภายในวันที่ 15 ธันวาคม 2562 คณะกรรมการจัดประชุมวิชาการฯ ขอสงวนสิทธิ์ในการยกเลิกบทความดังกล่าว โดยคณะกรรมการจัดประชุมวิชาการฯจะพิจารณาตีพิมพ์บทความของท่านในวารสารแก่นเกษตรฉบับพิเศษเมื่อได้รับการยืนยันการลงทะเบียนดำนั้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการ

ขอแสดงความนับถือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์บันหาวุฒิ จงรั้งกลาง
ประธานฝ่ายกองบรรณาธิการ และตรวจอ่าน

ภาคผนวกที่ 11 หนังสือตอบรับการนำเสนอในงานประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 21 ประจำปี 2563 ระหว่างวันที่ 27-28 มกราคม 2563 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น