

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

ปัจจุบันราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากวัตถุดิบบางชนิดถูกนำไปใช้ในการผลิตน้ำมันชีวภาพ (biofuel) ที่มีการขยายการผลิตอย่างมาก ดังนั้นการนำวัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันชีวภาพมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพ การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมีการขยายตัวอย่างมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมา น้ำมันไบโอดีเซลมีข้อดีกว่าปิโตรเลียมดีเซลในแง่ที่มีค่า cetane rating สูง มีคุณสมบัติหล่อลื่นสูง และก่อมลภาวะน้อยกว่า พืชน้ำมันที่นิยมนำมาผลิตไบโอดีเซลได้แก่ ปาล์ม น้ำมัน และ เรพซิด (rapeseed) เมล็ดมัสตาร์ดเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่เป็นทางเลือกหนึ่งของการนำมาใช้ผลิตน้ำมันไบโอดีเซล นอกเหนือจากการนำมาผลิตเป็นน้ำมันหอมระเหย และเครื่องเทศให้ความเผ็ดร้อนในอาหาร มัสตาร์ดเป็นพืชใน genus *Brassica* เช่นเดียวกับกับเรพซิดมีหลากหลายสายพันธุ์ สายพันธุ์ที่สำคัญได้แก่ 1) *B. nigra* ขนาดลำต้นสูง 3 เมตร ให้เมล็ดสีดำ ปลูกมากในอาร์เจนตินา ชิลี สหรัฐอเมริกา และสหภาพยุโรปบางประเทศ 2) *B. juncea* ลำต้นสูง 1-2 เมตร เมล็ดสีน้ำตาล เมื่อเมล็ดสุกยังคงอยู่ในฝักทำให้สะดวกในการใช้เครื่องกลช่วยในการเก็บเกี่ยว ปลูกมากในอินเดีย 3) *B. hirta* มีลำต้นเตี้ยประมาณ 0.6 เมตร เมื่อเมล็ดสุกยังคงอยู่ในฝัก มัสตาร์ดสามารถทนแล้ง ทนร้อน และความหนาวเย็นได้ดีกว่าเรพซิด เมล็ดมัสตาร์ดมีน้ำมันประมาณ 35% ภายหลังการแยกเอาน้ำมัน และสกัดสารให้ความเผ็ดร้อนออกไปแล้ว ส่วนของกากที่เหลือ (mustard cake หรือ mustard meal) ยังมีคุณค่าทางอาหารที่สูงสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (Anonymous, 2011)

USDA คาดว่าในปี 2010-2011 ปริมาณการผลิตเมล็ดมัสตาร์ดทั่วโลกอยู่ที่ 20-22 ล้านตัน ประเทศผู้นำในการผลิตได้แก่ แคนาดา อินเดีย ประเทศไทยมีการนำเข้าเมล็ดมัสตาร์ดเพื่อใช้ในการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากมัสตาร์ด การผลิตวาซาบิเทียม บริษัทที่เป็นผู้นำเข้ารายสำคัญได้แก่ ลานนาโปรดักส์มีการนำเข้าเมล็ดมัสตาร์ดจากแคนาดา ออสเตรเลีย และจีน ปีละกว่า 5,000 ตัน คิดเป็น

มูลค่ากว่า 100 ล้านบาทต่อปี (นิรนาม, 2553) กากที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ทดแทนกากถั่วเหลืองที่มีราคาแพงขึ้น

Tangtaweewipat et al. (2004) รายงานว่ากากมัสตาร์ด (*Brassica juncea*) ซึ่งมีความชื้นประมาณ 78 % เมื่อนำไปทำให้แห้งด้วยการตากแดดหรือคั่วในกะทะขนาดใหญ่ด้วยแก๊ส มีปริมาณโภชนะใกล้เคียงกันโดยมีโปรตีน ไขมัน และเยื่อใยเท่ากับ 29-30, 17-20 และ 11-12 % ตามลำดับ ส่วนค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (ME) มีค่าเท่ากับ 2.89 และ 2.44 kcal/g ของวัตถุแห้ง (หรือ 2.72 และ 2.33 kcal/g. airdry) ตามลำดับ กากมัสตาร์ดสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนและพลังงานในอาหารไก่เนื้อ โดยสามารถใช้ในอาหารได้ที่ระดับ 10 % โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต หากใช้ในระดับที่สูงกว่านี้มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลง และขนาดของต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่ขึ้น Cheva-Isarakul et al. (2001) ศึกษาการใช้กากมัสตาร์ดระดับ 0, 10, 20 และ 30 % ในอาหารไก่ไข่พบว่าการใช้ในระดับ 10% ไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิต แต่อัตราการให้ผลผลิต ปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวเพิ่ม และน้ำหนักไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระดับของกากมัสตาร์ดที่เพิ่มขึ้น การใช้กากมัสตาร์ดที่ระดับ 20 % ให้ผลผลิต และคุณภาพแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่มีอัตราการให้ผลผลิตต่ำกว่าประมาณ 6-8% น้ำหนักของต่อมไทรอยด์ และม้ามในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมัสตาร์ดมีแนวโน้มมากกว่ากลุ่มควบคุมแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- เพื่อนำผลพลอยได้ หรือวัสดุที่เหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันหอมระเหย หรือ อุตสาหกรรมเครื่องสำอางมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยเป็นแหล่งของโปรตีน และพลังงานเพื่อทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาแพงขึ้น
- เพื่อการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดให้มีประสิทธิภาพ

ขอบเขตของโครงการวิจัย

นำกากมัสตาร์ดที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันหอมระเหยในจังหวัดนครนายกซึ่งมีน้ำเป็นส่วนประกอบมากกว่า 70% (ระหว่างกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหย มัสตาร์ดถูกแช่นานานมากกว่า 12 ชั่วโมง ดังนั้นจึงคาดว่าจะช่วยลดสารกลูโคซิโนเลทได้ในระดับ

หนึ่ง) มาตากในลานกว้างด้วยแสงแดดธรรมชาติจนแห้ง แล้วนำมาบดละเอียดเพื่อหาคคุณค่าของ โภชนะ และนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารไก่กระทงในระดับ 15% เสริมด้วยทองแดง และ หรือ ไอโอดีนเพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากอนุพันธ์ของกลูโคซิโนเลท โดยคำนวณให้อาหารทุกสูตร ทดลองมีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ โปรตีน แคลเซียม และฟอสฟอรัสเท่ากัน ทดลองในไก่ กระทงช่วงอายุ 2 – 6 สัปดาห์ ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต ฮอร์โมนไทรอยด์ และคุณภาพ ซากเมื่ออายุ 42 วัน

ระยะเวลาและสถานที่ทำการวิจัย

ระยะเวลาของการทำวิจัยประมาณ 5 เดือน โดยแบ่งออกเป็น 4 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1: การเตรียมกากมันส์ตาร์ด์ให้มีปริมาณพอเพียงตลอดการทดลอง โดยการนำ กากมันส์ตาร์ด์จากโรงงานมาทำให้แห้งโดยการตากแดด และสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางเคมี ของกากมันส์ตาร์ด์

ระยะที่2: การจัดเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการผสมอาหาร คำนวณสูตรอาหาร จัดเตรียม โรงเรือน อุปกรณ์สำหรับการเลี้ยงไก่ การจัดทำแบบฟอร์มสำหรับบันทึกเก็บข้อมูล

ระยะที่3: ดำเนินการทดลอง (ระยะเวลา 6 สัปดาห์)

ระยะที่4: สรุป วิเคราะห์ผลการทดลอง เรียบเรียงข้อมูล และรายงานผลการวิจัย

แผนการดำเนินตลอดโครงการวิจัย

รายการ	ต.ค.-พ.ย.	ธ.ค.-ม.ค.	ก.พ.-มี.ค.	เม.ย.-พ.ค.	มิ.ย.-ก.ค.	ส.ค.-ก.ย.
1.เตรียมกากมันส์ตาร์ด์ วิเคราะห์คุณค่าทางเคมี		↔				
2.เตรียมวัตถุดิบ คำนวณสูตรอาหาร เตรียมอุปกรณ์ โรงเรือนฯ			↔			
3.ดำเนินการทดลอง			↔			
4.วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุป เรียบเรียง และรายงานผล				↔		

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

มีแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ให้ทั้งพลังงาน และโปรตีนให้เป็นทางเลือกเมื่อวัตถุดิบที่เคยใช้กันอยู่ เช่น กากถั่วเหลือง น้ำมันปาล์มมีราคาแพง หรือเกิดภาวะขาดแคลน การเลือกใช้วัตถุดิบที่หลากหลายชนิดร่วมกันในสูตรอาหารจะทำให้เกิด complementary effect นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

Thacker and Petri (2009) รายงานว่ากากมัสตาร์ดที่ได้จากการบีบอัดน้ำมัน(mustard press cake) ในกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล กากที่เหลือหลังจากทำให้แห้งมีไขมัน 12.39 % โปรตีน 33.96 % และความชื้น 6.91 % กากมัสตาร์ดมีสารยับยั้งคุณค่าทางอาหาร (antinutritional factor) ที่เป็นข้อจำกัดของการใช้เป็นอาหารสัตว์เช่นเดียวกับที่พบในกาก เรพซิด ได้แก่ glucosinolate glucosinolate เป็นกลุ่มของสารเคมีที่มีโครงสร้างหลักของโมเลกุลเป็นกลุ่ม β -d-thioglucose และ sulfonated oxime ซึ่งจับกับ side chain (R) ที่แตกต่างกันทำให้ได้เป็นกลูโคซิโนเลทมากมายหลายชนิด บางชนิดมีผลทำให้กินอาหารลดลง บางชนิดมีผลเหนี่ยวนำทำให้สัตว์แสดงอาการขาดไอโอดีน สัตว์เลี้ยงเอื้อยทนต่อกลูโคซิโนเลทได้ดีกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว สัตว์กระเพาะเดี่ยวต่าง species จะทนต่อระดับของกลูโคซิโนเลทได้แตกต่างกัน สุกรจะมีความไวต่อความเป็นพิษของกลูโคซิโนเลทมากกว่าสัตว์ปีก ไก่ไข่ ไก่วงจะทนได้น้อยกว่าไก่กระตัง การลดความเป็นพิษของกลูโคซิโนเลทที่ง่าย มีประสิทธิภาพ และคุ้มค่าทางเศรษฐกิจคือการแช่น้ำในอัตราส่วน 1 : 5 (w / v) นาน 12 ชั่วโมง (Tripathi and Mishra , 2007) Thacker and Petri (2009) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้กากเรพซิด และกากมัสตาร์ดที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซลในสูตรอาหารไก่กระตังช่วงอายุ 0 - 21 วัน ในระดับ 5, 10 และ 15 % แทนที่กากคาโนลาในสูตรอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากคาโนลา 15 % (กากคาโนลาเป็นกากที่ได้จากเรพซิดที่ปรับปรุงพันธุ์จนมีระดับกลูโคซิโนเลทต่ำ) อาหารทดลองที่มีกากมัสตาร์ดจะมีปริมาณ total glucosinolate สูงกว่ากลุ่มที่มีกากเรพซิด 7 เท่า โดยกลูโคซิโนเลทของกากมัสตาร์ดส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ 4-OH-benzyl glucosinolate กลูโคซิโนเลทที่พบในกากมัสตาร์ดแตกต่างจากกากเรพซิด คือ มักมีกลูโคซิโนเลทชนิดใดชนิดหนึ่งสูงในแต่ละ species และมีกลูโคซิโนเลทชนิดอื่นๆเล็กน้อย โดย 4-OH-benzyl glucosinolate เป็นกลูโคซิโนเลทสำคัญที่พบในมัสตาร์ดสายพันธุ์ *B. Herta* จากการทดลองพบว่า น้ำหนักเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กินของกลุ่มทดลองที่มีกากมัสตาร์ดทุกกลุ่มแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของกลุ่มที่ใช้กากมัสตาร์ด และกากเรพซิดดีกว่ากลุ่มเปรียบเทียบที่ใช้กากคาโนลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากกากมัสตาร์ดและกากเรพซิดมีน้ำมันเหลืออยู่สูงกว่ากากคาโนลา นอกจากนี้ 4-OH-benzyl glucosinolate ที่มี

มากในกากมัสตาร์ดมีรายงานว่าเป็นกลูโคซิโนเลทที่มีผลกระทบต่อสัตว์ปีกน้อยมาก ถ้าในอาหารมีการเสริมไอโอดีน Rowan et al. (1991) รายงานว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากเรพซิด และเสริมด้วยทองแดง 200 มก./ กก. มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของกรดอะมิโนบางชนิดบริเวณลำไส้เล็กตอนปลายสูงขึ้น Pekel et al; (2009) รายงานว่าการเสริมทองแดง 150 มก. / กก. ในอาหารไก่กระทงที่มี *Camelina sativa* (ซึ่งเป็นเมล็ดพืชน้ำมันในตระกูล Brassica และมีสารกลูโคซิโนเลท) ในระดับ 10 % สามารถปรับปรุงสมรรถภาพ และคุณภาพซากของไก่ให้ดีขึ้น

Tangtaweewipat et al. (2004) รายงานว่ากากมัสตาร์ด(*Brassica juncea*)ซึ่งมีความชื้นประมาณ 78% เมื่อนำไปทำให้แห้งด้วยการตากแดด หรือคั่วในกะทะขนาดใหญ่ด้วยแก๊ส มีปริมาณโภชนะใกล้เคียงกันโดยมีโปรตีน ไขมัน และเยื่อใยเท่ากับ 29-30, 17-20 และ 11-12 % ตามลำดับ ส่วน ค่าพลังงานใช้ประโยชน์(ME) มีค่าเท่ากับ 2.89 และ 2.44 kcal/g. DM (หรือ 2.72 และ 2.33 kcal/g. air dry) ตามลำดับ เมื่อนำกากมัสตาร์ดไปใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีน และพลังงานในอาหารไก่เนื้อ โดยใช้ในระดับ 0, 10, 20 หรือ 30 % ในช่วงไก่อายุ 2-3, 4-6 และ 7 สัปดาห์ตามลำดับ สามารถใช้ในอาหารได้ที่ระดับ 10 % โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต หากใช้ในระดับที่สูงกว่านี้มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลง และขนาดของต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่ขึ้น

ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

แนวโน้มของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากมวลชีวภาพเพื่อทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงจากฟอสซิลมากขึ้น พืชน้ำมันที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซลกันมาก ได้แก่ ปาล์ม น้ำมันเมล็ดเรพซิด ส่งผลให้เกิดภาวะขาดแคลน และทำให้มีราคาสูงขึ้น เมล็ดมัสตาร์ดเป็นพืชใน genus เดียวกับเรพซิดสามารถทนต่อความแห้งแล้ง ความร้อน ความหนาวเย็นได้ดีกว่า มีราคาถูกกว่า การใช้เมล็ดมัสตาร์ดจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งอาจช่วยลดผลกระทบ เมื่อเกิดการขาดแคลน พืชน้ำมันชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือการขาดแคลนวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

นำกากมันฝรั่งที่เหลือจากการสกัดน้ำมันซึ่งมีความชื้นสูงกว่า 70% มาตากแดดให้แห้ง แล้วบดละเอียดสำหรับใช้ในการทดลอง และสุมตัวอย่างมาวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี เพื่อใช้ประกอบการคำนวณสูตรอาหาร

วิธีการดำเนินการวิจัย

นำลูกไก่สายพันธุ์ Ross เพศผู้อายุ 1 วัน มากก และเลี้ยงรวมกันด้วยอาหารสำเร็จรูประยะแรกชนิดเม็คบี้ เมื่ออายุ 10 วัน สุมไก่ออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ามีไก่ 10 ตัว แยกเลี้ยงในกรงที่พื้นปูด้วยวัสดุรองพื้นเป็นแกลบ มีขนาดพื้นที่ 1×1.2 เมตร ไก่ในแต่ละกลุ่มทดลองจะได้รับอาหารที่ค่อยๆ เปลี่ยนจากอาหารสำเร็จรูประยะแรกมาเป็นอาหารทดลอง เมื่ออายุ 14 วัน ไก่จะได้รับอาหารทดลองโดยอาหารของแต่ละกลุ่มทดลองในช่วงอายุ 2-3 และ 3-6 สัปดาห์ มีระดับโปรตีนพลังงานใช้ประโยชน์ (ME) แคลเซียม ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ (Available Phosphorous) ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตสายพันธุ์ไก่ (Ross Nutrition Supplement; 2009) กลุ่มทดลองมีดังนี้

- กลุ่มที่ 1: อาหารกลุ่มควบคุมมีกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนหลัก
- กลุ่มที่ 2: อาหารทดลองที่มีกากมันฝรั่งระดับ 15 %
- กลุ่มที่ 3: อาหารทดลองที่มีกากมันฝรั่งระดับ 15 % เสริมด้วยทองแดง 150 มก. / กก.
- กลุ่มที่ 4: อาหารทดลองที่มีกากมันฝรั่งระดับ 15 % เสริมด้วยไอโอดีน 1 มก. / กก.
- กลุ่มที่ 5: อาหารทดลองที่มีกากมันฝรั่งระดับ 15% เสริมด้วยทองแดง 150 มก./กก. ร่วมกับไอโอดีน 1 มก. / กก.

ส่วนประกอบของวัตถุดิบ และส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 1 ในระหว่างการทดลองไก่ได้รับแสงสว่างวันละ 23 ชั่วโมง ได้รับอาหาร และน้ำกินเต็มที่ (แต่ในตอนเที่ยงของวันที่ให้อาหารจะถูกยกสูงขึ้น) จดบันทึกน้ำหนักไก่เมื่อเริ่มต้น บันทึกน้ำหนักตัวที่เพิ่ม และปริมาณอาหารที่กินทุกสัปดาห์ บันทึกจำนวนไก่ที่เสียชีวิตระหว่างการทดลอง และน้ำหนักอาหารที่ใช้

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบ และส่วนประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง
ระหว่างช่วงอายุ 14-21 วัน และระหว่างช่วงอายุ 22-42 วัน

Ingredients (%) / Treatments	Grower period (14 to 21 days of age)					Finisher period (22 to 42 days of age)				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Corn	49.00	45.60	45.54	45.6	45.54	51.64	48.03	48.03	48.03	48.03
Rice bran	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Palm oil	5.71	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	5.50	5.50	5.50	5.50
Mustard meal*	-	15.00	15.00	15.00	15.00	-	15.00	15.00	15.00	15.00
Soy bean meal	27.79	16.65	16.65	16.65	16.65	25.20	14.00	14.00	14.00	14.00
Fish meal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
DCP 18 %	0.35	0.50	0.50	0.50	0.50					
Oyster shell	1.10	1.05	1.05	1.05	1.05	1.10	1.05	1.05	1.05	1.05
salt	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
CuSO ₄ · 5H ₂ O	-	-	0.06	-	0.06	-	-	0.06	-	0.06
KI (mg / kg)	-	-	-	1.45	1.45	-	-	-	1.45	1.45
Methionine	0.17	0.25	0.25	0.25	0.25	0.14	0.25	0.25	0.25	0.25
Lysine	0.13	0.20	0.20	0.20	0.20	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Premix**	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	51.64	48.03	48.03	48.03	48.03
Total (kg)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Calculated analysis :										
Crude protein (%)	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	20.02	19.98	19.98	19.98	19.98
ME (Kcal / kg)	3,129	3,117	3,117	3,117	3,117	3,179	3,175	3,175	3,175	3,175
Calcium (%)	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Av. phosphorouss (%)	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42

* Mustard meal consisted of 35.97% crude protein, 26.36% ether extract and crude fiber 5.43% on air dry basis.

** Supplied per Kg diet : Vitamin A 9,000 IU. , D₃ 5,000 IU., E 200 mg , B₁ 2 mg, B₂ 6 mg, nicotinic acid

60 mg, pantothenic acid 15 mg, B₆ 3 mg, biotin 0.10 mg, folic acid 1.75 mg, B₁₂ 0.016 mg , Cu 16

mg, I 1.25 mg, Fe 40 mg, Mn 120 mg, Se 0.30 mg and Zn 100 mg.

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณปีกโดยสุ่มไปจากทุกหน่วยทดลองๆละ 1 ตัว เพื่อนำมาหาปริมาณฮอร์โมนไทรอยด์ triiodothyronine (T3) และ thyroxine (T4) โดยวิธี Enhanced Chemiluminescence Enzyme Immunoassay (CMIA) และสุ่มไป 30 %จากทุกหน่วยทดลองเพื่อนำมาหา น้ำหนักหัวใจ ม้าม ตับ ไขมันช่องท้อง น้ำหนักซาก (ไม่รวมขน หัว คอ และอวัยวะภายใน) แยกเนื้ออก เนื้อสะโพก น่อง (รวมกระดูก และหนัง) นำมาชั่งน้ำหนักแยกของแต่ละตัว

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ แผนการทดลองเป็นแบบ Completely randomized design ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติ(Analysis of Variance; ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan New's Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1984)

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ทำการทดลอง / เก็บข้อมูลที่ฟาร์มทดลองสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

บทที่ 4

ผลการวิจัย และข้อวิจารณ์

ผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต

การทดลองเปรียบเทียบสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่กระต๊อเพศผู้ซึ่งได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลัง 15 % เสริม และไม่เสริม ทองแดง และ / หรือ ไอโอดีน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารประกอบด้วยข้าวโพด-กากถั่วเหลือง เริ่มการทดลองเมื่อไก่อายุ 10 วัน โดยค่อยๆ เปลี่ยนอาหารจากอาหารเมื่อบีที่จำหน่ายในท้องตลาดจนเป็นอาหารทดลองทั้งหมด และเริ่มเก็บข้อมูลเมื่อไก่อายุ 14 วัน เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบของสารกลูโคสิโนเลทในกากมันสำปะหลังที่อาจเกิดขึ้นต่อพัฒนาการของลูกไก่ในระยะสัปดาห์แรก และเพื่อให้ลูกไก่มีระยะเวลาในการปรับตัวกับอาหารทดลองที่มีกลิ่น รสเผ็ดร้อน ผลการทดลองในช่วงอายุ 14 - 21 วัน และช่วงอายุ 22 - 42 วัน แสดงอยู่ในตารางที่ 2 ในสัปดาห์แรกของการทดลอง ปริมาณอาหารที่กิน / ตัว / วัน ของทุกกลุ่มทดลองที่มีกากมันสำปะหลัง 15 % มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) แต่ปริมาณอาหารที่กิน / ตัว / วัน ในแต่ละสัปดาห์ของระยะขุน (ช่วงอายุ 22 - 42 วัน) ทุกกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าไก่สามารถปรับตัวเข้ากับอาหารที่มีกากมันสำปะหลัง 15 % ได้เมื่ออายุมากขึ้น

อัตราการเจริญเติบโตของทุกกลุ่มทดลอง ช่วงอายุ 14 - 21 วัน และ ตลอดช่วงอายุ 22 - 42 วัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในช่วงอายุ 22 - 28 วัน ในระยะขุน ไก่กลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารมีกากมันสำปะหลัง 15% เสริมด้วยไอโอดีน 1 มก. / กก. อาหาร มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่มีกากมันสำปะหลัง 15% แต่ไม่เสริมทองแดง และ / หรือ ไอโอดีน ตลอดช่วงระยะการขุน (ช่วงอายุ 22 - 42 วัน) อัตราการเจริญเติบโตของทุกกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารมีกากมันสำปะหลัง ไม่ว่าจะเสริมหรือไม่เสริมทองแดง และ / หรือ ไอโอดีน มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (FCR) ของทุกกลุ่มทดลองในช่วงอายุ 14–21 วัน , ช่วงอายุ 22- 28 วัน และช่วงอายุ 29 – 35 วันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในสัปดาห์สุดท้ายของระยะขุน (ช่วงอายุ 36 – 42 วัน) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของกลุ่มทดลองที่มีกากมีสตาร์ด์แต่ไม่เสริมทองแดง และ / หรือ ไอโอดีนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่การเสริมทองแดง 150 มก. / กก. และ / หรือ ไอโอดีน 1 มก. / กก. ในอาหารที่มีกากมีสตาร์ด์ 15% มีผลทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักลดลง และมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาตลอดช่วงระยะการขุน (ช่วงอายุ 22 – 42 วัน) พบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) กลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารมีกากมีสตาร์ด์ ไม่ว่าจะเสริมหรือไม่เสริมทองแดง และ / หรือ ไอโอดีน มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) การเสริมทองแดง หรือ ไอโอดีน อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว ในอาหารที่มีกากมีสตาร์ด์ 15% มีส่วนช่วยปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก แต่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารมีกากมีสตาร์ด์ 15% แต่ไม่เสริมทองแดง และ/ หรือ ไอโอดีน การเสริมทองแดง 150 มก. / กก. ร่วมกับ ไอโอดีน 1 มก. / กก. ในอาหารที่มีกากมีสตาร์ด์ 15% มีผลทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารต่ำที่สุด และต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารมีกากมีสตาร์ด์ 15% เสริมทองแดงเพียงอย่างเดียว แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารมีกากมีสตาร์ด์ 15% เสริมไอโอดีน 1 มก./ กก.

อัตราการเลี้ยงรอดของทุกกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการตายที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีสาเหตุจากสภาพอากาศที่ร้อนเนื่องจากการทดลองในฤดูร้อน

ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม (Feed Cost / Gain) กำหนดจากการกำหนดราคาของกากมีสตาร์ด์เท่ากับ 10 บาท / กก. ซึ่งเป็นราคาที่ใกล้เคียงกับรำข้าว กลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารมีกากมีสตาร์ด์ 15 % เสริมทองแดงร่วมกับไอโอดีนมีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มต่ำที่สุด กลุ่มทดลองที่มีกากมีสตาร์ด์ 15 % เสริม หรือ ไม่เสริมทองแดง และ / หรือ ไอโอดีนมีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่กระตังซึ่งได้รับอาหารที่มีกากมีสตาร์ต 15 % เสริมและไม่เสริม ทองแดง และ / หรือไอโอดีน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ประกอบด้วยข้าวโพด กากถั่วเหลือง

Measurement	ช่วงอายุ (วัน)	Control (Corn soy ,0%MM)	T2 (15%MM)	T3 (15%MM+Cu)	T4 (15%MM+I)	T5 (15%MM +Cu+I)	SEM	CV.
ปริมาณอาหารที่กิน (ก./ตัว/วัน)	14 to 21 ^{**}	88.2 ^a	79.0 ^b	78.1 ^b	78.6 ^b	81.0 ^b	0.73	4.01
	22 to 28	120.1	113.2	126.2	121.4	114.1	2.23	8.39
	29 to 35	124.5	132.0	122.0	125.4	125.8	2.03	7.21
	36 to 42	165.0	165.0	168.8	166.5	164.1	3.31	8.92
	22 to 42	136.5	136.7	139.0	137.8	134.7	1.33	4.33
อัตราการ เจริญเติบโต (ก./ตัว/วัน)	14 to 21	60.0	55.0	56.5	53.9	53.0	1.02	8.21
	22 to 28 [*]	63.8 ^b	66.0 ^b	68.3 ^{ab}	73.1 ^a	69.6 ^{ab}	0.88	5.78
	29 to 35	58.0	67.0	64.1	64.3	64.7	1.18	8.32
	36 to 42	64.0	70.0	75.3	73.8	79.0	1.91	11.80
	22 to 42	61.9	67.6	69.2	70.4	71.1	0.99	6.51
อัตราการ เปลี่ยนอาหาร เป็นน้ำหนัก	14 to 21	1.468	1.443	1.380	1.507	1.545	0.02	7.35
	22 to 28	1.885	1.793	1.825	1.668	1.648	0.03	8.19
	29 to 35	2.155	2.010	1.905	1.950	1.960	0.04	8.56
	36 to 42 [*]	2.583 ^a	2.393 ^{ab}	2.263 ^{bc}	2.260 ^{bc}	2.075 ^c	0.04	7.97
	22 to 42^{**}	2.208^a	2.068^b	2.013^b	1.958^{bc}	1.895^c	0.02	3.55
อัตราการ เลี้ยงรอด (%)		97.5	90.0	85.0	95.0	95.0	2.43	11.76
ค่าอาหารต่อ กก. น้ำหนักเพิ่ม**(บาท)		30.95^a	27.71^b	27.31^b	26.82^b	26.80^b	0.20	3.22

* ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

** ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

กำหนดให้กากมัสตาร์ดราคา 10.00 บาท / กก.

ผลต่อระดับฮอร์โมนไทรอยด์ในซีรัม

การเสริม และไม่เสริม ทองแดง และ / หรือ ไอโอดีนในอาหารไก่กระทงที่มีกากมัสตาร์ด 15 % มีผลทำให้ระดับฮอร์โมน free triiodotyronine(T_3) และ free thyroxine (T_4) ในซีรัมของไก่กระทง เมื่ออายุ 42 วันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารประกอบด้วยข้าวโพด กากถั่วเหลือง ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3 ระดับของ free T_3 ในซีรัมของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารมีกากมัสตาร์ด 15% ไม่เสริมทั้งทองแดง และ ไอโอดีน และไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารมีกากมัสตาร์ดเสริมทองแดงมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ระดับของ free T_3 ในซีรัมของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารมีกากมัสตาร์ด 15% เสริมไอโอดีน และกลุ่มที่เสริมทองแดงร่วมกับไอโอดีนมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ตารางที่ 3 ระดับฮอร์โมน free triiodotyronine(T_3) และ free thyroxine (T_4) ในซีรัมเมื่ออายุ 42 วันของไก่กระทงซึ่งได้รับอาหารที่มีกากมัสตาร์ด 15 % เสริม และไม่เสริม ทองแดง และ / หรือ ไอโอดีน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ประกอบด้วยข้าวโพด กากถั่วเหลือง

Thyroid hormone level (pmole/litre)	Control (Corn soy .0%MM)	T2 (15%MM)	T3 (15%MM+Cu)	T4 (15%MM+I)	T5 (15%MM +Cu+I)	SEM	CV
free T_3	4.195	3.690	3.715	5.065	5.580	0.29	29.40
free T_4	2.420	4.965	5.605	13.970	11.268	1.25	73.21

ผลต่อคุณภาพซาก และน้ำหนักของอวัยวะภายใน

ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ซาก (ไม่รวมขน หัว คอ และอวัยวะภายใน) ไขมันช่องท้อง น้ำหนักของเนื้ออก สะโพก และน้อง (รวมส่วนของกระดูก และผิวหนัง) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวของทุกกลุ่มทดลอง รวมทั้งกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 4

ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของหัวใจ ตับ และม้ามคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวของทุกกลุ่ม

ทดลอง รวมทั้งกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ผลการเสริมทองแดง และ / หรือไอโอดีนในอาหารไก่กระทงที่มีกากมีสตาร์ต 15 % ต่อคุณภาพซาก เปรียบเทียบกับคุณภาพซากของไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ประกอบด้วยข้าวโพดกากถั่วเหลือง

	Control (Corn soy .0%MM)	T2 (15%MM)	T3 (15%MM+Cu)	T4 (15%MM+I)	T5 (15%MM +Cu+I)	SEM	CV.
คุณภาพซาก(%ของน้ำหนักตัว)							
เปอร์เซ็นต์ซาก *	80.15	79.91	81.16	79.99	80.41	0.31	1.75
(Carcass percentage)							
ไขมันช่องท้อง	1.483	1.443	1.665	1.545	1.670	0.05	14.34
(Abdominal fat pad)							
เนื้อมอก **	25.045	25.820	25.870	25.983	26.270	0.37	6.33
(Breast)							
สะโพก **	14.063	13.498	14.025	13.635	14.500	0.16	5.09
(Thigh)							
น่อง **	10.63	10.47	10.32	10.16	10.70	0.10	4.42
(Drumstick)							

* เปอร์เซ็นต์ซากไม่รวมขน หัว คอ และอวัยวะภายใน

** รวมส่วนของกระดูก และผิวหนัง

ตารางที่ 5 ผลการเสริมทองแดง และ / หรือไอโอดีนในอาหารไก่กระทงที่มีกากมีสตาร์ต 15 % ต่อน้ำหนักของหัวใจ ตับ และม้าม (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) เปรียบเทียบกับไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ประกอบด้วยข้าวโพด กากถั่วเหลือง

(% on Bw.)	Control (Corn soy .0%MM)	T2 (15%MM)	T3 (15%MM+Cu)	T4 (15%MM+I)	T5 (15%MM +Cu+I)	SEM	CV.
น้ำหนักหัวใจ (Heart)	0.371	0.383	0.402	0.410	0.419	0.01	6.06

น้ำหนักตับ(Liver)	1.705	1.958	1.813	1.845	1.723	0.04	10.08
น้ำหนักม้าม (Spleen)	0.135	0.087	0.132	0.082	0.091	0.01	48.71

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการศึกษาแสดงว่าการใช้กากมันสำปะหลังในระดับ 15% ในระยะแรกในช่วงไก่อายุ 14-21 วัน มีผลกระทบทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลง แต่หลังจากที่ไก่ได้รับกากมันสำปะหลังประมาณ 1 สัปดาห์ และไก่เริ่มอายุมากขึ้น ไก่มีความคุ้นเคย และสามารถปรับตัวเข้ากับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังได้ดีขึ้น การใช้อาหารที่มีกากมันสำปะหลัง 15 % ตลอดช่วงระยะขุน(ช่วงอายุ 22 – 42วัน)โดยไม่มีการเสริมทองแดง และ/ หรือไอโอดีนไม่มีผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเจริญเติบโต และยังมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การเสริมทองแดง หรือไอโอดีนอย่างใดอย่างหนึ่ง และการเสริมทั้งทองแดงร่วมกับไอโอดีนสามารถปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตลอดช่วงระยะขุน(ช่วงอายุ 22 – 42วัน) โดยที่กลุ่มที่ได้รับการเสริมทั้งทองแดงร่วมกับไอโอดีนมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักดีที่สุด

Rowan et al. (1991) รายงานว่าการเสริมทองแดงซัลเฟต (CuSO_4) ระดับ 200 มก./ กก. ในอาหารสุกรที่มี rapeseed meal (เป็นพืช genus *Brassica* เช่นเดียวกับมันสำปะหลัง และมีสารกลูโคสิโนเลทเช่นเดียวกัน) มีผลทำให้ระดับของสารกลูโคสิโนเลทบริเวณลำไส้เล็กตอนปลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และคาดว่ามีส่วนช่วยเพิ่มการย่อยได้ของกรดอะมิโนบางชนิด

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารมีกากมันสำปะหลัง 15% และไม่มี การเสริมทองแดง และ / หรือ ไอโอดีนในการทดลองครั้งนี้ให้ผลดีกว่ากลุ่มควบคุมที่มีข้าวโพด-กากถั่วเหลืองอาจเป็นผลที่ขัดแย้งกับการตรวจเอกสารในบางรายงาน ผลดังกล่าวอาจอธิบายได้ว่า ระดับการใช้กากมันสำปะหลัง 15% เป็นระดับที่ยังไม่สูงมากนัก และอนุพันธ์ของสารกลูโคสิโนเลทในกากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้อาจลดลงระหว่างกระบวนการผลิต Tripathi and Mishra (2007) รายงานว่าการลดความเป็นพิษของกลูโคสิโนเลทที่ง่าย มีประสิทธิภาพ และคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ คือ การแช่น้ำในอัตราส่วน 1 : 5 (w/v) นาน 12 ชั่วโมง กากมันสำปะหลังที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ในระหว่างกระบวนการผลิตที่โรงงานผ่านการแช่น้ำไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นถูกนำมาตากแดดจนแห้ง ทำให้อนุพันธ์ของกลูโคสิโนเลทที่เกิดจากการทำงานของ

เอนไซม์ ไมโรซิเนส (myrosinase) ถูกย่อยไประหว่างการตากแดด ดังนั้นจึงคาดว่าอนุพันธ์ของกลูโคสิโนเลทในกากมัสตาร์ดที่ใช้ในการทดลองนี้น่าจะลดน้อยลงไปมาก ทำให้ไม่มีผลกระทบต่อความน่ากินของอาหารที่มีกากมัสตาร์ด นอกจากนี้เมื่อไก่อายุมากขึ้นไก่สามารถปรับตัวให้คุ้นเคย และกินอาหารได้ดีขึ้นกว่าในช่วงแรกของการทดลอง

นอกจากนี้อนุพันธ์บางชนิดในเมล็ดมัสตาร์ดที่มีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant) และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (antibacterial) อาจมีส่วนที่เป็นประโยชน์ช่วยปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารมีกากมัสตาร์ด 15 % ให้ดีกว่าไก่กลุ่มควบคุมที่ได้อาหารประกอบด้วยข้าวโพด-กากถั่วเหลือง Engels et al. (2012) รายงานว่ากรดซินาปิก (sinapic acid) และอนุพันธ์ของซินาปิกที่คอนจูเกตกับสารประกอบกลุ่มฟีนอลที่สกัดได้จากกากเมล็ดมัสตาร์ดสายพันธุ์ (*Brassica juncea* L.) ที่เหลือหลังการสกัดน้ำมัน แสดงคุณสมบัติเลือกยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย เช่น *Staphylococcus aureus* และ *Listeria monocytogenes* และระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดดังกล่าวที่ 0.1 g./ ลิตรมีผลยับยั้งเชื้อ *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *L. monocytogenes*, *Pseudomonas fluorescens*, and *S. aureus* นอกจากนี้ Qiao et al. (2008) ยังรายงานว่า กรดซินาปิก (sinapic acid) ในระดับ 0.05, 0.10, 0.15, หรือ 0.20% ในอาหารไก่กระทรงช่วงอายุ 0 – 18 วันไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และการทำงานของเอนไซม์ creatine kinase , lactate dehydrogenase ที่อยู่ในซีรัมของไก่ แสดงให้เห็นว่ากรดซินาปิกไม่มีผลทำความเสียหายให้แก่ กล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อหัวใจ ตับ ไต และรายงานผลจากการทดลองที่สองพบว่าการใช้กรดซินาปิก 0.025 % ในอาหารไก่กระทรงมีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มควบคุม จากการตรวจเอกสารดังกล่าวแสดงว่าอนุพันธ์ของเมตาบอไลต์ต่างๆที่พบในเมล็ดมัสตาร์ดมีทั้งด้านที่มีประโยชน์ และด้านที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านลบต่อการนำกากมัสตาร์ดมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับ และชนิดของอนุพันธ์ที่ตกค้างในกากมัสตาร์ด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การใช้กากมันฝรั่ง ที่ผ่านการแช่น้ำอย่างน้อย 12-24 ชั่วโมงระหว่างอยู่ในกระบวนการผลิตที่โรงงาน และนำมาตากแดดจนแห้งมีผลทำให้สารกลูโคสิโนเลทในกากมันฝรั่งลดลง การนำกากมันฝรั่งดังกล่าวมาใช้ในระดับ 15 % ในสูตรอาหารไก่กระทง ไม่ว่าจะเสริม หรือไม่เสริมทองแดง และ / หรือไอโอดีน มีผลทำให้ปริมาณการกินอาหารในช่วงอายุ 14-21 วัน (ซึ่งเป็นระยะแรกของการทดลอง) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่หลังจากผ่านระยะ 7 วันแรกไก่สามารถปรับตัว และคุ้นเคยกับกลิ่น และรสของอาหารที่มีกากมันฝรั่ง ทำให้ปริมาณอาหารที่กินตลอดช่วงอายุ 22- 42 วันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การใช้กากมันฝรั่งในระดับ 15 % เสริม หรือไม่เสริมทองแดง และ / หรือไอโอดีนมีอัตราการเจริญเติบโตในช่วงอายุ 14-21 วัน และตลอดช่วงอายุ 22-42 วันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตลอดช่วงอายุ 22-42 วันของกลุ่มทดลองที่มีกากมันฝรั่ง 15 % ไม่เสริมทองแดง และ/หรือไอโอดีนมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การเสริมทองแดง และ / หรือไอโอดีนมีส่วนช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้อาหารโดยการเสริมทองแดง หรือไอโอดีนอย่างใดอย่างหนึ่งมีผลทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่ที่ได้รับอาหารมีกากมันฝรั่ง 15% ลดลง (การเสริมไอโอดีนอย่างเดียวนั้นแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักต่ำกว่าการเสริมทองแดงอย่างเดียว) แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันฝรั่ง 15% แต่ไม่เสริมทองแดง และไอโอดีน การเสริมทองแดงร่วมกับไอโอดีนในอาหารที่มีกากมันฝรั่ง 15% มีผลทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักมีค่าต่ำที่สุด และต่ำกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มของทุกกลุ่มทดลองที่มีกากมันฝรั่ง เสริม หรือไม่เสริมทองแดง และ/ หรือไอโอดีนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เปรอร์เซ็นต์ซาก คุณภาพซาก น้ำหนักของหัวใจ ตับ ม้าม(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ของน้ำหนักตัว) และระดับฮอร์โมนไทรอยด์ในซีรัมเมื่ออายุ 42 วันของทุกกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดลองดังกล่าวสรุปได้ว่าการใช้กากมันสำปะหลัง 15 % ในอาหารไก่กระทง ในช่วงอายุ 22-42 วันให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ประกอบด้วยข้าวโพดกากถั่วเหลือง แม้ว่าจะไม่เสริมทองแดง หรือไอโอดีน การเสริมทองแดงร่วมกับไอโอดีนให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงสุดเมื่อเทียบกับการเสริมทองแดง หรือไอโอดีนอย่างใดอย่างหนึ่ง การเสริมไอโอดีน 1 มก./กก. เพียงอย่างเดียวในอาหารที่มีกากมันสำปะหลัง 15% มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเสริมทองแดงเพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังไม่เสริมทองแดงและไม่เสริมไอโอดีนตามลำดับ ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม (FCG) ของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเสริมไอโอดีนอย่างเดียวแตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเสริมไอโอดีนร่วมกับทองแดงเพียง 0.02 บาท / กก.

การใช้ทองแดงในระดับสูง 150 มก./กก. เป็นระดับที่สูงกว่าความต้องการของไก่ อาจทำให้มูลไก่ที่ขับออกมามีความเข้มข้นของทองแดงสูง ถ้ามีการนำมูลไก่อดังกล่าวไปใช้เป็นปุ๋ยให้แก่แปลงหญ้าสำหรับการเลี้ยงแกะอาจทำให้เกิดความเป็นพิษกับแกะได้ แกะมีความไวต่อความเป็นพิษจากทองแดง ระดับความเข้มข้นของทองแดงที่ 10-11 มก./กก.อาหารก็สามารถทำให้เกิดความเป็นพิษต่อแกะได้ ดังนั้นการเสริมไอโอดีน 1 มก./กก. ในอาหารที่มีกากมันสำปะหลัง 15% น่าจะเป็นแนวทางที่ดีสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารไก่กระทง

บรรณานุกรม

- นิรนาม . 2553 . ดิถีปลูกธุรกิจ. สยามธุรกิจ ฉบับที่ 1152 ประจำวันที่ 17-11-2010 ถึง 19-11-2010.
- Anonymous . 2011. Mustard Plant. [On Line] Available at : http://en.wikipedia.org/wiki/Mustard_plant#Varieties.
- Cheva-Isarakul, B., S. Tangtaweewipat and P. Sangsrijun. 2001. The Effect of Mustard Meal in Laying Hen Diets. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 14(11) : 1605-1609.
- Engels C., A. Schieber and M.G. Gänzle. 2012. Sinapic Acid Derivatives in Defatted Oriental Mustard (*Brassica juncea* L.) Seed Meal Extracts Using UHPLC-DAD-ESI-MS " and Identification of Compounds with Antibacterial Activity. European Food Research and Technology . 234(3)535-542.
- Ludke, H. and F. Schone.1988. Copper and Iodine in Pig Diet with High Glucosinolate Rapeseed Meal. Anim. Feed Sci. Tech. 92 : 33-43.
- Pekel A.Y., P. H. Patterson, R.M. Hulet, N. Acar, T. L. Cravener, D.B. Dowler and J.M. Hunter. 2009 . Dietary Camelina Meal versus Flaxseed with and without Supplemental Copper for Broiler Chickens : Live Performance and Processing Yield . Poultry Science 88 : 2392–2398.
- Qiao, H.Y., J. P. Dahiya, and H. L. Classen1. 2008. Nutritional and Physiological Effects of Dietary Sinapic Acid (4-Hydroxy-3,5-Dimethoxy-Cinnamic Acid) in Broiler Chickens and its Metabolism in the Digestive Tract. Poultry Science 87:719–726.
- Rowan, T. G., T. L. J. Lawrence and S. J. Kershaw. 1991. Effects of Dietary Copper and a Probiotic on Glucosinolate Concentration in Ileal Digesta and in Faeces of Growing Pigs Given Diets Based on Rapeseed Meals. Anim. Feed Sci. Technol. 35 : 247–258.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1984. Principles and Procedures of Statistics. 2nd ed., McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, USA.

- Tangtaweewipat, S., B. Cheva-Isarakul and P. Sangsrijun . 2004. The Use of Mustard Meal as a Protein Source in Broiler Diets. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 26 (1) : 23-30.
- Thacker P.A. and D. Petri. 2009. The Effects of Canola or Mustard Biodiesel Press Cake on Nutrient Digestibility and Performance of Broiler Chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22 (11) : 1531 – 1539.
- Tripathi, M.K. and A.S. Mishra. 2007. Glucosinolates in Animal Nutrition : A Review. *Animal Feed Science and Technology* 132 : 1–27.

ภาคผนวก



(ก) ต้นมัสตาร์ด



(ข) เมล็ดมัสตาร์ดสายพันธุ์ *Brassica juncea*



(ค) mustard paste จากโรงงาน



(ง) การตากมัสตาร์ด



(จ) กากมัสตาร์ดที่ผ่านการบด

(ฉ) ไข่กระตังในคอกทดลอง

ภาพผนวกที่ 1 (ก) ต้นมัสตาร์ด (ข) เมล็ดมัสตาร์ดสายพันธุ์ *Brassica juncea* (ค) mustard paste จากโรงงาน (ง) การตากมัสตาร์ด (จ) กากมัสตาร์ดที่ผ่านการบด (ฉ) ไข่กระตังในคอกทดลอง

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กิน ช่วงอายุ 14-21 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	279.67717	69.91929	6.63**	3.06	4.89
Error	15	158.13033	10.54202			
Total	19	437.80750				

CV= 4.01 % , SEM = 0.73

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กิน ช่วงอายุ 22-28 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	467.43823	116.85956	1.17	3.06	4.89
Error	15	1493.80963	99.58731			
Total	19	1961.24786				

CV= 8.39 % , SEM= 2.23

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กิน ช่วงอายุ 29-35 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	218.67748	54.66937	0.66	3.06	4.89

Error	15	1235.66130	82.37742
Total	19	1454.33878	

CV= 7.21 % , SEM = 2.03

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กิน ช่วงอายุ 36-42 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	56.21527	14.05382	0.06	3.06	4.89
Error	15	3286.63003	219.10867			
Total	19	3342.84530				

CV= 8.92% , SEM= 3.31

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กินตลอดช่วงอายุ 22-42 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	41.93338	10.48335	0.30	3.06	4.89
Error	15	527.20760	35.14717			
Total	19	569.14098				

CV= 4.33 % , SEM = 1.33

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต ช่วงอายุ 14-21 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	119.69165	29.92291	1.43	3.06	4.89

Error	15	313.31733	20.88782
Total	19	433.00898	

CV= 8.21%, SEM= 1.02

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต ช่วงอายุ 22-28 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	200.98655	50.24664	3.23*	3.06	4.89
Error	15	233.09385	15.53959			
Total	19	434.08040				

CV= 5.78 % , SEM= 0.88

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต ช่วงอายุ 29 - 35 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	177.26048	44.31512	1.58	3.06	4.89
Error	15	420.25740	28.01716			
Total	19	597.51788				

CV = 8.32 % , SEM= 1.18

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต ช่วงอายุ 36 – 42 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01

Treatment	4	531.09963	132.77491	1.82	3.06	4.89
Error	15	1093.88865	72.92591			
Total	19	1624.98828				

CV= 11.80 % , SEM = 1.91

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต ตลอดช่วงอายุ 22-42 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	216.88433	54.22108	2.76	3.06	4.89
Error	15	294.30053	19.62004			
Total	19	511.18486				

CV= 6.51 %, SEM= 0.99

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก ช่วงอายุ 14-21 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	0.06353	0.01588	1.36	3.06	4.89
Error	15	0.17473	0.01165			
Total	19	0.23826				

CV= 7.35 % , SEM = 0.02

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก ช่วงอายุ 22-28 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)
--------	----	----	----	---------	--------

					0.05	0.01
Treatment	4	0.16823	0.04206	2.02	3.06	4.89
Error	15	0.31263	0.02084			
Total	19	0.48086				

CV= 8.19 % , SEM = 0.03

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรุ่น ช่วงอายุ 29-35 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	0.14868	0.03717	1.27	3.06	4.89
Error	15	0.43760	0.02917			
Total	19	0.58628				

CV = 8.56 % , SEM = 0.04

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรุ่น ช่วงอายุ 36 - 42 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	0.56377	0.14094	4.15*	3.06	4.89
Error	15	0.50993	0.03400			
Total	19	1.07370				

CV = 7.97 % , SEM = 0.04

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรุ่น ตลอดช่วงอายุ 22- 42 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	0.22672	0.05668	10.96**	3.06	4.89
Error	15	0.07760	0.00517			
Total	19	0.30432				

CV= 3.55% , SEM = 0.02

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการใช้ยารอด

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	400.0000	100.0000	0.85	3.06	4.89
Error	15	1775.0000	118.3333			
Total	19	2175.0000				

CV = 11.76 % , SEM= 2.43

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอาหารต่อ กก.น้ำหนักตัว

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	48.12025	12.03006	14.84**	3.06	4.89
Error	15	12.15733	0.81049			
Total	19	60.27758				

CV = 3.22 % , SEM = 0.20

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ free triiodothyronine (T₃) ในซีรัม เมื่ออายุ 42 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	11.35188	2.83797	1.66	3.06	4.89
Error	15	25.66490	1.71100			
Total	19	37.01678				

CV = 29.40 %, SEM = 0.29

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ free tyroxine (T₄) ในซีรัม เมื่ออายุ 42 วัน

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	367.09102	91.77276	2.93	3.06	4.89
Error	15	469.97908	31.33194			
Total	19	837.07010				

CV= 73.21 % , SEM = 1.25

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ซาก (% ของน้ำหนักตัว)

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	4.06627	1.01657	0.52	3.06	4.89
Error	15	29.46403	1.96427			
Total	19	33.53030				

CV= 1.75 % , SEM = 0.31

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักไขมันในช่องท้อง(% ของน้ำหนักตัว)

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)
--------	----	----	----	---------	--------

					0.05	0.01
Treatment	4	0.17263	0.04316	0.86	3.06	4.89
Error	15	0.75155	0.05010			
Total	19	0.92418				

CV= 14.34 % , SEM = 0.05

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักรูปร่าง (% ของน้ำหนักตัว)

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	3.31800	0.82950	0.31	3.06	4.89
Error	15	39.93658	2.66244			
Total	19	43.25458				

CV= 6.33 % , SEM = 0.37

ตารางผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักรูปร่างสะโพก (% ของน้ำหนักตัว)

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	2.49833	0.62458	1.24	3.06	4.89
Error	15	7.54495	0.50300			
Total	19	10.04328				

CV= 5.09 % , SEM = 0.16

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักรูปร่างน่อง (% ของน้ำหนักตัว)

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	0.80628	0.20157	0.94	3.06	4.89
Error	15	3.20680	0.21379			
Total	19	4.01308				

CV = 4.42 % , SEM= 0.10

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักรูปร่าง (% ของน้ำหนักตัว)

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	0.00615	0.00154	2.66	3.06	4.89
Error	15	0.00867	0.00058			
Total	19	0.01481				

CV = 6.06 % , SEM = 0.01

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักรูปร่าง (% ของน้ำหนักตัว)

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	0.16663	0.04166	1.25	3.06	4.89
Error	15	0.49823	0.03322			
Total	19	0.66486				

CV= 10.08 % , SEM = 0.04

ตารางผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักรูปร่าง (% ของน้ำหนักตัว)

Source	df	SS	MS	F(calc)	F(tab)	
					0.05	0.01
Treatment	4	0.01077	0.00269	1.02	3.06	4.89
Error	15	0.03946	0.00263			
Total	19	0.05023				

CV= 48.71%, SEM = 0.01