

บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

วิจารณ์ผลการทดลอง

- องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสตาร์ด

กากมันสตาร์ดที่นำมาจากโรงงานของบริษัทลานนาโปรดักส์ จำกัด จ. ลำพูน ซึ่ง ได้สกัดเอาน้ำมันหอมระเหย และน้ำมันมันสตาร์ดบางส่วนออกไปแล้ว กากมีความชื้นค่อนข้างสูงคือ มีประมาณ 78% เมื่อทำให้แห้งด้วยวิธีการตากแดดโดยกลับพลิกกากทุกวัน ใช้เวลา 3-4 วัน การอบด้วยตู้อบที่ใช้ลมร้อนจากไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 65 °ซ ใช้เวลา 2 วัน แต่ถ้าใช้วิธีการคั่วในกะทะขนาดใหญ่ซึ่งใช้แก๊สเป็นแหล่งให้ความร้อน มีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 120-140 °ซ ใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง กากจึงจะแห้ง

เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า กากทั้งสามชนิดมีโปรตีนและไขมัน 30-32 และ 19-22% DM ตามลำดับ ส่วนเยื่อใยมีค่อนข้างสูง (12-13%) ซึ่งเมื่อเทียบกับกากมันสตาร์ดจากรายงานของ Gohl (1981) ชนิดที่มีไขมัน 11% จะมีโปรตีนเท่ากับ 39% สูงกว่ากากที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ แต่ถ้าเป็นกากชนิดที่มีเยื่อใยสูง (18%) จะมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกัน (26 vs. 30-32% ของ DM) อย่างไรก็ดี กากที่นำมาศึกษาครั้งนี้มีไขมันสูงมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรรมวิธีการผลิตที่อาจจะมีประสิทธิภาพไม่ดีพอหรือยังคงต้องการให้เหลือน้ำมันในกากอยู่อีกจึงมีไขมันเหลือมาก ทำให้สัดส่วนโปรตีนลดลง เมื่อเทียบกับกากมันสตาร์ดจากโรงงานผลิตน้ำมันหอมระเหยกับกากถั่วเหลืองและกากมันสตาร์ดชนิดสกัดไขมันออกเกือบหมด (เหลืออยู่ไม่เกิน 3% DM) ปรากฏว่ากากมันสตาร์ดมีโปรตีนต่ำกว่า คือ 30-32 vs. 49 (NRC, 1994) และ 41-48% DM (Dagher และ Charalambour, 1978, Bell *et al.*, 1981 และ 1984, Newkirk *et al.*, 1997 และ Slominski *et al.*, 1999) ตามลำดับด้วยเหตุนี้ หากต้องการปรับปรุงให้กากที่ได้จากการสกัดน้ำมันหอมระเหยชนิดนี้มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นควรจะใช้วิธีการสกัดน้ำมันที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการใช้ไขมันสูงน่าจะเป็นผลดีในแง่เป็นแหล่งพลังงานเพื่อใช้ทดแทนข้าวโพดได้

- การย่อยได้ของกากมันสตาร์ด

จากการที่การย่อยได้ของโภชนะในกากมันสตาร์ดชนิดตากแดดและชนิดคั่วมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 46 vs. 43% DM ของ โปรตีน 58 vs. 57% DM ของเยื่อใย 8 vs. 12%

DM และของอินทรีย์วัตถุ 47 vs. 45% DM ในขณะที่การย่อยได้ของไขมันในกากชนิดคั่วมีค่าสูงกว่าชนิดตากแดดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$; 82 vs. 77% DM) นั้น ผลนี้สอดคล้องกับรายงาน Qudrat-I-Khuda *et al.* (1966) ที่ใช้น้ำมันมัสตาร์ดผ่านความร้อนไปเลี้ยงหนูทดลองพบว่ามีประสิทธิภาพการใช้พลังงานและอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำมันมัสตาร์ดไม่ผ่านความร้อน ส่วนการย่อยได้ของ NFE ของกากมัสตาร์ดชนิดคั่วมีค่าต่ำกว่ากากชนิดตากแดดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$; 54 vs. 42% DM) อาจเกิดจากกากชนิดคั่วใช้อุณหภูมิเริ่มต้นที่สูง (120-140 °ซ) และใช้ระยะเวลาสั้น (8 ชั่วโมง) ซึ่งจากการสังเกตจะมีเม็ดสีน้ำตาลเข้มคล้ายถ่านปนอยู่กับกากสีน้ำตาลเข้ม แสดงว่ากากบางส่วนถูกคั่วจนไหม้ ส่วนลักษณะสีน้ำตาลเข้มของกากดังกล่าวน่าจะเกิดจากปฏิกิริยารวมตัวกันของน้ำตาล reducing sugar และไลซีน ที่เรียกว่า Maillard reaction หรือเรียกอีกอย่างว่า Browning reaction ทำให้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าการย่อยได้ของโปรตีนในกากชนิดคั่วที่มีค่าต่ำกว่ากากชนิดตากแดดเล็กน้อย

เมื่อนำการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และไขมัน ในกากมัสตาร์ดทั้งสองชนิดไปเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง และกากเรปซิด ในการศึกษาของวีระศักดิ์ (2543) และกากเรปซิด จากการศึกษาของไพฑูรย์ (2539) ซึ่งเป็นการย่อยได้ของไก่ปกติ ที่ทำโดยใช้วิธีกรอกอาหารทางปากเหมือนกัน ปรากฏว่า การย่อยได้ของโภชนะดังกล่าวของกากมัสตาร์ดทั้งสองชนิดต่ำกว่ากากถั่วเหลือง แต่สูงกว่ากากเรปซิด คือมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งเท่ากับ 46-43 vs. 57 และ 40-36% ของโปรตีนเท่ากับ 58-57 vs. 67 และ 51-39% ของไขมันเท่ากับ 77-82 vs. 97 และ 46-45% ตามลำดับ

• ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากมัสตาร์ด

จากการหาค่า ME โดยใช้วิธีกรอกกากมัสตาร์ดทางปาก พบว่า ค่า AME และ TME ของกากชนิดที่ทำให้แห้งด้วยการตากแดดมีค่าสูงกว่าชนิดคั่ว (2.89 และ 3.35 vs. 2.44 และ 2.89 kcal/g DM; ตารางที่ 11) นั้น ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องจากกากชนิดคั่วใช้อุณหภูมิเริ่มต้นที่สูง (120-140 °ซ) และใช้ระยะเวลาสั้น (8 ชั่วโมง) สอดคล้องกับค่าการย่อยได้ของโภชนะในกากชนิดตากแดดที่พบว่า มีสูงกว่าชนิดคั่ว

อย่างไรก็ดีค่า AME ของกากมัสตาร์ดที่ได้จากการศึกษานี้สูงกว่าที่ Newkirk *et al.* (1997) ได้ศึกษาในกากมัสตาร์ด 4 สายพันธุ์ ซึ่งพบว่า มีค่า AME_n เท่ากับ 2,011-2,382 kcal/kg (เฉลี่ย $2,216.5 \pm 140.5$ kcal/kg) หรือเมื่อคำนวณเป็นค่า AME แล้วมีค่าเท่ากับ 2,114.2 kcal/kg ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องจากปริมาณไขมันในกากที่ศึกษาครั้งนี้มีสูงกว่าของ Newkirk *et al.* (1997) มาก คือ 19-22% เทียบกับ 0.4-0.6% นอกจากนี้ยังอาจเนื่องจากปริมาณโภชนะอื่นที่มีแตกต่างกันด้วย

เมื่อเปรียบเทียบค่า ME ของกากมันสำปะหลังกับวัตถุดิบแหล่งโปรตีนชนิดอื่นที่นิยมใช้ใน ประเทศไทย พบว่า มีค่าสูงกว่ากากถั่วเหลือง กากเรปซิด และกากทานตะวัน (2.33–2.72 vs. 2.24, 1.60 และ 1.81 kcal/g. air dry; NRC, 1994, Tangtaweewipat *et al.*, 1998, วีระศักดิ์, 2543) จึงเห็นได้ว่า กากมันสำปะหลังที่เป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานผลิตน้ำมันหอมระเหย น่าจะนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานในอาหารสัตว์เพื่อทดแทนวัตถุดิบประเภทโปรตีนจากพืช เช่น กากถั่วเหลือง กากทานตะวัน และกากเรปซิด และ/หรือวัตถุดิบประเภทพลังงาน เช่น ข้าวโพด ได้บ้าง

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าวิธีการทำให้กากมันสำปะหลังจากโรงงานซึ่งมีความชื้นสูงมาก แห้งด้วยวิธีการต่างกัน 3 วิธีนั้น การตากแดดจะให้ผลดีกว่าการคั่ว (พิจารณาจากการย่อยได้ และค่า ME) อย่างไรก็ดี ในแง่ของความสะดวกและรวดเร็ว การคั่วนับว่าสะดวกการตากแดด แม้ว่าจะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายบ้างก็ตาม ยกเว้นในกรณีของเกษตรกรรายย่อยที่มีความต้องการใช้กากมันสำปะหลัง ปริมาณไม่มาก หรือมีลานสำหรับตากอยู่แล้ว เพียงแต่เกษตรกรต้องกลับพลิกกากประมาณ 2 ครั้ง ต่อวัน และต้องคอยระวังเรื่องฝนด้วย

- การใช้กากมันสำปะหลังเป็นอาหารไก่เนื้อ

จากการใช้กากมันสำปะหลังชนิดทำให้แห้งด้วยการตากแดดและชนิดคั่วเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่เนื้อเป็นเวลา 6 สัปดาห์ (ช่วงไก่อายุ 2-7 สัปดาห์) ปรากฏว่าสมรรถภาพการผลิตค่อยลงตามระดับการเพิ่มขึ้นของกากมันสำปะหลังในอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากไก่กินอาหารได้น้อยลง (ตารางที่ 12) จึงทำให้ได้รับโภชนาต่างๆ เช่น โปรตีน เมทไธโอนีน ไลซีน และ ME น้อยลง (ตารางที่ 21) การที่ไก่กินอาหารได้น้อยลง ตามการเพิ่มขึ้นของระดับกากมันสำปะหลังในอาหารนั้น อาจเนื่องจากกากมันสำปะหลังมีเยื่อใยสูงกว่ากากถั่วเหลือง จึงทำให้อาหารย่อยยากขึ้นและมีความฟาม สัตว์จึงกินได้น้อย นอกจากนี้ยังอาจเนื่องจากกากมันสำปะหลังมีกลูโคซิโนเลทและไซนาบินซึ่งมีรสขม และ/หรือมีกลิ่นฉุนจึงทำให้อาหารมีความน่ากินลดลง

ส่วนอัตราการตายของไก่ทุกกลุ่มให้ผลไม่แตกต่างกัน และไม่พบอาการผิดปกติใดๆ ที่เกิดขึ้นกับตัวไก่ อย่างไรก็ดี การศึกษาในครั้งนี้กระทำในช่วงฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ – เมษายน) ซึ่งมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตของไก่ คือ 37-40°C ทำให้ไก่ในกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังชนิดตากแดดระดับ 10% มีอัตราการตายมากกว่ากลุ่มอื่น โดยไก่ที่ตายนี้มีขนาดตัวโต ซึ่งมีความอ่อนไหวต่อความเครียดเนื่องจากอากาศร้อนได้ง่าย ส่งผลให้น้ำหนักตัวเพิ่มและประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยกว่ากลุ่มที่ใช้กากชนิดใช้แก๊สที่ระดับเดียวกันเล็กน้อย (ตารางที่ 12)

จากผลการศึกษานี้ที่ปรากฏว่า กากมีสตาร์ด์สามารถใช้ได้ที่ระดับ 10% หรือเท่ากับ แทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 21-31% โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตนั้น สอดคล้องกับ Gohl (1981) ที่แนะนำอย่างคร่าวๆ ว่า สามารถใช้กากมีสตาร์ด์ในอาหารสัตว์ปีกได้ 9% Blair (1984) รายงานว่า สามารถใช้กากมีสตาร์ด์ในอาหารไก่เนื้อได้ 10% โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต และ Bhattacharjee *et al.* (1995) รายงานว่า สามารถใช้กากมีสตาร์ด์แทนที่กากถั่วลิสงในอาหารนกกระทารุ่นได้ 30% โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต

อย่างไรก็ดี เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละช่วงอายุของไก่ พบว่า เมื่อไก่อายุมากขึ้นจะสามารถใช้กากมีสตาร์ด์ในระดับที่สูงขึ้นได้ โดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์สุดท้าย (อายุไก่ 43-49 วัน) สามารถใช้กากมีสตาร์ด์ได้สูงถึง 30% ไม่ว่าจะใช้กรรมวิธีทำแห้งแบบใด (ตารางที่ 13) การที่ไก่สามารถใช้กากมีสตาร์ด์ได้สูงขึ้นเมื่อมีอายุนั้น อาจมีสาเหตุจากไก่ทนต่อความเป็นพิษของกลูโคซิโนเลท และสารพิษชนิดอื่นที่มีในกากมีสตาร์ด์ หรืออาจทนต่อระดับของเยื่อใยที่สูงเมื่อใช้กากมีสตาร์ด์ระดับสูงในสูตรอาหาร และ/หรือทนต่อความเผ็ดของกากมีสตาร์ด์ได้

ตารางที่ 21. ปริมาณโภชนะที่ไก่เนื้อได้รับ เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากมีสตาร์ด์ชนิดตากแดดและชนิดคั่วในช่วงอายุ 2-7 สัปดาห์

ระดับกากมีสตาร์ด์ ในอาหาร	แทนที่ SBM	ชนิดกาก มีสตาร์ด์	โปรตีน (ก.)	ME (Mcal)	เมทไธโอนีน (ก.)	ไลซีน (ก.)	เยื่อใย (ก.)
0	-	-	821.9	13.7	16.8	43.5	223.9
10	21-26-31 ^{1/}	ตากแดด ^{2/}	826.9	13.8	16.9	43.8	249.0
10	21-26-31	คั่วในกะทะ ^{3/}	818.6	13.7	16.8	43.3	246.3
20	42-52-62	ตากแดด	811.2	13.5	16.6	42.9	268.5
20	42-52-62	คั่วในกะทะ	787.0	13.1	16.1	41.7	258.9
30	64-78-94	ตากแดด	742.2	12.4	15.2	39.3	265.8
30	64-78-94	คั่วในกะทะ	719.1	11.2	14.8	38.1	256.8

^{1/2/3/}ดูในตารางที่ 9

การที่ต่อมไทรอยด์มีขนาดโตขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$; ตารางที่ 14) เมื่อมีการใช้กากมีสตาร์ด์ในอาหาร แสดงให้เห็นว่ากากมีสตาร์ด์ที่ผ่านการสกัดเอาน้ำมันหอมระเหย (AIT, nitrile และสารกลุ่ม indoles) ออกไปแล้ว ก็ยังคงมีความเป็นพิษอยู่จึงไปยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของไอโอดีนของต่อมไทรอยด์ ส่งผลให้ต่อมไทรอยด์ทำงานหนักขึ้น จึงมีขนาดโตขึ้น สอดคล้องกับ

การใช้กากเรปซีดชนิดที่มีกลูโคซิโนเลทระดับ 75.3 $\mu\text{mole/g}$. ในอาหารไก่เนื้อ มีผลทำให้ต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่ขึ้นและมีการผลิตฮอร์โมน T_4 ออกมาลดลง (Tangtaweewipat *et al.*, 1998) ทำนองเดียวกับการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารนกกกระทุงระดับสูง (Bhattacharjee *et al.*, 1995) ด้วยเหตุนี้ จึงมีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อจากการศึกษาในครั้งนี้เลวลงเมื่อมีการใช้กากมันสำปะหลังในระดับที่สูงกว่า 10% ของสูตรอาหาร การที่ไก่ไม่เลือกกินกากมันสำปะหลังล้วนๆ ที่แขวนให้กินแบบอิสระ อาจเป็นเพราะความไม่น่ากินของกากมันสำปะหลังที่เป็นผงละเอียดและอาจมีกลิ่นเหม็น รวมทั้งมีรสเผ็ดมาก

- การใช้กากมันสำปะหลังเป็นอาหารไก่ไข่

การที่สมรรถภาพการผลิตไข่ (ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่และน้ำหนักตัวเพิ่มของแม่ไก่) ค่อยลงตามระดับการใช้กากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น อาจมีผลเนื่องจากปริมาณอาหารที่แม่ไก่กินได้ มีปริมาณลดลง 6.3-15.7% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม จึงทำให้แม่ไก่ได้รับโภชนะในแต่ละวัน โดยเฉพาะโปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็นชนิดเมทไธโอนีนและไลซีน รวมทั้ง ME ลดลงอย่างชัดเจน (ตารางที่ 22) การที่แม่ไก่กินอาหารได้น้อยลงนี้ อาจเป็นผลมาจากกากมันสำปะหลังมีสารพิษไซนาปีนซึ่งมีผลต่อการกินอาหารของสัตว์ หรืออาจเนื่องจากกลูโคซิโนเลทและสารที่แตกตัวจากกลูโคซิโนเลท ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบเมตาบอลิซึม ซึ่งสังเกตได้จากไตมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งน้ำหนักของต่อมไทรอยด์และม้ามก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ไขมันมีสะสมในช่องท้องลดลง ซึ่งอธิบายได้ว่าสัตว์ใช้อาหารไปเพื่อการผลิตเกือบทั้งหมด มีเหลือไปสะสมเป็นไขมันในช่องท้องเพียงส่วนน้อย ด้วยเหตุนี้ จึงส่งผลให้สมรรถภาพการผลิตของแม่ไก่ที่ได้รับกากมันสำปะหลังระดับสูงค่อยลงสอดคล้องกับคำแนะนำของ Gohl (1981) รวมทั้งการใช้กากมันสำปะหลังจากโรงงานแห่งนี้ไปผสมในอาหารไก่เนื้อ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น Das and Ali (1993) รายงานว่า กากมันสำปะหลังสามารถใช้แทนที่กากงาได้ครั้งหนึ่ง โดยไม่มีผลเสียหายต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ หากใช้ในระดับที่สูงกว่านี้ ไข่จะมีขนาดเล็กและไก่จะกินอาหารได้น้อย อย่างไรก็ตามก็ตีผลจากการทดลองเหล่านี้ขัดแย้งกับรายงานของ Maranggos and Hill (1976) ที่อ้างว่า สามารถใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารได้โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ แต่ทำให้เกิดกลิ่นคาวปลาขึ้น

การที่กากมันสำปะหลังชนิดคั่วให้ผลดีน้อยกว่าชนิดตากแดดนั้น อาจเนื่องจากคุณค่าทางโภชนะบางชนิดถูกทำลายไป เพราะการคั่วใช้อุณหภูมิสูงมาก ประมาณ 120-140 °C และยังใช้เวลาค่อนข้างนาน (8 ชั่วโมง) ต่างจากวิธีการตากแดดแม้ว่าจะใช้เวลาจนถึง 3 วัน แต่ความร้อนอยู่ในช่วง

ประมาณ 60-80^oซ เท่านั้น ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการศึกษาค่าการย่อยได้และ ME ดังที่ได้กล่าวมาก่อนแล้ว

สำหรับผลของขนาดฟองไข่ที่พบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการใช้กากมันสำปะหลัง อาจเกิดจากกรดอินทรีย์ในน้ำมันซึ่งยังเหลืออยู่ในกากมันสำปะหลังค่อนข้างสูง (17-20%) สอดคล้องกับ March and Soong (1976) ที่รายงานว่าเมื่อใช้น้ำมันเรปซีด (มีกรดอินทรีย์สูง) เลี้ยงไก่จะมีผลทำให้น้ำหนักไข่ลดลง ส่วนสีไข่แดงที่จางลงเมื่อใช้มันสำปะหลังนั้นเป็นผลเนื่องจากข้าวโพดซึ่งเป็นแหล่งสารสีธรรมชาติถูกแทนที่ด้วยกากมันสำปะหลังที่ไม่มีสารให้สี

ตารางที่ 22. ปริมาณโภชนะที่ได้รับต่อวันของไก่ไข่ เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากมันสำปะหลังชนิดตากแดดและชนิดคั่วในช่วงอายุ 50-62 สัปดาห์

ระดับกากมันสำปะหลัง (%)		โปรตีน	เมทไธโอนีน	ไลซีน	ME	เยื่อใย
ในอาหาร	แทนที่ SBM	(ก.)	(ก.)	(ก.)	(kcal)	(ก.)
0	0	19.2	0.42	0.96	336	5.88
กากชนิดตากแดด ^{1/}						
10	31	18.0	0.39	0.90	315	6.12
20	63	17.6	0.39	0.88	309	6.57
30	94	16.6	0.36	0.84	291	6.76
กากชนิดคั่วในกะทะขนาดใหญ่ ^{2/}						
10	31	17.7	0.39	0.88	309	5.98
20	63	17.1	0.37	0.86	300	6.39
30	94	16.2	0.35	0.82	284	6.58

^{1/2/}ดูในตารางที่ 9

- การใช้กากมันสำปะหลังเป็นอาหารเปิดไข่

ถึงแม้ว่าน้ำหนักตัวเริ่มต้นและน้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันบ้าง แต่น้ำหนักตัวเพิ่มของทุกกลุ่มอยู่ในเกณฑ์ปกติ การที่สมรรถภาพการผลิตไข่ของแม่เปิด (ผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ และสัดส่วนไข่ฟองใหญ่) ค่อยลดลงตามระดับกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในอาหาร การใช้กากมันสำปะหลังสูงกว่า 10 % ในอาหารมีผลให้ปริมาณอาหารที่เป็ดกินลดลง 3-7% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่งผลให้เป็ดได้รับโภชนะในแต่ละวันโดยเฉพาะโปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็นชนิดเมทไธโอนีน และไล

จีน รวมทั้งพลังงานใช้ประโยชน์ได้ลดลงอย่างชัดเจน การที่เป็ดกินอาหารได้น้อยลงนี้ อาจเป็นผลเนื่องจากได้รับเชื้อในปริมาณที่สูงขึ้น (ตารางที่ 23) หรืออาจเกิดจากกากมันส์ตาร์คมีสารพิษไซนาปีนซึ่งมีผลต่อการกินอาหารของสัตว์ หรืออาจเนื่องจากกลูโคซิโนเลทและสารที่แตกตัวจากกลูโคซิโนเลท สอดคล้องกับการใช้กากมันส์ตาร์คจากโรงงานแห่งนี้ไปผสมในอาหารไก่เนื้อและไก่ไข่ ดังได้กล่าวมาแล้ว Das and Ali (1993) รายงานว่า กากมันส์ตาร์คสามารถใช้แทนที่กากงาได้ครึ่งหนึ่ง โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ไก่ แต่อย่างไรก็ดี หากใช้ในระดับที่สูงกว่านี้ ไข่ไก่จะมีขนาดเล็กลง และไก่จะกินอาหารได้น้อย แต่ขัดแย้งกับรายงานของ Maranggos and Hill (1976) ที่อ้างว่า สามารถใช้กากมันส์ตาร์คในสูตรอาหารไก่ไข่ได้โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ แต่ทำให้เกิดกลิ่นคาวปลาขึ้น

ตารางที่ 23. ปริมาณโภชนะที่เป็ดได้รับต่อวัน เมื่อเลี้ยงด้วยกากมันส์ตาร์คสด (ผ่านการต้มและไม่ต้ม) และชนิดตากแดดในช่วงอายุ 55-66 สัปดาห์

ระดับกากมันส์ตาร์ค (%) ในอาหาร แทนที่ SBM	ชนิดกาก มันส์ตาร์ค	โปรตีน (ก.)	เมทโรอินิน (ก.)	ไลซีน (ก.)	ME (kcal)	เยื่อใย (ก.)
0	-	24.6	0.46	1.35	384	14.2
10	ตากแดด ¹	25.7	0.48	1.46	401	15.8
20	ตากแดด	23.9	0.46	1.40	373	15.7
30	ตากแดด	22.9	0.46	1.39	357	15.9
14.7	เปียก ²	23.2	0.43	1.35	329	12.4
15.0	ต้ม ³	23.2	0.44	1.35	328	12.4

^{1/2/3/} ดูในตารางที่ 17

ในกรณีของการใช้กากมันส์ตาร์คเป็นอาหารเป็ดไข่ต่างจากไก่ไข่ คือ สามารถใช้ได้ในระดับ 20% ของสูตรอาหารเป็ดไข่ ในขณะที่ไก่ไข่สามารถใช้ได้เพียงที่ระดับ 10% ของสูตรอาหารเท่านั้น ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเกิดจากเป็ดสามารถใช้เยื่อใยได้ดีกว่าไก่ จึงไม่ทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มลดลงตามระดับการเพิ่มขึ้นของกากมันส์ตาร์คในสูตรอาหาร

กรณีของกากมันส์ตาร์คสด (ต้มและไม่ผ่านการต้ม) ที่ให้เป็ดเลือกกินอิสระร่วมกับอาหารควบคุม ปรากฏว่าแม่เป็ดไม่ยอมกินกากมันส์ตาร์คทั้งสองชนิดเลย ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากกลิ่นและรสชาติที่ยังเหลืออยู่ ส่วนกากมันส์ตาร์คสด (ผ่านการต้มและไม่ต้ม) คลุกกับอาหารขึ้น ปรากฏว่า เริ่มบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันแรกที่เปลี่ยน เป็ดกินอาหารทั้งสองกลุ่มต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ทั้งนี้ อาจเกิดจากเป็ดไม่ได้

ปรับตัว ดังจะเห็นได้จากช่วงแรกมีปริมาณอาหารที่กินต่ำอย่างชัดเจน นอกจากนี้การที่ปริมาณการกินได้ต่ำ อาจเกิดจากอาหารผสมกากมีสตาร์คเปียกมีน้ำผสมอยู่มาก เมื่อเปิดกินเข้าไปจึงทำให้เต็มกระเพาะเร็วเกิดความรู้สึกอิ่ม จึงกินอาหารได้น้อย

อย่างไรก็ตาม สมรรถภาพผลผลิตไข่ (ปริมาณไข่ และ น้ำหนักไข่) ของกลุ่มที่ได้รับกากมีสตาร์คสดผ่านการต้มคลุกกับอาหารข้นไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วนกลุ่มที่ได้รับกากมีสตาร์คสดไม่ผ่านการต้มคลุกกับอาหารควบคุมให้ผลผลิตไข่ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้กากมีสตาร์คสดผ่านการต้มคลุกกับอาหารข้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการต้มช่วยขจัดสารที่เกิดจากการสลายตัวของกลูโคซิโนเลทลงได้บ้าง

ข้อควรระวังประการหนึ่งในการใช้กากมีสตาร์คในอาหารสัตว์ คือ ผลตกค้างของกรดอิฐซิกที่มีมากในน้ำมันที่เหลืออยู่ในกาก ซึ่งกรดนี้อาจตกค้างอยู่ในเนื้อหรือเครื่องในของไก่ หรืออาจถ่ายทอดไปยังไข่ได้ เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เพราะจากรายงาน Vogtmann *et al.* (1974) พบว่า การใช้อาหารผสมน้ำมันเรปซีด 15% ทำให้ไข่มีกรดอิฐซิก 0.2% อย่างไรก็ตาม ระดับของกากมีสตาร์คจากผลการทดลองนี้ที่แนะนำให้ใช้ในอาหารไก่เนื้อและไก่ไข่ในระดับ 10% หรือเปิดไข่ในระดับ 20% คิดเป็นไขมันที่ได้จากกากมีสตาร์คเพียง 2-4% ของอาหารเท่านั้น ซึ่งต่ำกว่ารายงานดังกล่าวข้างต้น

สรุปผลการทดลอง

กากมีสตาร์ค (Mustard meal; *Brassica juncea*) ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานสกัดน้ำมันหอมระเหยมีความชื้นสูงมากประมาณ 77% การทำแห้งสามารถทำได้หลายวิธี เช่นตากแดดซึ่งใช้เวลาประมาณ 3 วัน หรืออบด้วยตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 60 °ซ ใช้เวลา 48 ชั่วโมง หรือคั่วในกระทะร้อนขนาดใหญ่ใช้เวลา 8 ชั่วโมง องค์ประกอบทางเคมี (คิดเป็นร้อยละของวัตถุดิบแห้ง) ของกากมีสตาร์คที่ทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีปริมาณแตกต่างกันไม่มากนัก กล่าวคือ มีโปรตีน 30-32% ไขมัน 19-22% เยื่อใย 12-13% เถ้า 5-6% และ NFE 28-31%

การย่อยได้ที่แท้จริงของโภชนะส่วนใหญ่ในกากมีสตาร์คชนิดตากแดดและชนิดคั่วมีค่าประมาณ 42-58% ยกเว้นไขมันที่ย่อยได้สูงถึง 77-88% และเยื่อใยต่ำเพียง 8-12% โดยกากชนิดตากแดดมีค่าสูงกว่าชนิดคั่ว ยกเว้นการย่อยได้ของไขมัน ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏ (AME) และแบบแท้จริง (TME) ของกากชนิดตากแดดมีค่าเท่ากับ 2.89 และ 3.35 kcal/g DM ส่วนชนิดคั่วมีค่าต่ำกว่า คือ เท่ากับ 2.44 และ 2.89 kcal/g DM ตามลำดับ

กากมีสตาร์คทั้ง 2 ชนิด สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่เนื้อช่วงอายุไก่ 2-7 สัปดาห์ ได้ที่ระดับ 10% แต่หากใช้ในระดับที่สูงกว่านี้ มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลง และขนาดของต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่ขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อไก่มีอายุมากขึ้นจะสามารถใช้กากมีสตาร์คใน

ระดับที่สูงขึ้นได้ โดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์สุดท้าย (อายุไก่ 43-49 วัน) สามารถใช้กากมันฝรั่งได้สูงถึง 30%

สำหรับไก่ไข่พบว่า สามารถใช้กากมันฝรั่งในสูตรอาหารได้ 10% โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมและน้ำหนักตัวเพิ่มอยู่ในเกณฑ์ปกติ หากใช้ในระดับสูงกว่านี้ ไก่กินอาหารได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้สูญเสียน้ำหนักตัว ปริมาณไขมันในช่องท้องลดลง ในขณะที่โตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำหนักของต่อมไทรอยด์และม้ามมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้กากมันฝรั่งแต่ไม่พบนัยสำคัญ

ในเป็ดไข่สามารถใช้กากมันฝรั่งชนิดตากแดดได้ 20 % ของสูตรอาหาร หรืออาจใช้กากมันฝรั่งสด (ผ่านการต้มและไม่ต้ม) คลุกผสมอาหารชั้นก็ได้ คิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 15% ของสูตรอาหาร

ข้อควรระวังประการหนึ่งในการใช้กากมันฝรั่งในอาหารสัตว์ คือ ผลตกค้างของกรดอิรูซิกที่มีมากในน้ำมันที่เหลืออยู่ในกาก ซึ่งกรดนี้อาจตกค้างอยู่ในเนื้อหรือเครื่องในของไก่ หรืออาจถ่ายทอดไปยังไข่ เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ประเด็นนี้ควรมีการศึกษาวิจัยต่อไป