บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

วิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของกากมะเขือเทศ

กากมะเขือเทศที่เหลือจากโรงงานแปรรูปมะเขือเทศ เมื่อนำไปทำให้แห้งด้วยการตากแดดเป็นเวลา 2-3 วัน แล้ววิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ปรากฏว่ามีโปรตีนเป็นครึ่งหนึ่งของกากถั่วเหลือง (22.6 vs. 49.4% DM, ตามลำดับ) แต่มีไขมันและเยื่อใยสูงกว่ามาก (13.0 vs. 0.9 และ 34.9 vs. 7.9% DM) ซึ่งเมื่อเทียบกับกากมะเขือเทศที่รายงานไว้โดยวิโรจน์และคณะ (2539) พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ต่ำกว่าในการศึกษาครั้งนี้ (18.6, 9.1, 34.5 และ 4.4% DM, ตามลำดับ) Squires *et al.* (1992) รายงานว่ากากมะเขือเทศมีโปรตีน ไขมันและเยื่อใยเท่ากับ 20.1, 13.1 และ 33.1% DM ส่วน Alicata *et al.* (1988) พบว่ามีโปรตีน 23.2, ไขมัน 18.9 และเยื่อใย 30.1%DM แสดงให้เห็นว่า โภชนะในมะเขือเทศอาจผันแปรไปตามสายพันธุ์ สภาพแวดล้อม การเพาะปลูกรวมทั้งกระบวนการผลิต เป็นที่น่าสังเกตุว่าโภชนะของกากมะเขือเทศส่วนใหญ่น่าจะมีมากในเมล็ด ดังที่ แก้วตา (2545) รายงานว่ามะเขือเทศทั้งผลมีโปรตีนและไขมันเท่ากับ 18.2 และ 3.1% DM ซึ่งต่ำกว่าในเมล็ดมะเขือเทศที่มีเท่ากับ 24.5-31.1 และ 25.1-28.1% DM (Tsatsaronis and Boskou, 1975 และ Tomczynski and Soska, 1976) ในขณะที่ปริมาณเยื่อใยในผลและเมล็ดมีต่ำกว่าส่วนผิวมะเขือเทศมาก (19.1-34.8 vs. 55.9% DM)

อย่างไรก็ตามถึงแม้กากมะเขือเทศจะมีโปรตีนและไขมันสูงเหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานในอาหารสัตว์ แต่เนื่องจากมีปริมาณเยื่อใยที่สูงมากซึ่งสัตว์ปีกย่อยได้น้อย จึงเป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้ทดแทนแหล่งพลังงานและโปรตีนในอาหารสัตว์ปีก ยิ่งถ้าเมล็ดไม่ถูกบดให้แตกก่อนนำมาเลี้ยงสัตว์ โภชนะภายในเมล็ดก็ไม่สามารถถูกนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ เพราะเมล็ดมีเปลือกหุ้มหนายากแก่การย่อยได้

ค่า ME ของกากมะเขือเทศ

จากการหาค่า AME ของกากมะเขือเทศในไก่โดยใช้วิธีกรอกทางปาก พบว่า มีค่าสูงกว่าวิธีใช้สมการทำนายมาก (1.96 vs. 1.06 kcal/g. DM) และเมื่อคำนวณเป็นค่า TME ได้เท่ากับ 2.14 kcal/g.

DM ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้จากการแทนที่อาหารฐานที่ระดับ 8% อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาค่า AME ของกากมะเขือเทศที่คำนวณได้จากการแทนที่อาหารฐานสูงขึ้นเป็น 16 และ 24% ค่า AME ของสูตรอาหารลดลงเหลือ 2.94 และ 2.7 kcal/g. DM ตามลำดับ แสดงว่า กากมะเขือเทศมี AME ต่ำกว่าอาหารฐานซึ่งอาจเนื่องจากมีเยื่อใยสูง ประกอบกับโภชนะที่เป็นประโยชน์ส่วนใหญ่อยู่ในเมล็ด (Anwar *et al.*, 1978; Morad *et al.*, 1980; Bobritskii and Bobritskaya., 1974 และ Abdel-Rahman, 1982) จึงทำให้ย่อยได้ยาก ยกเว้นเมล็ดที่ถูกบดให้แตกก่อนนำไปผสมอาหาร ดังนั้น แม้ว่ากากมะเขือเทศจะมีค่า GE ค่อนข้างสูง (5.09 kcal/g. DM) แต่ไก่นำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย จากสมการ regression

$$Y = 3.26-0.022x \qquad (r=0.987, R^2=0.974)$$

จะเห็นได้ว่าทั้งค่าสหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น (R^2) มีค่าสูงกว่า 90% แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของสมการ แต่เมื่อนำสมการดังกล่าวมาทำนายค่า AME ของกากมะเขือเทศ กลับได้ค่าที่ต่ำมากเพียง 1.06 kcal/g. DM เท่านั้น แสดงว่ายิ่งใช้กากมะเขือเทศที่ระดับสูงไก่ยิ่งนำโภชนะในกากมะเขือเทศไปใช้ได้น้อยลง ดังนั้น การนำกากมะเขือเทศไปใช้ผสมในสูตรอาหารไก่จึงไม่ควรใช้ระดับสูงนัก สอดคล้องกับ Sibbald (1979) ที่แนะนำว่าไม่ควรให้ไก่กินอาหารที่มีโภชนะไม่สมดุลโดยใช้เป็นอาหารเดี่ยวติดต่อเป็นเวลานานหลายวัน อาจทำให้เกิดผลเสียต่อสภาพร่างกายสัตว์ได้ อย่างไรก็ดี พบว่า ค่า AME ของกากมะเขือเทศที่คำนวณได้จากการคาดคะเนด้วยสมการเส้นตรงในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับอัลฟัลฟ่า (alflafa meal) และกากดอกคำฝอย (safflower meal) ที่มีโปรตีนระดับ 17.5 และ 23.4% (1.06 vs. 1.3 และ 1.3 kcal/g. DM ตามลำดับ; NRC,1994) แต่มีค่าต่ำกว่ารำละเอียด (3.28 kcal/g. DM) และกากทานตะวัน (1.94 kcal/g. DM) ค่อนข้างมาก (NRC, 1994; วีระศักดิ์, 2543)

สำหรับค่า TME ที่ทดลองในเป็ดพบว่า ค่า TME ของกากมะเขือเทศวิธีกรอกทางปากมีค่าเท่ากับ 1.29 kcal/g. DM ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ศึกษาในไก่มาก อาจเนื่องมาจากปริมาณกากมะเขือเทศที่ใช้กรอกให้เป็ดมีปริมาณน้อยกว่าไก่ เพราะเป็ดมีอาการสำรอกออก ดังนั้นจึงทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้สูง

จากการศึกษาหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของเมล็ดทานตะวัน (บุญลือและคณะ, 2534) และกากงา (สุชนและบุญล้อม, 2537) พบว่า ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่ได้จากการทำนายโดยใช้สมการคาดคะเนเส้นตรงจะสอดคล้องกับค่าที่ได้โดยการแทนที่อาหารฐานที่ระดับใดระดับหนึ่ง แต่จะเป็นระดับใดนั้นย่อมแล้วแต่ชนิดของวัตถุดิบที่นำมาศึกษา ซึ่งในกรณีที่ยังไม่ทราบระดับการแทนที่ที่เหมาะสมนี้ การใช้วัตถุดิบนั้นอาจทำให้คลาดเคลื่อนเมื่อนำไปคำนวณในสูตรอาหารสัตว์ อาจให้ผลผลิตที่

ด้อยลงได้ เมื่อเปรียบเทียบค่า TME ของกากมะเขือเทศจากวิธีกรอกปากกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนชนิดอื่นที่นิยมใช้ในประเทศไทย พบว่า มีค่าต่ำกว่ากากถั่วเหลือง กากมัสตาร์ด กากงา และกากทานตะวัน (1.17 vs. 2.24, 2.33-2.72, 3.197 และ 1.81 kcal/g. air dry; NRC, 1994, พิเชษฐ, 2544, สุชนและบุญล้อม, 2537, วีระศักดิ์, 2543) ดังนั้น กากมะเขือเทศจึงเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่ให้ทั้งโปรตีนและพลังงาน โดยกากมะเขือเทศมีโปรตีนและไขมันสูง แต่มีค่า TME ค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารสัตว์ปัจจุบัน ถ้าหากมีการนำกากมะเขือเทศมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนแทนกากถั่วเหลืองในระดับต่ำในอาหารสัตว์ปีก อาจช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้

การใช้กากมะเขือเทศเป็นอาหารไก่เนื้อ

การใช้กากมะเขือเทศตากแห้งเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อระดับ 0, 10, 20 และ 30% ในช่วงไก่อายุ 2-7 สัปดาห์ ผลปรากฏว่า สมรรถภาพการผลิต (อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และ FCR) ของกลุ่มที่ได้รับกากมะเขือเทศระดับ 30% ด้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใช้กากมะเขือเทศและกลุ่มที่ใช้กากมะเขือเทศระดับ 10 และ 20% เนื่องจากอาหารที่มีเยื่อใยสูงจะมีปริมาตรมากแต่มีน้ำหนักน้อย ดังนั้น ไก่จึงกินได้น้อยลง ประกอบกับไก่ย่อยเยื่อใยได้ต่ำและเยื่อใยยังไปขัดขวางการย่อยได้ของโภชนะอื่นด้วย จึงทำให้ได้ไก่รับโภชนะต่างๆ เช่น โปรตีน และพลังงานน้อยลงตามระดับการใช้กากมะเขือเทศ (ตารางที่ 26) นอกจากนี้โภชนะอื่นเช่น โปรตีน ไขมัน ส่วนใหญ่อยู่ในเมล็ดซึ่งย่อยได้ยาก ดังนั้นแม้ว่าสัตว์จะได้รับโภชนะจากการคำนวณใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมแล้วก็ตาม แต่ก็มีปริมาณโภชนะที่ได้รับ เช่น โปรตีน เมทไธโอนีน ไลซีน และ ME ต่ำกว่า ทำให้ไก่กลุ่มที่ได้รับกากมะเขือเทศ 30% มีสมรรถภาพการผลิตต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ

จากผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า สามารถใช้กากมะเขือเทศตากแห้งในอาหารไก่เนื้อได้ที่ระดับ 10% หรือเท่ากับแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 10-13% โดยมีสมรรถภาพการผลิตไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ยกเว้น FCR สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ปลายข้าวเป็นแหล่งพลังงาน (2.33 vs. 1.94) ดังตารางที่ 16 การใช้กากมะเขือเทศที่ระดับ 20% มีแนวโน้มของสมรรถภาพการผลิตไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน ยกเว้นน้ำหนักตัวเพิ่มต่ำกว่า (1.86 vs. 2.09 กก.) สอดคล้องกับรายงานของ Squires *et al.* (1992) ที่นำกากมะเขือเทศไปผ่านการแช่น้ำ แช่กรด แช่ด่าง หรือผ่านความร้อนเพื่อลดสารพิษและเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ พบว่า สามารถใช้ได้ที่ระดับ 20% โดยการนำไปผ่านขบวนการต่างๆ ดังกล่าว ไม่ได้ช่วยให้เพิ่มการใช้กากมะเขือเทศให้สูงขึ้น แต่ก็ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ ในขณะที่ Bellea *et al.* (1977) ใช้กากมะเขือเทศที่มีโปรตีน 19.7%

และไขมัน 8.5% สามารถใช้ในอาหารไก่เนื้อที่ระดับต่ำ (2-3%) ได้โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต

จากการทดลองครั้งนี้ สังเกตุเห็นว่า สีของผิวหนังไก่ลดลงตามระดับการเพิ่มขึ้นของกากมะเขือเทศ เนื่องจากปริมาณ lycopene มีมากที่ส่วนผิวเปลือกและเนื้อส่วนที่ไม่ละลายน้ำซึ่งมีเยื่อใยสูง (Sharma and Maguer, 1996) ซึ่งส่วนนี้ไก่ไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ อีกทั้งไก่กินอาหารลดลงตามระดับการเพิ่มของกากมะเขือเทศ ดังนั้น ปริมาณแม็ดสีที่ควรได้รับจึงลดลงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม ในสูตรอาหารของไก่เนื้อทุกระยะ ปริมาณของข้าวโพดที่ใช้ในสูตรอาหารลดลงตามระดับการเพิ่มของกากมะเขือเทศ ซึ่งลิวเทอีนในข้าวโพดมีประสิทธิภาพให้สีที่ผิวหนังเพียง 7% เท่านั้น (Smith and Perdue, 1966) สอดคล้องกับ Day and Williams (1958) และเนื่องจากในอาหารมีเยื่อใยมากมีผลลดการทำงานของเอนไซม์ไลเปส (lipase; Lairon, 2001) ดังนั้น การเกิดอีมัลซิฟิเคชัน (emulsification) ของไขมันลดลง ทำให้ไลโคปีนจากกากมะเขือเทศ และลิวเทอีนจากข้าวโพดซึ่งเป็นแคโรทีนอยด์ละลายในไขมัน ดูดซึมได้ไม่ดี จึงทำให้สีของผิวหนังไก่มีสีขาวซีด

ตารางที่ 26. ปริมาณโภชนะที่ไก่เนื้อได้รับเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากมะเขือเทศในช่วงอายุ 2-7 สัปดาห์

ระดับกากมะเขือเทศ (%)		โปรตีน	เมทไธโอนีน	ไลซีน	เยื่อใย	ME
ในอาหาร	แทนที่ SBM	◄		(ก.)	►	(kcal)
0	-	865.4	17.8	45.0	232.3	13.74
0[1/]	-	920.4	18.9	49.9	182.6	14.64
10	10-11-13[2/]	883.1	18.2	45.6	368.1	14.01
20	21-23-26	849.1	17.5	44.2	480.1	13.47
30	31-34-40	808.7	16.6	42.1	576.6	12.81

[1/2/] ดูตารางที่ 16

เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละช่วงอายุของไก่ พบว่า สามารถใช้กากมะเขือเทศเลี้ยงไก่ได้ที่ระดับ 20% ที่ช่วงอายุ 7 สัปดาห์ โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต เนื่องจากช่วงอาทิตย์สุดท้ายไก่มีความต้องการพลังงานและโปรตีนลดลง ประกอบกับระบบย่อยอาหารของไก่สมบูรณ์ขึ้น จึงสามารถย่อยกากมะเขือเทศได้มากกว่าอายุน้อย แต่ไม่ควรใช้ที่ระดับ 30% ในทุกช่วงอายุ

จากตารางที่ 18 จะเห็นได้ว่า การใช้กากมะเขือเทศในระดับที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ซากลดลง แต่สัดส่วนของเครื่องในรวมทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมกากมะเขือเทศ ทั้งนี้เนื่องจากไกกลุ่มที่ได้รับกากมะเขือเทศมีการกินอาหารน้อย โดยเฉพาะการใช้ที่ระดับ 30% ดังนั้น น้ำหนักซากเนื้อหน้าอก และเปอร์เซ็นต์ไขมันจึงน้อยตามไปด้วย สอดคล้องกับ Senkoylu *et al.* (1999) รายงานว่าไขมันที่สะสมในช่องท้องมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้กากทานตะวันที่มีเยื่อใยระดับสูง สำหรับน้ำหนักเครื่องในรวมที่เพิ่มขึ้นนั้นเนื่องมาจากน้ำหนักกึ๋นที่เพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมกากมะเขือเทศ สอดคล้องกับ Abdelsamie *et al.* (1983) และ Jorgensen *et al.* (1996) รายงานว่าอาหารที่มีระดับเยื่อใยโดยเฉพาะ non-starch polysaccharide เพิ่มขึ้น ทำให้ไก่กินอาหารได้ลดลง แต่มีน้ำหนักของกึ๋นและความยาวลำไส้เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะความยาวและน้ำหนักของไส้ติ่ง (caecum) ส่วนน้ำหนักตับจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นนั้นขัดแย้งกับ Senkoylu *et al.* (1999) เมื่อใช้กากทานตะวันที่มีไขมันและเยื่อใยสูงแล้วมีผลทำให้สัดส่วนตับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

การใช้กากมะเขือเทศเป็นอาหารไก่ไข่

จากการใช้กากมะเขือเทศผสมอาหารที่ระดับ 10-30% ปรากฏว่า ผลผลิตไข่ และน้ำหนักตัวเพิ่มลดลงตามระดับการใช้กากมะเขือเทศในอาหารโดยเฉพาะที่ระดับ 20-30% เนื่องจากปริมาณอาหารที่กินลดลง จึงทำให้ไก่ได้รับโภชนะในแต่ละวันโดยเฉพาะโปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็นชนิดเมทไธโอนีนและไลซีน รวมทั้ง ME ลดลง (ตารางที่ 27) เช่นเดียวกับไก่เนื้อ การที่ไก่กินอาหารได้น้อยลงนี้เป็นผลมาจากปริมาณเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมกากมะเขือเทศในอาหาร เนื่องจากเยื่อใยมีความสามารถในการอุ้มน้ำดีมาก (water holding capacity) จึงมีปริมาณมากในลำไส้และดูดจับกับสารอาหารอื่น เป็นผลให้สารอาหารที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ลดน้อยลง (Schneeman, 2001) สำหรับประสิทธิภาพการใช้อาหารเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำหนักไข่นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติสอดคล้องกับ Dotas *et al.* (1999), Yannakopoulus *et al.* (1992) ดังนั้น พลังงานที่ได้รับจึงนำไปใช้เพื่อการดำรงชีพมากกว่าเพื่อผลผลิต ผลผลิตไข่ที่ลดลงในกลุ่มเสริมกากมะเขือเทศที่ระดับ 20-30% นั้น สังเกตุได้ว่าไข่ที่มีน้ำหนักระหว่าง 66-70 ก. จะมีสัดส่วนมากกว่าไข่ที่มีน้ำหนักระหว่าง 56-60 ก. (เบอร์ 3) เมื่อเทียบกับกลุ่มไม่เสริมกากมะเขือเทศ สอดคล้องกับ Yannakopoulus *et al.* (1992) ที่รายงานว่า กลุ่มเสริมกากมะเขือเทศระดับ 15% มีน้ำหนักไข่มากกว่ากลุ่มไม่เสริม (63.7-64.8 vs. 62.9 ก.) แต่ขัดแย้งกับ Abou-Akkada (1975) ที่รายงานว่าไก่พันธุ์อเล็กซานเดรียมีน้ำหนักไข่ลดลงเมื่อใช้กากมะเขือเทศเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 6%

ตารางที่ 27. ปริมาณโภชนะที่ไก่ไข่ได้รับต่อวันเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากมะเขือเทศในช่วงอายุ 36-48 สัปดาห์

ระดับกากมะเขือเทศ (%)		โปรตีน	เมทไธโอนีน	ไลซีน	เยื่อใย	ME
ในอาหาร	แทนที่ SBM	◄		(ก.)	►	(kcal)
0	0	15.8	0.34	0.79	4.45	276.0
0[1/]	0	17.3	0.38	0.97	3.39	301.9
0[2/]	0	17.1	0.37	0.96	3.35	298.7
10	18[3/]	15.8	0.35	0.79	7.23	276.5
20	37	14.9	0.33	0.74	9.44	260.9
30	55	13.9	0.30	0.69	11.25	243.4

[1,2/3/] ดูตารางที่ 20

เมื่อพิจารณาคุณภาพไข่ พบว่า สีไข่แดงลดลงตามระดับการเสริมกากมะเขือเทศ เพราะไลโคปีนมีมากในเยื่อใยและเนื้อส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (Sharma and Magure, 1992) โดยไก่ไม่สามารถย่อยเยื่อใยได้ดีนักจึงนำสารสีไปใช้ได้น้อย ดังนั้นการใช้ประโยชน์ได้ของสารสีจึงขึ้นกับการย่อยได้ของสัตว์ด้วย อีกทั้งเยื่อใยยังลดการดูดซึมของแคโรทีนอยด์ประมาณ 40-74% ด้วย (Riedl *et al.*, 1999) จึงทำให้การนำกากมะเขือเทศซึ่งมีเยื่อใยสูงไปใช้ในอาหารไม่สามารถใช้ได้มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน ปรากฏว่า ไข่แดงมีคะแนนสีพัดเท่ากับ 9.51 (มีข้าวโพดในสูตรอาหาร 51.7%) ใกล้เคียงกับรายงานของ Ritcher *et al.* (1992) ซึ่งทดลองใช้ข้าวโพดในอาหาร 40% พบว่า มีคะแนนสีไข่แดงเท่ากับ 8 คะแนนสีไข่แดงจากการใช้กากมะเขือเทศระดับ 10, 20 และ 30% มีค่าเท่ากับ 9.2, 8.3 และ 7.5 ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม คือ 9.5 และต่ำกว่ารายงานของ Yannakopoulus *et al.* (1992) ซึ่งใช้กากมะเขือเทศที่ระดับ 8 และ 15% มีคะแนนสีไข่แดงเท่ากับ 12.9 โดยในสูตรอาหารมีการใช้ข้าวโพดเท่ากับ 61 และ 59% ตามลำดับ โดยระดับข้าวโพดที่ใช้สูงกว่าการทดลองในครั้งนี้ (52, 42 และ 32%) และยังมีเยื่อใยในสูตรอาหารต่ำกว่าอีกด้วย คือ 4.8 และ 6.5% ในขณะที่ Mlodkowski and Kuchta (1998) ใช้กากมะเขือเทศในอาหาร 0-8% พบว่า ไม่มีผลต่อสีไข่แดง แต่ถ้าเสริมเอนไซม์ cellulolytic จะสามารถให้สีไข่แดงเพิ่มขึ้นได้

เมื่อเปรียบเทียบการให้สีจาก 3 แหล่ง คือ ข้าวโพด แซนโทฟิลที่สกัดจากดอกดาวเรือง และกากมะเขือเทศ ปรากฏว่า ข้าวโพดให้คะแนนสีไข่แดงดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ยกเว้นกลุ่มเสริมกากมะเขือเทศระดับ 10% การที่ข้าวโพดให้สีไข่แดงดีกว่ากลุ่มอื่นนั้นอาจเนื่องมาจากลิวเทอีนในข้าวโพดอยู่ในรูป

อิสระ (Klasing, 1998) จึงถูกย่อยได้ดีกว่าลิวเทอีนในกลีบดอกดาวเรืองซึ่งเป็น diester ของ dipalmmitic และ dimyristic (Couch and Coon, 1972) ดังนั้น การใช้ประโยชน์ได้ของข้าวโพดจึงสูงกว่าดอกดาวเรือง (Witte *et al.* 1972) การเสริมกากมะเขือเทศที่ระดับ 20 และ 30% มีการใช้น้ำมันรำ 5.1 และ 7.7% ในสูตรอาหาร จึงเกิด oxidative randicity ทำให้ประสิทธิภาพของการเป็นสารสีของ lycopene ลดลงด้วย (Oertel and Hartfiel, 1981) ดังนั้น ข้าวโพดจึงให้สีดีกว่า xanthophyll และกลุ่มที่เสริมกากมะเขือเทศระดับ 20 และ 30% สำหรับการเสริมกากมะเขือเทศระดับ 10% ให้สีไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมเนื่องจากข้าวโพดในสูตรนี้ลดลงเพียง 10% และเยื่อใยในอาหารมีปริมาณ 7.3% ซึ่งไก่ยังสามารถย่อยได้อยู่ซึ่งปริมาณเยื่อใยในสูตรนี้ใกล้เคียงกับของ Dotas *et al.* (1999) มีปริมาณเยื่อใยเท่ากับ 7.2% ในอาหารที่เสริมกากมะเขือเทศ 12% แต่มีคะแนนสีไข่แดงจากพัดเทียบสีเท่ากับ 11.61 สูงกว่ากลุ่มควบคุม คือ 10.39 อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยรายงานว่าสามารถใช้กากมะเขือเทศเป็นอาหารไก่ไข่ได้อย่างน้อยที่ระดับ 4% โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต (Tomczynski and Soska, 1976; Bellea *et al.*, 1977; Petrenko ans Banina, 1984 และ Gregoriades *et al.*, 1984)

การใช้กากมะเขือเทศเป็นอาหารเป็ดไข่

ในช่วงระยะแรกของการทดลอง กลุ่มที่ใช้กากมะเขือเทศระดับสูง (30%) มีการกินอาหารได้ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (126.2 ก.) อาจเนื่องจากปริมาณเยื่อใยที่เพิ่มสูงขึ้น แต่มีสมรรถภาพการผลิต (ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหารและน้ำหนักไข่) ไม่ต่างจากกลุ่มที่ให้กินมะเขือเทศสดหรือเสริมแซนโทฟิล 0.1% ในอาหาร ส่วนคุณภาพสีไข่แดงของกลุ่มให้กินมะเขือเทศสดที่ได้รับวันละ 5.8 ก./วัน มีคะแนนสีไข่แดงเท่ากับ 8.7 ซึ่งไม่ต่างจากกลุ่มใช้กากมะเขือเทศระดับ 10 และ 20% (9 และ 8.5) แต่ต่ำกว่าระดับ 30% (9.6) แสดงว่าไลโคปีนมีในมะเขือเทศสดมากกว่าในรูปตากแห้งซึ่งอาจถูกทำลายโดยแสง อุณหภูมิ และขั้นตอนระหว่างการผลิต (Nguyen and Schwartz, 1999) ในขณะที่กลุ่มเสริมแซนโทฟิล 0.1% ให้คะแนนต่ำกว่า (7.5) อาจเนื่องจากไลโคปีนเป็นแคโรทีนอยด์ให้สีแดง แต่แซนโทฟิลจากสารสกัดดอกดาวเรืองให้สีเหลือง ดังนั้นสีไข่แดงที่ได้จึงมีสีต่างกัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การใช้กากมะเขือเทศระดับ 10 และ 20% มีแนวโน้มให้ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1 กก. หรือ 1 โหล และน้ำหนักไข่ดีกว่ากลุ่มควบคุมและการใช้กากมะเขือเทศระดับ30% อาจมีสาเหตุจากเป็ดกินอาหารเพิ่มขึ้นจึงได้รับโภชนะในแต่ละวัน เช่น โปรตีน เมทไธโอนีน ไลซีน และพลังงาน มากกว่า แต่ที่ระดับ 30% เป็ดได้รับโภชนะใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมกับทำให้มีสมรรถภาพการผลิตไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 28. ปริมาณโภชนะที่เป็ดไข่ได้รับต่อวันเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากมะเขือเทศในช่วงอายุ 96-112 สัปดาห์

ระดับกากมะเขือเทศ (%)		โปรตีน	เมทไธโอนีน	ไลซีน	เยื่อใย	ME
ในอาหาร	แทนที่ SBM	◄		(ก.)	►	(kcal)
0[1/]	0	23.29	0.44	1.31	16.32	364.0
0[2/]	0	24.49	0.46	1.38	17.16	382.6
10	22	25.15	0.47	1.41	17.65	392.9
20	44	23.45	0.44	1.32	16.49	366.5
30	63	23.16	0.43	1.30	17.79	361.9

[1/2/] ดูในตารางที่ 20

ส่วนกรณีคะแนนของสีไข่แดงพบว่า กากมะเขือเทศให้คะแนนสีไข่แดงเพิ่มตามระดับการใช้กากมะเขือเทศ (8.1, 9.5 และ 11.4 ตามลำดับ) สอดคล้องกับ Abou-Akkada (1975); Gregoriades *et al.* (1984); Dotas *et al.* (1999) และ Yannakopoulus *et al.* (1992) ที่รายงานว่า กากมะเขือเทศสามารถใช้เป็นแหล่งสารสีในไข่แดงได้ แต่ขัดแย้งกับ Mlodkowski and Kuchta (1998) ที่รายงานว่าการใช้กากมะเขือเทศไม่มีผลต่อสีไข่แดงและไม่ได้เพิ่มปริมาณแซนโทฟิลหรือแคโรทีนอยด์ในไข่แดง แต่ก็ไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลง นอกจากนี้ กลุ่มที่ใช้กากมะเขือเทศมีคะแนนสีไข่แดงสูงกว่าการเสริมแซนโทฟิล 0.1% ซึ่งเป็นเหตุผลเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว สำหรับค่าความหนาเปลือกไข่นั้น กลุ่มที่เสริมกากมะเขือเทศระดับ 30% พบว่ามีเปลือกไข่บางแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มอื่นๆ เนื่องจากเยื่อใยมีกลุ่มประจุลบสามารถจับกับไอออน (ion) บวก เช่น Ca^{2+} ได้ (Spellholz *et al.*, 1999) อีกทั้งปริมาณอาหารที่กินน้อยกว่ากลุ่มอื่นๆจึงทำให้ได้รับแร่ธาตุไม่พอ ส่งผลให้ไข่เป็ดมีเปลือกบางลงและความถ่วงจำเพาะมีแนวโน้มลดลงด้วยสอดคล้องกับ Gregoriades *et al.* (1984) ซึ่งรายงานว่าการใช้กากมะเขือเทศที่ระดับ 5, 10 และ 15% มีความหนาเปลือกไข่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ในขณะที่ Yannakopoulus *et al.* (1992) และ Dotas *et al.* (1999) ไม่พบความแตกต่างของความหนาเปลือกไข่

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

กากมะเขือเทศ (Tomato pomace; *Lycopersicon esculentum* mill) ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือทางการเกษตรจากโรงงานผลิตซอสมะเขือเทศ เมื่อนำมาทำให้แห้งด้วยการตากแดดแล้วสามารถใช้

เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในไก่เนื้อช่วงอายุ 2-7 สัปดาห์ได้ดีที่ระดับ 10% โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลง แต่ถ้าใช้สูงกว่านี้จะทำให้สมรรถภาพการผลิต ด้อยลงและทำให้มีเปอร์เซ็นต์ซากลดลงด้วย อย่างไรก็ดี ในช่วงระยะสุดท้าย (ไก่อายุ 43-49 วัน) สามารถเพิ่มระดับการใช้กากมะเขือเทศในสูตรอาหารเป็น 20% หรือเทียบเท่ากับแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 26% ได้โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต

สำหรับไก่ไข่สามารถใช้กากมะเขือเทศได้ที่ระดับ 10% เช่นกัน โดยมีสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ โดยเฉพาะสีไข่แดงไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่ถ้าใช้ที่ระดับ 20-30% การกินอาหาร น้ำหนักตัวเพิ่ม และผลผลิตไข่ รวมทั้งคะแนนสีไข่แดงและความหนาเปลือกไข่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

การใช้กากมะเขือเทศแห้งเลี้ยงเป็ดไข่ควรใช้ที่ระดับ 20% เพราะทำให้ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหารและน้ำหนักไข่ดีกว่าอีกทั้งยังมีต้นทุนค่าอาหารต่ำกว่ากลุ่มควบคุมมาก การใช้ที่ระดับ 30% ทำให้สมรรถภาพการผลิตต่ำกว่าที่ระดับ 20% แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ซึ่งการใช้ที่ระดับดังกล่าวทำให้สีไข่แดงสูงกว่าการเสริมแซนโทฟิล 0.1% หรือสูงกว่าการให้เป็ดกินมะเขือเทศสด แต่จะทำให้มีไข่เปลือกบางลงกว่าการใช้มะเขือเทศระดับต่ำ

การใช้กากมะเขือเทศมีข้อจำกัดในการใช้เป็นอาหารสัตว์ปีก คือ มีปริมาณเยื่อใยสูงโดยเฉพาะส่วนของผิวเปลือก ทำให้ใช้ได้ในปริมาณที่ไม่มากนักในอาหาร และเนื่องจากโภชนะส่วนใหญ่ เช่น โปรตีนและไขมันมีมากในเมล็ด อีกทั้งในเมล็ดยังมีเยื่อใยต่ำ ดังนั้น ถ้าสามารถทำให้เมล็ดมะเขือเทศถูกบดให้แตกก่อนการนำไปใช้ สัตว์จะสามารถได้รับโภชนะมากขึ้น ทั้งนี้ควรเสริมแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม ให้เพียงพอกับความต้องการของสัตว์ด้วย เนื่องจากเยื่อใยในมะเขือเทศสามารถดูดจับกับแคลเซียมในอาหารซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไข่เปลือกบางลง

การดัดแปลงสูตรอาหาร เช่น ใช้รำในปริมาณที่ต่ำลงหรือไม่ใช้เลยเพื่อลดเยื่อใยในสูตรอาหารลง อาจช่วยให้สามารถเพิ่มปริมาณการใช้กากมะเขือเทศให้สูงกว่า 10% ในอาหารไก่เนื้อและไก่ไข่ได้ นอกจากนี้การงดใช้กากมะเขือเทศในสัตว์เล็กเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการมีเยื่อใยสูงในสูตรอาหาร แต่มาใช้ระยะหลังของการเจริญเติบโตในอาหารไก่เนื้อก็น่าจะช่วยให้สามารถเพิ่มระดับการใช้กากมะเขือเทศได้เช่นกัน สำหรับไก่ไข่กากมะเขือเทศน่าจะนำไปใช้ผสมอาหารในระยะไก่รุ่นและไก่สาวอายุประมาณ 8-20 สัปดาห์ได้ดี เพราะในระยะดังกล่าวผู้เลี้ยงต้องการชลอการเจริญเติบโตเพื่อให้ไก่ถึงวัยเจริญพันธุ์ช้าลงจะได้ให้ไข่ฟองใหญ่และมีอายุการให้ไข่ได้นาน ดังนั้น การประกอบสูตรอาหารให้มีเยื่อใยสูงโดยใช้กากมะเขือเทศในระดับสูงน่าจะเป็นผลดีต่อสัตว์และช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลงได้มาก