บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การผลิตอังคักเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในการเติมแต่งสีให้กับไส้กรอก จะใช้ข้าวเจ้าพันธุ์ชัยนาท ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1 นึ่งในรังถึงที่อุณหภูมิ 100°ซ นาน 20 นาที ใส่ลงในถุงร้อน (Polypropylene) ขนาด 8″ X 12″ ถุงละ 100 กรัม ใส่คอขวดอุดด้วยจุกสำลีหุ้มด้วยฟอยล์ นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°ซ นาน 15 นาที แล้วถ่ายเชื้อจากกล้าเชื้อที่เตรียมขึ้นโดยการเพาะเชื้อ *Monascus purpureus* FTCMU 3385 บนอาหาร PDA ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิ 30°ซ นาน7 วัน ทำการถ่ายเชื้อโดยการตัดขอบโคโลนีเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร วางลงบนข้าวนึ่งที่เย็นแล้ว หลังจากนั้นบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28-30°ซ นาน 20 วัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 80°ซ นาน 6 ชั่วโมง บดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 mesh จะทำให้ได้อังคักที่เป็นผงละเอียดมีสีแดง ค่าสีในระบบ CIELAB เท่ากับ L = 39.41±1.97, a = 10.62±1.47 และ b = 4.89±1.25

2. ชนิดของน้ำมันพืชที่เหมาะสมในการนำมาใช้ผลิตไส้กรอกได้แก่ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันที่ผ่านการแช่เย็นที่ -13°ซ นาน 12 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับไส้กรอกที่ทำจากน้ำมันพืชชนิดนี้มากที่สุดทั้งในคุณลักษณะด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และลักษณะโดยรวม สำหรับคุณภาพทางกายภาพพบว่า ค่าแรงเฉือนเท่ากับ 20.81±0.70 นิวตัน ค่าสีในระบบ HunterLab เท่ากับ L = 48.40±1.20, a = 6.12 ±0.34 และ b = 9.47±0.33

3. อัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อหมู น้ำมันพืช และน้ำแข็ง ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเท่ากับ 50 : 25 : 25 ซึ่งพบว่าไส้กรอกที่ทำจากสูตรนี้มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 19.03±2.31 นิวตัน ค่าสีในระบบ HunterLab เท่ากับ L = 49.46±0.76, a = 7.67 ±0.10 และ b = 9.19±0.27 ส่วนค่า Total Expression Fluid เท่ากับ 1.74±0.15 เปอร์เซ็นต์

4. ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ทำจากน้ำมันพืชได้แก่ อังคัก แป้งมัน สำปะหลัง เกลือ และเครื่องเทศ โดยปัจจัยอื่น ๆ จะถูกกำหนดไว้ในสูตรการผลิตดังนี้ โซเดียม ไตรโพลีฟอสเฟตเท่ากับ 0.3 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ และ โซเดียมไนไตร์ทเท่ากับ 0.0125 เปอร์เซ็นต์

5. ปริมาณที่เหมาะสมของอังคัก แป้งมันสำปะหลัง เกลือ และเครื่องเทศ ที่ทำให้คุณลักษณะทาง ด้านประสาทสัมผัสมีค่าเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุดเท่ากับ 1.60%, 1.16%, 2.21% และ 1.75% ตามลำดับ

6. ความเร็วของใบมีดและเวลาที่ใช้ในกระบวนการสับไส้กรอก แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การ สับผสมเพื่อละลายโปรตีนในเนื้อ ซึ่งพบว่าเมื่อใช้ความเร็วที่ 15906.25 rpm (เบอร์ 11.5) ในการ สับผสม เวลาที่เหมาะสมในการสับในขั้นตอนแรกเท่ากับ 1 นาที และการสับผสมในขั้นตอนที่ สองเป็นการสับเพื่อให้เกิดอิมัลชั่น โดยในขั้นตอนนี้จะมีการเติมน้ำมันพืชลงไป พบว่าความเร็วที่ เหมาะสมเท่ากับ 15906.25 rpm (เบอร์ 11.5) และเวลาที่เหมาะสมเท่ากับ 5.18 นาที

7. อุณหภูมิและเวลาในกระบวนการต้มไส้กรอก พบว่าอุณหภูมิ 70°ซ เวลา 20 นาที จะทำให้ได้ ค่า Cooking yield สูงที่สุดประมาณ 98.44% อย่างไรก็ตามอุณหภูมิในช่วง 70-90°ซ และเวลา 5-20 นาที ผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างทางด้านประสาทสัมผัสของแต่ละตัวอย่างได้

8. คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า ค่าคะแนนของผลิตภัณฑ์สุดท้ายมี ค่าเข้าใกล้ค่าในอุดมคติ แต่สำหรับกลิ่นเครื่องเทศ ความเป็นเนื้อเดียวกัน ความแน่นเนื้อ และการ ยอมรับโดยรวมยังมีค่าต่ำกว่าค่าในอุดมคติอยู่เพียงเล็กน้อย สำหรับคุณภาพทางด้านกายภาพพบว่า ค่าแรงเฉือนเท่ากับ 28.23$\pm$1.45 นิวตัน ค่าสี L 49.93$\pm$0.24 ค่าสี a 10.27$\pm$0.40 ค่าสี b 8.94$\pm$ 0.25 ค่า aw 0.94$\pm$0.02 ค่า Total expression fluid 1.24$\pm$0.28 เปอร์เซ็นต์ และค่า pH 6.32$\pm$0.02 คุณภาพทางด้านเคมีพบว่าปริมาณเถ้าเท่ากับ 1.89$\pm$0.07 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 59.00$\pm$0.14 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 24.79$\pm$0.04 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 11.96$\pm$0.29 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 2.36$\pm$0.31 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 1.52$\pm$0.00 เปอร์เซ็นต์ ค่า Residual nitrate 3.78$\pm$1.40 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม และค่า Residual nitrite 69.16$\pm$4.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปริมาณคอเลสเตอรอล พบว่าไส้กรอกสูตรเดียวกันที่ผลิตจากไขมันสัตว์มีปริมาณคอเลสเตอรอลไม่แตกต่างจากไส้กรอกที่ ผลิตจากน้ำมันพืช แต่มีแนวโน้มว่าไส้กรอกที่ผลิตจากน้ำมันพืชจะมีปริมาณคอเลสเตอรอลน้อย

กว่าไส้กรอกที่ผลิตจากไขมันสัตว์ อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับไส้กรอกคอกเทลจากท้องตลาด พบว่า ไส้กรอกที่ผลิตจากน้ำมันพืชและไส้กรอกที่ผลิตจากไขมันสัตว์ในสูตรเดียวกันมีปริมาณคอเลสเตอรอลน้อยกว่าไส้กรอกตามท้องตลาด คุณภาพด้านจุลินทรีย์พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.34×10^3 cfu/g โคลิฟอร์มต่ำกว่า 3 MPN/g อี โคไล ต่ำกว่า 3 MPN/g ยีสต์และราต่ำกว่า 10 cfu/g จุลินทรีย์ที่เจริญแบบไร้อากาศที่อุณหภูมิเย็น (Psychrophilic anaerobic bacteria) ตรวจไม่พบ ส่วนจุลินทรีย์ที่เจริญแบบไร้อากาศที่อุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic anaerobic bacteria) มีรูปร่างเป็นแท่ง แกรมบวก อยู่เป็นคู่ 2, 4 (ภาคผนวก ก ภาพที่ ก.7)

9. การศึกษาคุณภาพการเก็บรักษา เมื่อเก็บไส้กรอกที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10°ซ ในสภาวะปกติ เป็นระยะเวลา 0-5 สัปดาห์ พบว่า ค่า TBA number มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 0.05 ± 0.01 ถึง 2.27 ± 0.11 mg malonaldehyde/kg โดยในช่วง 2 สัปดาห์แรกมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ค่าจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มจาก 1.513×10^3 เป็น 1.613×10^6 cfu/g ในสัปดาห์ที่ 5 แต่เนื่องจากมาตรฐานอุตสาหกรรมของแฮม (มอก. 848-2532 UDC 637.525) กำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 100,000 cfu/g ดังนั้นอายุการเก็บจึงเท่ากับ 2 สัปดาห์ ซึ่งจะมีปริมาณจุลินทรีย์เท่ากับ 9.325×10^4 cfu/g การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบชิมไม่สามารถรับรู้คุณลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปของไส้กรอกที่เก็บในแต่ละสัปดาห์ได้ นอกจากการยอมรับโดยรวมที่มีค่าลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 4 และในสัปดาห์ที่ 5 ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอก เนื่องจากลักษณะภายนอกที่เปลี่ยนแปลงจนไม่อาจยอมรับได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการผลิตอังคักควรผลิตในห้องที่มีการควบคุมสภาวะบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และกำหนดปริมาณแก๊สภายในห้องควบคุมได้ ซึ่งจะทำให้ได้อังคักที่มีคุณภาพแน่นอนในทุกครั้งของการผลิต (Han and Mudgett, 1992)

2. ในการผลิตไส้กรอก ควรทำในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิได้ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของ Bowl Chopper ด้วย เนื่องจากในการผลิตไส้กรอกแต่ละครั้งจะเกิดความร้อนขึ้น ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพของไส้กรอกตัวอย่างอื่น ๆ ได้ ในทางปฏิบัติควรเก็บเครื่องปรุงและส่วนประกอบหลักโดยเฉพาะเนื้อหมู รวมถึง Bowl chopper ไว้ในห้องเย็น เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิของวัตถุดิบลง ซึ่งจะช่วยลดโอกาสในการเกิดการสูญเสียสภาพของโปรตีน (denature) ในเนื้อสัตว์ได้

นอกจากนี้ในระหว่างกระบวนการสับผสม ควรกระทำในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 10-15°ซ เพื่อให้ได้ไส้กรอกที่มีอิมัลชั่นที่ดี (ลักขณา, 2540ข)

3. ควรใช้น้ำที่สะอาดในกระบวนการทำให้ไส้กรอกเย็นหลังจากผ่านกระบวนการต้ม เพราะน้ำที่ไม่สะอาดจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ได้ และทำให้อายุการเก็บรักษาของไส้กรอกสั้นลง ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้น้ำดื่มที่สะอาด (ตราสิงห์, บริษัทบุญรอดเอเซียเบเวอเรช จำกัด, สิงห์บุรี, ประเทศไทย)

4. การแช่แข็งน้ำมันพืชไม่มีผลทำให้องค์ประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันพืชเปลี่ยนไป นั่นคือไม่ทำให้ degree of unsaturated fatty acid เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการแช่แข็งน้ำมันพืชจึงไม่มีผลต่อการเหม็นหืน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งของน้ำมันพืช อาจส่งผลต่อปริมาณอากาศที่เข้าสู่ผลิตภัณฑ์ในระหว่างการสับผสม ซึ่งจะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่คงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีมากน้อยต่างกัน และอาจส่งผลต่อการเกิด oxidation ของผลิตภัณฑ์ได้

5. การใช้อังคักเพื่อทดแทนสารไนเตรท ไนไตร์ท จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ด้วย โดยเฉพาะเชื้อ *Clostridium botulinum* ดังนั้นการใช้อังคักเพื่อเพิ่มสีแดงในผลิตภัณฑ์จึงต้องใช้ควบคู่กับสารยับยั้งเชื้อจำพวกไนเตรท ไนไตร์ท เพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อดังกล่าว อย่างไรก็ตามการควบคุมกระบวนการผลิตให้สะอาด และปลอดเชื้อมากที่สุด จะเป็นวิธีที่ดีในการลดปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การใช้สารบางชนิดเช่น กรดซอร์บิค น้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศ หรือการฉายรังสี และการใช้ความร้อน ก็อาจใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อลดหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จำพวก *Clostridium botulinum* ได้ (Ismaiel and Pierson, 1990; Szczawinski *et al.*, 1989; Sofos *et al.*, 1979; Woodburn *et al.*, 1979;)