การพัฒนาและการศึกษาอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นหมูผสมเห็ดหอม
Development and Study of Storage of Pork Balls Mixed with Shiitake Mushrooms

สุภางค์ เรืองฉาย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
E-mail: supang__rua@utcc.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาสูตรลูกชิ้นหมู โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวบาร์เลย์ต่อแป้งมันสำปะหลังที่ 0:100 25:75 50:50 75:25 และ 100:0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สามารถใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลังได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อศึกษาปริมาณพริกไทยที่ 0.8 1.0 และ 1.2 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การใช้พริกไทยที่ 1.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ได้รับการยอมรับมากที่สุด เมื่อนำสูตรที่ได้ไปศึกษาอัตราส่วนระหว่างเห็ดหอมต่อเนื้อหมูที่ 0:100 5:95 10:90 15:85 20:80 และ 25:75 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ที่อัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับมากที่สุด จึงนำลูกชิ้นหมูสูตรควบคุมและสูตรที่พัฒนาแล้วมาเก็บรักษาภายในถุง Polyethylene ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า เมื่อเก็บรักษาลูกชิ้นหมูทั้ง 2 สูตรในเวลาที่นานขึ้น การยอมรับทางประสาทสัมผัสจะน้อยลง ค่า pH จะลดลง ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ลูกชิ้นหมู แป้งข้าวบาร์เลย์ แป้งมันสำปะหลัง เห็ดหอม ทดแทนเนื้อหมู

Abstract

Investigation into the development and quality of pork balls with varied proportions of barley flour and tapioca flour from 0:100 to 100:0, and amounts of pepper between 0.8, 1.0 and 1.2 percentage revealed that the pork balls prepared with barley flour and tapioca flour at 25:75 percentage, and 1.2 percentage pepper were the most acceptable. The study of shiitake mushroom used for pork substitute of between 0:100 to 25:75 percentages showed that a 15:85 formulation was the most acceptable. In storage, sensory acceptance and pH tended to decrease, but microbiological counts increased in control and selected pork ball formulations after storage at 4 °C for 4 weeks.

Keywords: Pork Balls, Barley Flour, Tapioca Flour, Shitake Mushroom, Pork Substitute

บทนำ

ปัจจุบันการปนเปื้อนยาตกค้างในเนื้อสัตว์มาพร้อมกับความเจริญก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์การอาหาร สาเหตุหนึ่งเกิดจากผู้เลี้ยงสัตว์นำยามาผสมในอาหาร เพื่อให้ได้ผลผลิตตามต้องการ เช่น ใช้ยาเร่งการเจริญเติบโตของสัตว์ หรือพยายามปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์ให้ได้ตามที่ตลาดต้องการ ผู้บริโภคจึงมีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับยาตกค้างนั้น (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2545) ในสหรัฐอเมริกา ยุโรปและญี่ปุ่น ต่างก็มีกฎระเบียบเคร่งครัดห้ามใช้สารเร่งเนื้อแดงโดยเด็ดขาด พร้อมทั้งมีบทลงโทษรุนแรงไว้เป็นเครื่องมือทางกฎหมายด้วย ผลร้ายที่เกิดขึ้นเป็นที่พิสูจน์กันมาทั่วโลกแล้วว่าก่อให้เกิดภาวะป่วยและผิดปกติ ดังรายงานที่ใช้สารเคล็นบิวเทอโรลในประเทศสเปน เมื่อปี ค.ศ. 1990 มีผู้ป่วย 135 คน มีอาการมือสั่นกล้ามเนื้อกระตุก หัวใจเต้นเร็วและปวดศีรษะอย่างรุนแรง ที่ประเทศฝรั่งเศสมีผู้ป่วย 22 คน กล้ามเนื้อสั่น หัวใจเต้นเร็ว คลื่นไส้และปวดศีรษะ โดยทั้งหมดนี้เกิดจากการที่ผู้บริโภคนำตับจากโคที่ขุนด้วยอาหารและมีสารเคล็นบิวเทอโรลตกค้างอยู่มาบริโภคทั้งสิ้น ด้วยเหตุนี้สารเร่งเนื้อแดงกลุ่มที่เรียกว่าเบต้า-อะโกนิสต์ซึ่งมีหลายตัว เช่น เคล็นบิวเทอโรลและซัลบูตามอลเป็นหลัก จึงถูกห้ามใช้ในการเลี้ยงสัตว์โดยเด็ดขาด

สำหรับประเทศไทยเนื่องจากยังคงมีการใช้สารเร่งเนื้อแดงกันอยู่อย่างกว้างขวางในการเลี้ยงหมูขุน ทั้งๆ ที่มีการห้ามใช้โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของรัฐก็ตาม (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2552) ด้วยเหตุนี้จึงมีความคิดที่จะเสริมวัตถุดิบบางอย่างลงไปทดแทนเนื้อหมูในลูกชิ้น ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปริมาณเนื้อสัตว์ที่ใช้แล้วยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สร้างความหลากหลายของผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้ แป้งข้าวบาร์เลย์ เห็ดหอมและพริกไทย เพราะในข้าวบาร์เลย์ 100 กรัม ประกอบด้วย โปรตีน 8.2-10.5 กรัม (ได้แก่ อาร์จินีน ฮิสติดีน ไลซีน ไทโรซีน เป็นต้น) ไขมัน 1.0-2.1 กรัม ใยอาหาร 0.5-6.5 กรัม แคลเซียม

16–61 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 189-378 มิลลิกรัม เหล็ก 2.0-17.9 มิลลิกรัม โซเดียม โปแตสเซียม เบต้าแคโรทีน ไธอะมีน ไรโบฟลาวิน ไนอะซิน เป็นต้น การบริโภคเห็ดหอมช่วยป้องกันโรคที่เกิดกับคนได้เพราะเห็ดหอมมีสารประกอบที่มีสรรพคุณด้านเภสัชอยู่หลายชนิด เช่น สาร eritadenin มีคุณสมบัติช่วยลดไขมันในเส้นเลือดในคนได้ สารพวก lentinan pachymaran และ carboxyl methylpachymaran สามารถสกัดกั้นการเจริญของเนื้องอก และมีคุณสมบัติต่อต้านโรคมะเร็ง ในเห็ดหอมมีสารต่อต้านเชื้อไวรัส รวมทั้งไวรัสที่ทำให้เกิดโรคหวัดด้วย ส่วนในเมล็ดพริกไทย มีสรรพคุณใช้เป็นยาช่วยย่อยอาหาร ย่อยพิษตกค้างที่ไม่สามารถย่อยได้ ขับเสมหะ บำรุงธาตุ แก้ท้องอืด แก้ปวดท้อง ขับเหงื่อ ขับปัสสาวะ แก้มุตกิด แก้ลมอัมพฤกษ์ (“สมุนไพรจีน.”, 2551) นอกจากนี้เมล็ดพริกไทยยังมีสารไปเปอรีน และสารฟินอลิกส์ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีสรรพคุณช่วยป้องกันมะเร็ง และมีฤทธิ์กระตุ้นประสาท มีคุณค่าทางโภชนาการ คือ ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต เส้นใย โปรตีน (11.3 เปอร์เซ็นต์) แป้ง (50 เปอร์เซ็นต์) แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินเอ วิตามินบี1 วิตามินบี 2 ไนอาซิน วิตามินซี (“สรรพคุณน่ารู้.”, 2552) ซึ่งล้วนมีคุณประโยชน์ทั้งสิ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ เห็ดหอม และพริกไทยในการผลิตลูกชิ้นหมู รวมถึงการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นจะทำให้ทราบว่าเมื่อมีการพัฒนาสูตรลูกชิ้นหมู จะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อย่างไร

วัตถุดิบ

1. หมูเนื้อแดง (จากตลาดห้วยขวาง) เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนการแปรรูป

2. เห็ดหอมแห้ง (จากตลาดห้วยขวาง) นำมาแช่น้ำ 15 นาที หั่นเป็นชิ้น แล้วบดให้มีความละเอียดพอประมาณ นำไปใส่พร้อมเนื้อหมูในขั้นตอนสับด้วยเครื่องสับ

3. น้ำแข็ง (เครื่องทำน้ำแข็ง บริษัทนิวตัน) จากห้องปฏิบัติการแปรรูป มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

4. แป้งมันสำปะหลัง ตราปลาดาว

5. เกลือปรุงทิพย์

6. พริกไทย ตรามือ

7. โซเดียมฟอสเฟต

8. ข้าวบาร์เลย์ ตรามิสเตอร์กรีน (วิธีการเตรียมแป้งข้าวบาร์เลย์ โดยนำเมล็ดข้าวบาร์เลย์มาบด แล้วทำการร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 80 mesh)

9. พลาสติกห่ออาหาร ตราคลีนแรป

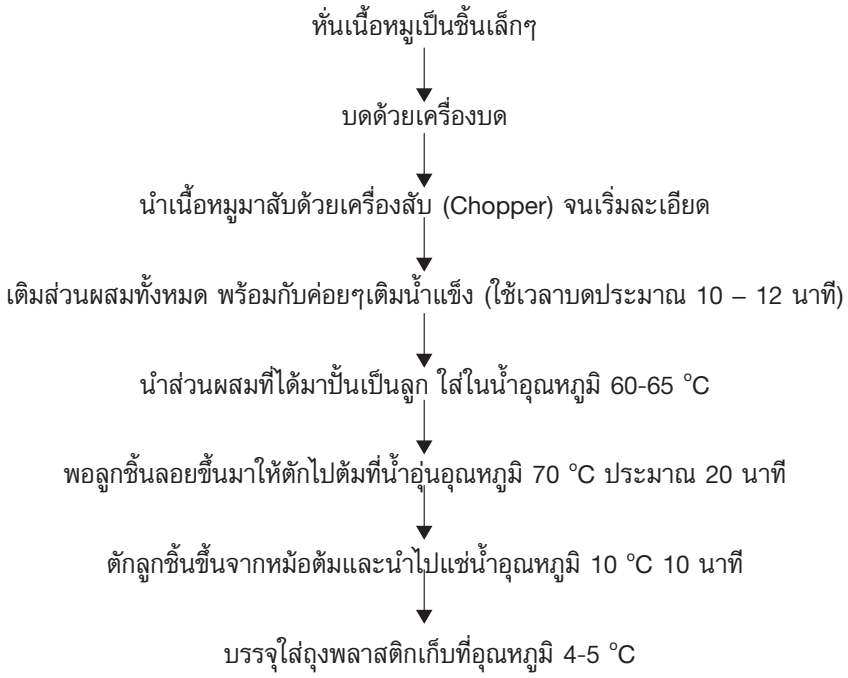
วิธีการทดลอง

1. ทดลองผลิตลูกชิ้นหมูสูตรพื้นฐาน

โดยนำสูตรพื้นฐาน (จากตารางที่ 1) มาทดลองผลิต (ดังภาพที่ 1) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเบื้องต้น

ตารางที่ 1 ส่วนผสมลูกชิ้นหมู

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์
เนื้อแดง	76.9
เกลือ	2.0
แป้งมันสำปะหลัง	4.6
โซเดียมฟอสเฟต	0.3
น้ำแข็ง	15.4
พริกไทย	0.8



ภาพที่ 1 กรรมวิธีการผลิตลูกชิ้น

2. การพัฒนาสูตรลูกชิ้นหมู

2.1 การพัฒนาโดยใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง

โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวบาร์เลย์กับแป้งมันสำปะหลังที่ 0:100 25:75 50:50 75:25 และ 100:0 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบ CRD ประเมินคุณภาพทางด้าน

2.1.1 ด้านกายภาพ

- วัดค่าแรงตัดขาด (Shear Force) (ทำ 3 ซ้ำ) โดยใช้ Texturometer รุ่น LRX บริษัท Lloyd Instrument ประเทศอังกฤษ

- วัดค่าสี (ทำ 3 ซ้ำ) โดยใช้ Hunter Lab Colorimeter รุ่น Color Flex บริษัท คัลเลอร์โกลโบล จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.1.2 ด้านประสาทสัมผัส

โดยวิธี 9-point Hedonic Scale Test (1 = ไม่ชอบมาก, 9 = ชอบมาก) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 40 คน (ทำ 2 ซ้ำ) ประเมินผลทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยใช้ Least Significant Difference เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดมาทำการพัฒนาต่อ

2.2 การพัฒนาโดยศึกษาปริมาณพริกไทย (เปอร์เซ็นต์)

โดยศึกษาปริมาณพริกไทยที่ 0.8 1.0 และ 1.2 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบ CRD ประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 2.1 เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดมาทำการพัฒนาต่อ

2.3 การพัฒนาลูกชิ้นโดยใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมู

ศึกษาอัตราส่วนระหว่างเห็ดหอมกับเนื้อหมูที่ 5:95 10:90 15:85 20:80 และ 25:75 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบ CRD ประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 2.1 เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดมาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป

3. การศึกษาอายุการเก็บรักษา

โดยนำลูกชิ้นหมูสูตรที่ดีที่สุดจากการพัฒนาเปรียบเทียบกับลูกชิ้นหมูสูตรควบคุม บรรจุในถุง Polyethylene เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยนำมาตรวจสอบคุณภาพทุกสัปดาห์ทางด้าน

3.1 กายภาพ

- วัดค่าแรงตัดขาด (Shear Force) (ทำ 3 ซ้ำ)โดยใช้ Texturometer รุ่น LRX บริษัท Lloyd Instrument ประเทศอังกฤษ

- วัดค่าสี (ทำ 3 ซ้ำ) โดยใช้ Hunter Lab Colorimeter รุ่น Color Flex บริษัท คัลเลอร์โกลโบล จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2 ด้านประสาทสัมผัส

โดยวิธี 9-point Hedonic Scale Test (1= ไม่ชอบมาก, 9=ชอบมาก)ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 40 คน (ทำ 2 ซ้ำ) ประเมินผลทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยใช้ Least Significant Difference

3.3 ด้านเคมี

- วัดค่า pH (ทำ 3 ซ้ำ) โดยใช้ pH-meter รุ่น PH211 บริษัท HNNA Instrument ประเทศอิตาลี

3.4 ด้านจุลินทรีย์

- วัด Total Plate Count (Association of Official Analytical Chemists, 1998)

4. การยอมรับของผู้บริโภคเป้าหมายที่มีต่อลูกชิ้นหมูที่ได้รับการพัฒนา

โดยนำลูกชิ้นหมูสูตรที่ดีที่สุดจากการพัฒนามาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale Test (1= ไม่ชอบมาก, 9=ชอบมาก) ประเมินผลด้านการยอมรับโดยรวมใช้ผู้บริโภคทั่วไปจากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยและละแวกใกล้เคียง จำนวน 200 คน (โดยนำ

ตัวอย่างลูกชิ้นหมูมาทำการลวกในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที บรรจุในถ้วยพลาสติกขนาด 80 มิลลิลิตร ปิดด้วยพลาสติกห่ออาหาร (3 ลูกต่อแพ็ค) บรรจุล้อมในถุงปิดผนึก) นำผลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS หาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นการยืนยันผลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนา

ผลการทดลอง

1. การพัฒนาลูกชิ้นหมูโดยใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง

จากการพัฒนาสูตรลูกชิ้นหมู โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวบาร์เลย์กับแป้งมันสำปะหลังที่ 0:100 25:75 50:50 75:25 และ 100:0 เปอร์เซ็นต์ ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบมีการยอมรับที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลูกชิ้นหมูสูตรที่ใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ มีการยอมรับมากที่สุดในทุกด้าน และยังพบว่า การทดแทนแป้งข้าวบาร์เลย์ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น การยอมรับในด้านต่างๆจะลดลง(ตารางที่ 2) เพราะขนาดของแป้งข้าวบาร์เลย์ (80 mesh) จะมีความหยาบมากกว่าแป้งมันสำปะหลัง (120 mesh) จึงมีผลทำให้ลูกชิ้นมีความกระด้างมากกว่า การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสจึงน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าแรงตัดขาด (ตารางที่ 3) ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของแป้งข้าวบาร์เลย์ อันเนื่องมาจากลักษณะของแป้งข้าวบาร์เลย์ที่มีความหยาบมากกว่าแป้งมันสำปะหลัง มีผลทำให้ลูกชิ้นมีความหยาบกระด้างมากกว่า ทำให้ผู้ทดสอบมีการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสที่น้อยลง ประกอบกับการใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ลูกชิ้นหมูจะมีความสว่างลดลง (ตารางที่ 4) เพราะแป้งข้าวบาร์เลย์จะมีสีเหลืองนวลกว่า ขณะที่แป้งมันสำปะหลังมีสีขาวกว่า ทำให้ลูกชิ้นหมูมีสีเข้มขึ้น ส่งผลให้ผู้ทดสอบมีความชอบด้านสีลดลงเช่นกัน มีผลต่อเนื่องถึงความชอบโดยรวม ดังนั้นจึงเลือกลูกชิ้นหมูสูตรที่ใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปพัฒนาต่อ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่มีต่อลูกชิ้นหมูที่ใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง

อัตราส่วน (แป้งข้าวบาร์เลย์ : แป้งมันสำปะหลัง)	ปัจจัยที่ศึกษา					
	สี*	กลิ่นรส*	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ*	เนื้อสัมผัส*	ความชอบโดยรวม
(0 : 100)	7.6^{a}	7.0^{c}	7.4^{a}	8.0^{a}	8.0^{a}	7.7^{b}
(25 : 75)	7.7^{a}	7.6^{a}	7.6^{a}	8.0^{a}	7.9^{a}	7.9^{a}
(50 : 50)	7.4^{b}	7.3^{bc}	7.6^{a}	7.8^{b}	7.7^{b}	7.7^{b}
(75 : 25)	7.4^{b}	7.5^{a}	7.4^{a}	7.6^{bc}	7.5^{c}	7.5^{c}
(100 : 0)	7.5^{b}	7.4^{bc}	7.4^{a}	7.5^{c}	7.5^{c}	7.5^{c}

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{a,b,c} อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

ตารางที่ 3 ค่าแรงตัดขาด (N) ของลูกชิ้นหมูที่ใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง

อัตราส่วน (แป้งข้าวบาร์เลย์ : แป้งมันสำปะหลัง)	Shear Force * (N)
(0 : 100)	6.3[d]
(25 : 75)	6.6[c]
(50 : 50)	6.6[c]
(75 : 25)	6.8[b]
(100 : 0)	7.3[a]

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[a,b,c] อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

ตารางที่ 4 ค่าสีของลูกชิ้นหมูที่ใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง

อัตราส่วน (แป้งข้าวบาร์เลย์ : แป้งมันสำปะหลัง)	ปัจจัยที่ศึกษา*		
	L*	a*	b*
(0 : 100)	66.9[a]	1.2[c]	15.2[a]
(25 : 75)	66.7[a]	2.4[a]	14.8[b]
(50 : 50)	65.7[b]	1.9[ab]	14.5[b]
(75 : 25)	64.9[bc]	1.7[b]	15.1[c]
(100 : 0)	63.6[c]	1.5[bc]	15.1[c]

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[a,b,c] อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

L* = ค่าความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว)

a* = ค่าความแดง / ค่าความเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)

b* = ค่าความเหลือง / ค่าความฟ้า (+ = สีเหลือง, - = สีฟ้า)

2. การพัฒนาลูกชิ้นหมูโดยศึกษาปริมาณพริกไทย (เปอร์เซ็นต์)

เมื่อศึกษาปริมาณพริกไทยที่ 0.8 1.0 และ 1.2 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เมื่อเติมปริมาณพริกไทยเพิ่มขึ้น การยอมรับทางประสาทสัมผัสจะเพิ่มขึ้นทุกๆ ด้าน และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 โดยเฉพาะกลิ่นรส เพราะในพริกไทยมีน้ำมันหอมระเหย (Volatile Oil) อยู่ เช่น โมโนเทอร์ปีน (Monoterpene) เซสควอเทอร์ปีน (Sesquiterpene) และไปนีน (Pinene) (ดวงจันทร์ เกรียงสุวรรณ, 2547) จึงทำให้ลูกชิ้นหมูมีกลิ่นรสที่น่ารับประทานมากขึ้น ส่งผลให้รสชาติมีการยอมรับมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงเลือกลูกชิ้นหมูสูตรที่ใช้พริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาทำการพัฒนาต่อ

ตารางที่ 5 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่มีต่อลูกชิ้นหมูที่ใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผสมพริกไทยในระดับต่างๆ

พริกไทย (เปอร์เซ็นต์)	ปัจจัยที่ศึกษา					
	สี*	กลิ่นรส*	รสชาติ*	ลักษณะปรากฏ*	ลักษณะเนื้อสัมผัส*	ความชอบโดยรวม*
0.8	7.5[b]	7.1[b]	7.8[b]	7.6[b]	7.8[b]	7.7[b]
1.0	7.8[ab]	7.7[ab]	7.9[b]	7.7[b]	7.8[b]	7.9[ab]
1.2	8.0[a]	8.2[a]	8.1[a]	7.9[a]	7.9[a]	8.1[a]

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[a,b,c] อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

จากตารางที่ 6 พบว่า เมื่อเติมปริมาณพริกไทยเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดขาดก็เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

ตารางที่ 6 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้แรงตัดขาดของลูกชิ้นหมูที่ใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผสมพริกไทยในระดับต่างๆ

ปริมาณพริกไทย (เปอร์เซ็นต์)	Shear Force (N)
0.8	6.8[a]
1.0	6.9[a]
1.2	7.0[a]

เมื่อเติมปริมาณพริกไทยเพิ่มขึ้น พบว่าลูกชิ้นหมูมีค่าความสว่างลดลง เพราะสีของพริกไทยที่ผสมลงไปมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์โดยรวม (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าสีของลูกชิ้นหมูที่ใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ผสมพริกไทยในระดับต่างๆ

ปริมาณพริกไทย (เปอร์เซ็นต์)	ปัจจัยที่ศึกษา		
	L*	a*	b*
0.8	67.7[a]	2.4[a]	15.7[a]
1.0	66.7[a]	1.6[b]	14.7[b]
1.2	64.4[b]	-0.3[c]	13.8[e]

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[a,b,c] อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

L* = ค่าความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว)

a* = ค่าความแดง / ค่าความเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)

b* = ค่าความเหลือง / ค่าความฟ้า (+ = สีเหลือง, - = สีฟ้า)

3. การพัฒนาลูกชิ้นหมูโดยใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมู

จากศึกษาอัตราส่วนระหว่างเห็ดหอมกับเนื้อหมูที่ 0:100 5:95 10:90 15:85 20:80 และ 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่า ลูกชิ้นหมูสูตรควบคุม (0:100) ได้รับการยอมรับมากที่สุด ทางด้านสี รสชาติ ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม (ตารางที่ 8) เพราะในเนื้อสัตว์มีคอลลาเจน ซึ่งเมื่อถูกความร้อนตั้งแต่ 48 °C จะแปรสภาพเป็นเจลาติน ทำให้เนื้อมีความนุ่ม มีการอุ้มน้ำที่ดี ซึ่งเกิดจากความร้อนที่ทำให้ไขมันละลายไปอุดในช่องว่างระหว่างเพอริโมเซียม ทำหน้าที่คล้ายตัวป้องกันไม่ให้น้ำภายในถูกปล่อยออกมามาก ทำให้เนื้อมีความชุ่มฉ่ำภายในสูง (วิชชุดา สังข์แก้ว, 2546) ประกอบกับมีการเติมสารประกอบโซเดียมฟอสเฟตที่เป็นด่าง จึงเพิ่มความนุ่มให้กับเนื้อ โดยโซเดียมฟอสเฟตทำให้ค่า pH ของเนื้อเพิ่มขึ้นและช่วยให้โปรตีนของกล้ามเนื้อคลายตัวลง เนื่องจากสารแอคโตไมโอซินแยกออกจากกัน เป็นแอคตินและไมโอซิน และยังช่วยให้เนื้อจับตัวกันให้ดีขึ้น โดยโมเลกุลของเนื้อสานกันเป็นตาข่าย สามารถกันไม่ให้เลือดและของเหลวในเนื้อไหลออกมา เนื้อจึงมีรสชาติดีขึ้น และช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อโดยทำให้เส้นใยโปรตีนยึดตัวล้อมรอบโมเลกุลน้ำ ช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่จะทำให้เกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ (มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 2549) ดังนั้นการนำเห็ดหอมมาทดแทนเนื้อหมูบางส่วนจึงทำให้ลูกชิ้นมีความนุ่มและชุ่มฉ่ำน้อยลงกว่าสูตรที่ใช้เนื้อหมู 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาสูตรที่มีการใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมู พบว่า ลูกชิ้นหมูสูตรที่ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูในอัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยได้รับการยอมรับทางด้านกลิ่นรส รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม ซึ่งการเพิ่มอัตราส่วนของเห็ดหอมในปริมาณที่สูงขึ้น ทำให้ค่าแรงตัดขาดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเห็ดหอมมีขนาดใหญ่กว่าส่วนผสม

อื่นๆ จึงทำให้โอกาสในการตัดโดนชิ้นของเห็ดหอมมีมากขึ้น(ตารางที่ 9) ส่งผลให้ผู้ทดสอบมีการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลง ประกอบกับเมื่อเพิ่มปริมาณเห็ดหอมมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างของลูกชิ้นหมูจะมีค่าลดลง เนื่องจากเห็ดหอมมีสีดำ เมื่อใช้ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ลูกชิ้นหมูมีสีคล้ำลง (ตารางที่ 10) จึงส่งผลให้ผู้ทดสอบมีการยอมรับด้านสีลดลง มีผลต่อเนื่องถึงความชอบโดยรวม ดังนั้นจึงเลือกลูกชิ้นหมูสูตรที่ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูในอัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์ มาทำการศึกษาอายุของผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตารางที่ 8 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่มีต่อลูกชิ้นหมูที่ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมู

อัตราส่วน (เห็ดหอม : เนื้อหมู)	ปัจจัยที่ศึกษา					
	สี*	กลิ่นรส*	รสชาติ*	ลักษณะปรากฏ*	ลักษณะเนื้อสัมผัส*	ความชอบโดยรวม*
0 : 100	8.2^{a}	7.8^{b}	8.1^{a}	8.0^{a}	8.3^{a}	8.0^{ab}
5 : 95	8.1^{a}	7.8^{b}	7.9^{ab}	7.7^{ab}	8.1^{b}	7.9^{b}
10 : 90	8.0^{b}	7.5^{c}	7.8^{b}	7.5^{b}	8.0^{bc}	7.9^{b}
15 : 85	8.0^{b}	8.1^{a}	7.9^{ab}	7.8^{a}	8.1^{b}	8.1^{a}
20 : 80	7.9^{bc}	7.5^{c}	7.5^{c}	7.5^{b}	7.7^{c}	7.8^{c}
25 : 75	7.7^{c}	7.3^{d}	7.3^{d}	7.1^{c}	7.5^{d}	7.5^{d}

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{a,b,c} อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

ตารางที่ 9 ค่าแรงตัดขาด (N) ของลูกชิ้นหมูที่ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมู

อัตราส่วน (เห็ดหอม : เนื้อหมู)	Shear Force * (N)
0 : 100	6.8^{e}
5 : 95	9.2^{cd}
10 : 90	9.3^{c}
15 : 85	9.1^{d}
20 : 80	9.7^{b}
25 : 75	9.9^{a}

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{a,b,c} อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

ตารางที่ 10 ค่าสีของลูกชิ้นหมูของลูกชิ้นหมูที่ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมู

อัตราส่วน (เห็ดหอม : เนื้อหมู)	ปัจจัยที่ศึกษา*		
	L*	a*	b*
0 : 100	70.8[a]	1.1[a]	14.8[c]
5 : 95	64.9[b]	1.4[a]	15.7[a]
10 : 90	64.3[c]	0.6[b]	15.3[b]
15 : 85	62.5[d]	- 0.0[c]	14.5[d]
20 : 80	60.5[e]	- 0.1[c]	14.3[e]
25 : 75	59.4[f]	- 0.3[d]	13.5[f]

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a, b, c...f อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

L* = ค่าความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว)

a* = ค่าความแดง / ค่าความเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)

b* = ค่าความเหลือง / ค่าความฟ้า (+ = สีเหลือง, - = สีฟ้า)

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษา

เมื่อนำลูกชิ้นหมูสูตรที่ใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง (25:75) พริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์ และใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมู (15:85) มาเก็บรักษาเปรียบเทียบกับลูกชิ้นหมูสูตรควบคุม โดยบรรจุในถุง Polyethylene เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า การยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านจะน้อยลง โดยในสัปดาห์ที่ 4 คะแนนการยอมรับของลูกชิ้นหมูสูตรที่พัฒนาจะสูงกว่าสูตรควบคุมในทุกด้าน (ตารางที่ 11) ส่วนประกอบของเนื้อที่ทำให้เกิดรสชาตินั้น ได้แก่ สารประกอบในเนื้อซึ่งเมื่อถูกความร้อนจะแปรสภาพไปเป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นและรส ได้แก่ สารพวกอิโนซินโมโนฟอสเฟต (Inosine Monophosphate, IMP) และสารพวกไฮโปซานติน (Hypoxanthine, Hxp) ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดนี้ได้จากการสลายตัวของ ATP การเปลี่ยนแปลงรสชาติและกลิ่นของเนื้ออาจเกิดขึ้นได้จากปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นเวลานาน ทำให้เกิดการสลายตัวของ IMP และ Hxp และอาจมีกลิ่นเหม็นหืนของไขมัน ซึ่งเกิดจากการแตกตัวของกรดไขมันตรงตำแหน่งพันธะคู่ เกิดเป็นสารพวกอัลดีไฮด์ คีโตน ซึ่งมีกลิ่นที่เหม็นหืนอย่างรุนแรง (Church and Wood,eds., 1992)

ตารางที่ 11 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในการเก็บรักษาลูกชิ้นหมูสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับลูกชิ้นหมูสูตรที่ได้รับการพัฒนา (แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผสมพริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์ ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูในอัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์) ที่อุณหภูมิ 4 °C

สูตร	สัปดาห์	ปัจจัยที่ศึกษา					
		สี*	กลิ่นรส*	รสชาติ*	ลักษณะปรากฏ*	ลักษณะเนื้อสัมผัส*	ความชอบโดยรวม*
ควบคุม	0	8.3[a]	8.2[a]	8.4[a]	8.3[a]	8.4[a]	8.4[a]
	1	7.7[b]	7.8[b]	8.1[ab]	8.2[a]	8.2[a]	8.1[b]
	2	7.3[c]	7.4[c]	7.7[b]	7.8[b]	7.5[b]	7.6[c]
	3	7.0[d]	7.0[d]	7.3[c]	7.5[c]	7.0[d]	7.2[d]
	4	6.2[f]	6.0[f]	6.8[e]	7.3[c]	6.8[e]	6.6[f]
พัฒนาแล้ว	0	8.2[a]	8.2[a]	8.2[a]	8.1[a]	8.4[a]	8.1[b]
	1	7.9[b]	7.9[b]	8.0[ab]	8.0[a]	8.3[a]	8.0[b]
	2	7.6[bc]	7.5[c]	7.7[b]	7.8[b]	7.7[b]	7.7[c]
	3	7.2[c]	7.0[d]	7.5[c]	7.6[c]	7.2[c]	7.5[c]
	4	6.4[e]	6.3[e]	7.0[d]	7.5[c]	7.0[d]	6.8[e]

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[a, b, ..., f] อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

ในการเก็บรักษาลูกชิ้นหมู พบว่า ลูกชิ้นสูตรควบคุมและลูกชิ้นหมูที่ได้รับการพัฒนา (แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผสมพริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์ ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูในอัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์) เมื่อใช้เวลาในการเก็บรักษามากขึ้น พบว่าค่าแรงตัดขาดจะลดลง (ตารางที่ 12) เพราะว่าลูกชิ้นจะมีเนื้อนิ่มลง เนื่องจากโปรตีนมีการเปลี่ยนสภาพอันซึ่งเป็นผลจากการให้ความร้อนขณะผลิต โดยความร้อนจะไปทำลายโครงสร้างของกรดอะมิโน ทำให้ลูกชิ้นหมูที่เก็บไว้มีความนิ่มไม่แน่นเนื้อเหมือนที่ผลิตขึ้นใหม่ (Bircan and Barringer, 2009)

ตารางที่ 12 ค่าแรงตัดขาดในการเก็บรักษาลูกชิ้นหมูสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับลูกชิ้นหมูสูตรที่ได้รับการพัฒนา (แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผสมพริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์ ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูในอัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์) ที่อุณหภูมิ 4 °C

สูตร	สัปดาห์	Shear Force * (N)
ควบคุม	0	8.7[b]
	1	8.5[c]
	2	8.0[d]
	3	7.4[f]
	4	6.0[f]
พัฒนาแล้ว	0	9.0[a]
	1	8.7[b]
	2	8.4[c]
	3	7.9[d]
	4	6.3[e]

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[a, b, c, ...f] อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

ในการเก็บรักษาลูกชิ้นหมู พบว่า ลูกชิ้นสูตรควบคุมและลูกชิ้นหมูที่ได้รับการพัฒนา (แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผสมพริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์ ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูในอัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์) เมื่อใช้เวลาในการเก็บรักษามากขึ้น พบว่า ค่าความสว่างของลูกชิ้นหมูจะมีค่าที่ลดลง (ตารางที่ 13) เพราะสารสีในเนื้อสัตว์มี 2 ชนิด คือ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) เป็นสารสีที่อยู่ในเลือด และไมโอโกลบิน (Myoglobin) เป็นสารสีที่อยู่ในกล้ามเนื้อ ประกอบด้วยโกลบิน (Globin) ซึ่งเป็นโกลบูลาโปรตีน (Globular Protein) และฮีมริง (Heme Ring) หลังจากสัตว์ถูกฆ่าและกล้ามเนื้อถูกตัดจะทำให้เนื้อสัมผัสกับอากาศ อนุมูลของเหล็กจึงสามารถสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศได้ โมเลกุลของไมโอโกลบินจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของออกซีไมโอโกลบิน (Oxymyoglobin, MbO_2) ที่คงตัวทำให้เนื้อมีสีแดงสดเหมือนผลเชอร์รี่ (Bright Cherry Red) โดยจะเกิดสีแดงขึ้นหลังจากเนื้อถูกตัด 30-45 นาที เมื่อนำไปเก็บรักษาภายในภาชนะบรรจุที่มีปริมาณออกซิเจนน้อย อนุมูลของธาตุเหล็กจะเกิดการออกซิไดซ์ทำให้เหล็กอยู่ในรูป Fe^{3+} ซึ่งไม่สามารถจับกับโมเลกุลของสารอื่นได้ โมเลกุลของฮีโมโกลบินจึงอยู่ในรูปเมตไมโอโกลบิน (Metmyoglobin, MMb) ส่งผลให้เนื้อมีสีน้ำตาลแดงจนเกือบคล้ำ (Dryden and Birdsall,eds., 1980) รวมทั้งการที่สีของลูกชิ้นหมูเปลี่ยนไปเกิดจากแบคทีเรียทำลายโครงสร้างของไมโอโกลบินโดยตรง โดยแบคทีเรียใช้ไมโอโกลบินเป็นอาหาร ซึ่งทำให้ Heme Ring ถูกแยกออกมาจากโปรตีนของสารสี สีที่ปรากฏออกมาจึงเป็นสีออกเขียว ดังนั้นลูกชิ้นหมูที่เก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น จึงมีสีคล้ำลง

ตารางที่ 13 ค่าสีในการเก็บรักษาลูกชิ้นหมูสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับลูกชิ้นหมูสูตรที่ได้รับการพัฒนา (แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผสมพริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์ ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูในอัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์) ที่อุณหภูมิ 4 °C

สูตร	สัปดาห์	ปัจจัยที่ศึกษา*		
		L*	a*	b*
ควบคุม	0	70.3^{a}	1.3^{a}	14.8^{e}
	1	69.7^{b}	1.0^{b}	15.2^{d}
	2	67.0^{c}	0.9^{b}	15.7^{c}
	3	64.7^{d}	0.8^{b}	15.9^{b}
	4	63.9^{e}	0.6^{c}	16.3^{a}
พัฒนาแล้ว	0	62.3^{f}	-0.0^{d}	14.6^{f}
	1	60.7^{g}	-0.3^{e}	14.9^{e}
	2	58.0^{h}	-0.5^{f}	15.1^{d}
	3	56.5^{i}	-0.7^{g}	15.2^{d}
	4	53.9^{j}	-0.9^{h}	15.3^{d}

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a, b, c... j}$ อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

L* = ค่าความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว)

a* = ค่าความแดง / ค่าความเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)

b* = ค่าความเหลือง / ค่าความฟ้า (+ = สีเหลือง, - = สีฟ้า)

เมื่อเก็บรักษาลูกชิ้นหมูเป็นเวลานานขึ้น ค่าความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 14) เนื่องจากมีการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้น และเชื้อจุลินทรีย์เหล่านั้นสร้างกรดขึ้นมา ส่งผลให้ลูกชิ้นหมูมี pH ลดลง

ตารางที่ 14 ค่า pH ในการเก็บรักษาลูกชิ้นหมูสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับลูกชิ้นหมูสูตรที่ได้รับการพัฒนา (แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผสมพริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์ ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูในอัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์) ที่อุณหภูมิ 4 °C

สูตร	สัปดาห์ค่า	pH*
ควบคุม	0	6.7^{g}
	1	5.8^{e}
	2	5.2^{c}
	3	4.7^{b}
	4	3.3^{a}
พัฒนาแล้ว	0	6.7^{g}
	1	6.0^{f}
	2	5.8^{e}
	3	5.5^{d}
	4	5.0^{c}

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a, b, c, ..., g}$ อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

จากตารางที่ 15 จะเห็นว่าเมื่อเก็บรักษาลูกชิ้นหมูเป็นเวลาที่นานขึ้น เชื้อจุลินทรีย์ก็จะมากขึ้น โดยลูกชิ้นหมูสูตรที่พัฒนาแล้วมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าลูกชิ้นหมูสูตรควบคุม (ตารางที่ 15) ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลูกชิ้นหมู กำหนดว่าในลูกชิ้นหมูจะมีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน $1x10^{6}$ โคโลนี/ตัวอย่างกรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533) ดังนั้นลูกชิ้นหมูสูตรที่พัฒนาแล้วจึงสามารถเก็บได้อย่างน้อย 4 สัปดาห์

ตารางที่ 15 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในการเก็บรักษาลูกชิ้นหมูสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับลูกชิ้นหมูสูตรที่ได้รับการพัฒนา (แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผสมพริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์ ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูในอัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์) ที่อุณหภูมิ 4 °C

สูตร	สัปดาห์	Total Plate Count (CFU/g)
ควบคุม	0	1.7×102^{i}
	1	5.8×102^{g}
	2	3.2×103^{e}
	3	7.4×104^{c}
	4	1.2×106^{a}
พัฒนาแล้ว	0	9.0×101^{j}
	1	2.8×102^{h}
	2	1.0×103^{f}
	3	1.9×104^{d}
	4	8.9×105^{b}

* ค่าตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[a, b, c, ..., j] อักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

5. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

เมื่อนำลูกชิ้นหมูสูตรที่ดีที่สุด (แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผสมพริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์ ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูในอัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์) มาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale Test (1= ไม่ชอบมาก, 9=ชอบมาก) ประเมินผลด้านความชอบโดยรวม ใช้ผู้บริโภคซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มเป้าหมายจำนวน 200 คน (โดยนำตัวอย่างลูกชิ้นหมูมาทำการลวกในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที บรรจุในถ้วยพลาสติกขนาด 80 มิลลิลิตร ปิดด้วยพลาสติกห่ออาหาร(3 ลูกต่อแพ็ค) บรรจุล้อมในถุงปิดผนึก)

นำผลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS หาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นการยืนยันผลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนา พบว่าผู้บริโภคมีการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับชอบมาก คือเท่ากับ 8.0 (ตารางที่ 16) แสดงว่ามีโอกาสเป็นไปได้ ที่จะใช้ลูกชิ้นหมูที่ใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 25:75 เปอร์เซ็นต์ ผสมพริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์ ใช้เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูในอัตราส่วน 15:85 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้นแบบในการผลิต

ตารางที่ 16 การยอมรับของผู้บริโภคเป้าหมายที่มีต่อลูกชิ้นหมูที่ได้รับการพัฒนา

ปัจจัยที่ศึกษา	ค่าเฉลี่ย
การยอมรับโดยรวม	8.0

สรุป

ลูกชิ้นหมูที่ได้รับการพัฒนาโดยใช้แป้งข้าวบาร์เลย์ทดแทนแป้งมันสำปะหลังที่ 25 เปอร์เซ็นต์ พริกไทย 1.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เห็ดหอมทดแทนเนื้อหมูที่ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด จึงมีโอกาสที่จะใช้เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการผลิตเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคต่อไป

บรรณานุกรม

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 25 พฤษภาคม 2552. **การวิจัยสารเร่งเนื้อแดงในสุกร** [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: http://203.155.220.217/vet/filesเปอร์เซ็นต์20forเปอร์เซ็นต์20web/researchเปอร์เซ็นต์20inเปอร์เซ็นต์20betaเปอร์เซ็นต์20agonists.htm

ดวงจันทร์ เกรียงสุวรรณ. 2547. **พืชผักผลไม้ไทยมีคุณค่าเป็นทั้งอาหารและยา.** สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 2549. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** นครสวรรค์: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

วิชชุดา สังข์แก้ว. 2546. **ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

"สมุนไพรจีน." 10 ตุลาคม 2551. **ผู้จัดการออนไลน์** [หนังสือพิมพ์ออนไลน์]. เข้าถึงจาก:www.meesara.com/มีสาระ/เผย-'14-สมุนไพรจีน.html -51k.

"สรรพคุณน่ารู้." 29 มกราคม 2552. **หมวดพืชสวนครัวพริกไทย** [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก:www.chuankin.comm.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2545. **บริโภคเนื้อสัตว์อย่างไรให้ปลอดภัย.** นนทบุรี: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. **ลูกชิ้นเนื้อวัว ลูกชิ้นหมู และลูกชิ้นไก่.** กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

Association of Official Analytical Chemists, 1998. **Bacteriological Analytical Manual. Gaitherburg, MD: AOAC International.**

Bircan, C., and Barringer, S.A. 2009. "Heat Changes Protein Structure: Frying an Egg." **Journal of Food Science** 74,3: 202-205.

Church, P.N., and Wood, J.M., eds. 1992. **The Manual of Manufacturing Meat Quality.** Edinburgh: Galliard.

Dryden, F.D., and Birdsall., R.A., eds. 1980. "Why Nitrite Does Not Impart Color." **Food Technology** 15,2: 29-42.

Asst. Prof. Supang Ruangchai received her Master of Science Degree in Agro-Industrial Product Development from Kasetsart University, Thailand. She is currently working at the School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce. Her current research includes Product Development, Sensory Evaluation and Food Marketing.