

## การพัฒนาและปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเพื่อสุขภาพจากแป้งเมล็ดขนุน

DEVELOPMENT AND TEXTURE IMPROVEMENT OF HEALTHY MEAT  
ANALOGUE PRODUCTS USING JACKFRUIT SEED FLOURภัทรภรณ์ สุขขาว<sup>1\*</sup> และนภเกตน์ สายสมบัติ<sup>2</sup>Pattraporn Sukkhowan<sup>1\*</sup> and Noppakate Saisombut<sup>2</sup><sup>1,2</sup>คณะการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์<sup>1,2</sup>Faculty of Food Business Management, Panyapiwat Institute of Management

Received: December 21, 2022 / Revised: June 4, 2023 / Accepted: June 15, 2023

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรเนื้อเทียมใหม่โดยใช้แป้งเมล็ดขนุนเป็นวัตถุดิบหลัก จากการอภิปรายกลุ่ม (focus group discussion) พบว่า ผู้บริโภคต้องการผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่มีสีและเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเนื้อจริงและเป็นเนื้อเทียมกลิ่นรสเนื้อวัว จากการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมโดยศึกษาผลของระดับการทดแทนวิทกทูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ 25%, 50%, 75% ใช้เพคตินที่ระดับ 0%, 1%, 2% ร่วมกับผลของระดับของสีบีทรูทที่ 1%, 2%, 3% พบว่า สิ่งทดลองที่ดีที่สุดคือ การทดแทนวิทกทูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% ใช้เพคติน 1% และบีทรูท 2% โดยมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ โปรตีน 34.85% ไขมัน 2.81% ความชื้น 44.44% เถ้า 2.13% เส้นใยหยาบ 5.32% และคาร์โบไฮเดรต 12.55% มีค่าสี ( $L^*54.45$ ,  $a^*6.09$ ,  $b^*16.78$ ) และเนื้อสัมผัส ความแข็ง และความยืดหยุ่นสูงสุดที่ 19.90 N และ 0.92 N ใกล้เคียงกับค่าเนื้อสัมผัสของเบอร์เกอร์เนื้อจริง มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสี (6.95) กลิ่น (6.36) กลิ่นรส (6.78) รสหวาน (6.48) และรสเค็ม (6.86) หรืออยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ส่วนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (7.32) เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) (7.12) และความชอบโดยรวม (7.28) นั้น ได้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับชอบปานกลาง ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย 250 คน ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาที่ระดับ 92% ไม่แน่ใจ 6% และไม่ยอมรับ 2%

**คำสำคัญ:** เนื้อเทียม แป้งเมล็ดขนุน การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม เนื้อเทียมเพื่อสุขภาพจากแป้งเมล็ดขนุน

## Abstract

This research aimed to develop a new formula using jackfruit seed flour as the main raw material. According to the focus group discussion, it was found that consumers wanted meat analogue products that were similar in color and texture to real meat and artificial beef flavored meat. The development of the appropriate formulation was studied on the effects of wheat gluten wheat flour replacement levels with jackfruit seed flour at 25%, 50%, 75%, using pectin at 0%, 1%, 2% together with the beetroot color at 1%, 2%, 3%. The results showed that the best experiment was the replacement of wheat gluten wheat flour with 50% jackfruit

seed flour using 1% pectin and 2% beetroot with the following chemical compositions: protein 34.85%, fat 2.81%, moisture 44.44%, ash 2.13%, crude fiber 5.32% and 12.55% carbohydrates. The treatment had color values ( $L^*54.45$ ,  $a^*6.09$ ,  $b^*16.78$ ) and hardness and springiness peaks of 19.90 and 0.92 N, respectively, close to the texture values of real beef burgers. There were sensory liking scores for color (6.95), smell (6.36), taste (6.78), sweet (6.48) and salty (6.86), or at the slightly like level. The appearance liking (7.32), texture (Flexibility) (7.12), and overall liking (7.28) were scored in sensory liking at moderate level. Among two hundred and fifty target consumers, 92% accepted, 6% uncertain, and 2% unaccepted for the selected formula.

**Keywords:** Meat Analogue, Jackfruit Seed Flour, Development of Meat Analogue Product, Healthy Meat Analogue from Jackfruit Seed Flour

## บทนำ

ปัจจุบันจำนวนประชากรของโลกเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการในการบริโภคเนื้อสัตว์ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญที่ให้พลังงานแก่ร่างกายและมีความสำคัญทำให้ร่างกายสมบูรณ์แข็งแรงนั้นมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากในปัจจุบันจำนวนประชากรโลกมีประมาณ 7.7 พันล้านคน ซึ่งมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้น 9.7 พันล้านคนต่อปี (The Standard, 2020) ข้อมูลทางโภชนาการปริมาณการบริโภคโปรตีนที่แนะนำต่อวันอยู่ที่ 50 กรัม (USFDA, 2020) ซึ่งหากคิดตามสัดส่วนของจำนวนประชากรแล้วจะพบว่าในแต่ละวันประชากรโลกต้องการสารอาหารจากแหล่งโปรตีนเป็นจำนวนมาก แต่ในทางตรงข้ามกันแหล่งอาหารจากเนื้อสัตว์นั้นกลับมีจำนวนลดน้อยลงเนื่องจากทรัพยากรที่มีอย่างจำกัด และในอนาคตข้างหน้าโปรตีนจากเนื้อสัตว์จะมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น เพื่อให้ประชากรไม่เกิดภาวะการขาดโปรตีนในอนาคตจึงต้องมีแหล่งโปรตีนทดแทน โดยใช้โปรตีนจากพืช เช่น โปรตีนจากถั่วเหลือง พืชตระกูลถั่ว เห็ด และสาหร่าย รวมทั้งเมล็ดขนุน เนื้อเห็ดหมักนิยมนผสมแป้งวิทกลูเตนซึ่งมีราคาแพงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง อีกทั้งคนที่แพ้แป้งวิทกลูเตนก็รับประทานไม่ได้ เมล็ดขนุนเป็นวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตขนุนทอดกรอบ

และขนุนอบแห้งของโรงงานแปรรูปขนมขบเคี้ยวซึ่งมีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำ โปรตีนจากพืชเช่นถั่วเหลืองโดยทั่วไปเป็นแหล่งโปรตีนที่มีปริมาณค่อนข้างสูงแต่ขาดกรดอะมิโนไลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สำคัญต่อร่างกายมีความสำคัญอย่างมากในการช่วยสร้างโปรตีนที่สำคัญต่อร่างกาย จึงต้องการกรดอะมิโนชนิดนี้เพื่อช่วยในการเจริญเติบโต เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ฮอโมน เอนไซม์ต่าง ๆ ทั้งนี้ เป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งที่สตาร์ชจากเมล็ดขนุนนั้นพบกรดอะมิโนไลซีน (10.30%) มีวิตามินและแร่ธาตุค่อนข้างสูง เช่น วิตามินซี 31.98 g/100 g โปแทสเซียม 705.71 mg/100 g, แมกนีเซียม 115.85 mg/100 และแคลเซียม 96.75 mg/100 g (Zuwariah et al., 2018) และยังสามารถทำหน้าที่เป็นสารให้ความข้นหนืดและความคงตัวอีกด้วย ดังนั้น เพื่อเสริมกรดอะมิโน วิตามิน และแร่ธาตุในเนื้อเห็ดหมักจึงใช้แป้งจากเมล็ดขนุน งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเห็ดหมักจากแป้งเมล็ดขนุน เพื่อพัฒนาให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ค่อนข้างสูง และสามารถต่อยอดสู่การค้าเชิงพาณิชย์ได้

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเห็ดหมัก รวมทั้งการสำรวจคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ทางการค้าของผลิตภัณฑ์เนื้อเห็ดหมัก

2. เพื่อพัฒนาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม
3. เพื่อศึกษาสถานะการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน
4. เพื่อศึกษาความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน

### ทบทวนวรรณกรรม

เนื้อเทียม (Meat Analogue) นั้นเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ดัดแปลงเนื้อสัตว์ สีส กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ และรูปร่างคล้ายเนื้อสัตว์ อาจมีการเติมเนื้อเทียมมักถูกผลิตโดยใช้โปรตีนจากพืช อาจมีการเติมเนื้อเทียมจัดเป็นอาหารทางเลือกของคนรักสุขภาพ เนื่องจากเป็นอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูง ไขมันต่ำ ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ร่างกาย จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้รักสุขภาพหรือผู้บริโภคมังสวิรัติ เนื่องจากเนื้อเทียมเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีและย่อยง่าย (Oluba, 2005) วัตถุประสงค์หลักในการเกิดโครงสร้างของเนื้อเทียมได้แก่ กลูเตน (Gluten) โปรตีนเกษตร (Textured Vegetable Protein) และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Extracted Soy Protein) และวัตถุประสงค์ที่ก่อให้เกิดสีแดงของเนื้อเทียมสามารถใช้สารให้สีธรรมชาติจากบีทรูท (Natural Coloring from Beetroot) เป็นสารเติมแต่งด้านสีแดง การผลิตเนื้อเทียมมีการเติมส่วนผสมต่าง ๆ ได้แก่ น้ำมันพืช เครื่องเทศปรุงรส สารแต่งสี และสารแต่งกลิ่น เพื่อให้เนื้อเทียมมีกลิ่นรสใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์จริง การผลิตเนื้อเทียมจะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เป็นรูปทรงต่าง ๆ เช่น ทรงสี่เหลี่ยม ทรงลูกเต๋า หรือรูปทรงอื่น ๆ ตามต้องการ เมล็ดขนุนเป็นวัสดุเศษเหลือจากการผลิตขนุนทอดกรอบและขนุนอบแห้งในรูปขนมขบเคี้ยว ส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศซึ่งในกระบวนการผลิตขนุนทอดกรอบและขนุนอบแห้งจะมีเมล็ดขนุนเป็นวัสดุเศษเหลือซึ่งโดยมากทางโรงงานจะทิ้งหรือในบางครั้งขายในราคาต่ำมาก ให้แก่ชาวบ้านไปต้มรับประทานซึ่งมีผู้รับซื้อไม่มากนักทำให้เมล็ดขนุนกลายเป็นของเหลือใช้จากการแปรรูปที่มีจำนวนมาก ในแต่ละปีจะมีเศษเหลือ

จากเมล็ดขนุนเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ขนุน 1 ลูก ได้เนื้อและเมล็ดเป็นสัดส่วน 1.5:1 ซึ่งถือว่าขนุน 1 ลูกมีเมล็ดที่ค่อนข้างมาก ที่เมล็ดขนุนมีคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะโปรตีน ฟอสฟอรัส และวิตามินบี 1 ค่อนข้างสูง กล่าวคือ เมล็ดขนุน 100 กรัมมีโปรตีน 5.5 กรัม ฟอสฟอรัส 105 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 ที่ 1.74 มิลลิกรัม (Nutrition Division Department of Health, 2001) เมล็ดขนุนยังอุดมไปด้วยวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินบี1 วิตามินบี2 และวิตามินซี และแร่ธาตุจำเป็น เช่น ธาตุสังกะสี ธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส ที่มีส่วนช่วยบำรุงสมอง ลดความเครียด ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความดัน เพราะมีโพแทสเซียมสูง ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคหัวใจ โดยช่วยเพิ่มระดับไขมันชนิดดี (HDL) และช่วยลดระดับไขมันเลว (LDL) รวมทั้งสารสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายหลายประการ เช่น ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ซึ่งเป็นสารที่พบมากในพืชตระกูลถั่วที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารพอลิฟีนอล (Polyphenol) ที่มีส่วนช่วยกระตุ้นกระบวนการเผาผลาญในร่างกาย ช่วยชะลอวัย เมล็ดขนุนต้มยังช่วยบำรุงน้ำนมให้แก่หญิงให้นมบุตร เมล็ดขนุนมีสารฟิโอบีโอติกหรือสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ทนต่อการย่อยที่กระเพาะอาหารและการดูดซึมของลำไส้เล็กตอนบน ซึ่งช่วยดูดซึมแร่ธาตุ เช่น แคลเซียมและเหล็กอีกด้วย

หัวบีทรูท บีทรูท ชื่อวิทยาศาสตร์ *Beta vulgaris L.* จัดอยู่ในวงศ์บานไม่รู้โรยมีสารสีแดงที่มีชื่อว่า บีทานิน (Betanin) ซึ่งเป็นกรดอะมิโน เป็นตัวช่วยยับยั้งการเกิดโรคมะเร็ง ช่วยลดการเติบโตของเนื้องอกได้ แอมยังทำให้เลือดลมและระบบการไหลเวียนของเลือดทำงานได้ดีมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีสารสีม่วงที่มีชื่อว่า แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดสารก่อมะเร็ง และช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและอัมพาตได้ การสกัดสีธรรมชาติจากบีทรูททำได้โดยมีการใช้เทคนิคใหม่ ๆ เช่น การสกัดด้วยอัลตราโซนิคช่วยสกัดด้วยไมโครเวฟ

ทำให้เม็ดสีบีทานิน (Betanin) ที่ได้เด่นชัดมากขึ้น สามารถใช้เป็นสารสีธรรมชาติได้ สารเติมแต่งสำหรับอาหาร เครื่องสำอาง และยาในรูปแบบของน้ำบีทรูท เช่นเดียวกับผงบีทรูทและพืชดอกบานไม่รู้โรย ซึ่งเทคนิคการสกัดแบบอุลตราโซนิกและไมโครเวฟช่วยในการสกัดและได้สารสีที่มีคุณภาพดี (Patil & Mote, 2015)

ปัจจุบันการใช้สารให้สีธรรมชาติจากบีทรูท (Natural Coloring from Beetroot) ในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมได้รับความนิยมค่อนข้างสูง เนื่องจากปลอดภัยกับผู้บริโภค อีกทั้งบีทรูทยังให้สีแดงธรรมชาติและยังอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสีที่เรียกว่า เบทานินและสารอาหารที่มีประโยชน์อื่น ๆ ช่วยป้องกันความเสี่ยงของเซลล์จึงเหมาะอย่างยิ่งต่อการนำมาใช้ในการเป็นสารสีเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม

จากการตรวจสอบข้อมูลจากกรมทรัพย์สินทางปัญญาพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน เป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรมใหม่ยังไม่พบว่ามีใครเคยทำมาก่อนจึงเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเพื่อสุขภาพชนิดใหม่ที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภคที่รักสุขภาพสามารถผลิตเพื่อต่อยอดสู่การค้าเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

## วิธีการวิจัย

### 1. การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์เนื้อเทียม

#### 1.1 การศึกษาเชิงคุณภาพด้วยวิธีการอภิปรายกลุ่ม (Focus Group Discussion)

ศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์เนื้อเทียม ด้วยวิธีการอภิปรายกลุ่ม (Focus Group Discussion) กับผู้อภิปรายกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้บริโภคกลุ่มคนรักสุขภาพ อายุ 18-45 ปี จำนวน 2 กลุ่ม ใช้ผู้อภิปรายกลุ่มละ 8-10 คน ทำในบริเวณสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ จังหวัดนนทบุรี โดยทำการสอบถามผู้อภิปรายเกี่ยวกับการบริโภคผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์เนื้อเทียม พฤติกรรมการซื้อ

หลักเกณฑ์ในการเลือกซื้อ และคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้พัฒนา จากนั้นทำการแปลผลข้อมูลเพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์เนื้อเทียม และนำผลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบสอบถามต่อไป

#### 1.2 การศึกษาเชิงปริมาณโดยการออกแบบสอบถาม

นำผลจากการอภิปรายกลุ่ม (Focus Group Discussion) จากข้อ 1.1 มาเป็นแนวทางในการออกแบบสอบถาม และทำการสำรวจกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายคนรักสุขภาพอายุ 18-45 ปี โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 400 คน ทำในบริเวณสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ จังหวัดนนทบุรี และสถานที่ใกล้เคียง เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถระบุจำนวนประชากรได้อย่างแน่นอน ดังนั้นจึงใช้กลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณแบบไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอนตามสูตรของ Cochran, (1953) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และระดับความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 384.16 หรือประมาณ 385 ตัวอย่าง โดยใช้สูตรการคำนวณได้ดังนี้

$$n = \frac{p(1-p)Z^2}{e^2}$$

และกรณีไม่ทราบค่าสัดส่วนประชากร หรือ  $p = 0.5$  ใช้สูตร  $n = Z^2/4e^2$

$n$  = ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ  
 $p$  = สัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากร

$e$  = ระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมให้เกิดขึ้นได้

$Z$  = ค่า  $Z$  ที่ระดับความเชื่อมั่นหรือระดับนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 95% หรือระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่า  $Z = 1.96$

เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นในการศึกษา จึงทำการเก็บตัวอย่างเพิ่มอีกร้อยละ 4 เท่ากับ 15.36 ตัวอย่าง เท่ากับ 399.36

ตัวอย่าง ดังนั้น เพื่อความสะดวกในการประเมินผล และวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมด 400 ตัวอย่าง

### 1.3 การสำรวจผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม

สำรวจผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่จำหน่าย ในร้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์กลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป ที่เทสโก้โลตัส บิ๊กซี จัสโก้ คาร์ฟูร์ และห้างสรรพสินค้า ในเขตนนทบุรีและกรุงเทพมหานคร เพื่อ

ให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับยี่ห้อ ราคา รูปแบบ ขนาด น้ำหนักบรรจุ ส่วนผสมผลิตภัณฑ์ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สำหรับนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อกำหนดเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

### 2. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม

ทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานจาก 3 สูตร (ดังตารางที่ 1) โดยเตรียมตัวอย่างตามสูตรแต่ละสูตร

ตารางที่ 1 สูตรผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม

| ส่วนผสม          | สูตรที่ 1 | สูตรที่ 2 | สูตรที่ 3 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|
| โปรตีนเกษตร      | 22.00     | 22.00     | 22.50     |
| โปรตีนถั่วเหลือง | 26.92     | 26.92     | 26.92     |
| วิทกลูเตน        | 26.92     | 26.92     | 26.92     |
| แป้งเมล็ดขนุน    | 0.00      | 0.00      | 0.00      |
| เห็ดหอมสด        | 10.00     | 10.00     | 10.00     |
| น้ำมันถั่วเหลือง | 10.75     | 10.75     | 10.75     |
| เพคติน           | 0.00      | 0.00      | 0.00      |
| กลิ่นเนื้อ       | 1.65      | 1.90      | 1.65      |
| พริกไทย          | 0.50      | 0.50      | 0.50      |
| เกลือ            | 0.50      | 0.25      | 0.00      |
| น้ำตาล           | 0.76      | 0.76      | 0.76      |

ที่มา: สูตรที่ 1 จาก Nantawan (2015), สูตรที่ 2-3 ดัดแปลงจาก Nantawan (2015)

จากสูตรผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมในตอนต้นนำมาทำการผลิต โดยนำโปรตีนเกษตรไปต้มในน้ำเดือด (100°C นาน 7 นาที) แล้วบีบน้ำออก เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและน้ำ ผสมด้วยเครื่องสับผสมความเร็วรอบสูงสุด นาน 1 นาที เติมน้ำมัน กลิ่นเนื้อ พริกไทย เกลือ และน้ำตาล ผสมด้วยเครื่องสับผสมความเร็วรอบสูงสุด นาน 1 นาที เติมกลูเตนและตีด้วยเครื่องนวดแป้งให้เข้ากัน นาน 2 นาทีขึ้นรูปเบอร์เกอร์

โดยใช้พิมพ์เบอร์เกอร์รูปร่างกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 นิ้ว ชั่งน้ำหนักชิ้นหนัก 40 กรัมนำไปนึ่งด้วยความร้อน 100°C นาน 10 นาที นำเนื้อเทียมที่ได้ไปให้ความร้อนด้วยการย่างด้วยความร้อนนาน 7 นาทีจะได้เป็นเบอร์เกอร์เนื้อเทียม

ในขั้นตอนนี้ทำการทดลอง 2 ซ้ำ การทดลอง โดยทดสอบคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสและคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดเป็นสูตรพื้นฐาน ดังต่อไปนี้

## 2.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การเตรียมตัวอย่างเนื้อเทียมสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยนำตัวอย่างเนื้อเทียมไปอุ่นร้อนโดยใช้การนึ่งและตั้งพักไว้จนกระทั่งตัวอย่างอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 60°C จึงตักใส่ถ้วยชิมและทำการการเสิร์ฟตัวอย่างเนื้อเทียมแก่ผู้ทดสอบคนละ 1 ชิ้น (30 กรัม) ต่อสูตร โดยมีลำดับการเสิร์ฟตัวอย่างแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ วิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale กับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) กลิ่น กลิ่นรส รสหวาน รสเค็ม และความชอบโดยรวม การทดสอบความพอดีของคุณลักษณะต่าง ๆ ด้วยวิธี Just About Right (JAR) โดยใช้ผู้บริโภครวมเป้าหมายจำนวน 50 คน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

## 2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในขั้นตอนนี้วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 12 (Version 12, SPSS Inc., Thailand)

## 3. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน

**การเตรียมแป้งเมล็ดขนุน:** การเตรียมแป้งเมล็ดขนุนทำได้โดยนำเมล็ดขนุนไปล้างทำความสะอาดก่อนนำมาต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นโดยเติมน้ำแข็งลดอุณหภูมิ ลอกเปลือกหุ้มสีขาวของเมล็ดขนุนออก หั่นเมล็ดขนุนเป็นชิ้นบาง ๆ ขนาด 0.5 มิลลิเมตร นำไป

อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดขนุนอบแห้งมาบดละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช จะได้แป้งเมล็ดขนุน

**การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม:** การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมโดยแบ่งการทดลองเป็นสองส่วน คือ 1) การศึกษาผลของระดับเพคตินที่เหมาะสม และ 2) การศึกษาผลของระดับการทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนร่วมกับระดับการเติมสีปีทรูท จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง โดยมีรายละเอียดของผลการทดลองดังนี้

### 1) การศึกษาผลของระดับเพคตินที่เหมาะสม

การพัฒนาสูตรจะออกแบบการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จำนวน 1 ปัจจัย 3 ระดับโดย ปัจจัยที่ศึกษา คือ ระดับการเติมเพคตินที่ 0%, 1%, 2% โดยผลิตตามสูตรดังตารางที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 เพคติน 0% ปีทรูท 0%

สิ่งทดลองที่ 2 เพคติน 1% ปีทรูท 0%

สิ่งทดลองที่ 3 เพคติน 2% ปีทรูท 0%

เมื่อผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมดังสูตรแล้วจึงทำการคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดโดยวัดค่าคุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

### 3.1 คุณภาพทางกายภาพ

#### 3.1.1 ค่าร้อยละผลผลิต (Product Yield)

ค่าร้อยละผลผลิต (Product Yield) ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างเนื้อเทียมที่ได้จากการสับผสมและน้ำหนักของตัวอย่างเนื้อเทียมผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ผ่านการนึ่งแล้ว คำนวณจากอัตราส่วนของน้ำหนักแบทเทอร์เนื้อเทียมที่ได้จากการสับผสมต่อน้ำหนักตัวอย่างเนื้อเทียมผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ผ่านการนึ่งแล้ว ตามสมการที่ 1 ทำการวัดจำนวน 3 ครั้ง

$$\text{ค่าร้อยละผลผลิต (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแบทเทอร์เนื้อเทียมที่ได้จากการสับผสม} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเนื้อเทียมผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ผ่านการนึ่งแล้ว}}$$

### 3.1.2 ค่าเนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis ดัดแปลงจากวิธีการของ Das et al. (2008) กัดด้วยหัว P75 Adapter อัตราการกดขณะทำการทดสอบ เท่ากับ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยกดตัวอย่างร้อยละ 50 ของส่วนสูงตัวอย่างเนื้อเทียมที่ผ่านการนึ่ง (ทั้งชิ้น) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และทำการกดตัวอย่าง 2 ครั้ง ทำการวัดค่าอย่างน้อย 10 ซ้ำ

### 3.1.3 ค่าสีในระบบ CIE L\*a\*b\*

ในขั้นตอนนี้นำตัวอย่างเนื้อเทียมมาวัดค่าสีด้วยระบบ CIE L\*a\*b\* โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500d แหล่งกำเนิดแสง D65 ค่าที่รายงานผล ได้แก่ ค่าสี L\* (ค่าความสว่าง มีค่า 0-100), a\* (+ หมายถึงสีแดง, - หมายถึงสีเขียว) และ b\* (+หมายถึงสีเหลือง, - หมายถึงสีน้ำเงิน) โดยการนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม มาตัดเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 5.0 × 5.0 ซม. และวัดสีภายในของผลิตภัณฑ์ จำนวนตัวอย่างละ 5 ซ้ำ (ดัดแปลงจากวิธีของ CIE, 1986)

### 3.1.4 ค่า $a_w$

วิเคราะห์ค่า  $a_w$  ด้วยเครื่องวัดค่า  $a_w$  (AQUA LAB, CX3TE, USA) โดยการนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม มาตัดสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 0.5×0.5 ซม. และวัดค่า  $a_w$  ภายในตัวอย่างจำนวนตัวอย่างละ 5 ซ้ำ ทำการวัดที่อุณหภูมิห้อง (ดัดแปลงจาก Waterhouse et al., 2010)

### 3.2 คุณภาพทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2000)

### 3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale กับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) กลิ่น กลิ่นรส รสหวาน รสเค็ม และความชอบ

โดยรวม การทดสอบความพอดีของคุณลักษณะต่าง ๆ ด้วยวิธี Just About Right (JAR) โดยใช้ผู้บริโภคร่วมเป้าหมาย จำนวน 50 คน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในขั้นตอนนี้วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 12 (Version 12, SPSS Inc., Thailand)

## 2) การศึกษาผลของระดับการทดแทน วิทกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนร่วมกับระดับการเติมสีปีทูล

การพัฒนาสูตรจะออกแบบการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จำนวน 1 ปัจจัย 3 ระดับ โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ ระดับการทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ 25%, 50%, 75% ร่วมกับระดับการเติมสีปีทูลที่ 1%, 2%, 3% ผลิตตามสูตร โดยมีรายละเอียดดังนี้

**สิ่งทดลองที่ 4** เพคติน 1% ทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน 25% ปีทูล 1%

**สิ่งทดลองที่ 5** เพคติน 1% ทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% ปีทูล 2%

**สิ่งทดลองที่ 6** เพคติน 1% ทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน 75% ปีทูล 3%

\*ไม่สามารถทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน 100% เนื่องจากได้เนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างนิ่มไม่สามารถขึ้นรูปเนื้อเทียมได้

## 3) การวัดค่าคุณภาพด้านต่าง ๆ

เมื่อผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมดังสูตรแล้วจึงทำการคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดโดยวัดค่าคุณภาพด้านต่าง ๆ ดังวิธีที่กล่าวไว้ตอนต้นในข้อ 3.1-3.4

#### 4. การศึกษาความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนากับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้บริโภคที่รักสุขภาพ อายุ 18-45 ปี ด้วยวิธีการประเมินในศูนย์ประเมินกลางชุมชน (Central Location Test-CLT) กับผู้ทดสอบจำนวน 250 คน เสนอตัวอย่างพร้อมแบบสอบถามให้ผู้ทดสอบ โดยใช้แบบสอบถามการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งมีทั้งหมด 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์ ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากเมล็ดขนุน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาแจกแจงความถี่ของแต่ละรายการ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางเปรียบเทียบร้อยละ

#### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

##### 1. การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์เนื้อเทียม

###### 1.1 การศึกษาเชิงคุณภาพด้วยวิธีการอภิปรายกลุ่ม (Focus Group Discussion)

จากการศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์เนื้อเทียม ด้วยวิธีการอภิปรายกลุ่ม (Focus Group Discussion) กับผู้อภิปรายกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้บริโภคกลุ่มคนรักสุขภาพอายุ 18-45 ปี จำนวน 2 กลุ่ม ใช้ผู้อภิปรายกลุ่มละ 8-10 คน ในสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ จังหวัดนนทบุรี จากผลการศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์เนื้อเทียม ด้วยวิธีการอภิปรายกลุ่ม (Focus Group Discussion) พบว่า ผู้บริโภคชอบซื้อผลิตภัณฑ์ยี่ห้อหมูจำลอง, Let's Plant Meat, More Meat และ Steak Sizzler โดยมีความถี่ในการรับประทานเดือนละ 2-3 ครั้งในช่วงวันปกติ แต่หากเป็นช่วงเทศกาลกินเจก็รับประทานทุกวัน สาเหตุของการบริโภคเนื้อเทียมเนื่องจากเรื่องสุขภาพ ผู้บริโภคต้องการลดการบริโภคเนื้อจริงเนื่องจากมีไขมันสูงย่อยยากและมองว่า

เนื้อเทียมย่อยง่ายดีต่อสุขภาพ อยากลองผลิตภัณฑ์ใหม่ๆว่ามีเนื้อสัมผัส รสชาติ เปรียบเทียบกับเนื้อจริง ปัจจัยในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม คือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสี เนื้อสัมผัส รสชาติ และกลิ่นเนื้อเหมือนเนื้อจริงมีรสชาติอร่อย ย่อยง่าย รูปลักษณ์เหมือนเนื้อจริง มีราคาที่เหมาะสมหากพูดถึงเนื้อเทียมผู้บริโภคมักคิดว่าทำมาจากวัตถุดิบ ได้แก่ เห็ด ถั่วเหลือง ผักต่าง ๆ กลูเตน แป้งสาลี โปรตีนเกษตร ซึ่งขนุน เป็นต้น สถานที่ที่นิยมซื้อเนื้อเทียม ได้แก่ ห้างซูเปอร์มาร์เก็ต ได้แก่ Top Supermarket, Foodland และ Villa Market อยากให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมในรูปแบบของเนื้อเทียมกิ่งสำเร็จรูปสำหรับนำไปประกอบอาหารต่าง ๆ เช่น ไส้กรอก ลูกชิ้น และสเต็ก เป็นต้น

###### 1.2 การศึกษาเชิงปริมาณโดยการออกแบบสอบถาม

จากการศึกษาเชิงปริมาณ โดยการออกแบบสอบถาม เกี่ยวกับข้อมูลด้านพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 400 คนที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมรูปเบอร์เกอร์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (76.50%) สถานภาพโสด (79.40%) อายุ 21-30 ปี (40.20%) ระดับการศึกษาปริญญาตรี (88.20%) และส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือน 20,001-30,000 บาท (35.30%)

จากผลการวิจัย พบว่า ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายทุกคนเคยรับประทานเนื้อเทียม (100%) ผู้บริโภคส่วนใหญ่เคยรับประทานเนื้อหมูเทียม (46.10%) รองลงมาเป็นนักเก็ตไก่ (24.50%) โดยส่วนใหญ่มีความถี่ในการบริโภคเนื้อเทียมน้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ (89.20%)

ปัจจัยส่วนใหญ่ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญในการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม คือ ความแปลกใหม่ (39.20%) รสชาติดี (33.30%) และหาซื้อได้สะดวก (29.40%) ปริมาณเนื้อเทียมต่อครั้งที่ผู้บริโภคนิยมซื้อคือ ขนาดต่ำกว่า 250 กรัม (69.60%) ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ที่นิยมซื้อเนื้อเทียมแต่ละครั้ง คือ 51-100 บาท (46.10%)

สถานที่ที่นิยมซื้อเนื้อเทียมบริโภคบ่อยที่สุดคือ ร้านสะดวกซื้อ เช่น เซเว่นอีเลฟเว่น แฟมิลีมาร์ท เทสโก้โลตัส เอ็กซ์เพรส (30.40%) ปัญหาที่พบบ่อยที่สุดในการบริโภคเนื้อเทียมคือ รสชาติไม่อร่อย (46.10%) รองลงมาเป็นเนื้อสัมผัสไม่ดี (26.50%) จากการสำรวจข้อมูลแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม พบว่าผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ต้องการให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมกลิ่นรสเนื้อ (33.30%) และราคาที่ทำานคิดว่าเหมาะสมในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมขนาด 250 กรัม คือ 51-100 บาท (58.80%)

1.3 การสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมพบว่า โดยทั่วไปวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมประกอบด้วย ถั่วเหลือง มะพร้าว น้ำมันมะพร้าว หัวบีทรูท ธัญพืช ถั่วลันเตา เห็ดต่าง ๆ และเห็ดแครง เป็นต้น

## 2. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม

จากการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจาก 3 สูตร โดยใช้ผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายจำนวน 50 คน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าคะแนนความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale ต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจำนวน 3 สูตร

N = 50 คน

| คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์      | คะแนนความชอบ (คะแนน)     |                         |                          |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                            | สูตรที่ 1                | สูตรที่ 2               | สูตรที่ 3                |
| ลักษณะปรากฏ                | 6.1 <sup>b</sup> ± 1.20  | 6.3 <sup>a</sup> ± 1.14 | 6.3 <sup>a</sup> ± 1.28  |
| สี                         | 6.6 <sup>b</sup> ± 1.30  | 7.1 <sup>a</sup> ± 1.40 | 7.0 <sup>a</sup> ± 1.14  |
| เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) | 6.5 <sup>c</sup> ± 1.45  | 7.3 <sup>a</sup> ± 1.08 | 6.8 <sup>b</sup> ± 0.88  |
| กลิ่น                      | 6.9 <sup>b</sup> ± 1.14  | 7.2 <sup>a</sup> ± 1.30 | 7.1 <sup>ab</sup> ± 1.40 |
| กลิ่นรส                    | 6.3 <sup>ab</sup> ± 1.36 | 6.4 <sup>a</sup> ± 1.10 | 6.2 <sup>b</sup> ± 0.94  |
| รสหวาน                     | 6.7 <sup>b</sup> ± 1.04  | 6.5 <sup>c</sup> ± 1.28 | 6.9 <sup>a</sup> ± 1.45  |
| รสเค็ม <sup>NS</sup>       | 6.9 ± 1.58               | 6.8 ± 1.40              | 6.8 ± 1.27               |
| ความชอบโดยรวม              | 6.8 <sup>c</sup> ± 1.12  | 7.3 <sup>a</sup> ± 1.20 | 7.1 <sup>b</sup> ± 1.35  |

หมายเหตุ: <sup>a-c</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

<sup>NS</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

จากตารางที่ 2 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจาก 3 สูตร พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.3) รองลงมาเป็นสูตรที่ 3 (7.1) และสูตรที่ 1 (6.8) ตามลำดับ โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) จากการพิจารณาคุณลักษณะอื่น ๆ ยังพบว่าสูตรที่ 2 นั้นยังได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.3) ส่วนด้านสี (7.1) เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) (7.3) และกลิ่น (7.2) และกลิ่นรส (6.4) อยู่ในระดับชอบปานกลางซึ่งเป็นคะแนนที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น ๆ ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ 2 เป็นสูตรพื้นฐานไว้สำหรับการปรับสูตรต่อไป เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่มีคุณลักษณะเหมือนเนื้อจริงมากที่สุด

### 3. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน

การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนโดยแบ่งการ

ทดลองเป็นสองส่วน คือ 1) การศึกษาผลของระดับเพคตินที่เหมาะสม และ 2) การศึกษาผลของระดับการทดแทนวิทกทูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนร่วมกับระดับการเติมสีปีทรูท จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง โดยมีรายละเอียดของผลการทดลองดังนี้

#### 1) การศึกษาผลของระดับเพคตินที่เหมาะสม

การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน โดยศึกษาผลของเพคตินที่ระดับ 0%, 1%, 2% ต่อคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ได้แก่ คุณภาพทางกายภาพ (ค่าสี ( $L^*a^*b^*$ ),  $a_w$ , ค่าเนื้อสัมผัส TPA) คุณภาพทางเคมี (โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) กลิ่น กลิ่นรส รสหวาน รสเค็ม และความชอบโดยรวม) จำนวน 3 สิ่งทดลองดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 เพคติน 0% ปีทรูท 0%

สิ่งทดลองที่ 2 เพคติน 1% ปีทรูท 0%

สิ่งทดลองที่ 3 เพคติน 2% ปีทรูท 0%

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าสี ( $L^*a^*b^*$ ) และค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่แปรระดับการเติมเพคตินในปริมาณที่ต่างกันโดยการเติมเพคตินที่ระดับ 0% (สิ่งทดลองที่ 1), 1% (สิ่งทดลองที่ 2) และ 2% (สิ่งทดลองที่ 3)

| คุณภาพทางกายภาพ | สิ่งทดลองที่ 1     | สิ่งทดลองที่ 2      | สิ่งทดลองที่ 3     |
|-----------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| $L^*$           | 52.93 <sup>b</sup> | 53.27 <sup>ab</sup> | 54.49 <sup>a</sup> |
| $a^{*NS}$       | 4.45               | 4.47                | 4.36               |
| $b^*$           | 22.38 <sup>a</sup> | 21.00 <sup>b</sup>  | 20.86 <sup>c</sup> |
| $a_w^{NS}$      | 0.996              | 0.994               | 0.992              |

หมายเหตุ: <sup>a-c</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

<sup>NS</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

จากตารางที่ 3 สิ่งทดลองที่ 1-3 (ภาพที่ 1) ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มระดับเพคตินส่งผลให้ค่าความสว่างของสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยการเติมเพคติน

ที่ระดับ 2% มีค่าความสว่างของสีมากที่สุด รองลงมาเป็นการเติมเพคตินที่ระดับ 1% และ 0% ตามลำดับ การเติมเพคตินส่งผลทำให้ค่า  $a_w$  ลดลงเล็กน้อยแต่

อย่างไรก็ตามค่า  $a_w$  ที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) อย่างไรก็ตามการเติมเพคตินที่ระดับ 2% ทำให้เนื้อสัมผัสค่อนข้างแห้งขุ่มและนุ่มกว่าการเติมเพคตินที่ระดับ 1% เนื่องจากเพคตินเป็นสารฮิวเมกแทนท์ (Humectant) ที่ใช้เติมในอาหารเพื่อรักษาความชื้น หากเติมในระดับที่สูงเกินไปทำให้เนื้อสัมผัสของ

อาหารนิ่มได้ ดังนั้นจึงเลือกกระดับเพคตินที่ระดับ 1% แล้วทำการศึกษาในสูตรอื่น ๆ แปรระดับการทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ 25%, 50% และ 75% ร่วมกับการเติมแต่งสีโดยใช้ปีทรุทที่ระดับ 1%, 2% และ 3% ต่อไป



ภาพที่ 1 การเติมเพคตินในปริมาณที่ต่างกันโดยการเติมเพคตินที่ระดับ 0% (สิ่งทดลองที่ 1), การเติมเพคตินที่ระดับ 1% (สิ่งทดลองที่ 2) และการเติมเพคตินที่ระดับ 2% (สิ่งทดลองที่ 3)

ตารางที่ 4 ค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis (TPA) ของเนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่แปรระดับการเติมเพคตินในปริมาณที่ต่างกันโดยการเติมเพคตินที่ระดับ 0% (สิ่งทดลองที่ 1), 1% (สิ่งทดลองที่ 2) และ 2% (สิ่งทดลองที่ 3)

| ค่า TPA                    | สิ่งทดลองที่ 1             | สิ่งทดลองที่ 2            | สิ่งทดลองที่ 3             |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Adhesiveness (g.sec)       | -16.13 <sup>b</sup> ± 1.76 | -8.69 <sup>c</sup> ± 1.68 | -30.40 <sup>a</sup> ± 1.90 |
| Chewiness                  | 8.49 <sup>a</sup> ± 1.02   | 6.00 <sup>b</sup> ± 0.93  | 5.16 <sup>b</sup> ± 1.25   |
| Cohesiveness <sup>NS</sup> | 0.75 <sup>a</sup> ± 0.03   | 0.54 <sup>b</sup> ± 0.08  | 0.62 <sup>b</sup> ± 0.05   |
| Fracturability (N)         | -                          | -                         | -                          |
| Hardness (N)               | 18.25 <sup>b</sup> ± 1.69  | 18.72 <sup>b</sup> ± 0.21 | 19.15 <sup>a</sup> ± 2.12  |
| Springiness <sup>NS</sup>  | 0.72 ± 0.05                | 0.78 ± 0.09               | 0.80 ± 0.03                |

หมายเหตุ: <sup>a-c</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

<sup>NS</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

จากตารางที่ 4 พบว่า การเพิ่มเพคตินที่ระดับ 2% ทำให้เนื้อเทียมมีค่าการยึดติดระหว่างอาหารกับวัตถุอื่น (Adhesiveness) สูงสุดแสดงถึงเนื้อสัมผัสของอาหารที่เหนียว การเพิ่มเพคตินส่งผลให้ค่าความต้านทานการเคี้ยว (Chewiness) และค่าความสามารถในการยึดเกาะกันภายในชิ้นอาหาร (Cohesiveness) มีแนวโน้มลดลงโดยค่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งการใช้ เพคตินในระดับที่สูงถึง 2% ทำให้เนื้อเทียมที่ได้ค่อนข้างมีความเหนียวและนิ่มส่วนผสมมีการยึดเกาะกันภายในชิ้นอาหาร (Cohesiveness) น้อยส่งผลให้มีความต้านทานการเคี้ยว (Chewiness) น้อย ดังนั้น สูตรที่เหมาะสมของเบอร์เกอร์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน คือ การเติมเพคติน 1%

**ตารางที่ 5** ร้อยละผลได้ (% Yield) ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่พัฒนาได้

| ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่พัฒนาได้ | ร้อยละผลได้ (% Yield)    |
|--|--------------------------|
| สิ่งทดลองที่ 1                                 | 84.00 <sup>b</sup> ±2.05 |
| สิ่งทดลองที่ 2                                 | 87.00 <sup>a</sup> ±1.78 |
| สิ่งทดลองที่ 3                                 | 88.10 <sup>a</sup> ±1.50 |

หมายเหตุ: <sup>a,b</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 5 ร้อยละผลได้ (% Yield) ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่พัฒนาได้ พบว่า การเพิ่มระดับเพคตินทำให้ ร้อยละผลได้ (% Yield) เพิ่มขึ้นจาก 84.00 (สิ่งทดลองที่ 1 เพคติน 0%) เป็น 88.10 (สิ่งทดลองที่ 3 เพคติน 2%) แต่อย่างไรก็ตามระดับเพคตินที่ 1% และ 2% ให้ค่าร้อยละผลได้ (% Yield) ไม่แตกต่าง ( $P > 0.05$ ) ทั้งนี้น้ำหนักที่หายไปนั้น

เป็นปริมาณน้ำในวัตถุดิบซึ่งมีความชื้น โดยที่น้ำจะระเหยไปส่วนหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูปเมื่อวัตถุดิบผ่านความร้อน

## 2) การศึกษาผลของระดับการทดแทนวิทกลูเตน แป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนร่วมกับระดับการเติมสีปีทรูท

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเมล็ดขนุนที่สำคัญสำหรับนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม พบว่า มีปริมาณความชื้น 9.02% โปรตีน 11.34% ไขมัน 1.40% เถ้า 2.66% สตาร์ช 81.05% และอะไมโลส 26.49% ตามลำดับ (Noor et al., 2014) จากองค์ประกอบดังกล่าวจึงมีความน่าสนใจสามารถนำแป้งเมล็ดขนุนมาใช้สำหรับการทดแทนแป้งสาธิตเพื่อทำเนื้อเทียมได้ จึงได้ทำการศึกษาผลของระดับการทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ 25%, 50%, 75% ร่วมกับระดับการเติมสีปีทรูทที่ 1%, 2%, 3% ร่วมกับระดับการเติมสีปีทรูท จำนวนทั้งหมด 3 สิ่งทดลอง โดยทำการทดลองต่อจากการศึกษาสิ่งทดลองที่ 1-3 ในตอนต้น โดยสิ่งทดลองที่ 4-6 เป็นการศึกษาค่าผลของระดับการทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนร่วมกับระดับการเติมสีปีทรูท มีรายละเอียดดังนี้

**สิ่งทดลองที่ 4** เพคติน 1% ทดแทนวิทกลูเตน แป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 25% ปีทรูท 1%

**สิ่งทดลองที่ 5** เพคติน 1% ทดแทนวิทกลูเตน แป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% ปีทรูท 2%

**สิ่งทดลองที่ 6** เพคติน 1% ทดแทนวิทกลูเตน แป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 75% ปีทรูท 3%

\*ไม่สามารถทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 100% เนื่องจากได้เนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างนิ่มไม่สามารถขึ้นรูปเนื้อเทียมได้

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบค่าสี ( $L^*a^*b^*$ ) และค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่แปรรูปการทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่แตกต่างกันโดยทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 25% ปีทรูท 1% (สิ่งทดลองที่ 4) ทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% ปีทรูท 2% (สิ่งทดลองที่ 5) และทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 75% ปีทรูท 3% (สิ่งทดลองที่ 6)

| คุณภาพทางกายภาพ | สิ่งทดลองที่ 4            | สิ่งทดลองที่ 5            | สิ่งทดลองที่ 6            |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| $L^*$           | 52.10 <sup>c</sup> ± 1.02 | 54.45 <sup>a</sup> ± 1.30 | 53.29 <sup>b</sup> ± 2.06 |
| $a^*$           | 5.79 <sup>c</sup> ± 1.46  | 6.09 <sup>b</sup> ± 1.15  | 6.78 <sup>a</sup> ± 1.30  |
| $b^*$           | 18.31 <sup>a</sup> ± 1.05 | 16.78 <sup>b</sup> ± 1.20 | 16.40 <sup>b</sup> ± 1.30 |
| $a_w^{NS}$      | 0.994 ± 1.20              | 0.994 ± 1.45              | 0.995 ± 1.15              |

หมายเหตุ: <sup>a-c</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>NS</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

จากตารางที่ 6 สิ่งทดลองที่ 4-6 (ภาพที่ 2) ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มระดับปีทรูทส่งผลต่อค่าความสว่างของสี ( $L^*$ ) และค่าความเป็นสีแดงของเนื้อเทียมโดยระดับของปีทรูทที่ 3% ให้ค่า  $a^*$  ความเป็นสีแดงสูงสุด ( $P < 0.05$ ) การศึกษาแปรรูปการทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ 25%, 50% และ 75% ร่วมกับการเติมแต่งสีโดยใช้ปีทรูทที่

ระดับ 1%, 2% และ 3% เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนสูตรที่เติมปีทรูทก่อนและหลังนึ่งสีค่อนข้างเปลี่ยน (ภาพที่ 3) หลังนึ่งสารบีทานิน (Betanin) ซึ่งให้สีแดงและสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งให้สารสีม่วงนั้นสลายตัวด้วยความร้อนทำให้เนื้อเทียมเกิดการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีออกน้ำตาลซึ่งเป็นสีเหมือนกับเบอร์เกอร์เนื้อสุกทั่วไป



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่แปรรูปการทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่แตกต่างกันโดยทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 25% ปีทรูท 1% (สิ่งทดลองที่ 4) ทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% ปีทรูท 2% (สิ่งทดลองที่ 5) และทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 75% ปีทรูท 3% (สิ่งทดลองที่ 6)



ภาพที่ 3 เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน ก่อนและหลังนึ่ง

ตารางที่ 7 ค่าเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis (TPA) ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่แปรรูป การทดแทนวิทกภูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่แตกต่างกันโดยทดแทนวิทกภูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 25% ปีทรูท 1% (สิ่งทดลองที่ 4) ทดแทนวิทกภูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% ปีทรูท 2% (สิ่งทดลองที่ 5) และทดแทนวิทกภูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 75% ปีทรูท 3% (สิ่งทดลองที่ 6)

| ค่า TPA                    | สิ่งทดลองที่ 4             | สิ่งทดลองที่ 5             | สิ่งทดลองที่ 6             |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Adhesiveness (g.sec)       | -32.84 <sup>c</sup> ± 2.20 | -48.20 <sup>b</sup> ± 3.71 | -79.02 <sup>a</sup> ± 3.76 |
| Chewiness <sup>NS</sup>    | 1.40 <sup>c</sup> ± 0.33   | 1.78 <sup>c</sup> ± 0.76   | 1.33 <sup>c</sup> ± 0.31   |
| Cohesiveness <sup>NS</sup> | 0.48 <sup>c</sup> ± 0.04   | 0.55 <sup>bc</sup> ± 0.07  | 0.48 <sup>c</sup> ± 0.06   |
| Fracturability (N)         | -                          | -                          | -                          |
| Hardness (N)               | 16.61 <sup>b</sup> ± 0.61  | 19.90 <sup>a</sup> ± 0.83  | 16.50 <sup>b</sup> ± 0.41  |
| Springiness                | 0.88 <sup>ab</sup> ± 0.09  | 0.92 <sup>a</sup> ± 0.11   | 0.80 <sup>b</sup> ± 0.05   |

หมายเหตุ: <sup>a-c</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>NS</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

จากตารางที่ 7 พบว่า การทดแทนวิทกภูเตน แป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนในระดับมากขึ้นส่งผลให้ค่า การยึดเกาะของอาหาร (Adhesiveness) มีแนวโน้ม เพิ่มขึ้น โดยการทดแทนกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ด ขนุนที่ระดับ 50% มีค่าการยึดเกาะของอาหารสูงสุด การทดแทนกลูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ระดับ 50% ส่งผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) และค่า ความยืดหยุ่น (Springiness) สูงสุดที่ 19.90 N และ 0.92 N ตามลำดับ โดยค่าที่ได้นี้มีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียง

กับค่าเนื้อสัมผัสของเบอร์เกอร์เนื้อจริงซึ่งจากงานวิจัย ของ (Cho et al., 2017) พบว่าเบอร์เกอร์เนื้อจริงมีค่า ความแข็ง (Hardness) เท่ากับ 19.84 N และค่าความ ยืดหยุ่น (Springiness) เท่ากับ 0.88 N ดังนั้น สูตรที่ เหมาะสมของเบอร์เกอร์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน คือ การเติมเพคติน 1% ทดแทนวิทกภูเตนแป้งสาธิต ด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% และใช้ปีทรูท 2% เพื่อเพิ่มสี ให้แก่เบอร์เกอร์เนื้อเทียม

**ตารางที่ 8** การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่แปรรูป การทดแทนวิทกฤดูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่แตกต่างกันโดยทดแทนวิทกฤดูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 25% ปีทรูท 1% (สิ่งทดลองที่ 4) ทดแทนวิทกฤดูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% ปีทรูท 2% (สิ่งทดลองที่ 5) และทดแทนวิทกฤดูเตนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 75% ปีทรูท 3% (สิ่งทดลองที่ 6)

| คุณภาพเคมี<br>(g/100g)    | สิ่งทดลองที่ 4     | สิ่งทดลองที่ 5     | สิ่งทดลองที่ 6     |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Protein                   | 35.94 <sup>a</sup> | 34.85 <sup>b</sup> | 33.75 <sup>c</sup> |
| Fat                       | 3.36 <sup>a</sup>  | 2.81 <sup>b</sup>  | 2.25 <sup>c</sup>  |
| Moisture <sup>NS</sup>    | 44.58              | 44.44              | 44.30              |
| Ash <sup>NS</sup>         | 2.00               | 2.13               | 2.27               |
| Crude Fiber <sup>NS</sup> | 5.34               | 5.32               | 5.30               |
| Carbohydrate              | 10.48 <sup>c</sup> | 12.55 <sup>b</sup> | 14.62 <sup>a</sup> |

หมายเหตุ: <sup>a-c</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

<sup>NS</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน สิ่งทดลองที่ 4-6 (ตารางที่ 8) พบว่า การใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนวิทกฤดูเตนในระดับที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในสูตรลดลง ( $P < 0.05$ ) โดยการใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนวิทกฤดูเตนที่ระดับ 25%, 50% และ 75% ทำให้เนื้อเทียมที่ได้มีระดับโปรตีนที่ 35.94 (g/100g) 34.85 (g/100g) และ 33.75 (g/100g) ส่วนระดับไขมันที่ 3.36 (g/100g) 2.81 (g/100g) และ 2.25 (g/100g) ส่วนสิ่งทดลองที่ 1-3 ซึ่งไม่มีการใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนวิทกฤดูเตนนั้นจะพบว่าเนื้อเทียมที่ได้มีปริมาณไขมันที่ค่อนข้างสูง  $\geq 3.90$  (g/100g) ในการนี้เนื่องจากปริมาณโปรตีนและไขมันในวิทกฤดูเตนค่อนข้างสูงที่ระดับ 28.87% และ 8.84% (Ocheme et al., 2017) ดังนั้นการใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนวิทกฤดูเตนจึงส่งผลต่อปริมาณโปรตีนและไขมันในสูตรค่อนข้างมาก ซึ่งการใช้วิทกฤดูเตนในสูตรเนื้อเทียมเป็นที่นิยมกันทั่วไปเนื่องจากวิทกฤดูเตนทำให้เกิดโครงสร้างเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมที่มีความยืดหยุ่นเกิดขึ้นการลดปริมาณ

การใช้วิทกฤดูเตนจะส่งผลต่อความยืดหยุ่นของเนื้อเทียมแต่อย่างไรก็ตามแป้งเมล็ดขนุนนั้นมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบที่ 70.22% ซึ่งมีอะไมโลสที่ 16.39% และอะไมโลเพคตินที่ 53.83% จึงให้คุณสมบัติการเกิดเจลที่ดีจัดเป็นไฮโดรคอลลอยด์ตัวหนึ่งซึ่งช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสทำให้ส่วนผสมเกิดการรวมตัวกันได้ดีเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นได้ (Lubis et al., 2017) นอกจากนี้การใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนวิทกฤดูเตนที่ระดับ 25% 50% และ 75% ทำให้เนื้อเทียมที่ได้มีปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้นและใยอาหารของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมในสูตร ( $P \geq 0.05$ ) อีกทั้งเมล็ดขนุนนั้นยังพบกรดอะมิโนไลซีน (10.30%) วิตามินและแร่ธาตุค่อนข้างสูง เช่น วิตามินซี 31.98 g/100 g โพแทสเซียม 705.71 mg/100 g แมกนีเซียม 115.85 mg/100 และแคลเซียม 96.75 mg/100 g (Zuwariah et al., 2018) และยังสามารถทำหน้าที่เป็นสารให้ความข้นหนืดและความคงตัวอีกด้วย

**ตารางที่ 9** ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่แปรรูป การทดแทนวิทกกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่แตกต่างกันโดยทดแทนวิทกกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน 25% ปีทรุท 1% (สิ่งทดลองที่ 4) ทดแทนวิทกกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% ปีทรุท 2% (สิ่งทดลองที่ 5) และทดแทนวิทกกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน 75% ปีทรุท 3% (สิ่งทดลองที่ 6)

N = 50 คน

| คุณภาพทางประสาทสัมผัส  | สิ่งทดลองที่ 4           | สิ่งทดลองที่ 5          | สิ่งทดลองที่ 6          |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ลักษณะปรากฏ            | 6.7 <sup>ab</sup> ± 1.09 | 7.1 <sup>a</sup> ± 1.26 | 6.3 <sup>b</sup> ± 1.24 |
| สี                     | 6.5 <sup>ab</sup> ± 1.12 | 6.9 <sup>a</sup> ± 1.69 | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.88 |
| เนื้อสัมผัส (ความแข็ง) | 7.1 <sup>b</sup> ± 1.30  | 7.6 <sup>a</sup> ± 1.24 | 5.8 <sup>c</sup> ± 1.50 |
| กลิ่น                  | 5.9 <sup>b</sup> ± 1.11  | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.60 | 6.0 <sup>b</sup> ± 1.20 |
| กลิ่นรส                | 6.0 <sup>ab</sup> ± 1.01 | 6.5 <sup>a</sup> ± 1.44 | 5.8 <sup>b</sup> ± 1.40 |
| รสหวาน <sup>NS</sup>   | 6.5 ± 0.65               | 6.7 ± 1.09              | 6.8 ± 1.53              |
| รสเค็ม <sup>NS</sup>   | 6.3 ± 0.77               | 6.3 ± 0.65              | 6.1 ± 0.86              |
| ความชอบโดยรวม          | 6.3 <sup>b</sup> ± 0.83  | 7.5 <sup>a</sup> ± 0.61 | 6.1 <sup>b</sup> ± 1.13 |

หมายเหตุ: <sup>a-c</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

<sup>NS</sup> ตัวอักษรที่ระบุในแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 9) พบว่า เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่แปรรูปการทดแทนวิทกกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ระดับ 25%, 50% และ 75% สิ่งทดลองที่ 4-6 นั้นพบว่า สิ่งทดลองที่ 5 ที่ใช้เพคติน 1% และทดแทนวิทกกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% ปีทรุท 2% นั้นได้รับคะแนนความชอบของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) กลิ่น กลิ่นรส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยมีคะแนนความชอบด้านสี (6.9) กลิ่น (6.7) กลิ่นรส (6.5) รสหวาน (6.7) รสเค็ม (6.3) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยส่วนด้านลักษณะปรากฏ (7.1) เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) (7.6) และความชอบโดยรวม (7.5) อยู่ในระดับชอบปานกลางสำหรับสิ่งทดลองที่ 6 ที่ใช้เพคติน 1% และทดแทนวิทกกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน 75% คะแนนความชอบของผู้บริโภคด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากการใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนกลูเตนแป้งสาลี

ที่มากขึ้นถึง 75% เนื้อเทียมที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างนุ่ม และมีความยืดหยุ่นน้อยทำให้ได้รับคะแนนความชอบจากผู้บริโภคน้อยลง

#### 4. การศึกษาความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุน

การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาจากผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้บริโภคที่รักสุขภาพอายุ 18-45 ปี ด้วยวิธีการประเมินในศูนย์ประเมินกลางชุมชน (Central Location Test-CLT) กับผู้ทดสอบจำนวน 250 คน เสนอตัวอย่างพร้อมแบบสอบถามให้ผู้ทดสอบโดยใช้แบบสอบถามการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งมีทั้งหมด 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์ ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากเมล็ดขนุนจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาแจกแจงนับความถี่ของแต่ละรายการและนำเสนอข้อมูลในรูปตารางเปรียบเทียบร้อยละผลการทดลอง

จากข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (60%) ระดับการศึกษาปริญญาตรี (84%) และมีรายได้พบว่า ผู้บริโภคเป็นเพศหญิง (56%) มีสถานภาพต่อเดือนที่ 10,001-20,000 บาท (50%) โสดเป็นส่วนใหญ่ (84%) ส่วนใหญ่มีอายุ 21-30 ปี

**ตารางที่ 10** การทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่ผ่านการคัดเลือก

N = 250 คน

| คุณภาพทางประสาทสัมผัส      | สิ่งทดลองที่ 5 (เพคติน 1% ทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาลี ด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% บีทรูท 2%) |
|----------------------------|---|
| ลักษณะปรากฏ                | 7.3 ± 0.94  |
| สี                         | 7.0 ± 1.16  |
| เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) | 7.1 ± 0.94  |
| กลิ่น                      | 6.4 ± 1.12  |
| กลิ่นรส                    | 6.8 ± 1.25  |
| รสหวาน                     | 6.5 ± 1.22  |
| รสเค็ม                     | 6.9 ± 1.10  |
| ความชอบโดยรวม              | 7.3 ± 1.14  |

จากตารางที่ 10 พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนสิ่งทดลองที่ 5 (เพคติน 1% ทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% บีทรูท 2%) นั้นได้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสี (7.0) กลิ่น (6.4) กลิ่นรส (6.8) รสหวาน (6.5) และรสเค็ม (6.9) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ส่วนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (7.3) เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) (7.1) และความชอบโดยรวม (7.3) นั้นได้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับชอบปานกลาง

**ตารางที่ 11** แสดงร้อยละการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่ผ่านการคัดเลือก

N = 250 คน

| การยอมรับ     | สิ่งทดลองที่ 5 (เพคติน 1% ทดแทนวิทกลูเตนแป้งสาลี ด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% บีทรูท 2%) |
|---------------|---|
| ยอมรับ (%)    | 92  |
| ไม่แน่ใจ (%)  | 6   |
| ไม่ยอมรับ (%) | 2   |

จากตารางที่ 11 พบว่า ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมจากแป้งเมล็ดขนุนที่ระดับ 92% ไม่แน่ใจ 6% และไม่ยอมรับ 2% ซึ่งที่ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายตอบไม่แน่ใจและไม่ยอมรับเนื่องจากต้องการข้อมูลทราบทางโภชนาการและราคาเพิ่มเติม ซึ่งหากดีต่อสุขภาพและมีราคาที่ย่อมเยาก็พร้อมที่จะยอมรับและซื้อผลิตภัณฑ์นี้

### สรุปผล

การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมโดยศึกษาผลของระดับการทดแทนวิทกทูเทนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ 25%, 50%, 75% ใช้เพศดินที่ระดับ 0%, 1%, 2% ร่วมกับผลของระดับของสีปีทรุทที่ 1%, 2%, 3% พบว่า สิ่งทดลองที่ดีที่สุดคือ การทดแทนวิทกทูเทนแป้งสาธิตด้วยแป้งเมล็ดขนุน 50% ใช้เพศดิน 1% และปีทรุท 2% โดยมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ โปรตีน 34.85% ไขมัน 2.81% ความชื้น 44.44% เถ้า 2.13% เส้นใยหยาบ 5.32% และคาร์โบไฮเดรต 12.55% มีค่าสี ( $L^*54.45$ ,  $a^*6.09$ ,  $b^*16.78$ ) และเนื้อสัมผัส ความแข็ง และความยืดหยุ่นสูงสุดที่ 19.90 N และ 0.92 N มีคะแนนความชอบ

ทางประสาทสัมผัสด้านสี (6.95) กลิ่น (6.36) กลิ่นรส (6.78) รสหวาน (6.48) และรสเค็ม (6.86) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ส่วนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (7.32) เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) (7.12) และความชอบโดยรวม (7.28) นั้นได้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับชอบปานกลาง ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย 250 คนให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาที่ระดับ 92% ไม่แน่ใจ 6% และไม่ยอมรับ 2%

### กิตติกรรมประกาศ

ที่มิวิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ จนงานวิจัยนี้สำเร็จไปได้อย่างสมบูรณ์ และขอขอบคุณทุนวิจัยภายในของสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ที่สนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัยครั้งนี้ งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ หมายเลขใบรับรอง PIM-REC 004/2564

### References

- AOAC. (2000). *Official method of analysis of AOAC international* (17th ed.). The Association of Official Analytical Chemists.
- CIE. (1986). *Colorimetry* (2nd ed.). CIE publication 15.2, Commission Internationale de l'Eclairage.
- Cho, H. W., Jung, Y. M., Auh, J. H., & Lee, D. U. (2017). Effects of jet-milled defatted soy flour on the physicochemical and sensorial properties of hamburger patties. *Korean Journal for Food Scienc of Animal Resources*, 37(6), 840-846.
- Cochran, W. G. (1953). *Sampling techniques*. John Wiley & Sons.
- Das, A. K., Anjaneyulu, A. S. R., Gadekar, Y. P., Singh, R. P., & Pragati, H. (2008). Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. *Meat Science*, 80(3), 607-614.
- Herzberg, F. (1959). *The motivation to work*. Wiley.
- Kitcharoenthawornchai, N. (2015). *Product development of frozen meat analogue* [Master's thesis]. Kasetsart University. [in Thai]

- Lubis, M., Harahap, M. B., Manullang, A., Alfarodo, A., Ginting, M. H. S., & Sartika, M. (2017). Utilization starch of jackfruit seed (*Artocarpus heterophyllus*) as raw material for bioplastics manufacturing using sorbitol as plasticizer and chitosan as filler. *Journal of Physics: Conference Series*, 801(1), 3-7.
- Noor, F., Rahman, J., Mahomud, S., Akter, S., Talukder, A. I., & Ahmed, M. (2014). Physicochemical properties of flour and extraction of starch from jackfruit seed. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(4), 012014.
- Nutrition Division Department of Health. (2001). *Table of Thai food value in 100 grams*. [http://www.nutrition.anamai.moph.go.th/images/file/nutritive\\_values\\_of\\_thai\\_foods.pdf](http://www.nutrition.anamai.moph.go.th/images/file/nutritive_values_of_thai_foods.pdf)
- Ocheme, O. B., Adedeji, O. E., Chinma, C. E., Yakubu, C. M., & Ajibo, U. H. (2017). Proximate composition, functional, and pasting properties of wheat and groundnut protein concentrate flour blends. *Food science & Nutrition*, 6(5), 1173-1178.
- Oluba, P. K. (2005). Production of meat analogue from non-meat product. *Journal of Food Science*, 10(4), 311-313.
- Patil, P. D., & Mote, G. (2015). Natural color extraction from amaranth and beetroot: A review. A. K. Sahoo Biology. *Indian Journal of Applied Research*, 5(5), 18-20.
- Ramadhan, K., Huda, N., & Ahmad, R. (2011). Physicochemical characteristics and sensory properties of selected Malaysian commercial chicken burgers. *International Food Research Journal*, 18(4), 1349-1357.
- The Standard. (2020). *The UN report expects world population to reach 9.7 billion by 2050, India set to overtake China as the most populous in the world*. <https://thestandard.co/the-world-population-prospects-2019/> [in Thai]
- USFDA. (2020). *Interactive nutrition facts label*. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/interactivenutritionfactslabel/>
- Waterhouse, D. A. Teoh, C., Massarotto, Wibsiono, R., & Wadhwa, S. (2010). Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. *Food Chemistry*, 119(4), 1369-1379.
- Zuwariah, I., Fadilah, M. B., Hadijah, H., & Rodhiah, R. (2018). Comparison of amino acid and chemical composition of jackfruit seed flour treatment. *Food Research*, 2(6), 539-545.