บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ศึกษาสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองและกลูเต็นผง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 6 ชนิด และกลูเต็นผง ดังตารางที่ 1 แสดงว่ามีความชื้นอยู่ในช่วง 4.1-9.7 % ส่วนองค์ประกอบอื่น เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง มีโปรตีนอยู่ในช่วง 41.7-91.5 % ไขมันอยู่ในช่วง 0.5-22.1 % เส้นใยอยู่ในช่วง 0.2-2.6 % เถ้าอยู่ในช่วง 3.6-7.7 % และคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 4.0-38.7 % ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันมากโดยเฉพาะโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลกับการผลิตและคุณภาพไส้กรอกเลียนแบบด้วย สำหรับการผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบควรเลือกผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่มีโปรตีนสูง สามารถเกิดเจลที่ยืดหยุ่นและให้ความรู้สึกระหว่างเคี้ยวได้ ไขมันอาจมีหรือไม่ก็ได้ หากมีก็เป็นข้อดีเพราะช่วยลดปริมาณไขมันที่ต้องเติมในสูตรหรืออาจไม่ต้องเติมเลย ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง และเนื่องจากไขมันในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจึงไม่ก่อให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคเส้นเลือดอุดตันเมื่อบริโภคจึงให้ผลดีในแง่สุขภาพด้วย (8) ส่วนคาร์โบไฮเดรตไม่ควรมีในปริมาณสูงเพราะเมื่อคาร์โบไฮเดรตเกิด gelatinization จะทำให้เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ข้นหนืด และขัดขวางการเกิดเจลของโปรตีน ด้วยเหตุนี้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดจึงน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่เหมาะสมที่สุดเพราะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงถึง 91.5 % ในขณะที่คาร์โบไฮเดรตต่ำสุดเพียง 4.0 % เท่านั้น ส่วนผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองชนิดอื่น แม้ว่ามีโปรตีนสูง แต่คาร์โบไฮเดรตก็มีปริมาณสูงด้วยเช่นกัน สำหรับไส้กรอกรมควันเลียนแบบ เนื้อสัมผัสไม่ต้องเกิดเจลที่ยืดหยุ่นเช่นเดียวกับไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ แต่มีลักษณะเป็นชิ้นเนื้อ ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ใช้จึงต้องเลือกโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสเท่านั้น ซึ่งแต่ละชนิดที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีองค์ประกอบของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 41.7-55.7 % และ 33.66-38.7 % ตามลำดับ คุณภาพของผลิตภัณฑ์จึงน่าจะขึ้นกับลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส ขนาดชิ้น รวมทั้งสีและกลิ่นของโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสมากกว่าองค์ประกอบทาง

เคมี

5.2 ศึกษาอัตราการดูดน้ำคืนของตัวอย่างโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส

การให้ TSP ดูดน้ำคืนเป็นการเตรียม TSP ให้พร้อมสำหรับนำไปประกอบอาหาร ในทางการค้าโดยทั่วไปแนะนำให้แช่ TSP 1 ส่วน ในน้ำ 3 ส่วน ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที TSP จะพองตัวและอยู่ในรูปที่พร้อมใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ได้ จากการวิเคราะห์อัตราการดูดน้ำคืนของ TSP 3 ชนิด ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าโปรตีนเกษตร @ ดูดน้ำคืนได้มากที่สุดคือ 1.7 เท่า รองลงมาเป็น Mincer @ และ Soyex @ ดูดน้ำคืนได้ 1.1 และ 0.9 เท่า ตามลำดับ การที่ TSP แต่ละชนิดดูดน้ำคืนได้ในอัตราที่แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะลักษณะเนื้อสัมผัส ขนาดชิ้น ความชื้นตั้งต้น และวัตถุดิบที่ใช้ผลิต TSP แต่ละชนิดแตกต่างกัน แม้ว่าโปรตีนเกษตร @ และ Mincer @ ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันเช่นเดียวกัน แต่โปรตีนเกษตร @ มีลักษณะเป็นชิ้นเนื้อขนาดใหญ่ประมาณ 1*1*0.5 cm^3 โครงสร้างหรือเนื้อสัมผัสเป็นรูพรุนมาก และความชื้นตั้งต้นต่ำกว่า ทำให้ดูดน้ำคืนได้มากกว่า Mincer @ ซึ่งมีขนาดชิ้นเล็กคล้ายเนื้อบดหยาบ ส่วน Soyex @ แม้จะมีขนาดชิ้นใกล้เคียงกับ Mincer @ และความชื้นตั้งต้นต่ำกว่าเล็กน้อย แต่อัตราการดูดน้ำคืนต่ำกว่าทั้งนี้อาจเป็นเพราะ Soyex @ มีเนื้อสัมผัสแน่นมาก อีกทั้งใช้แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มเป็นวัตถุดิบในการผลิต องค์ประกอบที่ดูดกลืนน้ำได้ดีเช่นโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต มีปริมาณเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วต่ำกว่า TSP ที่ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (ดังแสดงในตารางที่ 1) จึงทำให้อัตราการดูดน้ำคืนของ Soyex @ ต่ำที่สุด

5.3 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ

ลักษณะไส้กรอก frankfurter เป็นไส้กรอกชนิดเนื้อละเอียด (batter-type) ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันอยู่ในสภาพคล้าย emulsion ชนิดน้ำมันในน้ำ โดยโปรตีนเนื้อสัตว์ที่ละลายได้ในเกลือทำหน้าที่เป็นสาร emulsifier ระหว่างน้ำและไขมัน เมื่อได้รับความร้อนขณะรมควันและต้มหลังการรมควันทำให้โปรตีนเกิดการแปลงสภาพเป็นเจลที่อุ้มน้ำและไขมันไว้ได้ มีความยืดหยุ่น ให้ความรู้สึกระหว่างเคี้ยวได้ดี

การศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตไส้กรอก frankfurterเลียนแบบ ในช่วงการศึกษาเบื้องต้น ขั้นแรกคัดเลือกผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองเพื่อใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ โดยศึกษาเปรียบเทียบเฉพาะแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน และ ISP ไม่รวม SPC และ TSP เพราะ SPC ไม่มีการนำเข้าในประเทศไทย ส่วน TSP อยู่ในรูปชิ้นเนื้อ หากนำมาผลิต

ต้องเพิ่มขั้นตอนการลดขนาดซึ่งต้องใช้เครื่องตัดที่มีประสิทธิภาพและใช้เวลานาน ทำให้สิ้นเปลืองทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายโดยไม่มีความจำเป็น นำวัตถุดิบมาดูดน้ำเกลือเข้มข้น 3 % คืนในอัตรา 1.5, 1.8 และ 2.8 เท่า ตามลำดับ (ในสูตรสำหรับการผลิตใช้น้ำเกลือเข้มข้นประมาณ 3.4 %) นวดในเครื่องผสม Kenwood ที่อัตราเร็วการนวด 435 รอบ/นาที 20 นาที จากนั้นอัดในไส้ cellulose ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 มิลลิเมตร ต้มที่ 95 °C 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น ประเมินผลจากความสามารถในการเกิดเจลโดยลอกไส้บรรจุผลิตภัณฑ์ออกแล้วใช้นิ้วกดทดสอบความยืดหยุ่นของเจลและใช้มีดตัดเป็นชิ้นบางขนาด 5 มิลลิเมตร พบว่าเฉพาะตัวอย่างที่ผลิตจาก ISP เท่านั้นที่มีความยืดหยุ่นและตัดเป็นชิ้นบางได้ ส่วนผลิตภัณฑ์จากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มและแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันมีลักษณะเป็น paste ที่ข้นหนืด กลิ่นถั่วแรง ไม่เกิดเจลที่ยืดหยุ่นเช่นเดียวกับเจลของ ISP ทั้งนี้อาจเป็นเพราะทั้งแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม และแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันไม่ได้มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีนเพียงอย่างเดียวเช่นเดียวกับ ISP แต่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงถึง 24.0-31.1 % ด้วย ขณะที่ ISP มีเพียง 4 % (ตารางที่ 1) เมื่อผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองทั้งสองชนิดดูดน้ำคืนและได้รับความร้อน นอกจากเกิดการแปลงสภาพของโปรตีนแล้ว ยังเกิดปฏิกิริยา gelatinization ของคาร์โบไฮเดรตด้วย ทำให้ส่วนผสมข้นหนืดมากขึ้น ในขณะเดียวกันโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตเหล่านี้ก็อาจไปขัดขวางการรวมตัวกันของโมเลกุลโปรตีน เป็นผลทำให้โปรตีนไม่สามารถเกิดเจลหรือเกิดได้น้อย ผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบทั้งสองจึงมีลักษณะเป็น paste มากกว่าเป็นเจลที่ยืดหยุ่น ด้วยเหตุนี้จึงเลือก ISP เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนเนื้อสัตว์สำหรับผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบต่อไป

กระบวนการผลิตไส้กรอก frankfurter จากเนื้อสัตว์ เริ่มจากการ cure ชิ้นเนื้อด้วยเกลือและ nitrite ที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 12-24 ชั่วโมง เพื่อสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือออกมาทำหน้าที่เป็นสาร emulsifier บดเนื้อและไขมันให้เล็กลง นำเนื้อที่บดแล้วมาสับในเครื่อง chopper หรือ silent cutter เติมน้ำแข็ง เครื่องปรุงต่าง ๆ รวมทั้งไขมัน สับจนได้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต้องการ จากนั้นอัดไส้ รมควันที่ 80 °C 60 นาที ต้มที่ 80 °C 30 นาที ปัจจัยสำคัญในการผลิตไส้กรอกจากเนื้อสัตว์คืออุณหภูมิ ระหว่างการผลิตต้องควบคุมอุณหภูมิวัตถุดิบและ batter ไม่ให้สูงเกิน 16 °C ที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ผลิตไส้กรอก frankfurter ไม่ได้เพราะ myofibrillar proteins บางส่วนเสียสภาพธรรมชาติไป ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นสาร emulsifier เพื่อรักษาระบบ emulsion

ไว้ได้ (19)

เนื่องจาก ISP มีลักษณะเป็นผง ขนาดอนุภาค 100 mesh ความชื้นไม่เกิน 10 % การใช้ ISP เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ ทำให้กระบวนการผลิตต่างจากเมื่อใช้เนื้อสัตว์ สำหรับสูตรต้นแบบและกระบวนการผลิต ดัดแปลงจากวิธีของ Frank และ Circle (43) กระบวนการผลิตเริ่มจากการสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือมาทำหน้าที่เป็นสาร emulsifier ซึ่งทำโดยให้ ISP ดูดน้ำเกลือคืนแล้วนวดที่อัตราเร็วการนวด 435 รอบ/นาที เกลือทำหน้าที่สกัดโปรตีนและช่วยเพิ่มรสชาติ การนวดทำให้สกัดโปรตีนได้มากขึ้น โปรตีนที่สกัดได้ทำให้ส่วนผสมเหนียวและยึดติดเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี (73) จากการทดลองส่วนผสมเริ่มเหนียวและเกาะติดเป็นก้อนได้มากขึ้นเมื่อนวดนาน 13-15 นาที เพื่อให้การสกัดโปรตีนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงใช้เวลาในการนวดนาน 20 นาที จากนั้นเติมไขมันแล้วนวดต่อที่อัตราเร็วเดิม นาน 10 นาที การเติมเครื่องปรุงเช่น เครื่องเทศ ทำโดยผสมกับ ISP ก่อนให้โปรตีนดูดน้ำคืน ส่วนสารปรุงแต่งรสเช่นเกลือ น้ำตาล HVP เติมโดยละลายที่อุณหภูมิห้องในน้ำที่ ISP ดูดคืน เพื่อให้ส่วนผสมต่าง ๆ กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วถึงกัน การผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ จึงมีข้อดีกว่าการผลิตไส้กรอกจากเนื้อสัตว์หลายประการอาทิ ไม่สิ้นเปลืองอุปกรณ์และเวลาในการ cure ชิ้นเนื้อ อุปกรณ์การผลิตไม่ยุ่งยากใช้เฉพาะเครื่องนวดและเครื่องอัดไส้ ผลิตได้ที่อุณหภูมิห้อง ขณะที่ไส้กรอกจากเนื้อสัตว์ต้องลดอุณหภูมิและรักษาระดับอุณหภูมิให้ต่ำกว่าอุณหภูมิห้องจึงสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า นอกจากนั้นวัตถุดิบยังเก็บได้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน ผลิตภัณฑ์ปราศจาก nitrite การบริโภคจึงไม่ก่อให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง

5.3.1 <u>ศึกษาอัตราส่วนระหว่าง ISP:กลูเต็น</u>

การศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตไส้กรอก frankfurterเลียนแบบ ดัดแปลงจากงานของ Tewey และ Shanbhag (44) ซึ่งรายงานว่า การผลิตไส้กรอกเลียนแบบให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนผสมอย่างน้อยต้องประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนโปรตีนที่ให้ความรู้สึกระหว่างเคี้ยว ส่วนที่เกิดเจลอุ้มน้ำและไขมัน และสุดท้ายคือส่วนไขมันที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง การออกแบบการทดลองนี้จึงศึกษาปริมาณโปรตีน ปริมาณเกลือที่เหมาะสมสำหรับการสกัดโปรตีน ปริมาณน้ำซึ่งมีผลกับการเกิดเจล และปริมาณไขมัน และนอกจากนั้นแม้ว่า ISP ใช้ทดแทนเนื้อสัตว์สำหรับผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบได้ แต่คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ต่ำเพราะ ISP มีกรดอะมิโนจำเป็น

methionine เพียงประมาณครึ่งหนึ่งของโปรตีนมาตรฐาน (43) และขาดโปรตีนส่วนที่ให้ความรู้สึกระหว่างเคี้ยว เพื่อปรับปรุงคุณภาพในส่วนนี้จึงทดลองใช้กลูเต็นผงผสมกับ ISP ทดแทนเนื้อสัตว์สำหรับผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ กลูเต็นเป็นโปรตีนจากข้าวสาลี ซึ่งมีกรดอะมิโนจำเป็น lysine ต่ำแต่ methionine สูง หากใช้ร่วมกับ ISP จะช่วยเสริมคุณค่าทางโภชนาการซึ่งกันและกันได้ (8) อีกทั้งยังให้ความรู้สึกระหว่างเคี้ยวได้ดี เพราะโปรตีนส่วนใหญ่ในกลูเต็นประกอบด้วย gliadin และ glutinin เมื่อให้ดูดน้ำคืนแล้วนวด โปรตีนทั้งสองชนิดจะรวมตัวกันเป็นกลูเต็นซึ่งมีความเหนียว เกาะติดเป็นก้อนได้ดี (74) การทดลองได้ศึกษาอัตราส่วนระหว่าง ISP : กลูเต็น โดยแปรเป็น 100:0, 95:5, 90:10, 85:15 และ 80:20 ประเมินผลด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก วัดค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4 ปรากฏว่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แสดงว่า ISP และกลูเต็นมีความสามารถในการอุ้มโมเลกุลน้ำ (water holding capacity) ใกล้เคียงกัน การแปรปริมาณจึงไม่มีผลกับอัตราการเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ ค่าแรงตัดขาดไส้กรอกเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของกลูเต็นเพิ่มขึ้น โดยไส้กรอกสูตรที่ใช้ ISP : กลูเต็น ในอัตราส่วน 90:10, 85:15 และ 80:20 มีค่าแรงตัดขาดสูงกว่าสูตร 100:0 และ 95:5 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะกลูเต็นมีความเหนียว เมื่อใช้ปริมาณมากทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เหนียวมากขึ้น จึงใช้แรงในการตัดไส้กรอกสูงขึ้น

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าแม้ไส้กรอกเลียนแบบที่ได้ทั้ง 5 สูตร มีสีต่างกัน โดยสูตรที่ใช้อัตราส่วนระหว่าง ISP : กลูเต็นเป็น 100:0 มีสีน้ำตาลอ่อนที่สุด และเข้มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของกลูเต็นเพิ่มขึ้น แต่คะแนนความชอบด้านสีของไส้กรอกที่ผลิตจาก ISP : กลูเต็น ในอัตราส่วน 100:0, 95:5 และ 90:10 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสีของไส้กรอกแต่ละสูตรแม้จะต่างกันอยู่บ้าง แต่ก็ยังใกล้เคียงกับสีของไส้กรอกเนื้อสัตว์ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดซึ่งแต่ละผู้ผลิตหรือแต่ละตราก็มีความแตกต่างกัน ส่วนไส้กรอกที่ผลิตจาก ISP:กลูเต็น ในอัตราส่วน 85:15 และ 80:20 มีคะแนนความชอบด้านสีด้อยกว่า 3 สูตรแรกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เพราะมีสีน้ำตาลเข้มมากเกินไป ไม่ใกล้เคียงกับสีของไส้กรอก frankfurter จากเนื้อสัตว์ เหตุที่ไส้กรอกทั้ง 5 สูตรมีสีแตกต่างกัน ทั้ง ๆ ที่เวลาในการให้ความร้อนด้วยการรมควันและต้มรวมทั้งปริมาณชานอ้อยที่

ใช้ในการรมควันเท่ากัน อาจเนื่องจากสาเหตุหลายประการอาทิ ผลจากสีของกลูเต็นซึ่งเมื่อดูดน้ำคืนแล้วมีสีน้ำตาลอ่อน การใช้กลูเต็นปริมาณมากกว่าจึงทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มกว่า อีกสาเหตุอาจเป็นผลจากสีน้ำตาลของ HVP สูตรที่มีอัตราส่วนของกลูเต็นมาก ปริมาณน้ำที่โปรตีนดูดคืนน้อยกว่าเพราะกลูเต็นดูดน้ำคืนได้น้อยกว่า ISP เมื่อละลาย HVP ปริมาณเท่ากันลงในน้ำที่มีปริมาตรมากน้อยต่างกัน ทำให้มีสีน้ำตาลเข้มมากน้อยแตกต่างกันไป สีของผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำน้อยกว่าจึงเข้มกว่าพวกที่ใช้น้ำมากกว่า

ทางด้านกลิ่น การผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ ในงานวิจัยนี้ใช้สารแต่งกลิ่นชนิดเดียวคือ HVP (SSF/K 331 type pork) กลิ่นรสหมู เมื่อแปรอัตราส่วนระหว่าง ISP : กลูเต็น แล้ว ทำให้ปริมาณของ HVP ที่ใช้ในแต่ละสูตรเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียกของโปรตีนแตกต่างกัน คือ 5.26, 5.38, 5.49, 5.62 และ 5.75 % สำหรับ ISP : กลูเต็น 100:0, 95:5, 90:10, 85:15 และ 80:20 ตามลำดับ แต่ไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ ทั้ง 5 สูตร มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ HVP ที่ใช้มีปริมาณมากเกินพอ แม้ในสูตรที่มี HVP ต่ำสุดคือ 5.26 % โดยน้ำหนักเปียกของโปรตีน ก็ยังสูงกว่าปริมาณที่ Frank และ Circle (43) ใช้ในการผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ จาก ISP ซึ่งใช้ HVP เพียง 2.10 % โดยน้ำหนักเปียกของโปรตีนเท่านั้น และอีกประการหนึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักเปียก ความแตกต่างเพียงเศษส่วนของ 1 % ถือเป็นความแตกต่างที่น้อยมากอีกด้วย

ทางด้านความยืดหยุ่นและความรู้สึกระหว่างเคี้ยว คะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นและความรู้สึกระหว่างเคี้ยวของไส้กรอกทั้ง 5 สูตร ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แม้ว่าความเหนียวของไส้กรอกเมื่อดูจากค่าแรงตัดขาดแล้วแตกต่างกันก็ตาม โดยไส้กรอกจากสูตรที่ใช้อัตราส่วนของ ISP : กลูเต็น เป็น 100:0 มีค่าแรงตัดขาดต่ำสุด และเพิ่มสูงขึ้นในไส้กรอกที่มีอัตราส่วนของกลูเต็นมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกแต่ละสูตรมีความยืดหยุ่นและเหนียวอยู่ในช่วงที่ผู้ทดสอบยอมรับได้อยู่แล้ว ไม่นิ่มเละหรือเหนียวจนเกินไปและแม้ตัวอย่างที่มีกลูเต็นสูงกว่า จะมีค่าแรงตัดขาดสูงกว่า แต่ความแตกต่างดังกล่าวก็ไม่มากพอที่จะทำให้ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ตรวจพบได้

ทางด้านรสชาติ คะแนนความชอบด้านรสชาติไส้กรอกทั้ง 5 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เพราะในการผลิตใช้เกลือกับ HVP ในปริมาณใกล้เคียงกันและอัตราการเสียน้ำหลังทำให้สุกไม่แตกต่างกัน และจากผลการทดสอบคุณภาพ

แต่ละลักษณะซึ่งส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน ทำให้คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร ไม่ต่างกัน

จากผลการทดลองหากดูจากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสามารถใช้ ISP 100 % เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Frank และ Circle (43) หรือใช้ ISP ผสมกับกลูเต็นในอัตราส่วน 95:5 และ 90:10 ก็ได้ แต่การผลิตไส้กรอก franfurter เลียนแบบ จาก ISP ล้วน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการไม่ดีเท่าที่ควร จึงเลือกสูตรที่ใช้ ISP : กลูเต็น ในอัตราส่วน 90:10 เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบต่อไป ซึ่งนอกจากคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นแล้ว ยังมีเนื้อสัมผัสดีกว่าด้วย สำหรับกระบวนการผลิต การใช้ ISP ผสมกับกลูเต็นในอัตราส่วน 90:10 ก็สะดวกกว่าเพราะส่วนผสมรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันและจับกันดี ง่ายต่อการอัดไส้ การใช้ ISP 100 % หรือ ISP : กลูเต็น ในอัตราส่วน 95:5 ส่วนผสมค่อนข้างเละ การอัดไส้ทำได้ยาก ส่วนการใช้ ISP : กลูเต็น ในอัตราส่วน 85:15 และ 80:20 นอกจากทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มเกินไปแล้ว กระบวนการผลิตก็ยากกว่าด้วยเพราะเมื่อมีกลูเต็นสูง ส่วนผสมจับกันเป็นก้อนเหนียวมาก การนวดเพื่อสกัดโปรตีนที่ละลายในเกลือของ ISP ทำได้ยากและการอัดไส้ก็ยากกว่าด้วย

5.3.2 ศึกษาอัตราการดูดน้ำคืนของ ISP

ลักษณะสำคัญประการหนึ่งของไส้กรอก frankfurter คือเนื้อสัมผัสหรือเจลของไส้กรอกซึ่งต้องมีความยืดหยุ่นพอเหมาะ ไม่นิ่มหรือแข็งกระด้างจนเกินไป สำหรับการผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ ใช้โปรตีน 2 ชนิด ร่วมกัน ชนิดแรกคือ ISP เป็นโปรตีนที่เกิดเจลได้ดี ดูดกลืนน้ำได้มาก (8) ชนิดที่สองคือกลูเต็น เป็นโปรตีนที่ไม่เกิดเจล แต่ให้ความรู้สึกระหว่างเคี้ยวแก่ผลิตภัณฑ์เพราะมีความเหนียว และช่วยในการยึดเกาะของส่วนผสมอื่นในผลิตภัณฑ์ (74) จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าเมื่อให้กลูเต็นดูดน้ำคืนพร้อมกับนวดแล้ว กลูเต็นดูดน้ำคืนได้ประมาณ 1.2 เท่า จากนั้นจะรวมกันเป็นก้อนเหนียวที่ไม่ดูดกลืนน้ำอีก ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสหรือความยืดหยุ่นของเจลที่สำคัญประการหนึ่งคือปริมาณน้ำที่ให้ ISP ดูดคืน หรือความเข้มข้นของโปรตีนนั่นเอง การทดลองขั้นต่อไปจึงศึกษาอัตราการดูดน้ำคืนของ ISP โดยแปรปริมาณการดูดน้ำคืนเป็น 2.6, 2.8, 3.0 และ 3.2 เท่า ประเมินผลด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก วัดค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัส

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6 ปรากฏว่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าแม้ ISP จะดูดกลืนน้ำถึง 3.2 เท่า โปรตีนก็ยังสามารถอุ้มโมเลกุลของน้ำไว้ได้หมด จึงไม่มีผลกับอัตราการเสียน้ำของผลิตภัณฑ์แม้ปริมาณน้ำที่ดูดกลืนตั้งต้นจะต่างกัน ค่าแรงตัดขาดลดลงเมื่ออัตราการดูดน้ำคืนของ ISP สูงขึ้น โดยไส้กรอกจากสูตรที่ ISP ดูดน้ำคืน 2.6 และ 2.8 เท่า มีค่าแรงตัดขาดสูงกว่าไส้กรอกจากสูตรที่ ISP ดูดน้ำคืน 3.0 และ 3.2 เท่า อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะเมื่ออัตราการดูดน้ำคืนของ ISP ต่ำ ความเข้มข้นของโปรตีนสูง เจลจึงแข็งแรงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Catsimpoolas และ Meyer (31) ที่กล่าวว่าความแข็งแรงของเจลขึ้นกับความเข้มข้นของโปรตีนและหากโปรตีนเข้มข้นมากกว่า 16 % จะให้เจลที่คงรูปและยืดหยุ่นดี

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าแม้สีของไส้กรอกที่ผลิตขึ้นจะต่างกันอยู่บ้างเล็กน้อย แต่ก็ยังใกล้เคียงกับสีของไส้กรอกจากเนื้อสัตว์ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดโดยทั่วไป ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนความชอบสีของผลิตภัณฑ์ในระดับใกล้เคียงกัน

ทางด้านกลิ่น แม้ว่าการแปรอัตราการดูดน้ำคืนของ ISP ทำให้ปริมาณ HVP เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักเปียกของโปรตีนแล้วแตกต่างกันคือ 5.78, 5.49, 5.24 และ 5.00 % เมื่อ ISP ดูดน้ำคืน 2.6, 2.8, 3.0 และ 3.2 เท่า ตามลำดับ แต่ไส้กรอกทั้ง 4 สูตร มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ HVP ที่ใช้มีปริมาณมากเกินพอดังที่ได้กล่าวแล้วในช่วงการศึกษาอัตราส่วนระหว่าง ISP : กลูเต็น และอีกประการอาจเนื่องจากความแตกต่างของปริมาณ HVP เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักเปียกแล้วมีขนาดเพียงเศษส่วนของ 1 % ซึ่งนับว่าน้อยมาก ผู้ทดสอบจึงตรวจไม่พบความแตกต่างดังกล่าว

ปริมาณน้ำที่ต่างกัน มีผลกับคะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นและความรู้สึกระหว่างเคี้ยว โดยเมื่อให้ ISP ดูดน้ำคืน 3.2 เท่า ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นด้อยกว่าเมื่อให้ ISP ดูดน้ำคืน 2.6, 2.8 และ 3.0 เท่า อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมื่อ ISP ดูดกลืนน้ำมาก ความเข้มข้นของโปรตีนต่ำ เจลที่เกิดขึ้นจึงนิ่มหรือยืดหยุ่นน้อยกว่าเจลที่เกิดจากโปรตีนความเข้มข้นสูง ส่วนคะแนนความชอบด้านความรู้สึกระหว่างเคี้ยว พบว่าเมื่อให้ ISP ดูดน้ำคืน 2.8 เท่า ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด การให้ ISP ดูดน้ำคืน 2.6 เท่า เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์แข็งกระด้างเกินไป ทำให้คะแนนความชอบด้านความ

รู้สึกระหว่างเคี้ยวด้อยลง และเมื่อให้ ISP ดูดน้ำคืน 3.0 และ 3.2 เท่า คะแนนความชอบด้านความรู้สึกระหว่างเคี้ยวก็ด้อยกว่าเมื่อให้ ISP ดูดน้ำคืน 2.8 เท่าเช่นกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเจลของผลิตภัณฑ์นิ่มเกินไป ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับงานของ Frank และ Circle (43) ที่ผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ จาก ISP และพบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีเมื่อให้ ISP ดูดน้ำคืน 2.8 เท่า คะแนนความชอบด้านความรู้สึกระหว่างเคี้ยวมีความสัมพันธ์กับค่าแรงตัดขาดด้วยกล่าวคือ เมื่ออัตราการดูดน้ำคืนสูงขึ้น ค่าดังกล่าวทั้งสองมีแนวโน้มลดลง

ทางด้านรสชาติ คะแนนความชอบด้านรสชาติของไส้กรอกทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เพราะในการผลิตใช้เกลือกับ HVP ในปริมาณใกล้เคียงกันและอัตราการเสียน้ำหลังทำให้สุกไม่แตกต่างกัน และจากการตรวจสอบคุณภาพแม้ว่าผลด้านลักษณะเนื้อสัมผัสจะแตกต่างกันบ้าง แต่ลักษณะอื่นไม่แตกต่างกัน จึงทำให้คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรไม่ต่างกัน

จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ดูดน้ำคืน 2.6 และ 2.8 เท่า คุณภาพไม่ต่างกัน และทั้งสองตัวอย่างคุณภาพดีกว่าพวกที่ดูดน้ำคืน 3.0 และ 3.2 เท่า แต่ผลิตภัณฑ์ที่ดูดน้ำคืน 2.8 เท่ามีต้นทุนด้านวัตถุดิบต่ำกว่า (ดังแสดงในตารางที่ 7) จึงเลือกสูตรนี้มาศึกษาในการทดลองต่อไป

5.3.3 ศึกษาปริมาณ vegetable shortening

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสไส้กรอก frankfurter เลียนแบบนอกเหนือจากปริมาณน้ำ ได้แก่ปริมาณไขมัน ในไส้กรอก ไขมันทำให้เนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคเส้นเลือดอุดตันจึงใช้ vegetable shortening แทนไขมันสัตว์ การศึกษาปริมาณ vegetable shortening ที่เหมาะสมทำโดยแปรปริมาณเป็น 17.5, 35.0 และ 52.5 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน หรือ 4.81, 9.62 และ 14.42 % โดยน้ำหนักเปียกของโปรตีน ประเมินผลด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก วัดค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 8 และ 9 จะเห็นว่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แสดงว่า ISP และกลูเต็นจับโมเลกุลของน้ำและอนุภาคไขมันไว้ได้แม้ปริมาณไขมันจะสูงถึง 52.5 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีนก็ตาม จึงไม่มีผลต่อการเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ค่าแรงตัดขาดไส้กรอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Frank และ Circle (43) ที่ผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบจาก ISP แล้วรายงานว่าเมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้น

คะแนนความชอบด้านสีของไส้กรอกทั้ง 3 สูตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เพราะปัจจัยหลักที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลอาทิ อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนด้วยการรมควันและต้ม ปริมาณชาน้อยสำหรับเป็นแหล่งควัน ปริมาณกลูเต็นที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนร่วมกับ ISP และ HVP ที่ใช้แต่งกลิ่นผลิตภัณฑ์ ในแต่ละสูตรเท่ากัน จึงทำให้สีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร ใกล้เคียงกัน

ทางด้านกลิ่น คะแนนความชอบด้านกลิ่นของไส้กรอก ทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เพราะ HVP ในแต่ละสูตรมีปริมาณเท่ากัน และขั้นตอนการรมควันระหว่างการผลิตใช้เวลา-อุณหภูมิเท่ากัน

ทางด้านความยืดหยุ่นและความรู้สึกระหว่างเคี้ยว การเพิ่มปริมาณไขมันไม่มีผลกับคะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่น แสดงว่าไขมันที่เพิ่มขึ้นไม่มากพอที่จะทำให้ความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่ทางด้านความรู้สึกระหว่างเคี้ยว ไส้กรอกจากสูตรที่ใช้ไขมัน 35 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน มีคะแนนความชอบสูงสุด ขณะที่คะแนนความชอบตัวอย่างซึ่งใช้ไขมัน 17.5 และ 52.5 % ด้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ผู้ทดสอบมีความเห็นว่าไส้กรอกที่มีไขมัน 17.5 % เนื้อสัมผัสเหนียวคล้ายยาง ซึ่งเป็นผลเนื่องจากความเหนียวของกลูเต็น ส่วนไส้กรอกที่มีไขมัน 52.5 % เนื้อสัมผัสขณะเคี้ยวนิ่มเกินไป ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับค่าแรงตัดขาดที่วัดได้

ทางด้านรสชาติ และความชอบรวม คะแนนความชอบด้านรสชาติของไส้กรอกทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เพราะในการผลิตใช้เกลือและ HVP ในปริมาณเท่ากันและอัตราการเสียน้ำหลังการทำให้สุกไม่ต่างกัน และแม้ว่าผลการตรวจสอบคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสจะแตกต่างกันบ้าง แต่ลักษณะอื่นไม่ต่างกัน ทำให้คะแนนด้านความชอบรวมไม่ต่างกันด้วย

ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ใช้ไขมัน 35 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน เพราะให้ไส้กรอกที่มีเนื้อสัมผัสดี ผู้บริโภคยอมรับสูงสุด มาศึกษาในการทดลองขั้นต่อไป

5.3.4 ศึกษาปริมาณ HVP

เนื่องจาก ISP และกลูเต็นเป็นโปรตีนจากพืช แม้ว่า ISP มีกลิ่นถั่วไม่

แรงเพราะผ่านกระบวนการผลิตซึ่งสามารถทำลายหรือลดปริมาณสารให้กลิ่นลงได้บ้าง (8) แต่ก็ยังมีกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของถั่วเหลือง และกลูเต็นก็มีกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนาพอสมควร อีกทั้งโปรตีนทั้งสองชนิดมีกลิ่นที่ไม่คล้ายเนื้อสัตว์เลย การใช้เฉพาะ ISP และกลูเต็นเป็นแหล่งโปรตีนผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ขาดกลิ่นที่ชวนบริโภค การทดลองขั้นต่อไปจึงศึกษาปริมาณ HVP กลิ่นรสหมูที่เหมาะสม สำหรับปรับปรุงกลิ่นรสไส้กรอกเลียนแบบให้ชวนบริโภคมากขึ้น โดยแปรปริมาณ HVP เป็น 8, 12, 16 และ 20 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน หรือ 2.2, 3.3, 4.4 และ 5.5 % โดยน้ำหนักเปียกของโปรตีน ประเมินผลด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก วัดค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 10 และ 11 จะเห็นว่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและค่าแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เพราะในการผลิตไส้กรอกทั้ง 4 สูตร ใช้ส่วนผสมอื่น ๆ โดยเฉพาะปริมาณโปรตีน น้ำ และไขมัน ตลอดจนภาวะในการผลิตคงที่ ความแข็งแรงของเจลและอัตราการเสียน้ำจึงไม่ต่างกัน

คะแนนความชอบด้านสีของไส้กรอกที่ผลิตโดยใช้ HVP 8, 12 และ 16 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ส่วนไส้กรอกที่ผลิตโดยใช้ HVP 20 % มีคะแนนความชอบด้านสีด้อยกว่าไส้กรอกจาก 3 สูตรแรกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีสีน้ำตาลเข้มมาก โดยสีน้ำตาลเข้มเป็นผลจากสีของ HVP เนื่องจาก HVP ที่ใช้เป็นเกล็ดสีน้ำตาล ผลิตภัณฑ์สูตรที่มี HVP ปริมาณสูงจึงมีสีเข้มกว่าพวกที่ใช้ปริมาณต่ำกว่า

คะแนนความชอบด้านกลิ่นของไส้กรอกทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แสดงว่าการใช้ HVP ปริมาณต่ำสุดเพียง 8 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ก็เพียงพอที่จะแต่งกลิ่นผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับได้ การใช้ HVP ปริมาณสูงขึ้นจึงไม่มีผลมากนักกับความรู้สึกด้านการยอมรับของผู้บริโภค คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่มี HVP ในปริมาณต่าง ๆ จึงไม่ต่างกัน

ทางด้านความยืดหยุ่นและความรู้สึกระหว่างเคี้ยว คะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นและความรู้สึกระหว่างเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบค่าแรงตัดขาด แสดงว่าความแตกต่างของ HVP ในปริมาณที่ใช้ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างในด้านสมบัติการยึดเกาะระหว่างโมเลกุลของโปรตีน

ทางด้านรสชาติ คะแนนความชอบด้านรสชาติของไส้กรอกที่ผลิตโดยใช้ HVP

8 และ 12 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ด้อยกว่าไส้กรอกที่ผลิตโดยใช้ HVP 16 และ 20 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจาก HVP ที่ใช้ได้จากการ hydrolyzed โปรตีนพืชด้วยกรด แล้วทำให้เป็นกลางด้วยด่าง ผลจากปฏิกิริยาการสะเทินทำให้ใน HVP มีเกลือ (NaCl) เป็นองค์ประกอบด้วย เมื่อใช้ HVP ที่ระดับ 8 และ 12 % ปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ลดลงทำให้รสชาติของไส้กรอกด้อยลงไป อีกประการอาจเนื่องจาก HVP ที่ใช้ทางการค้าส่วนใหญ่มี monosodiumglutamate ซึ่งเป็นสารที่ช่วยเสริมรสชาติอยู่ด้วย (75,76) เมื่อใช้ HVP ปริมาณน้อย รสชาติของผลิตภัณฑ์จึงด้อยลง และมีผลให้คะแนนด้านความชอบรวมด้อยลงเช่นกัน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงตัดขาด และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ความยืดหยุ่น ความรู้สึกระหว่างเคี้ยว ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านสี รสชาติ และความชอบรวมดีที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้ HVP 16 % แต่การใช้ HVP มีจุดประสงค์เพื่อแต่งกลิ่น ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ใช้ HVP เพียง 8 % มาศึกษาเพื่อปรับปรุงรสชาติต่อไป

5.3.5 ศึกษาปริมาณเกลือ

เนื่องจากใน HVP ที่ใช้มีเกลือเป็นองค์ประกอบด้วย การเลือกสูตรที่ใช้ HVP เพียง 8 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน จากข้อ 5.3.4 ทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ด้อยลง เนื่องจากปริมาณเกลือส่วนหนึ่งในสูตรที่เป็นองค์ประกอบใน HVP ลดลง เพื่อปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นในการทดลองต่อไปจึงศึกษาปริมาณเกลือที่เหมาะสม โดยแปรปริมาณเกลือเป็น 3.50, 5.25, 7.00 และ 8.75 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน หรือ 0.96, 1.44, 1.92 และ 2.40 % โดยน้ำหนักเปียกของโปรตีน ประเมินผลด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก วัดค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 12 และ 13 ปรากฏว่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แม้จะมีผู้รายงานว่าปริมาณเกลือที่เพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้โปรตีนแปลงสภาพและดูดกลืนน้ำได้น้อยลง ทำให้ปริมาณน้ำที่โปรตีนอุ้มไว้ในโครงร่างตาข่ายหลังเกิดเจลลดลง (26,27) แต่เนื่องจากปริมาณน้ำที่ให้ ISP ดูดคืนนั้นน้อยมากคือ 2.8 เท่า หรือ 3.06 มิลลิลิตร/กรัมโปรตีน เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำสูงสุดถึง 7.9 มิลลิลิตร/กรัมโปรตีนที่ ISP (500E) ดูดกลืนได้ (77) แสดงว่าปริมาณเกลือที่ระดับนี้ไม่มีผลต่อความสามารถในการดูดกลืนและอุ้มโมเลกุลของน้ำ อัตราการเสียน้ำจึงไม่ต่างกัน ค่าแรงตัดขาดไส้กรอก

ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แม้จะมีรายงานว่าเกลือในปริมาณ 5.8 % ทำให้ความแข็งแรงของเจลจาก ISP ลดลง เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ใช้เกลือเพียง 1.2 % (31) แต่ผลิตภัณฑ์มีกลูเต็นเป็นองค์ประกอบและกลูเต็นมีความเหนียวมากกว่าเจลของ ISP แรงต้านการตัดขาดสูงสุดที่บันทึกจึงอาจเป็นผลจากความเหนียวของกลูเต็นมากกว่า และในการผลิตใช้กลูเต็นปริมาณเท่ากัน ค่าแรงตัดขาดไส้กรอกจึงไม่ต่างกัน

คะแนนด้านสีของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เพราะปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ดังที่ได้กล่าวแล้วในช่วงการศึกษาปริมาณไขมันไม่แตกต่างกัน สีของผลิตภัณฑ์จึงไม่ต่างกัน

ทางด้านกลิ่น คะแนนความชอบด้านกลิ่นไส้กรอกทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เพราะ HVP ที่ใช้แต่งกลิ่นในแต่ละสูตรมีปริมาณเท่ากัน ขั้นตอนการรมควันระหว่างการผลิตก็ใช้เวลา-อุณหภูมิ เท่ากัน และปริมาณเกลือที่ใช้ไม่ทำให้อัตราการเสียน้ำต่างกัน สารให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์หลังทำให้สุกจึงมีปริมาณไม่ต่างกัน คะแนนความชอบด้านกลิ่นจึงไม่ต่างกัน

คะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นและความรู้สึกระหว่างเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แม้ว่าการเติมเกลือเพิ่มขึ้นทำให้ความแข็งแรงของเจลจาก ISP ลดลง (31) แต่อาจเป็นเพราะการแปรปริมาณเกลือในช่วงนี้ไม่ทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลงมากพอที่ผู้ทดสอบจะตรวจพบได้ อีกทั้งในการผลิตใช้กลูเต็นปริมาณเท่ากันเป็นแหล่งโปรตีนทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวเพิ่มขึ้น จึงทำให้คะแนนความชอบด้านความยืดหยุ่นและความรู้สึกระหว่างเคี้ยวไม่ต่างกัน

การเติมเกลือ 5.25 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ทำให้คะแนนความชอบด้านรสชาติดีที่สุด หากเติมเกลือ 3.50, 7.00 และ 8.75 % คะแนนความชอบด้านรสชาติด้อยลง ทั้งนี้ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่มีเกลือ 3.50 % นั้นรสชาติจืดเกินไป และหากมีเกลือ 7.00 หรือ 8.75 % รสชาติของผลิตภัณฑ์เค็มเกินไป

ดังนั้นสูตรที่เลือกได้สำหรับการผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ ประกอบด้วย ISP 90 กรัม กลูเต็น 10 กรัม vegetable shortening 35 กรัม HVP 8 กรัม เกลือ 5.25 กรัม น้ำตาล 3.5 กรัม พริกไทย 3.5 กรัม อบเชย 0.18 กรัม paprika 0.18 กรัม โดยให้ ISP ดูดน้ำคืน 2.8 เท่า และกลูเต็นผงดูดน้ำคืน 1.2 เท่า

5.4 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบ

ไส้กรอกรมควันเป็นไส้กรอกชนิดเนื้อหยาบ ส่วนผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน แต่มีลักษณะเป็นก้อนชิ้นเนื้อที่อัดติดกันอยู่ในไส้บรรจุ เนื่องจาก TSP เป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่มีการแปรรูปเพื่อเลียนแบบชิ้นเนื้อ จึงใช้ TSP แทนเนื้อสัตว์สำหรับผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบ TSP ที่ทดลองใช้ในงานวิจัยนี้ได้จาก 3 แหล่งคือ โปรตีนเกษตร® Mincer® และ Soyex® ทั้ง 3 ชนิดแปลงเนื้อสัมผัสโดยกระบวนการ extrusion TSP สองชนิดแรกใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันเป็นวัตถุดิบ ส่วน Soyex® ใช้แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มเป็นวัตถุดิบ การที่โปรตีนได้รับความร้อนสูงระหว่างการผลิต ทำให้โปรตีนบางส่วนแปลงสภาพไป TSP เหล่านี้จึงขาดสมบัติการเป็นสารเชื่อม หากใช้ TSP เป็นแหล่งโปรตีนชนิดเดียวสำหรับผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะไม่เชื่อมติดกัน จึงต้องเพิ่มแหล่งโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมด้วย และจากผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ พบว่าการใช้ ISP ผสมกับกลูเต็นในอัตราส่วน 90:10 ให้ส่วนผสมที่ยึดติดเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีทั้งก่อนและหลังให้ความร้อน ดังนั้นจึงเพิ่มโปรตีนทั้งสองชนิดที่อัตราส่วนนี้ในสูตรสำหรับผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบด้วยเพื่อทำหน้าที่เชื่อมชิ้น TSP ให้ติดกัน

5.4.1 ศึกษาชนิด TSP

สำหรับสูตรต้นแบบและกระบวนการผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบ ดัดแปลงจากงานของ Tewey และ Shanbhag (44) ในขั้นแรกศึกษาชนิด TSP ที่เหมาะสมสำหรับทดแทนชิ้นเนื้อ แปรชนิด TSP เป็นโปรตีนเกษตร® Soyex® และ Mincer® ประเมินผลด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก วัดค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 14 และ 15 จะเห็นว่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แสดงว่า TSP ทั้ง 3 ชนิด มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ใกล้เคียงกัน อัตราการเสียน้ำจึงไม่ต่างกัน ค่าแรงตัดขาดไส้กรอกรมควันเลียนแบบจากสูตรที่ใช้โปรตีนเกษตร® แทนชิ้นเนื้อสูงกว่าสูตรที่ใช้ Soyex® และ Mincer® ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขนาดชิ้นของ TSP แตกต่างกัน โปรตีนเกษตร® มีลักษณะเป็นชิ้นขนาดใหญ่ประมาณ 1*1*0.5 $cm.^3$ ขณะที่ Soyex® และ Mincer® มีขนาดใกล้เคียงกันคือ 0.3*0.3*0.3 $cm.^3$ และเส้นใยโปรตีนเกษตรมีความเหนียวมากกว่า การตัดไส้กรอกหรือตัดโครงสร้างชิ้นเนื้อให้ขาดจากกัน จึงใช้แรงมากกว่าการตัดชิ้น Soyex® หรือ Mincer® ซึ่งมีขนาดชิ้นเล็กใกล้เคียงเนื้อบดหยาบเท่านั้น

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า คะแนนด้านสีของไส้กรอกรมควันเลียนแบบที่มีโปรตีนเกษตร® และ Mincer® ทดแทนชิ้นเนื้อไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ส่วนไส้กรอกรมควันเลียนแบบที่มี Soyex® ทดแทนชิ้นเนื้อมีคะแนนความชอบด้านสีด้อยกว่า ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะสีของ TSP แต่ละชนิดแตกต่างกัน โปรตีนเกษตร® และ Mincer® มีสีค่อนข้างใกล้เคียงกันคือน้ำตาลอ่อน เมื่อผสมในไส้กรอกจึงไม่ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น ส่วน Soyex® มีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ เมื่อผสมในไส้กรอกทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มมากขึ้น จนแตกต่างมากจากสีของไส้กรอกรมควันจากเนื้อสัตว์

แม้ว่า Mincer® เป็น TSP ที่ไม่ได้แต่งกลิ่นเลียนแบบเนื้อสัตว์ใด ๆ เช่นกับโปรตีนเกษตร® หรือ Soyex® ซึ่งมีการแต่งกลิ่นเลียนแบบเนื้อหมู แต่คะแนนความชอบด้านกลิ่นของไส้กรอกรมควันเลียนแบบทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เพราะในการผลิตใช้ HVP กลิ่นรสหมูปริมาณเท่ากันแต่งกลิ่นผลิตภัณฑ์ด้วย และ HVP ปริมาณดังกล่าวเพียงพอที่จะแต่งกลิ่นผลิตภัณฑ์ทุกสูตรให้เป็นที่ยอมรับได้ การแต่งกลิ่น TSP ในช่วงการแปลงเนื้อสัมผัสจึงไม่มีผลกับคะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์

ไส้กรอกรมควันเลียนแบบสูตรที่ใช้โปรตีนเกษตร ® แทนชิ้นเนื้อ มีคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าไส้กรอกรมควันเลียนแบบสูตรที่ใช้ Soyex® และ Mincer® ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้คงเป็นเพราะโปรตีนเกษตร® เป็น TSP ที่มีขนาดชิ้นใหญ่กว่า เส้นใยโปรตีนมีความยาวมากกว่า จึงให้ความรู้สึกระหว่างเคี้ยวดีกว่า Soyex® และ Mincer® ซึ่งชิ้นเล็กขนาดเนื้อบดหยาบ

แม้ว่าเปอร์เซนต์สารปรุงแต่งรสอาทิ เกลือ HVP เมื่อคิดโดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดหลังดูดน้ำคืนแล้ว ไส้กรอกรมควันเลียนแบบสูตรที่ใช้โปรตีนเกษตร® ทดแทนชิ้นเนื้อจะมีปริมาณต่ำสุดจากไส้กรอกทั้ง 3 สูตร เพราะโปรตีนเกษตร® ดูดน้ำคืนได้มากที่สุด แต่คะแนนความชอบด้านรสชาติไส้กรอกสูตรที่ใช้ Mincer® ทดแทนชิ้นเนื้อ ด้อยกว่าสูตรที่ใช้โปรตีนเกษตร® หรือ Soyex® ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะระหว่างการผลิตโปรตีนเกษตร® และ Soyex® นอกจากมีการแต่งกลิ่นให้คล้ายเนื้อหมูแล้ว ยังมีการปรุงแต่งรสด้วย ในขณะที่ mincer® ได้จากการแปรรูปแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันเพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้ปรุงแต่งรสใด ๆ เมื่อผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบจาก Mincer® รสชาติของผลิตภัณฑ์จึงอ่อนกว่า และจากคะแนนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติที่ด้อยกว่า จึงส่งผลให้คะแนนด้านความชอบรวมของไส้กรอกสูตรที่ใช้ Mincer® ด้อยลงไปเช่นกัน

จากผลการทดลองแสดงว่าการใช้โปรตีนเกษตร@ แทนชิ้นเนื้อสำหรับผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบให้ผลดีทั้งในด้านค่าแรงตัดขาด และการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส อีกทั้งโปรตีนเกษตร@ ผลิตได้ในประเทศไทย จึงเลือกสูตรที่ใช้โปรตีนเกษตร@ มาศึกษาในการทดลองต่อไป

5.4.2 ศึกษาปริมาณ TSP

การศึกษาปริมาณโปรตีนเกษตร@ ทำโดยแปรปริมาณเป็น 100, 200 และ 300 % โดยน้ำหนักแห้งของปริมาณโปรตีนในสูตรต้นแบบตามข้อ 3.3.3 ประเมินผลด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก วัดค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองดังตารางที่ 16 และ 17 พบว่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แสดงว่าปริมาณน้ำที่ผลิตภัณฑ์ดูดคืนไม่มากเกินกว่าที่โมเลกุลโปรตีนจำนวนเท่าที่มีอยู่จะจับไว้ได้ และภาวะในการผลิตผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน ความสามารถในการอุ้มโมเลกุลของน้ำไว้จึงเท่ากัน ค่าแรงตัดขาดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แสดงว่าปริมาณโปรตีนเกษตร@ ที่ต่างกันไม่มีผลกับค่าแรงต้านการตัดขาดสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากแรงต้านค่าแรงตัดขาดสูงสุดเกิดเนื่องจากการตัดผลิตภัณฑ์ผ่านชิ้นโปรตีน ดังนั้นค่าที่ได้จึงเป็นผลจากความเหนียวของเส้นใยโปรตีนมากกว่าความสามารถในการยึดเกาะระหว่างชิ้นของโปรตีนหรือความแข็งแรงที่มีอยู่ระหว่างชิ้นของโปรตีน

การแปรปริมาณโปรตีนเกษตร @ ในสูตรสำหรับการผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบเป็น 100, 200 และ 300 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ไม่ทำให้คะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่สีเหมือนกัน ผลิตภัณฑ์จึงมีสีเหมือนกัน

การผสมโปรตีนเกษตร @ เพิ่มมากขึ้นทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยเมื่อผสมโปรตีนเกษตร@ 300 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน คะแนนความชอบด้านกลิ่นด้อยกว่าเมื่อผสม 100 และ 200 % ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะโปรตีนเกษตร @ เป็น TSP ที่ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ยังมีกลิ่นถั่วแรง แม้จะมีการแต่งกลิ่นรสมาบ้างแล้วระหว่างกระบวนการผลิตก็ตาม ก็ยังมีกลิ่นถั่วเหลืองเหลืออยู่ การนำโปรตีนเกษตร@ มาผสมในปริมาณมาก HVP ที่ใช้ในสูตรจึงไม่เพียงพอที่จะปิดบังกลิ่นถั่วเหลืองได้ คะแนนความชอบด้านกลิ่นจึงลดลง

คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสลดลงเมื่อผสมโปรตีนเกษตร @ มากขึ้น

ที่ปริมาณ 300 % คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสด้อยกว่าเมื่อผสม 100 และ 200 % ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบมีความเห็นว่าเมื่อผสมโปรตีนเกษตร@ มากขึ้น เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้ความรู้สึกร่วนขณะเคี้ยว ไม่เกาะติดกันดีเหมือนอีก 2 ตัวอย่าง เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะอัตราส่วนระหว่างโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมคือ ISP และกลูเต็น กับโปรตีนเกษตร@ ลดลงเมื่อมีโปรตีนเกษตร@ เป็นส่วนผสมมากขึ้น คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสจึงด้อยกว่า

เมื่อปริมาณโปรตีนเกษตร@ เพิ่มมากขึ้น คะแนนความชอบด้านรสชาติด้อยลง ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะการผลิตใช้ส่วนผสมอื่น ๆ โดยเฉพาะสารแต่งรสคือเกลือ น้ำตาล และ HVP คงที่ เมื่อผสมโปรตีนเกษตร@ มาก เปอร์เซนต์สารแต่งรสเมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดแล้วจึงลดลง ทำให้รสของผลิตภัณฑ์อ่อนกว่าตัวอย่างอื่น และจากคะแนนกลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติที่ด้อยกว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนเกษตร@ ผสมอยู่มากจึงมีคะแนนความชอบรวมต่ำกว่าตัวอย่างอื่น

จากผลการทดลองจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้โปรตีนเกษตร @ 100 และ 200 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน คุณภาพไม่ต่างกัน แต่การใช้โปรตีนเกษตร@ 200 % ให้ผลดีกว่าเพราะต้นทุนด้านวัตถุดิบต่ำกว่า (ดังแสดงในตารางที่ 18) จึงเลือกสูตรที่ใช้โปรตีนเกษตร @ 200 % มาศึกษาในการทดลองต่อไป

5.4.3 ศึกษาปริมาณ vegetable shortening

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าไขมันเป็นส่วนผสมที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการผลิตไส้กรอก เพราะทำให้เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์นุ่ม ไม่แข็งกระด้าง และเพื่อให้ไส้กรอกรมควันเลียนแบบเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (health food) ได้ จึงใช้ vegetable shortening แทนไขมันสัตว์ การศึกษาปริมาณ vegetable shortening ที่เหมาะสม ทำโดยแปรปริมาณเป็น 17.5, 35, 52.5 และ 70 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ประเมินผลด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก วัดค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองดังตารางที่ 19 และ 20 แสดงว่าหลังทำให้สุกผลิตภัณฑ์เสียน้ำไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ISP, กลูเต็น และโปรตีนเกษตร@ ปริมาณที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกเพียงพอที่จะจับโมเลกุลของน้ำและไขมันไว้ได้ และความสามารถในการจับใกล้เคียงกัน อัตราการเสียน้ำหนักจึงไม่ต่างกัน แต่ค่าแรงตัดขาดไส้กรอกลดลงเมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) แสดงว่าไขมันทำให้เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้น (44)

คะแนนความชอบด้านสี รสชาติ และกลิ่นผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ทั้งนี้เพราะปัจจัยที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์อาทิ อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนด้วยการรมควันและต้ม ปริมาณชานอ้อนที่ใช้เป็นแหล่งควัน ปริมาณกลูเต็นและ HVP ในแต่ละสูตรเท่ากัน สีของผลิตภัณฑ์จึงไม่ต่างกัน และในการผลิตใช้เกลือ น้ำตาล และ HVP ปริมาณเท่ากันทุกสูตร รสชาติของผลิตภัณฑ์จึงไม่ต่างกัน ส่วนกลิ่นนั้นแม้จะเพิ่มไขมัน แต่ vegetable shortening ที่ใช้ไม่มีกลิ่นรส จึงไม่มีผลกับกลิ่นของผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นปริมาณ HVP ที่ใช้เท่ากันทุกสูตรจึงไม่มีความแตกต่างด้านกลิ่น

การแปรปริมาณไขมันมีผลต่อคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส โดยไส้กรอกสูตรที่ใช้ไขมัน 17.5, 35 และ 52.5 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน มีคะแนนความชอบไม่ต่างกันและสูงกว่าไส้กรอกสูตรที่ใช้ไขมัน 70 % ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ผู้ทดสอบมีความเห็นว่าสูตรที่มีไขมันสูง เนื้อสัมผัสนิ่มเกินไปซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบค่าแรงตัดขาด และจากคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสที่ด้อยกว่า ทำให้คะแนนความชอบรวมไส้กรอกสูตรที่ใช้ไขมัน 70 % ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นเช่นกัน

จากผลการทดลองจะเห็นว่าไส้กรอกสูตรที่ใช้ไขมัน 17.5 และ 35 % ให้ผลิตภัณฑ์คุณภาพไม่แตกต่างกัน แต่การบริโภคอาหารที่มีไขมันต่ำให้ผลดีด้านสุขภาพมากกว่า เพราะมี calory ต่ำ ไม่ทำให้อ้วน จึงเลือกสูตรที่ใช้ไขมัน 17.5 % มาศึกษาในการทดลองต่อไป แม้ต้นทุนด้านวัตถุดิบจะสูงกว่าสูตรที่ใช้ไขมัน 35 % ก็ตาม แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้นคือประมาณ 0.50 บาท/ไส้กรอก 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 21) อีกประการหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันต่ำมีโอกาสเสียจากปฏิกิริยา oxidation ของไขมันน้อยกว่าอีกด้วย

5.4.4 <u>ศึกษาปริมาณ HVP</u>

การศึกษาปริมาณ HVP ที่ใช้แต่งกลิ่นผลิตภัณฑ์ ทำโดยแปรปริมาณ HVP เป็น 16, 24, 32 และ 40 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ประเมินผลด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก วัดค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองดังตารางที่ 22 และ 23 พบว่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและค่าแรงตัดขาดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เพราะในการผลิตใช้โปรตีน น้ำ และไขมัน เท่ากันทุกสูตร ความแน่นของเนื้อสัมผัสจึงไม่ต่างกัน ความสามารถในการอุ้มน้ำและไขมันของโปรตีนก็ไม่ต่างกัน อัตราการเสียน้ำจึงไม่ต่างกัน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้านต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แม้ว่าสีของ ISP และกลูเต็นหลังดูดน้ำคืน สูตรที่มี HVP ปริมาณสูงจะมีสีน้ำตาลเข้มสุด

แต่หลังจากผสมกับโปรตีนเกษตร® แล้ว สีของผลิตภัณฑ์ไม่ต่างกันมากนัก อีกทั้งปัจจัยอื่นที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ดังที่กล่าวแล้วในช่วงการศึกษาปริมาณ vegetable shortening ไม่แตกต่างกัน สีของผลิตภัณฑ์จึงต่างกันไม่มากพอที่ผู้ทดสอบจะตรวจพบได้ ทางด้านกลิ่น การใช้ HVP ปริมาณต่ำสุด 16 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ร่วมกับการรมควันผลิตภัณฑ์เพียงพอที่จะทำให้กลิ่นถั่วเหลืองของโปรตีนเกษตร® ลดลงจนผู้บริโภคตรวจไม่พบ ผลิตภัณฑ์จึงเป็นที่ยอมรับได้ในด้านกลิ่น การใช้ HVP ปริมาณสูงขึ้น มีผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้นในการปรับปรุงกลิ่นของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น คะแนนความชอบด้านกลิ่นจึงไม่แตกต่างกัน ในทำนองเดียวกันทางด้านรสชาติ การใช้ HVP ปริมาณต่ำสุด 16 % ร่วมกับสารปรุงแต่งรสในสูตรเพียงพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติเป็นที่ยอมรับได้ แม้ว่าใน HVP มีสารช่วยเสริมรสชาติ monosodiumglutamate อยู่ด้วย เมื่อใช้ HVP ปริมาณสูงขึ้น ทำให้มี monosodium glutamate มากขึ้น แต่ปริมาณดังกล่าวอาจน้อยมากเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดหลังดูดน้ำคืน จึงมีผลเพียงเล็กน้อยในการเสริมรสของผลิตภัณฑ์ และอีกประการหนึ่งปริมาณเกลือที่แตกต่างกันจากความแตกต่างของ HVP อาจอยู่ในระดับที่ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์จืดหรือเค็มจนเกินไป อีกทั้งผู้ทดสอบแต่ละคนมีความชอบด้านความเค็มมากน้อยต่างกัน ผลิตภัณฑ์จึงยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ทดสอบชอบ คะแนนด้านรสชาติโดยรวมจึงไม่แตกต่างกัน

คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่าแรงตัดขาด แสดงว่าความแตกต่างของปริมาณ HVP ที่ใช้ ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างด้านสมบัติการยึดเกาะของโปรตีน แม้ว่า HVP มีสมบัติเป็นสารเชื่อมที่ช่วยให้ชิ้นโปรตีนและองค์ประกอบอื่นในผลิตภัณฑ์ยึดเกาะกันได้ดีขึ้น แต่ปริมาณที่ต่างกันอาจไม่มากพอที่จะทำให้สมบัติด้านการเป็นสารเชื่อมแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งในการผลิตใช้โปรตีน น้ำ และไขมันเท่ากันทุกสูตร ผู้ทดสอบจึงมีความเห็นว่าลักษณะเนื้อสัมผัสไส้กรอกทุกสูตรไม่แตกต่างกัน และจากผลการทดสอบคุณภาพทุกลักษณะที่กล่าวมาไม่ต่างกัน ทำให้คะแนนความชอบรวมไม่ต่างกันด้วย

ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ใช้ HVP 16 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน เพราะต้นทุนด้านวัตถุดิบต่ำสุด มาศึกษาในการทดลองต่อไป

5.4.5 ศึกษาปริมาณเกลือ

เพื่อปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับยิ่งขึ้น การทดลองขั้นต่อไปจึงศึกษาปริมาณเกลือที่เหมาะสม โดยแปรปริมาณเป็น 10.5, 14, 17.5 และ 21 %

โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน หรือ 2.88, 3.85, 4.81 และ 5.77 % โดยน้ำหนักเปียกของโปรตีน ประเมินผลด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก วัดค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองดังตารางที่ 24 และ 25 แสดงว่าปริมาณเกลือมีผลต่อการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ($p \leq 0.05$) โดยไส้กรอกสูตรที่เติมเกลือ 14, 17.5 และ 21 % เสียน้ำหนักหลังทำให้สุกต่ำกว่าไส้กรอกสูตรที่เติมเกลือ 10.5 % ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโปรตีนถั่วเหลืองเป็น globular protein ซึ่งละลายได้ดีในสารละลายเกลือเข้มข้น 5-10 % (78) เมื่อเติมเกลือมากขึ้นทำให้สกัดโปรตีนที่ละลายในเกลือได้มากขึ้น โปรตีนที่สกัดได้ทนต่อความร้อนได้ดี และแตกเป็นหน่วยย่อย (sub unit) น้อย (31) เมื่อโปรตีนที่ดูดกลืนน้ำปริมาณเท่ากันได้รับความร้อนจนเกิดเจล พันธะต่าง ๆ ในโมเลกุลโปรตีนที่มีเกลือมากกว่าจึงเชื่อมกันได้ดีกว่าเพราะแตกเป็นหน่วยย่อยน้อย โครงร่างตาข่ายที่เกิดขึ้นจึงกักเก็บน้ำไว้ได้มากกว่า ทำให้อัตราการเสียน้ำน้อยกว่า ส่วนค่าแรงตัดขาดไส้กรอกแต่ละสูตรต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณน้ำที่ต่างกันในไส้กรอกมีไม่มากพอที่จะมีผลต่อความแน่นของเนื้อสัมผัส หรืออีกประการอาจเนื่องจากค่าแรงต้านการตัดขาดของเส้นใยโปรตีนจากชิ้น TSP สูงกว่าค่าแรงต้านการตัดขาดของเจลจาก ISP ดังนั้นค่าแรงตัดขาดที่วัดได้จึงไม่ต่างกัน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสคะแนนด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และรสชาติไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เพราะในการผลิตใช้ส่วนผสมอื่น ๆ รวมทั้งภาวะในการรมควันและให้ความร้อนไม่ต่างกัน สีของผลิตภัณฑ์จึงไม่ต่างกัน ส่วนด้านรสชาติ แม้ไส้กรอกสูตรที่ใช้เกลือมากจะมีรสชาติเค็มกว่า แต่คะแนนความชอบแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสูตรที่มีเกลือมาก กักเก็บน้ำไว้ได้มากกว่า รสชาติจึงเจือจางลงอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับสูตรที่ใช้เกลือต่ำกว่า คะแนนด้านรสชาติจึงไม่ต่างกัน และแม้ว่าปริมาณน้ำในไส้กรอกสูตรที่มีเกลือสูงมีมากกว่าสูตรที่มีเกลือต่ำเพราะอัตราการเสียน้ำน้อยกว่า แต่ก็ไม่ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้นมากพอที่ผู้ทดสอบจะตรวจพบได้ คะแนนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสจึงไม่ต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่าแรงตัดขาด

ปริมาณเกลือมีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น โดยสูตรที่เติมเกลือ 10.5 % มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นต่ำกว่าสูตรที่เติมเกลือ 14, 17.5 และ 21 % ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นผลจากการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก เนื่องจากสารแต่งกลิ่นหรือ HVP ที่ใช้ละลายน้ำ

ได้ สูตรที่มีเกลือต่ำเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกมาก จึงเสียสารแต่งกลิ่นไปมากด้วย คะแนนด้านกลิ่นจึงด้อยลง และจากผลการทดสอบคุณภาพ ลักษณะส่วนใหญ่ยกเว้นด้านกลิ่นไม่แตกต่างกัน จึงทำให้คะแนนด้านความชอบรวมไม่ต่างกันด้วย

จากผลการทดลองพบว่าการเติมเกลือ 14-21 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีนให้ผลิตภัณฑ์คุณภาพเท่ากัน แม้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีเกลือสูงสามารถป้องกันการเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ทำให้ยืดอายุการเก็บได้นานขึ้นก็ตาม (22) แต่การบริโภคอาหารที่มีเกลือสูงอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้เพราะไตต้องทำงานหนักในการกำจัด sodium ออกจากร่างกาย และมีรายงานแสดงว่าการบริโภคอาหารที่มีเกลือสูงเป็นเวลานานก่อให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคความดันโลหิตสูง (hypertention) ได้ (72) ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ใช้เกลือเพียง 14 % มาศึกษาในการทดลองต่อไป

5.4.6 <u>ศึกษาปริมาณไข่ขาวผง</u>

การศึกษาปริมาณไข่ขาวผงที่ใช้เป็นสารเชื่อมที่เหมาะสม ทำโดยแปรปริมาณไข่ขาวผงเป็น 0, 3 และ 6 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ประเมินผลด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก วัดค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัส

การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและค่าแรงตัดขาด (ตารางที่ 26 และ 27) ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แสดงว่าโปรตีนทุกชนิดในสูตรมีความสามารถในการจับโมเลกุลน้ำไว้ได้ไม่ต่างกัน อัตราการเสียน้ำจึงไม่ต่างกัน และแม้ว่าไข่ขาวผงจะช่วยให้เนื้อสัมผัสไส้กรอกเชื่อมติดกันดีมากขึ้น แต่ค่าแรงตัดขาดไม่ต่างกัน แสดงว่าการใช้ไข่ขาวผงในปริมาณนี้ไม่ทำให้เนื้อสัมผัสไส้กรอกแน่นขึ้นมากพอที่จะเห็นความแตกต่างได้ชัด และอีกประการด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วคือ ค่าแรงตัดขาดเป็นผลที่เกิดจากการตัดเส้นใยโปรตีนมากกว่าการตัดเจลซึ่งเกิดจาก ISP และไข่ขาวผง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้านไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แสดงว่าการผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบไม่จำเป็นต้องใช้ไข่ขาวผงเพิ่มสำหรับเป็นสารเชื่อมอีก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะทั้ง ISP และกลูเต็น ต่างมีสมบัติเป็นสารเชื่อมที่ดีอยู่แล้ว และมีปริมาณเพียงพอที่จะเชื่อมขึ้น TSP ให้ติดกัน

ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ไม่ใช้ไข่ขาวผงเพราะมีต้นทุนด้านวัตถุดิบต่ำกว่า อีกทั้งยังมีข้อดีในแง่ผู้ที่บริโภคอาหารเจ หรือมังสวิรัติประเภทที่ไม่บริโภคไข่ สามารถบริโภคผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ได้

ดังนั้นสูตรที่เลือกได้สำหรับการผลิตไส้กรอกรมควันเลียนแบบประกอบด้วย ISP 90 กรัม กลูเต็นผง 10 กรัม โปรตีนเกษตร@ 200 กรัม vegetable shortening 17.5 กรัม น้ำตาล 9 กรัม เกลือ 14 กรัม พริกไทย 9 กรัม อบเชย 0.36 กรัม paprika 0.36 กรัม HVP 16 กรัม ISP , กลูเต็นผง และโปรตีนเกษตร@ ดูดน้ำคืน 2.8, 1.2 และ 1.7 เท่า ตามลำดับ

5.5 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

การศึกษาอายุการเก็บไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ และไส้กรอกรมควันเลียนแบบ ทำโดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง HDPE ที่ภาวะสุญญากาศ เก็บตัวอย่างที่ 4 °C และ (-18) °C ระหว่างเก็บสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ ปริมาณความชื้น ค่าแรงตัดขาด การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 28-35 พบว่าที่ 4 °C เก็บไส้กรอก frankfurter เลียนแบบได้นาน 18 วัน เก็บไส้กรอกรมควันเลียนแบบได้นาน 15 วัน หลังจากนั้นผลิตภัณฑ์เสียโดยเริ่มมีราขึ้นบริเวณผิวนอกไส้บรรจุ ตลอดระยะเวลาเก็บปริมาณความชื้นและค่าแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ มีความชื้น 59.70-60.50 % ค่าแรงตัดขาด 3.16-3.30 นิวตัน ไส้กรอกรมควันเลียนแบบมีความชื้น 64.06-65.05 % ค่าแรงตัดขาด 10.94-11.45 นิวตัน ผลการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนรา-ยีสต์ พบว่าเมื่อเวลาเก็บนานขึ้นผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีจำนวนจุลินทรีย์สูงขึ้น อย่างไรก็ดีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนรา-ยีสต์ มีปริมาณต่ำมาก โดยหลังการผลิตจนถึงระยะเวลาเก็บ 22 วัน ไส้กรอก frankfurter เลียนแบบมีจุลินทรีย์ทั้งหมด 600 โคโลนี/กรัม จำนวนรา-ยีสต์ 195 โคโลนี/กรัม ไส้กรอกรมควันเลียนแบบมีจุลินทรีย์ทั้งหมด $1.20*10^4$ โคโลนี/กรัม จำนวนรา-ยีสต์ 195 โคโลนี/กรัม ในขณะที่มาตรฐานด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เช่นแฮม ยอมให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดถึง 10^5 โคโลนี/กรัม หากสูงกว่านี้จึงจะถือว่าผลิตภัณฑ์บริโภคไม่ได้ (79) เหตุที่ไส้กรอกเลียนแบบทั้งสองชนิดมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำตลอดระยะเวลาเก็บ อาจเป็นเพราะวัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตมีความชื้นต่ำกว่า 10 % การปนเปื้อนของจุลินทรีย์น้อยเพราะจุลินทรีย์เจริญไม่ได้ในภาวะที่มีความชื้นต่ำ อีกทั้งระหว่างการทำให้สุกใช้วิธีต้มที่ 95 °C นาน 30 นาที การต้มที่อุณหภูมิสูง ทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาได้มาก โอกาสที่ผลิตภัณฑ์เสียเนื่องจากจุลินทรีย์ภายในไส้กรอกเลียนแบบทั้งสองชนิดจึงมีน้อยมาก อย่างไรก็ตามระหว่างการบรรจุเพื่อเก็บไส้กรอกเลียนแบบ

ผิวนอกไส้บรรจุยังมีความชื้นอยู่บ้าง เมื่อผ่านการหยิบจับเพื่อบรรจุใส่ถุง จุลินทรีย์จึงอาจปนเปื้อนบริเวณผิวนอกไส้บรรจุได้ เมื่อเก็บไว้นานขึ้น ปริมาณอากาศที่สามารถซึมผ่านถุง HDPE มีมากขึ้น อีกทั้งการเก็บผลิตภัณฑ์ที่ 4 °C น้ำในผลิตภัณฑ์สามารถระเหยเป็นไอได้ ทำให้ระบบมีค่า water activity (A_w) เพียงพอที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้เพื่อการเจริญได้ เป็นเหตุให้เกิดการเสียจากเชื้อราในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทั้งสองชนิด และเหตุที่จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในไส้กรอกรมควันเลียนแบบเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้นสูงกว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ อาจเป็นเพราะปริมาณความชื้นในไส้กรอกรมควันเลียนแบบสูงกว่าในไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ (ตารางที่ 29) ทำให้ค่า A_w สูงกว่า จุลินทรีย์จึงเจริญได้ดีกว่า ส่วนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ตลอดระยะเวลาเก็บ 18 วัน ของไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ และ 15 วัน ของไส้กรอกรมควันเลียนแบบ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ที่ (-18) °C เก็บไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ และไส้กรอกรมควันเลียนแบบได้ไม่น้อยกว่า 3 เดือน ระหว่างเก็บปริมาณความชื้นและค่าแรงตัดขาดไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยความชื้นอยู่ในช่วง 59.76-60.15 % ค่าแรงตัดขาดอยู่ในช่วง 3.23-3.28 นิวตัน ส่วนไส้กรอกรมควันเลียนแบบพบว่าเมื่อเวลาเก็บนานขึ้น ปริมาณความชื้นลดลง โดยไส้กรอกรมควันเลียนแบบที่เก็บไว้นาน 1-3 เดือน มีความชื้นต่ำกว่าผลิตภัณฑ์หลังผลิตใหม่อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณน้ำในไส้กรอกส่วนหนึ่งอยู่ในโครงสร้างรูพรุนของชั้นโปรตีนเกษตร® ไม่ได้มีเจลของ ISP อุ้มไว้ทั้งหมดเหมือนกับในไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ น้ำในส่วนนี้จึงระเหยซึมออกได้ง่ายกว่า เมื่อเวลาเก็บนานขึ้น ปริมาณความชื้นในไส้กรอกรมควันเลียนแบบจึงลดลงมากกว่า ส่วนค่าแรงตัดขาดพบว่าสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น โดยเมื่อปริมาณความชื้นลดลง เมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดขาดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนรา-ยีสต์ พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับการเก็บที่ 4 °C คือเมื่อเวลาเก็บนานขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่พบในปริมาณต่ำกว่า โดยหลังการผลิตจนถึงอายุการเก็บ 3 เดือน ไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ มีจุลินทรีย์ทั้งหมด 105 โคโลนี/กรัม จำนวนรา-ยีสต์ 50 โคโลนี/กรัม ไส้กรอกรมควันเลียนแบบ มีจุลินทรีย์ทั้งหมด 1030 โคโลนี/กรัม จำนวนรา-ยีสต์ สูงสุดระหว่างเก็บ 35 โคโลนี/กรัม เหตุที่มีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลเดียวกับที่กล่าวในช่วงการเก็บที่ 4 °C คือวัตถุดิบมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนต่ำเนื่องจากความชื้น

ต่ำ จุลินทรีย์เจริญได้ยาก อีกทั้งอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนสูงจึงทำลายจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนมาได้มาก อย่างไรก็ดี โดยปกติที่ (-18) °C จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งจำนวนรา-ยีสต์ ของผลิตภัณฑ์เมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้นจึงน่าจะใกล้เคียงกับจำนวนจุลินทรีย์หลังการผลิตใหม่หรือที่ระยะเวลาเก็บ 0 เดือน แต่ผลจากการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากอุณหภูมิระหว่างเก็บไม่คงที่ มี 2-3 ครั้ง ที่อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ระหว่างเก็บสูงขึ้นถึงประมาณ 0-2 °C เนื่องจากตู้แช่แข็งขัดข้อง ทำให้น้ำแข็งบางส่วนเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำ ค่า A_w ของผลิตภัณฑ์จึงสูงขึ้นเพียงพอที่จุลินทรีย์สามารถนำน้ำไปใช้เพื่อการเจริญได้ ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่า A_w ที่เพิ่มสูงขึ้นเพียงบางครั้งระหว่างเก็บโดยเฉลี่ยแล้วยังต่ำกว่า A_w ที่ 4 °C (80) จุลินทรีย์จึงเจริญได้น้อยกว่าจำนวนจุลินทรีย์ในไส้กรอกที่เก็บที่ (-18) °C จึงต่ำกว่าในไส้กรอกที่เก็บที่ 4 °C ส่วนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ตลอดเวลาเก็บ 3 เดือน ไส้กรอกเลียนแบบแต่ละชนิดมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แม้ว่าเนื้อสัมผัสของไส้กรอกรมควันเลียนแบบจะแข็งมากขึ้น โดยดูจากค่าแรงตัดขาดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเก็บนานขึ้น แต่ความแตกต่างดังกล่าวก็ไม่มากพอที่ผู้ทดสอบจะตรวจพบได้

5.6 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกเลียนแบบ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ พบว่ามีความชื้น 60.5 % องค์ประกอบอื่น ๆ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง มีโปรตีน 55.3 % ไขมัน 22.8 % เส้นใย 2.0 % เถ้า 6.7 % และคาร์โบไฮเดรต 13.2 % เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักเปียก มีโปรตีน 21.8 % ไขมัน 9.0 % เส้นใย 0.8 % เถ้า 2.6 % และคาร์โบไฮเดรต 5.2 % เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกจากเนื้อสัตว์ซึ่งทัศนีย์ สุพจนาพรชัย (41) ได้วิเคราะห์ในไส้กรอกเวียนนาจากผู้ผลิต 3 แหล่ง และรายงานว่ามีความชื้นอยู่ในช่วง 59.80-63.70 % โปรตีน 12.40-17.10 % ไขมัน 8.20-11.57 % จะเห็นว่าไส้กรอก frankfurter เลียนแบบมีโปรตีนสูงกว่า ในขณะที่ความชื้นและไขมันมีปริมาณใกล้เคียงกัน

จากการวิเคราห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกรมควันเลียนแบบ พบว่ามีความชื้น 64.6 % องค์ประกอบอื่น ๆ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง มีโปรตีน 59.8 % ไขมัน 4.2 % เส้นใย 1.2 % เถ้า 8.2 % และคาร์โบไฮเดรต 26.6 % เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักเปียก มีโปรตีน 21.2 % ไขมัน 1.5 % เส้นใย 0.8 %

เถ้า 2.9 % และคาร์โบไฮเดรต 9.1 % เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกจากเนื้อสัตว์ซึ่งดารณี ฉายางาม และ วิไล เจริญไชยประเสริฐ (81) ได้วิเคราะห์และรายงานไว้ว่าไส้กรอกรมควันที่ผลิตขึ้นมีความชื้น 64.37 % โปรตีน 7.28 % ไขมัน 14.49 % จะเห็นว่าไส้กรอกรมควันเลียนแบบมีโปรตีนสูงกว่า และไขมันต่ำกว่ามาก ในขณะที่ความชื้นใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของไส้กรอกเนื้อสัตว์ปรับได้กว้างกว่าไส้กรอกจากถั่วเหลือง ดังนั้นข้อได้เปรียบของไส้กรอกถั่วเหลืองคงจะอยู่ที่คุณค่าทางโภชนาการในแง่อาหารเพื่อสุขภาพมากกว่า

5.7 ประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

ราคาต้นทุนเฉพาะวัตถุดิบไส้กรอก frankfurter เลียนแบบ และไส้กรอกรมควันเลียนแบบคือ 76.00 และ 70.16 บาท/ไส้กรอก 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับราคาต้นทุนไส้กรอกจากเนื้อสัตว์ที่ทัศนีย์ สุพจนาพรชัย (41) ประเมินไว้สำหรับการผลิตไส้กรอกเวียนนาคือ 52.33 บาท/ไส้กรอก 1 กิโลกรัม จะเห็นว่าต้นทุนการผลิตไส้กรอกเลียนแบบทั้งสองชนิดสูงกว่าไส้กรอกจากเนื้อสัตว์ ทั้งนี้เพราะวัตถุดิบที่ใช้อาทิ ISP, HVP, กลูเต็น ไส้บรรจุ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผลิตในประเทศไทย แต่ต้องนำเข้า และแม้ว่าโปรตีนเกษตร@ สามารถผลิตได้ในประเทศก็ตาม แต่วัตถุดิบที่ใช้ผลิตคือแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันต้องนำเข้าเช่นกัน จึงทำให้ราคาต้นทุนสูงขึ้น หากว่าเราสามารถผลิตวัตถุดิบเหล่านี้ได้เองภายในประเทศ ต้นทุนการผลิตไส้กรอกเลียนแบบแบบย่อมถูกลงอย่างแน่นอน