บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติบางประการของวัตถุดิบ

5.1.1 เนื้อหมูสด

เนื้อหมูที่ใช้ในการวิจัยเป็นส่วนของเนื้อสันนอก โดยคัดเฉพาะส่วนของเนื้อแดง เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณโปรตีน 18.41 % ไขมัน 3.12 % ความชื้น 75.95 % และเถ้า 1.02 % จะเห็นได้ว่าเนื้อหมูดังกล่าวมีปริมาณไขมันค่อนข้างต่ำ ทำให้มีอิทธิพลต่อผลการทดลอง ที่มีการแปรปริมาณไขมันน้อยมาก

5.1.2 คาราจีแนนกัม

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณโปรตีน 0.41 % ไขมัน 0.25 % ความชื้น 4.21 % เส้นใย 0.62 % ใยอาหารรวม 70.01 % และเถ้า 25.13 % โดยไม่ได้ระบุถึงปริมาณของคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากสารที่เหลืออยู่จากการวิเคราะห์ ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เส้นใย และเถ้า เป็นสารคาราจีแนนกัม (carrageenan gum substance) ถึงแม้ว่าสารนี้ โดยองค์ประกอบแล้วจะมีโมเลกุลของกาแลคโตส (galactose) ซึ่งจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง อยู่ด้วยก็ตาม แต่จะมีสารประเภทซัลเฟต จับอยู่ด้วย เช่น sulfated linear polysaccharides (Davidson, 1980) ดังนั้น จึงไม่ระบุปริมาณของ สารคาราจีแนนกัม เป็น ปริมาณคาร์โบไฮเดรต เพราะสารคาราจีแนนกัมเป็นสารที่ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ซึ่งโดยปกติแล้ว สารประเภทกัมจะจัดอยู่ในกลุ่มของใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber) (Anderson, 1980) ดังนั้นปริมาณของสารคาราจีแนนกัมนี้ จึงถูกรวมไว้ในปริมาณของใยอาหารรวม (70.01 %) แล้ว คาราจีแนนกัมจึงเป็นสารที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการแทนที่ไขมันในการผลิตไส้กรอกหมูอิมัลชันพลังงานต่ำ เนื่องจากมีปริมาณของสารให้พลังงาน คือ โปรตีน และไขมัน อยู่ในระดับที่ต่ำมาก และยังมีส่วนของเส้นใยที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเมื่อบริโภคเข้าไปแล้วจะทำให้รู้สึกอิ่มนาน (Anderson,

1986) เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก

5.1.3 มอลโตเด็กซตริน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณความชื้น 5.02 % คาร์โบไฮเดรต 13.73 % และเถ้า 1.25 % จะเห็นได้ว่าคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นสารให้พลังงาน เป็นองค์ประกอบหลักของมอลโตเด็กซตริน โดยไม่มีส่วนของโปรตีน และไขมันเลย ดังนั้น มอลโตเด็กซตรินเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น สารทดแทนไขมัน เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตให้พลังงานเพียง 4 แคลอรี่ต่อกรัม ในขณะที่ไขมันให้พลังงานถึง 9 แคลอรี่ต่อกรัม

5.1.4 รำข้าวสกัดน้ำมัน และรำข้าวสกัดน้ำมันผ่านกระบวนการแช่ด้วยด่าง

จากการสังเกตลักษณะปรากฏของรำข้าวสกัดน้ำมันพบว่า มีลักษณะหยาบแข็ง ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่เหมาะสมที่จะนำไปทำไส้กรอกหมูอิมัลชั่นที่มีลักษณะเนื้อที่เรียบเนียน ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงคุณภาพโดยนำไปผ่านกระบวนการแช่ด้วยด่าง พบว่า รำข้าวที่ได้มีลักษณะปรากฏที่เบาฟูและมีเนื้อเนียนขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า รำข้าวสกัดน้ำมันผ่านกระบวนการแช่ด้วยด่างมีปริมาณโปรตีน ความชื้น เส้นใย และใยอาหารรวมเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ลดลง และเมื่อไปตรวจสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาตรจากการดูดซึมน้ำ พบว่ารำข้าวสกัดน้ำมันที่นำไปผ่านกระบวนการแช่ด้วยด่างมีค่าสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้จากการตรวจดูลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าวทั้ง 2 ชนิด โดยใช้กล้อง Scanning Electron Microscope (ตามรูปที่ 3 และ 4) พบว่า ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของรำข้าวสกัดน้ำมันผ่านกระบวนการแช่ด้วยด่าง จะมีอนุภาคที่ใหญ่และโครงสร้างที่หลวมและโปร่งฟูกว่า รำข้าวสกัดน้ำมันที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการแช่ด้วยด่าง จากสมบัติต่าง ๆ ของรำข้าวที่ได้นี้ อธิบายได้ว่าการที่ รำข้าวสกัดน้ำมัน มีลักษณะหยาบแข็ง เนื่องจากการอยู่รวมตัวกันอย่างใกล้ชิดของลิกนิน (lignin) เซลลูโลส (cellulose) และโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) อื่น ๆ ประกอบกันเป็น โครงสร้างของผนังเซลพืช ซึ่งลิกนิน จะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดลักษณะหยาบเข็ง นอกจากนี้ความซับซ้อนภายในโครงสร้างของเซลลูโลส ที่เป็นองค์ประกอบของเส้นใยในรำข้าวก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่ง ซึ่งเมื่อนำ รำข้าวสกัดน้ำมัน มาแช่ใน สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสภาวะที่เป็นด่างจะเกิดปฏิกิริยา delignification เป็นผลให้

ลิกนินและเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ที่ยึดติดอยู่กับเซลลูโลส ในผนังเซลพืชถูกกำจัดออกไป ในขณะที่เซลลูโลสจะไม่ถูกกำจัด เนียงแต่พันธะไฮโดรเจนบางส่วนที่อยู่ระหว่างโมเลกุลของกลูโคส ในโครงสร้างของเซลลูโลสถูกตัดทอนไป ทำให้โครงสร้างของเซลลูโลสหลวมขึ้น (Gould, 1985 ; Kerley และคณะ, 1986) เป็นผลให้รำข้าวสกัดน้ำมันที่ผ่านกระบวนการแช่ด้วยด่างมีลักษณะเบาฟู และ ละเอียดเนียนขึ้นโดยสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนจากการตรวจดูลักษณะโครงสร้างทางกายภาพด้วยกล้องScanning Electron Microscope ซึ่งลักษณะโครงสร้างของรำข้าวที่หลวมขึ้นนี้ จะส่งผลให้รำข้าวสกัดน้ำมันที่ผ่านกระบวนการแช่ด้วยด่าง มีความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาตรจากการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นด้วย และจะสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของรำข้าวโปร่งฟูขึ้น จึงสามารถดูดความชื้นเก็บไว้ในโครงสร้างได้มากขึ้น นอกจากนี้ จากการที่นำรำข้าวไปผ่านกระบวนการแช่ด้วยด่างทำให้สารบางอย่างถูกกำจัดออกไป เช่น ไขมัน วิตามินเกลือแร่ และคาร์โบไฮเดรตบางส่วน มีผลให้ปริมาณของ ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ลดลง โดยจะส่งผลถึงปริมาณของสารที่เหลืออยู่ คือ โปรตีน และใยอาหาร ซึ่งอาจจะมีปริมาณเท่าเดิม หรือลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อสารอื่นลดลงมาก จึงทำให้มวลรวมลดลง เมื่อคิดคำนวณเป็นเปอร์เซนต์ของปริมาณโปรตีน และใยอาหารจึงสูงขึ้น

จากสมบัติของ รำข้าวสกัดน้ำมันที่ผ่านกระบวนการแช่ด้วยด่างนี้ ทำให้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอมัลชั่น ที่ต้องการส่วนผสมที่มีความเนียน และเข้ากันดีของเนื้อไส้กรอก

5.2 <u>วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ</u>

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการศึกษาเบื้องต้น จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณโปรตีน 11.32 % ไขมัน 28.10 % ความชื้น 57.07 % เส้นใย 0.24 % ใยอาหารรวม 0.46 % เถ้า 1.21 % และคาร์โบไฮเดรต 2.06 % จะเห็นได้ว่ามีปริมาณไขมันที่สูง เนื่องจาก ต้องการนำมาศึกษาการใช้สารแทนที่ไขมัน เมื่อปริมาณไขมันสูง ทำให้สามารถใช้สารแทนที่ไขมัน ในส่วนของไขมันที่ลดลงได้ในปริมาณที่มาก และเมื่อใช้สารแทนที่ไขมันได้มาก จะแสดงให้เห็นว่าสารนั้นมีความสามารถในการแทนที่ไขมันในระดับที่สูง

สำหรับคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี

กลิ่นรส ความชุ่มน้ำ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม อยู่ในช่วง 7.50 - 8.57 ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูง โดยแสดงให้เห็นว่าค่าแรงตัดขาด 3.6 นิวตัน เป็นระดับที่ผู้บริโภคยอมรับด้วย และการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกมีค่า 3.27 % จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูง เนื่องจากจากผลการทดลองของ Claus และคณะ (1990) พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกโบโลน่า ที่ผลิตได้มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกอยู่ในช่วง 5.8-11.2 %

5.3 ศึกษาผลของการลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น

จากการวิเคราะห์ผลของการลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น โดยไม่มีการแทนที่ไขมันที่ลดลงด้วยสารอื่นใด จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าการลดปริมาณไขมันมีผลต่อค่าแรงตัดขาดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อปริมาณไขมันลดลงค่าแรงตัดขาดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากไขมันจะทำให้เนื้อสัมผัสนุ่มไม่แข็งกระด้าง (Swift, 1954) เมื่อปริมาณไขมันลดลงทำให้เนื้อไส้กรอกมีลักษณะแข็งกระด้าง จึงมีแรงต้านการตัดของเครื่อง Texturometer สูง ทำให้ค่าแรงตัดขาดที่ได้มีค่าสูงด้วย จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าการลดปริมาณไขมันในไส้กรอกเหลือ 13 และ 16 % ค่าการเสียน้ำหนังหลังทำให้สุก ไม่มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่เมื่อปริมาณไขมันลดลงถึงระดับ 10 % พบว่า ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกลดลง แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันสูงกว่า อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก จะมีสาเหตุมาจากการสูญเสียน้ำ และไขมัน (Cross, Berry and Well, 1980) เมื่อปริมาณไขมันลดต่ำลงมาก ๆ ทำให้ไส้กรอกมีปริมาณของไขมันน้อย อัตราส่วนระหว่าง โปรตีน myosin ซึ่งทำหน้าที่เป็น emulsifier ต่อปริมาณไขมันสูงขึ้น ทำให้สามารถห่อหุ้มอนุภาคของไขมันไว้ได้อย่างดี และจากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าที่ระดับไขมัน 10 % ค่าแรงตัดขาดมีค่าสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เนื้อของผลิตภัณฑ์มีความแน่น เนื่องจาก เมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนโปรตีนจะ coagulate (Pearson and Tauber, 1984) ดังนั้นโอกาสที่ไขมันและน้ำ จะสูญเสียออกมาจึงยากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันสูง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทางด้านลักษณะปรากฏและสีในรูปที่ 7 และ 8 แสดงให้เห็นว่า การลดปริมาณไขมันในไส้กรอกหมูอิมัลชั่น มีอิทธิพลต่อลักษณะปรากฏ และสีเพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่าผลการทดลองที่ได้จะให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) แต่ทางด้านลักษณะปรากฏผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน 10 13 และ 16 % แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

อย่างเด่นชัด ในขณะที่ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างอย่างชัดเจน สำหรับทางด้านสี ผลิตภัณฑ์ที่ลดปริมาณไขมันทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ ไม่มีความแตกต่างกันเลย แต่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากผลของลักษณะปรากฏ และสี ที่ได้ อาจจะเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันน้อย จะทำให้ปริมาณของสารต่าง ๆ เช่น โปรตีน โดยน้ำหนักของไส้กรอกเพิ่มขึ้น ซึ่งการที่สารเหล่านี้มากจะมีผลต่อการรมควัน เนื่องจากสารประกอบในควัน โดยเฉพาะสารพวก carbonyls จะทำปฏิกิริยากับ หมู่ amino ของโปรตีนในไส้กรอก เกิดเป็นสีน้ำตาลขึ้น (Evan, 1960) ดังนั้น ถ้ามีสารที่มีผลต่อการรมควันมากสีจะเข้มมาก การยอมรับทางด้านสี และลักษณะปรากฏจึงลดลง

จากรูปที่ 9 ถึง 12 แสดงให้เห็นว่าการลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น มีผลต่อคะแนนจากการสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรส ความชุ่มน้ำ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยเมื่อปริมาณไขมันลดลง คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังกล่าวจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากไขมันในอาหารมีหน้าที่ให้กลิ่นรส และทำให้เนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ตามที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นคะแนนทางด้านกลิ่นรสจึงลดลงเมื่อปริมาณไขมันลดลง และจากผลของค่าแรงตัดขาดข้างต้น จะสอดคล้องกันในทางผกผันกับคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมที่ได้

นอกจากนี้ความแข็งกระด้าง ของเนื้อของผลิตภัณฑ์ ยังส่งผลถึง ความรู้สึกชุ่มน้ำในผลิตภัณฑ์ด้วย เพราะการที่ไขมันให้ความอ่อนนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์ จะมีผลต่อความรู้สึกขณะบริโภค โดยความอ่อนนุ่มของไขมันนั้น จะให้ความรู้สึกชุ่มน้ำแก่ผลิตภัณฑ์

ดังนั้นเมื่อปริมาณไขมันลดลง ความอ่อนนุ่มก็จะกลายเป็นความแข็งกระด้าง ซึ่งจะมีผลให้ความรู้สึกชุ่มน้ำลดลงไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 10

5.4 <u>ศึกษาผลของการแทนที่ไขมันด้วยน้ำ และ เพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าวในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น</u>

5.4.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการนวดเนื้อหมูกับน้ำที่เติม

จากการศึกษาของ Claus และคณะ (1990) พบว่า การใช้น้ำเข้าไปแทนที่ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชั่น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการจับกับน้ำได้ต่ำ เนื่องจากมีน้ำปริมาณมาก ปริมาณโปรตีนที่จะจับยึดน้ำมีจำกัด จึงมีการพัฒนาโดยใช้ การนวด (massaging) ส่วนของน้ำที่ต้องเติมกับส่วนของเนื้อสัตว์ให้เข้ากันก่อน จะช่วยเพิ่มการจับตัว

กันของชิ้นเนื้อ และ ปรับปรุงการเก็บรักษาความชื้น (moisture retention) ได้ดีขึ้น เนื่องจาก โปรตีนในเนื้อจะถูกสกัดออกมาได้มากขึ้น และน้ำบางส่วน จะแทรกซึมเข้าไปในอนุภาคของเนื้อได้มากขึ้น ดังนั้น ในขั้นแรก จึงทำการศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการนวดส่วนของเนื้อหมูกับน้ำที่เติม ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่าเมื่อใช้ระยะเวลานวด 5 และ 25 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่าแรงตัดขาดต่ำ และการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระยะเวลานวด 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อพิจารณาอุณหภูมิหลังจากการนวดส่วนของเนื้อหมูกับน้ำที่เติม จากตารางที่ 4.7 พบว่า ที่ระยะเวลานวด 5 นาที อุณหภูมิหลังจากนวดต่ำมาก คือ 0 °C เพราะในการนวดจะนำเนื้อหมูที่อุณหภูมิประมาณ -2 °C มานวดกับน้ำแข็ง การใช้เวลานวดเพียง 5 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่สั้น และจากอุณหภูมิ 0 °C ที่วัดได้ แสดงให้เห็นว่ามีน้ำแข็งบางส่วนยังละลายไม่หมด ทำให้น้ำแทรกซึมเข้าไปในส่วนของเนื้อหมูได้น้อยกว่าที่ควร จึงกระจายอยู่ทั่วไปเป็นน้ำอิสระ ในส่วนผสม เมื่อนำไปบดผสมทำไส้กรอกหมูอิมัลชั่น น้ำอิสระที่มีอยู่เป็นจำนวนมากจากการเติมเข้าไปในส่วนผสม ทำให้เนื้อหมูไม่สามารถจะจับกับน้ำไว้ได้ทั้งหมด น้ำอิสระที่กระจายตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์ จะไปแทรกตัวอยู่ ระหว่างชิ้นเนื้อ ทำให้โอกาสที่โปรตีนในเนื้อจะจับตัวกันลดลง ส่งผลให้ค่าแรงตัดขาด ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง และ น้ำอิสระจะสูญเสียออกมาในระหว่างการทำให้สุกได้ง่าย และเมื่อพิจารณาที่ระยะเวลานวด 25 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานที่สุดที่ศึกษา และน่าจะทำให้การจับตัวกันของชิ้นเนื้อดีที่สุด เพราะการใช้เวลานวดมาก จะทำให้อนุภาคของน้ำแทรกซึมเข้าไปในชิ้นเนื้อได้ดี และยังช่วยในการสกัดโปรตีนพวกไมโอซิน ซึ่งเป็นสารเชื่อม (binder) ในเนื้อสัตว์ (Claus และคณะ, 1990) ให้ละลายออกมาทำหน้าที่ในการยึดเกาะชิ้นเนื้อเข้าด้วยกัน แต่จากผลการทดลองกลับพบว่าที่ระยะเวลานวด 15 นาที จะให้ค่าแรงตัดขาดสูงที่สุด และการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกต่ำสุด ซึ่งอธิบายได้โดยพิจารณาจากอุณหภูมิหลังจากการนวด พบว่า การใช้ระยะเวลานวด 25 นาที วัดอุณหภูมิหลังการนวดได้ 11 °C ซึ่งจะต้องนำส่วนของเนื้อหมูที่นวดกับน้ำนี้ ไปบดผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ อีก ทำให้อุณหภูมิของส่วนผสมสูงขึ้นเรื่อย ๆ และถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 16 °C จะมีผลให้ประสิทธิภาพของไมโอซินลดลง เนื่องจากบางส่วนเสียสภาพธรรมชาติ(denature) ไป ทำให้สมบัติการเป็นสารเชื่อมด้อยลง (ลักษณา รุจนะไกรกานต์, 2533) มีผลให้การจับตัวของชิ้นเนื้อ และการยึดเกาะโมเลกุลของน้ำลดลง ค่าแรงตัดขาดจึงมีค่าน้อยกว่าการ

นวดที่ 15 นาที และการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกมีค่ามากกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่วัดได้หลังจากการนวดที่ระยะเวลา 15 นาที วัดได้เท่ากับ 4 °C ดังนั้น เมื่อนำไปบดผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ อุณหภูมิก็จะไม่สูงเกิน 16 °C อย่างแน่นอนเพราะอุณหภูมิเริ่มต้นต่ำ จึงทำให้ได้ไส้กรอกที่มีค่าแรงตัดขาดสูง และการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกต่ำ เนื่องจากการจับตัวกันของชิ้นเนื้อ และการเก็บรักษาความชื้นดี และ จากการพิจารณาผลของ การทดสอบทางประสาทสัมผัส จากตารางที่ 4.8 พบว่าระยะเวลานวดมีผลต่อเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับ ผลของค่าแรงตัดขาด คือ ระยะเวลานวดที่ 15 นาที ให้คะแนนสูงที่สุด แต่จากการที่ ระยะเวลา 15 นาที ให้ผลไม่แตกต่างจาก 5 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เพราะ การวัดทางประสาทสัมผัสบางครั้งไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจนเท่ากับการใช้เครื่องมือ ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์จึงคัดเลือกระยะเวลานวดเนื้อหมูกับน้ำที่เติมที่ 15 นาที เพื่อนำมาศึกษาในขั้นตอนต่อไป

5.4.2 ศึกษาการแทนที่ไขมันด้วยน้ำและเพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าว

จากการศึกษา การแทนที่ไขมันด้วยน้ำ และ เพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าว ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณการแทนที่ไขมันด้วยน้ำ และปริมาณรำข้าวมีอิทธิพลต่อค่าแรงตัดขาดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณไขมันลดลง หรือปริมาณการแทนที่ไขมันด้วยน้ำเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดขาดจะลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะ อิมัลชั่นในไส้กรอก เป็นแบบ oil in water emulsion โดยมี myofibrillar protein ในเนื้อสัตว์ ทำหน้าที่เป็น emulsifier ล้อมรอบอนุภาคของไขมัน ซึ่งเป็น discontinuous phase ให้กระจายตัวอยู่ในส่วนของน้ำซึ่งเป็น disperse phase โดยส่วนของ hydrophilic ของโมเลกุลของโปรตีน จะยึดเกาะโมเลกุลของน้ำไว้ เมื่อได้รับความร้อน โปรตีนจะ coagulate ทำให้ส่วนผสมของอิมัลชั่นนี้ เกิดเป็นเจลของอิมัลชั่นขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการต้านทานการตัดขาด ของเครื่อง Texturometer แต่ถ้าน้ำมีปริมาณมากเกินไป ในขณะที่ปริมาณโปรตีนมีจำกัด ทำให้มีน้ำบางส่วนไม่ถูกยึดเกาะไว้ในรูปของอิมัลชั่น และ จะอยู่ในลักษณะเป็นน้ำอิสระ โดยจะถูกยึดเหนี่ยวไว้ด้วยโปรตีนบางส่วนหรือสารบางชนิด ด้วยแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แข็งแรงนัก และไม่ได้เข้าไปมีส่วนร่วมในการเกิดเจลของอิมัลชั่น แต่จะกระจายอยู่ทั่วไปในส่วนของอิมัลชั่น หรือเนื้อของไส้กรอก ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อนอิมัลชั่นจะเกิดเป็นเจล ที่มีน้ำอิสระบางส่วน แทรกตัวอยู่ จึงมีผลทำให้ แรงต้านการ

ตัดขาดของไส้กรอกลดลง และจากตารางที่ 4.12 จะเห็นได้ว่า เมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดขาด
จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากหน้าที่ของน้ำในไส้กรอกประการหนึ่ง ก็คือ ให้ความอ่อนนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์ (Swift, Weir and Hankins,1954) เมื่อเติมรำข้าวลงไป รำข้าวจะไปดูดซับน้ำไว้ในอนุภาคของรำข้าว ทำให้มีปริมาณน้ำที่จะให้ความอ่อนนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์น้อยลง ประกอบกับรำข้าวเป็นวัตถุดิบที่มีเส้นใยสูง เมื่อดูดซับน้ำไว้ จึงให้ลักษณะที่ค่อนข้างแน่นแข็ง กระจายอยู่ทั่วผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีแรงต้านการตัดขาดสูงขึ้นเมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น

สำหรับค่าเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก มีผลจาก อิทธิพลร่วมของปริมาณการแทนที่ไขมันด้วยน้ำและปริมาณรำข้าว ดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่า เมื่อปริมาณไขมันและรำข้าวเพิ่มขึ้นค่าการเสียน้ำหนักจะลดลง เนื่องจากว่า ในการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกเกิดจากการสูญเสียน้ำและไขมัน (Cross และคณะ,1980) เมื่อมีการเติมรำข้าวลงไปรำข้าวจะไปดูดซับส่วนของน้ำและไขมันไว้ในอนุภาค ถ้าปริมาณรำข้าวยิ่งมาก น้ำและไขมัน ก็จะถูกดูดซับไว้ในปริมาณมากด้วย ทำให้การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกมีค่าน้อยลง และตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าถ้าปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์มีมากในขณะที่ปริมาณโปรตีนมีจำกัด จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำอิสระมากขึ้น เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน คือการอบและรมควัน น้ำอิสระ ซึ่งไม่ถูกยึดเกาะไว้นี้ จะสามารถระเหย และสูญเสียออกไปได้ง่าย และเมื่อนำไปต้ม จะมีการสูญเสียทั้งส่วนของน้ำ และไขมัน เนื่องจากน้ำอิสระบางส่วน และอิมัลชั่นบางส่วนที่ไม่คงตัว เช่น โปรตีนห่อหุ้มอนุภาคไขมันไว้ ไม่ทั่วถึง เมื่อได้รับความร้อน ไขมันจึงหลอมเหลว และสูญเสียออกมา และ มีผลให้ปริมาณน้ำที่ถูกยึดเกาะบางส่วน สูญเสียออกมาด้วย นอกจากนี้ ถ้าอนุภาคของไขมัน ถูกห่อหุ้มด้วยโปรตีน ชนิด คอลลาเจน (collagen) ซึ่งอาจจะมีปนอยู่ในเนื้อสัตว์ เมื่อได้รับความร้อน คอลลาเจน จะหดตัวจนไม่สามารถห่อหุ้มอนุภาคของไขมันเอาไว้ได้ มีผลให้ไขมันสูญเสียออกมาในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน(Pearson and Tauber,1984) แต่ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชั่น โอกาสที่น้ำจะสูญเสียออกมาง่ายกว่าไขมัน (Cross และคณะ ,1980) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันมาก น้ำน้อย จะมีการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ ที่มีปริมาณไขมันน้อย แต่น้ำมาก

จากการวิเคราะห์ผล การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ปริมาณรำข้าวมีอิทธิพลต่อลักษณะปรากฏ สี และ กลิ่นรส อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตาราง

ที่ 4.14 และ 4.15 จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น คะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นรส จะลดลง เนื่องจากการใช้รำข้าว ในผลิตภัณฑ์ที่มีการแทนที่ไขมันด้วยน้ำ จะสามารถเห็นรำข้าวได้อย่างชัดเจน เพราะตามธรรมชาติของน้ำจะมีลักษณะใส และความหนืดต่ำ เมื่อรำข้าวดูดซับน้ำเอาไว้ในอนุภาค น้ำจึงไม่สามารถบดบังอนุภาคของรำข้าวเอาไว้ได้ ดังนั้นเมื่อใส่รำข้าวในปริมาณมากขึ้น รำข้าวก็จะปรากฏเด่นชัดขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ด้วย และโดยปกติแล้ว รำข้าวจะมีกลิ่นรสเฉพาะ ซึ่งไม่ใช่กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ดังนั้น เมื่อใช้รำข้าวในปริมาณมากขึ้น กลิ่นรสในรำข้าวจะแสดงออกมาในไส้กรอกมาก คะแนนทางด้านกลิ่นรสจึงลดลง และจากตารางที่ 4.14 พบว่า อิทธิพลร่วมของปริมาณการแทนที่ไขมันด้วยน้ำ และปริมาณรำข้าว มีผลต่อคะแนนจากการทดสอบ ทางประสาทสัมผัสทางด้าน ความชุ่มน้ำ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าที่ระดับไขมัน 10 % และไม่ใส่รำข้าว ความชุ่มน้ำจะสูงเนื่องจากน้ำซึ่งมีหน้าที่ให้ความชุ่มน้ำแก่ผลิตภัณฑ์ มีปริมาณสูง แต่เมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น เป็น 2 และ 4 % ความชุ่มน้ำจะลดลงมาก เนื่องจากเส้นใยที่มีเซลลูโลสมาก จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีกว่าน้ำมัน (Scheeman, 1986) รำข้าวก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน ดังนั้นถ้าผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำมาก รำข้าวที่เพิ่มขึ้นก็จะดูดซับน้ำเข้าไปในอนุภาคได้อย่างรวดเร็ว.สำหรับที่ระดับไขมัน 13 % และ 16 % ให้ผลการทดลองที่คล้ายคลึงกัน คือ ที่ระดับรำข้าว 0 % จะมีความชุ่มน้ำสูง เนื่องจากน้ำและไขมัน มีหน้าที่ให้ความชุ่มน้ำแก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมัน 13 และ 16 % จะมีปริมาณน้ำและไขมันที่พอเหมาะ และเมื่อเติมรำข้าวลงไปในปริมาณ 2 % ความชุ่มน้ำไม่ลดลงมาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน 13 และ 16 % มีปริมาณไขมันสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน 10 % ดังนั้นไขมันจะไปขัดขวางการดูดซึมน้ำของรำข้าว ทำให้น้ำกระจายอยู่ในส่วนของเนื้อของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่รำข้าวมาก ความชุ่มน้ำจึงสูง แต่เมื่อใช้ปริมาณรำข้าวถึง 4 % ความชุ่มน้ำจะลดลงมาก เนื่องจากปริมาณรำข้าวมีมาก น้ำและไขมันบางส่วน จะถูกดูดซับไว้ใน อนุภาคของรำข้าว มากขึ้น ความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์จึงน้อยลง ถึงแม้ว่า เมื่อรำข้าวเพิ่มขึ้น ความชุ่มน้ำจะลดลง แต่รำข้าวก็มีผลดีในด้าน การช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ดังที่กล่าวมาแล้ว

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม จะเห็นได้ว่าคะแนนทั้ง 2 ลักษณะนี้ มีความสอดคล้องกัน เนื่องจาก ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

อิมัลชั่นผู้บริโภคมักจะเน้นถึงลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นอันดับแรก และลักษณะอื่น ๆ ทางด้านกลิ่นรส ความชุ่มน้ำ ฯลฯ รองลงมา ดังนั้น เนื้อสัมผัส จึงมีผลต่อการยอมรับรวมมาก จากการวิเคราะห์ผลการทดลองในตารางที่ 4.13 พบว่าที่ระดับไขมัน 10 และ 16 % เมื่อรำข้าวเพิ่มขึ้นคะแนน ทางด้านเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมจะลดลง เนื่องจากรำข้าวจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน 16 % มีความแข็งกระด้างขึ้น และจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน 10 % มีลักษณะร่วนแข็งกระด้าง เนื่องจากมีปริมาณน้ำมาก ดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่ที่ระดับไขมัน 13 % การแทนที่ไขมันด้วยน้ำ โดยไม่ใช้รำข้าว จะได้คะแนนไม่ค่อยสูงนัก เนื่องจาก น้ำมากทำให้นิ่มเละเกินไป แต่พอใช้รำข้าวในปริมาณ 2% การดูดซับน้ำของรำข้าวอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม และปริมาณไขมันที่ใช้พอเหมาะ มีผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสออกมาดี การยอมรับของผู้บริโภคจึงสูง เมื่อใช้รำข้าวถึง 4 % การดูดซับน้ำ จะมากเกินไป ผลิตภัณฑ์จึงแข็งกระด้างขึ้น ผู้บริโภคจึงยอมรับน้อยลง

จากผลการวิเคราะห์ จึงพิจารณาคัดเลือก ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำในการทดแทนไขมัน ได้ 2 ผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ประเภทที่ไม่ใช้รำข้าว คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีระดับไขมัน 16 % และผลิตภัณฑ์ประเภทที่ใช้รำข้าว คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีระดับไขมัน 13 % รำข้าว 2 % ตามที่อธิบายไว้ท้ายตารางที่ 4.15

5.5 <u>ศึกษาผลของการแทนที่ไขมันด้วยคาราจีแนนกัม และ เพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าวในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น</u>

5.5.1 ศึกษาความเข้มข้นของเจลของคาราจีแนนกัมที่เหมาะสม

การนำคาราจีแนนกัม มาใช้เป็นสารทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นจะต้องนำคาราจีแนนกัม ไปเตรียมให้อยู่ในรูปของเจลก่อน เพื่อให้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับไขมันหมูมากที่สุด คือ มีลักษณะเป็นก้อนแข็ง และยืดหยุ่นได้เล็กน้อย และเพื่อให้เกิดโครงสร้างเมตริก(matrix)ของเจลโดยสมบูรณ์ก่อนที่จะนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ เพราะถ้าให้คาราจีแนนกัมไปเกิดเจลในระหว่างกระบวนการผลิตไส้กรอก อาจจะเกิดเจลได้ไม่สมบูรณ์ และกระจายตัวกันอยู่ ทำให้บางตำแหน่งของผลิตภัณฑ์ คาราจีแนนกัมไม่สามารถเข้ามารวมตัวกันสร้างเจลได้ ซึ่งจะมีผลต่อ ลักษณะเนื้อของไส้กรอก ดังนั้น จึงทำการศึกษา ความเข้มข้นของเจลของคาราจีแนนกัมที่เหมาะสมก่อน โดยใช้ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 1 2 และ 3 % นำเจลที่ได้ไปทดสอบความแข็งแรงของเจล โดยวัดค่าแรงตัดขาดได้ผลการทดลองดังรูปที่ 13 จะ

เห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของคาราจีแนนกัมเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดขาดจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และ เมื่อทดลองนำเจลความเข้มข้นต่าง ๆ นี้ ไปใช้แทนที่ไขมันในผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาที่ระดับไขมัน 16 % แล้วเติมเจลของคาราจีแนนกัมเข้าไปแทนที่ไขมันในส่วนที่ลดลงจากสูตรต้นแบบ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.16 และ 4.17 จากตารางที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าค่าแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชั่นจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความเข้มข้นของเจลของคาราจีแนนกัมสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองวัดค่าแรงตัดขาดของเจลของคาราจีแนนกัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว โดยถ้าเจลที่นำมาใช้มีแรงต้านทานการตัดขาดสูง เมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ก็จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงตัดขาดสูงด้วย สำหรับค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เจลความเข้มข้น 1 % จะมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ เจลความเข้มข้น 2 และ 3 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเจลที่ระดับความเข้มข้น 1 % มีความแข็งแรงของเจลน้อยมาก(ดังรูปที่ 13) ดังนั้นเมื่อนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อน เจลจะหลอมตัวได้ง่าย และเมื่อเจลหลอมตัว จะมีความหนืดต่ำ เนื่องจากมีปริมาณของกัมอยู่น้อย จึงสูญเสียออกมาในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนได้ง่ายกว่าเจลที่มีความเข้มข้นสูงกว่า ซึ่งถ้ามีการหลอมตัวในระหว่างให้ความร้อนก็ยังคงมีความหนืดสูง เนื่องจากมีปริมาณของกัมอยู่สูง จึงมีการสูญเสียได้ยากกว่า และเมื่อผ่านกระบวนการทำให้เย็นเจลก็สามารถแข็งตัวกลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้ (จากการศึกษาเบื้องต้น) ดังนั้น ถ้าเจลไม่มีการสูญเสียออกไปในระหว่างการให้ความร้อน เจลก็จะสามารถคงตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ เพราะต้องผ่านกระบวนการทำให้เย็นหลังจากกระบวนการต้ม

จากตารางที่ 4.17 ซึ่งแสดงผลของคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูอิมัลชั่น ที่ใช้ระดับไขมัน 16 % โดยแปรความเข้มข้นของเจลของคาราจีแนนกัมที่ใช้ในการแทนที่ไขมัน ในส่วนที่ลดลงจากสูตรต้นแบบ พบว่า ระดับความเข้มข้นของเจลมีผลต่อลักษณะปรากฏ ความชุ่มน้ำ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะปรากฏ และ ความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์ที่ใช้เจลในระดับ 1 และ 2 % มีคะแนนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้เจลในระดับ 3 % เนื่องจากว่าเจลที่ระดับ 3 % เมื่อหลอมเหลวแล้วจะมีความข้นหนืดสูงมากในขณะที่เจลที่ระดับ 1 และ 2 % ให้ความข้นหนืดที่ต่ำกว่า ดังนั้น เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เจลที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % เจลจะหลอมตัว

และมีการไหลได้ ทำให้แทรกซึมเข้าไปในเนื้อของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไปขัดขวางอนุภาคของเนื้อผลิตภัณฑ์ ในการยึดเกาะกันทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้มีลักษณะปรากฏที่ไม่ดี คือ มีลักษณะแฉะ ซึ่งมีผลต่อคะแนนความชุ่มน้ำ และส่งผลไปถึงลักษณะทางเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมด้วย ดังนั้นจึงคัดเลือกเจลของคาราจีแนนกัมที่ระดับความเข้มข้น 3 % เพื่อนำไปศึกษาต่อไป

5.5.2 ศึกษาการแทนที่ไขมันด้วยคาราจีแนนกัม และ เพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าว

จากการศึกษา การแทนที่ไขมันด้วย คาราจีแนนกัม และ เพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าวในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น พบว่า อิทธิพลร่วมของ ปริมาณการแทนที่ไขมัน ด้วยคาราจีแนนกัม และปริมาณรำข้าว มีผลต่อค่าแรงตัดขาด และการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.18 และ 4.19 โดยจะเห็นได้ว่าการใช้รำข้าว 2 % ในทุกระดับของไขมันจะให้ค่าแรงตัดขาดสูงที่สุด และเมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นในแต่ละระดับของรำข้าว ค่าแรงตัดขาดจะมีแนวโน้มสูงขึ้น อธิบายได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้รำข้าว ค่าแรงตัดขาดจะต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้รำข้าว 2 % เนื่องจากรำข้าวจะมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความแข็งและต้านแรงตัดขาดมากขึ้น ดังที่อธิบายไว้แล้วในข้อ 5.4 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณรำข้าวเป็น 4 % พบว่า ค่าแรงตัดขาดลดลง เนื่องจาก ในการใช้คาราจีแนนกัมทดแทนไขมัน ส่วนของน้ำที่เกินจากสูตรต้นแบบในส่วนผสม จะถูกรวมอยู่ในเจลของกัม ดังนั้น น้ำที่อยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่ส่วนของกัม จึงเป็นปริมาณน้ำที่มีเท่ากับสูตรต้นแบบ เมื่อใส่รำข้าวในปริมาณมากจึงไปดูดซับน้ำเอาไว้มาก มีผลให้ การเกาะตัวกันของเนื้อผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากธรรมชาติของรำข้าว เมื่อเปียกน้ำจะมีลักษณะร่วนซุยไม่เกาะตัวกัน แต่ที่ระดับไขมัน 16 % การแปรปริมาณรำข้าว ไม่มีผลต่อค่าแรงตัดขาด อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากเมื่อพิจารณาปริมาณไขมัน จะพบว่า เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นค่าแรงตัดขาดจะสูงขึ้น เพราะ ไขมันจะเป็นตัวทำให้เกิดโครงสร้างอิมัลชั่นของเนื้อไส้กรอก (Pearson, 1984) ซึ่งจะทำให้เกิดแรงต้านการตัดขาดที่สูงอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อเติมรำข้าวลงไป จึงไม่มีผลต่อค่าแรงตัดขาดอย่างเห็นเด่นชัด นอกจากนี้การใช้เจลของคาราจีแนนกัมซึ่งมีความสามารถในการต้านการตัดขาดเช่นกัน จึงทำให้ที่ระดับไขมัน 13 % และใช้รำข้าว 2 % มีค่าแรงตัดขาดสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณไขมัน คาราจีแนนกัม และรำข้าว ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ที่จะทำให้แต่ละตัวแปรทำหน้าที่ได้ดีที่สุด และ เมื่อพิจารณา ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก พบว่า ที่ทุกระดับของไขมัน เมื่อรำข้าวเพิ่มขึ้นค่าการเสียน้ำหนักจะ

ลดลง ซึ่งอธิบายได้เช่นเดียวกับข้อ 5.4 แต่ว่าในแต่ละระดับของรำข้าว เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง ของ Egbert และคณะ (1990) และ Cross และคณะ (1980) แต่จะตรงข้ามกับผลที่ได้จากการแทนที่ไขมันด้วยน้ำ เนื่องจากการแทนที่ไขมันด้วยน้ำสิ่งที่แทนที่ไขมันก็คือ น้ำ ดังนั้น ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์จะสูงขึ้นกว่า ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ปริมาณน้ำอิสระจึงมีมากขึ้น โอกาสที่จะสูญเสียออกมาจึงมาก และน้ำจะสูญเสียได้ง่ายกว่าน้ำมัน ดังกล่าวมาแล้ว ดังนั้น ในกรณีของการแทนที่ไขมันด้วยน้ำ จึงมีการสูญเสียมาก เมื่อปริมาณไขมันลดลง และปริมาณการแทนที่ไขมันด้วยน้ำเพิ่มขึ้น แต่ในกรณีของการใช้คาราจีแนนกัมในการแทนที่ไขมัน ส่วนของน้ำที่เพิ่มขึ้น จะเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของเจลของคาราจีแนนกัม ไม่ได้อยู่ในรูปของน้ำอิสระ และน้ำส่วนอื่น จะเป็นน้ำที่ได้จากการเติมในสูตรปกติ ดังนั้น ที่ทุกระดับไขมันจะมีปริมาณน้ำที่มีโอกาสสูญเสียเท่ากัน แต่ต่างกันที่ปริมาณไขมัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง จึงมีโอกาสสูญเสียมากกว่า

จากการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ปริมาณไขมันและปริมาณรำข้าวไม่มีอิทธิพล ต่อลักษณะปรากฏ และสี อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต้องผ่านการรมควัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทำในชุดเดียวกันผ่านกระบวนการต่าง ๆ โดยเฉพาะการรมควันพร้อมกัน จึงทำให้ สี และลักษณะปรากฏ ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนลักษณะทางด้านกลิ่นรสจะมีอิทธิพล จากปริมาณรำข้าวอย่างมีความนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากรำข้าวมีกลิ่นเฉพาะ ซึ่งไม่ใช่กลิ่นของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ 5.4 และคะแนนทางด้านความชุ่มน้ำ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมมีผลมาจากอิทธิพลร่วมของปริมาณไขมันและรำข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อพิจารณาทางด้านความชุ่มน้ำ พบว่าที่แต่ละระดับของรำข้าว 0 และ 2 % ปริมาณไขมันไม่มีผลต่อความชุ่มน้ำ แต่ที่รำข้าว 4 % เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นถึง 16 % ความชุ่มน้ำจะลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกจะสูง แต่ที่ระดับไขมัน 10 และ 13 % มีกัมมาแทนที่ไขมันที่ลดลง ซึ่งเจลของกัมสามารถให้ความชุ่มน้ำแก่ผลิตภัณฑ์ได้ และเมื่อปริมาณไขมันน้อยการสูญเสียจะน้อย ดังนั้นที่ระดับไขมัน 16 % ที่กล่าวมาแล้วนั้น มีการใช้กัมน้อย สูญเสียไขมันมาก ประกอบกับเมื่อใช้รำข้าว 4 % น้ำในผลิตภัณฑ์จะถูกดูดซับไว้ส่วนหนึ่งจึงมีผลให้ความชุ่มน้ำลดลง

ทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม พบว่า ที่ระดับไขมัน 10 และ13 %

และรำข้าว 2 % มีระดับคะแนนที่สูง แสดงให้เห็นว่า เจลของคาราจีแนนกัมที่ ใช้เข้าไปแทนที่ไขมันและรำข้าวมีปริมาณที่เหมาะสม โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้รำข้าวเลยและใช้รำข้าว 4 % จะมีคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ด้อยลงไป ซึ่งอธิบายได้เช่นเดียวกับผลของค่าแรงตัดขาด สำหรับที่ระดับไขมัน 16 % ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้รำข้าว คะแนนอยู่ในเกณฑ์ที่สูง เนื่องจาก จะเห็นได้ว่า ในผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ซึ่งมีปริมาณไขมันสูง สามารถเกิดอิมัลชั่นได้ดี ดังนั้นแสดงว่า ปริมาณโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็น emulsifier ในการเกิดอิมัลชั่นในไส้กรอก มีอย่างเพียงพอ ดังนั้นเมื่อปริมาณไขมันลดลง อัตราส่วนของโปรตีน ต่อ ไขมัน จะยิ่งสูงขึ้น ซึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ลดปริมาณไขมันลง ในระดับต่าง ๆ กัน ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันสูงกว่า โอกาสที่จะเกิดอิมัลชั่น ก็จะสูงกว่า ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ และเมื่อใส่รำข้าวลงไป 2 % รำข้าวอาจจะไปรบกวนระบบของอิมัลชั่น โดยไปดูดซับน้ำ และน้ำมัน ซึ่งมีหน้าที่เกิดอิมัลชั่นไว้บางส่วน จึงทำให้เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมด้อยลงไปบ้างแต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดี แต่ถ้าใส่รำข้าวมากเกินไป(4 %)ผลการทดลองที่ได้จะเป็นเช่นเดียวกับผล การทดลองที่ผ่านมา คือ ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเกาะตัวกันน้อยลง ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

จากผลการวิเคราะห์ จึงคัดเลือก ผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัมเป็นสารทดแทนไขมันได้ 2 ผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ประเภทที่ไม่ใช้รำข้าว คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีระดับไขมัน 16 % และผลิตภัณฑ์ประเภทที่ใช้รำข้าว คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีระดับไขมัน 10 % และรำข้าว 2 % ตามที่อธิบายไว้ท้ายตารางที่ 4.22

5.6 <u>ศึกษาผลของการแทนที่ไขมันด้วย มอลโตเด็กซตริน และ เพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าว ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น</u>

5.6.1 ศึกษาความเข้มข้นของเจลของมอลโตเด็กซตรินที่เหมาะสม

การนำมอลโตเด็กซตริน มาใช้เป็นสารทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น จะต้องนำมอลโตเด็กซตรินไปเตรียมให้อยู่ในรูปของเจลก่อน เช่นเดียวกับคาราจีแนนกัม จึงศึกษาหาความเข้มข้นของเจลของมอลโตเด็กซตริน ที่เหมาะสม ซึ่งพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 53 % มอลโตเด็กซตริน จะเริ่มให้เจลที่มีลักษณะคล้ายไขมันหมู คือ มีสีขาว และค่อนข้างคงตัว (จากการศึกษาเบื้องต้น การเตรียมมอลโตเด็กซตรินที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 53 % จะให้ลักษณะของสารละลายที่ข้นเหลว และใสคล้ายน้ำเชื่อม) ดังนั้นจึงทำการศึกษาเจลของมอลโตเด็กซตริน ที่ระดับความเข้มข้น 53 % ขึ้นไป พบว่า เมื่อความเข้มข้น ของ

มอลโตเด็กซตรินเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดขาดจะสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 14 และ เมื่อนำมาศึกษาลักษณะการผสมเข้ากับเนื้อหมูบด พบว่า แจลที่ระดับความเข้มข้น 56 % เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการแทนที่ไขมัน ดังแสดงในตารางที่ 4.23 และอธิบายได้ตามท้ายตารางที่ 4.23

5.6.2 ศึกษาการแทนที่ไขมันด้วย มอลโตเด็กซตริน และ เพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าว

จากการศึกษา การแทนที่ไขมันด้วยมอลโตเด็กซตริน และเพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าว ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น พบว่า อิทธิพลร่วมของปริมาณ การแทนที่ไขมันด้วยมอลโตเด็กซตรินและปริมาณรำข้าว มีผลต่อค่าแรงตัดขาดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่ทุกระดับของไขมัน เมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้นค่าแรงตัดขาดจะสูงขึ้น อธิบายได้เช่นเดียวกับข้อ 5.4 แต่จะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ มอลโตเด็กซตรินแทนที่ไขมันนี้ มีค่าแรงตัดขาดค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเมื่อพิจารณากราฟรูปที่ 15 จะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยความแข็งแรงของเจลของมอลโตเด็กซตรินจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งอยู่ในสภาพที่ไหลได้ เมื่ออุณหภูมิเพียง 12-15 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิ ในช่วงของการบดผสมเป็นอิมัลชั่นในกระบวนการผลิตไส้กรอก ดังนั้น เมื่อมอลโตเด็กซตริน มีการหลอมเหลวจะแทรกซึมเข้าไปขัดขวาง การเกิดอิมัลชั่นบางส่วน และขัดขวางการยึดเกาะ ของอนุภาคเนื้อไส้กรอก จึงทำให้เนื้อมีลักษณะนิ่มเละ แต่เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นถึง 16 % ค่าแรงตัดขาดจะสูงขึ้น เพราะ มีปริมาณไขมันที่เกิดอิมัลชั่นได้มากขึ้น และไขมันไม่มีลักษณะไหลเยิ้มเหมือนมอลโตเด็กซตริน ที่อุณหภูมิขณะบดผสม นอกจากนี้ในการเกิดอิมัลชั่น โปรตีนซึ่งทำหน้าที่เป็น emulsifier จะล้อมรอบอนุภาคของไขมันไว้ เมื่อผ่านกระบวนการที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น เช่น รมควัน และต้ม โปรตีนจะเกิดการตกตะกอน (coagulate) จับอนุภาคของไขมันไว้ (Pearson and Tauber, 1984) ดังนั้นการมีปริมาณไขมันมากขึ้น เมื่อมีปริมาณโปรตีนที่เหมาะสม จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีแรงต้านต่อการตัดขาดสูงขึ้น ดังกล่าวมาแล้วในข้อ 5.5.2

นอกจากนี้ จะพบว่า ปริมาณการแทนที่ไขมัน ด้วยมอลโตเด็กซตริน และปริมาณรำข้าว มีผลต่อการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และจะเห็นได้ว่าค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเมื่อมอลโตเด็กซตรินได้รับความร้อนจะมีลักษณะข้นเหลวไหลได้ แต่มีความหนืดและเหนียว ดังนั้นถึงแม้จะหลอมเหลวไหลกระจาย

ไปทั่วทั้งผลิตภัณฑ์ แต่จะสูญเสียออกมาได้ยาก และลักษณะที่ข้นหนืดนี้ จะไปดึงส่วนของของเหลวอื่น ๆ ที่จะสูญเสียออกไปเอาไว้ด้วย จึงมีการสูญเสียน้อย แต่เมื่อปริมาณไขมันสูงขึ้นการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกจะสูงขึ้น ดังตารางที่ 4.26 เนื่องจากตามที่กล่าวมาแล้วว่ามอลโตเด็กซตรินจะไปขัดขวางการเกิดอิมัลชั่นบางส่วน ดังนั้นทำให้มีไขมันบางส่วนไม่ถูกยึดเกาะไว้ และไขมันไม่สามารถรวมตัวกับมอลโตเด็กซตรินได้ เพราะในการเตรียมเจลของมอลโตเด็กซตริน จะมีส่วนของน้ำถึง 44 % ซึ่งน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว ไม่รวมตัวกับไขมันที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นไขมันจึงถูกมอลโตเด็กซตริน ยึดเหนี่ยวไว้น้อยกว่าส่วนของน้ำ เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจึงมีการสูญเสียสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาปริมาณรำข้าว จะพบว่าเมื่อรำข้าวเพิ่มขึ้นการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกจะลดลงดังตารางที่ 4.27 ซึ่งอธิบายได้เช่นเดียวกับข้อ 5.4

เมื่อพิจารณาคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ปริมาณการแทนที่ไขมันด้วยมอลโตเด็กซตริน และปริมาณรำข้าว ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะปรากฏ และสี อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งอธิบายได้เช่นเดียวกับข้อ 5.5 สำหรับกลิ่นรส ความชุ่มน้ำ และเนื้อสัมผัส จะมีผลมาจากอิทธิพลร่วมของปริมาณการแทนที่ไขมันด้วยมอลโตเด็กซตริน และปริมาณรำข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาทางด้านกลิ่นรส พบว่า ที่ทุกระดับไขมัน เมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น คะแนนทางด้านกลิ่นรสจะลดลง อธิบายได้เช่นเดียวกับข้อ 5.4 แต่เมื่อปริมาณไขมันสูงขึ้น คะแนนทางด้านกลิ่นรสโดยรวมจะสูงขึ้น เนื่องจากมอลโตเด็กซตรินเป็นแป้งแปรรูป ที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลของแป้งให้มีโมเลกุลเล็กลง และ มีบางส่วนจะอยู่ในลักษณะของน้ำตาล (maltose,glucose) ซึ่งให้รสหวาน ดังนั้นเมื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์ก็จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวานขึ้นด้วย จึงเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันน้อยแต่ใช้มอลโตเด็กซตรินมาก จะมีรสหวานเพิ่มขึ้นจนผู้บริโภคอาจจะยอมรับไม่ได้ แต่เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น การใช้มอลโตเด็กซตรินจะลดลง ซึ่งความหวานจะลดลงไปด้วย การที่มีรสหวานเนียงเล็กน้อยจะทำให้รู้สึกว่ารสชาติกลมกล่อม ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูงขึ้นจึงมีคะแนนทางด้านกลิ่นรสเพิ่มขึ้นด้วย ทางด้านความชุ่มน้ำ พบว่า ที่ทุกระดับไขมัน เมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้นความชุ่มน้ำจะลดลง ซึ่งอธิบายได้เช่นเดียวกับ ข้อ 5.4 แต่ที่แต่ละระดับของรำข้าว 0 % และ 4 % ในทุกระดับไขมัน ความชุ่มน้ำ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากว่า ที่ปริมาณรำข้าว 0 % เมื่อมอลโตเด็กซตริน ที่ใช้แทนที่ไขมันหลอมตัวแล้ว จะกระจายอยู่ทั่ว ๆ ไปในผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกันหมด มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะ

แฉะ จึงทำให้ความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์ในแต่ละระดับไขมัน ไม่แตกต่างกันและเมื่อเติมรำข้าวเข้าไปถึง 4 % รำข้าวจะไปดูดซับ ของเหลวในผลิตภัณฑ์ ไว้ได้มากเนื่องจากมีรำข้าวมาก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะค่อนข้างร่วนไม่เกาะตัวกันมีผลให้ความรู้สึกชุ่มน้ำลดลง แต่ไม่แตกต่างกันในแต่ละระดับไขมัน แต่ว่าเมื่อใช้รำข้าว 2 % จะเห็นได้ว่าที่ระดับไขมัน 10 % ให้ความชุ่มน้ำสูงที่สุด เนื่องจากเป็นระดับไขมันที่ต่ำ ปริมาณมอลโตเด็กซตรินที่ใช้จะสูง เมื่อหลอมเหลวแล้วรำข้าวที่ใส่ไป 2 % จะดูดซับของเหลวได้เพียงส่วนหนึ่ง จึงเหลือส่วนของมอลโตเด็กซตริน ที่หลอมเหลวอยู่สูง ส่งผลให้ความชุ่มน้ำมีค่าสูงกว่าที่ระดับไขมัน 13 และ 16 %

สำหรับคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่าที่ทุกระดับไขมันคะแนนจะลดลง เมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น เนื่องจาก เหตุผลที่มอลโตเด็กซตรินเมื่อหลอมเหลวแล้ว จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแฉะ ดังนั้น เมื่อใส่รำข้าวลงไป รำข้าวจะไปดูดซับของเหลวในผลิตภัณฑ์ ซึ่งโดยธรรมชาติของรำข้าว ที่ดูดซับของเหลวไว้ จะมีลักษณะที่ร่วน และไม่เกาะตัวกัน จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะร่วนและไม่เกาะตัวเช่นกัน คะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสจึงต่ำ และคะแนนจะลดลงเมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น และที่รำข้าวระดับ 2 และ 4 % ในแต่ละระดับไขมันก็ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แต่ที่รำข้าว 0 % เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสจะดีขึ้น เนื่องจากปริมาณไขมันมากขึ้น จะใช้มอลโตเด็กซตรินน้อยลง ส่วนของมอลโตเด็กซตรินที่หลอมเหลวจึงน้อยลง และส่วนของไขมันที่จะเกิดอิมัลชั่นมากขึ้น ประกอบกับไม่มีรำข้าวมาเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส จึงทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น

ทางด้านการยอมรับรวม จากตารางที่ 4.30 และ 4.31 พบว่า ในแต่ละระดับของไขมันมีผลต่อการยอมรับรวมใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันอย่างเห็นเด่นชัด โดยไขมันที่ 10 และ 16 % ไม่แตกต่างกัน และไขมันที่ 13 และ 16 % ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่เมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น การยอมรับของผู้บริโภคจะลดลง ซึ่งมีเหตุผลเช่นเดียวกับคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก โดยเฉพาะการยอมรับรวม และลักษณะเนื้อสัมผัส ทำให้ไม่สามารถคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ใช้มอลโตเด็กซตรินเป็นสารทดแทนไขมัน ที่เหมาะสมออกมาได้ ดังนั้น จึงทำให้การปรับปรุง โดยการนำคาราจีแนนกัมมาใช้ร่วมกับมอลโตเด็กซตริน เพื่อศึกษาคัดเลือกสารทดแทนไขมัน ที่เหมาะสมต่อไป ดังที่อธิบายไว้ท้ายตารางที่ 4.31

5.7 <u>ศึกษาผลของการแทนที่ไขมันด้วย คาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน และ เพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าว ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น</u>

5.7.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม ในการเตรียมเจล ของ คาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน

ในการศึกษาจะใช้ระดับความเข้มข้นของคาราจีแนนกัม 3 % และมอลโตเด็กซตริน 56 % ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ศึกษามาแล้วข้างต้น ว่าเหมาะสมในการนำมาใช้แทนที่ไขมัน โดยอัตราส่วนของคาราจีแนนกัม : มอลโตเด็กซตริน ที่ศึกษามี 3 ระดับ คือ 1:3 1:1 และ 3:1

จากรูปที่ 16 จะเห็นได้ว่า เจลทั้ง 3 อัตราส่วน มีความแข็งแรง ของเจลใกล้เคียงกันมาก โดยเจลที่มีปริมาณของมอลโตเด็กซตรินมากกว่า จะมีความแข็งแรงของเจลต่ำกว่าเล็กน้อย และเมื่อนำไปทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น พบว่าค่าแรงตัดขาด และ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) จึงคัดเลือกอัตราส่วนของ คาราจีแนนกัม : มอลโตเด็กซตริน ที่ระดับ 1:3 ตามเหตุผลที่อธิบายไว้แล้วท้ายตารางที่ 4.33 ซึ่งเมื่อนำเจลที่ได้มาทำการศึกษา ความแข็งแรงของเจลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับ เจลของคาราจีแนนกัม 3 % และ เจลของมอลโตเด็กซตริน 56 % ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 17 พบว่า ความแข็งแรงของเจลของมอลโตเด็กซตริน ลดลงเร็วมาก เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่ในขณะที่ความแข็งแรงของเจล ของคาราจีแนนกัม และ คาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน มีความคงทนต่ออุณหภูมิ ถึง 56 °C และเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงกว่า 56 °C จนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 80 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงที่สุด ที่จะเป็นไปได้ ในกระบวนการผลิตไส้กรอกหมูอิมัลชั่น เจลจะอ่อนตัวลงมาก แต่ก็ยังคงลักษณะของเจลเอาไว้ได้ โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเจลตามอุณหภูมินี้ เจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับเจลของคาราจีแนนกัมมาก ดังนั้นจึงน่าจะให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับคาราจีแนนกัม ในการนำไปใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น

5.7.2 ศึกษาการแทนที่ไขมันด้วยคาราจีแนนกัม กับมอลโตเด็กซตริน และเพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าว

จากการวิเคราะห์ผล ของ การแทนที่ไขมัน ด้วย เจลของคาราจีแนนกัม กับมอลโตเด็กซตริน และเพิ่มปริมาณใยอาหารด้วยรำข้าว ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่น พบว่า ปริมาณการแทนที่ไขมันด้วยเจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน และปริมาณรำข้าวมีผลต่อ ค่าแรงตัดขาด และ การสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 4.36 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมัน 13 % มีค่าแรงตัดขาดสูงที่สุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มี ปริมาณไขมัน 10 และ 16 % ค่าแรงตัดขาด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่การสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณไขมันสูงขึ้น โดยที่ระดับไขมัน 10 และ 13 % ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า การลดปริมาณไขมัน เหลือ 13 % โดยนำเจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน มาแทนที่ไขมันในส่วนที่ลดลงเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่จะให้แรงต้านต่อการตัดขาดสูงที่สุด และการที่ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นถึง 16 % การสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกจะสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อปริมาณไขมันมาก โอกาสที่จะสูญเสียไขมันมีมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันต่ำกว่า ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น และจากตารางที่ 4.37 พบว่า ที่ระดับของรำข้าว 2 % มีค่าแรงตัดขาดสูงที่สุด เนื่องจากจากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า รำข้าวมีสารประเภทเส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ในปริมาณที่สูง ซึ่งจะช่วยไปเสริมการต้านทาน การตัดขาดของผลิตภัณฑ์ ทำให้ค่าแรงตัดขาดสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้รำข้าว แต่ถ้าใช้รำข้าวมากเกินไปถึง 4 % จะทำให้มีปริมาณรำข้าวมากเกินไป กระจายตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งกล่าวมาแล้วว่าการมีรำข้าวมากเกินไป จะทำให้การเกาะตัวกันของผลิตภัณฑ์ลดลง จึงมีผลให้ค่าแรงตัดขาดลดลง และเมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกมีค่าลดลง ซึ่งอธิบายได้เช่นเดียวกับ ข้อ 5.4

เมื่อพิจารณาคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ปริมาณการแทนที่ไขมันด้วยเจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน และ ปริมาณรำข้าว ไม่มีอิทธิพลต่อ ลักษณะปรากฏ และ สีอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งอธิบายได้เช่นเดียวกับข้อ 5.5 สำหรับกลิ่นรส ความชุ่มน้ำ และเนื้อสัมผัส จะมีผลมาจาก อิทธิพลร่วมของปริมาณการแทนที่ไขมันด้วยเจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตรินและปริมาณรำข้าว อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณา ทางด้านกลิ่นรส พบว่า ที่ทุกระดับไขมัน เมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น คะแนน

ทางด้านกลิ่นรสจะลดลง อธิบายได้เช่นเดียวกับข้อ 5.4 แต่เมื่อปริมาณไขมันสูงขึ้น คะแนนทางด้านกลิ่นรส จะสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อไม่ใช้รำข้าวและใช้รำข้าวในระดับ 2 % ซึ่งมีผลมาจากกลิ่นรสของไขมัน ที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวมาแล้ว แต่เมื่อใช้รำข้าวในระดับ 4 % ที่ทุกระดับไขมัน กลิ่นรส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) อาจจะเนื่องมาจากการใช้รำข้าวในปริมาณสูงทำให้กลิ่นรสของรำข้าว ไปรบกวนกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ จนผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ และเมื่อรำข้าวเพิ่มขึ้น ความชุ่มน้ำจะลดลง ซึ่งอธิบายได้เช่นเดียวกับข้อ 5.4 แต่ที่แต่ละระดับของรำข้าว 0 % และ 4 % ในทุกระดับไขมัน ความชุ่มน้ำ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยที่ปริมาณรำข้าว 0 % จะเห็นว่าเจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน มีความเหมาะสมที่จะใช้แทนที่ไขมัน เพราะเมื่อลดปริมาณของไขมันลง แล้วนำเจลของคาาจีแนนกัมและมอลโตเด็กซตรินมาแทนที่ ผลของความชุ่มน้ำ ที่ได้ไม่แตกต่างกัน และมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ที่สูง(7.57-7.71 คะแนน) ดังแสดงในตารางที่ 4.38 แต่เมื่อใช้รำข้าวในระดับ 4 % จะพบว่า ความชุ่มน้ำต่ำมาก และไม่แตกต่างกันในแต่ละระดับไขมัน เนื่องจากปริมาณน้ำที่รำข้าวสามารถดูดซับได้ในผลิตภัณฑ์มีปริมาณที่เท่ากัน เพราะน้ำส่วนที่เหลือที่เติมเข้าไป จะไปรวมอยู่ในเจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน เช่นเดียวกับในข้อ 5.5 สำหรับการใช้รำข้าวในระดับ 2 % พบว่า ที่ปริมาณไขมัน 10 และ 13 % ความชุ่มน้ำ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่เมื่อใช้ไขมัน 16 % จะมีความชุ่มน้ำลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน สามารถให้ความชุ่มน้ำได้ดีกว่าไขมันหมู ดังนั้น ถ้าผลิตภัณฑ์มีไขมันหมูมากก็จะใช้เจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตรินน้อย ทำให้ความรู้สึกชุ่มน้ำต่ำกว่า นอกจากนี้การที่ผลิตภัณฑ์ที่มีระดับไขมัน 16 % มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก สูงกว่าที่ระดับไขมัน 10 และ 13 % ดังแสดงในตารางที่ 4.36 จึงเป็นผลให้มีการสูญเสียสารพวกน้ำและไขมัน ซึ่งมีหน้าที่ให้ความชุ่มน้ำ ดังนั้น ความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์จึงลดลง สำหรับทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ที่ทุกระดับไขมัน คะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสจะลดลงเมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น เนื่องจากเจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน เมื่อใช้แทนที่ไขมัน โดยไม่ใช้รำข้าว จะให้เนื้อสัมผัสที่ดีมาก เนื้อผลิตภัณฑ์เกาะตัวกันดี แต่เมื่อเพิ่มปริมาณรำข้าวเข้าไป จะไปขัดขวางการเกาะตัวกันทำให้คะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสลดลง จนกระทั่งเพิ่มรำข้าวถึง 4 % เนื้อสัมผัสจะมีลักษณะที่ค่อนข้างร่วนไม่เกาะติดกัน ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ แต่ที่ทุกระดับของปริมาณ

รำข้าว 2 % ระดับไขมัน 10 และ 13 % เนื้อสัมผัสจะดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีระดับไขมัน 16 % แสดงให้เห็นว่า เจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน ให้เนื้อสัมผัสที่ดีกว่าไขมันปกติ เพราะถ้าใช้ไขมันปริมาณน้อย แสดงว่าใช้ เจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน เพื่อแทนที่ไขมันในปริมาณมาก และจะมีไขมันบางส่วนสูญเสียไป ในระหว่างกระบวนการทำให้สุกด้วย ในขณะที่ เจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตรินจะสูญเสียยากกว่า เพราะเกิดเป็นโครงสร้างของเจลเมตริกแล้ว ส่วนที่ระดับรำข้าว 2 % พบว่าที่ระดับไขมัน 13 % จะให้คะแนนทางเนื้อสัมผัสสูงที่สุด อาจเป็นเพราะมีปริมาณไขมัน รำข้าว และ เจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตรินที่เหมาะสม สำหรับที่ระดับรำข้าว 4 % ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมัน 10 และ 13 % ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่ที่ระดับไขมัน 16 % จะได้คะแนนต่ำที่สุด เนื่องจากรำข้าวและเจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตรินมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อผลิตภัณฑ์ใช้ปริมาณไขมันที่ต่ำ จะต้องใช้เจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตรินที่สูง ประกอบกับใช้รำข้าวถึง 4 % ทำให้ไม่เห็นความแตกต่างที่ระดับไขมัน 10 และ 13 % แต่ที่ระดับไขมัน 16 % ปริมาณไขมันจะเพิ่มขึ้น แต่เจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตรินลดลง ซึ่งรำข้าวบางส่วนจะดูดซับไขมันไว้ และไขมันบางส่วนจะสูญเสียไป ซึ่งมีผลทำให้ลักษณะทางเนื้อสัมผัสด้อยลง

เมื่อพิจารณาทางด้านการยอมรับรวม พบว่า มีอิทธิพลมาจากปริมาณการแทนที่ไขมันด้วย เจลของคาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน และปริมาณรำข้าว อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 4.40 พบว่า ที่ระดับไขมัน 13 % จะมีคะแนนการยอมรับรวมสูงที่สุด รองลงมาคือที่ระดับไขมัน 10 และ 16 % ตามลำดับ และจากตารางที่ 4.41 พบว่าเมื่อปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้น การยอมรับรวมจะลดลง ซึ่งผลที่ได้นี้ อธิบายได้ตามเหตุผลของคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

จากผลการวิเคราะห์ จึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ใช้ เจลของ คาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตรินเป็นสารทดแทนไขมันใน 2 ผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ประเภทที่ไม่ใช้รำข้าว คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีระดับไขมัน 13 % และ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้รำข้าว คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีระดับไขมัน 13 % รำข้าว 2 % ตามที่อธิบายไว้ท้ายตารางที่ 4.41

5.8 ศึกษา ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำ จากผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการศึกษาในผลการทดลอง ข้อ 4.4 ถึง 4.7 เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

จากการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ ที่ใช้สารทดแทนไขมันต่าง ๆ กัน จะได้ผลิตภัณฑ์ออกมาทั้งหมด 6 ชนิด เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทที่ไม่ใช้รำข้าว 3 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำแทนที่ไขมัน มีปริมาณไขมัน 16 % (น้ำ 16(0)) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัม มีปริมาณไขมัน 16 % (กัม 16(0)) และ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัมร่วมกับมอลโตเด็กซตริน มีปริมาณไขมัน 13 % (กัมะมอลโตเด็กซตริน 13(0)) และ ผลิตภัณฑ์ประเภทที่ใช้รำข้าว โดยใช้รำข้าว 2 % มี 3 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำแทนที่ไขมัน มีปริมาณไขมัน 13 % (น้ำ 13(2)) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัม มีปริมาณไขมัน 10 % (กัม 10(2)) และ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ คาราจีแนนกัม ร่วมกับมอลโตเด็กซตริน มีปริมาณไขมัน 13 % (กัมะมอลโตเด็กซตริน 13(2)) เมื่อนำมาวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 ชนิด มีปริมาณ โปรตีนและเถ้าใกล้เคียงกัน เนื่องจาก ตัวแปรของแต่ละผลิตภัณฑ์ ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีน และเถ้า แต่จะมีผลต่อ ปริมาณไขมัน ความชื้น เส้นใย และ คาร์โบไฮเดรต โดยผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันที่เติมในสูตรสูงก็จะส่งผลให้ปริมาณไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์สูงตามไปด้วย สำหรับปริมาณความชื้น ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำแทนที่ไขมัน จะมีความชื้นสูง เพราะ ความชื้น ก็คือปริมาณน้ำที่มีในผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อพิจารณา ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 16(0) และน้ำ 13(2) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 16(0) มีความชื้นมากกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 13(2) ซึ่งความจริงแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันน้อยจะมีการใช้น้ำในการแทนที่ไขมันสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง ดังนั้น ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าน่าจะสูงกว่า แต่ที่ผลการทดลองไม่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 13(2) มีการเติมรำข้าวเข้าไปในสูตร 2 % ดังนั้น ทำให้น้ำหนักรวมของสูตรเพิ่มขึ้นจากสูตรปกติ 2 % และรำข้าวมีความชื้นน้อย ดังนั้น เมื่อคิดคำนวณเป็นเปอร์เซนต์ของปริมาณความชื้น ในผลิตภัณฑ์จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้รำข้าว มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า ซึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ใช้กัมะมอลโตเด็กซตริน 13(0) และกัมะมอลโตเด็กซตริน 13(2) ก็อธิบายได้เช่นเดียวกัน แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้กัม 10(2) จะมีปริมาณความชื้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้กัม 16(0) เนื่องจากมีปริมาณไขมันที่แตกต่างกันมาก โดยผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันน้อยจะมีปริมาณน้ำมากกว่า เพราะว่าเจลของกัมที่ใช้ในการแทนที่ไขมันมีปริมาณกัมเพียง 3 % และมีน้ำถึง 97 % และ เมื่อเปรียบเทียบความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ใช้

สารทดแทนไขมันต่าง ๆ กัน สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้รำข้าว พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 16(0) และกัม 16(0) มีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีปริมาณไขมันเท่ากัน ดังนั้นการใช้สารทดแทนไขมันจะเท่ากัน โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้กัม 16(0) ความชื้นจะต่ำกว่าเล็กน้อย เนื่องจากเจลของกัมที่ใช้มีส่วนของกัมอยู่ 3 % ดังที่กล่าวมาแล้ว ทำให้ปริมาณน้ำของเจลของคาราจีแนนกัมที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันน้อยกว่าการใช้น้ำทดแทนไขมัน แต่การใช้กัมะมอลโตเด็กซตริน 13(0) ซึ่งมีปริมาณไขมันต่ำ และใช้สารทดแทนไขมันสูงกว่า แต่ว่ามีปริมาณความชื้นน้อยกว่า เนื่องจากการเตรียมเจลของกัมกับมอลโตเด็กซตริน จะต้องใช้มอลโตเด็กซตรินถึง 56 % และกัม 3 % ทำให้มีส่วนที่เป็นน้ำน้อยกว่าการใช้เจลของกัม 3 % หรือการใช้น้ำ จึงทำให้ปริมาณความชื้นที่ได้มีค่าต่ำกว่า ส่วนในผลิตภัณฑ์ที่ใช้รำข้าวก็อธิบายได้เช่นเดียวกัน และจากการที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กัม 10(2) มีความชื้นสูงที่สุด เนื่องจาก มีปริมาณไขมันน้อยและใช้เจลของกัม 3 % ทดแทนไขมันในปริมาณที่มาก

สำหรับปริมาณของเส้นใย พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้รำข้าว มีปริมาณเส้นใยสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้รำข้าว เนื่องจากรำข้าวเป็นแหล่งของใยอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ส่วนปริมาณของ คาร์โบไฮเดรต พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ มอลโตเด็กซตริน จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง เพราะมอลโตเด็กซตริน เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต และนอกจากนี้ยังพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้รำข้าวมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้รำข้าว เนื่องจากว่าในรำข้าว มีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงพอสมควร ดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่ารำข้าว มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต ถึง 42.85 %

5.8.1 ศึกษาคัดเลือก ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำ ประเภทที่ไม่ใช้รำข้าว เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

เมื่อพิจารณา คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทางด้าน ความชอบรวม ในตารางที่ 4.43 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนสูงที่สุดคือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ กัมะมอลโตเด็กซตริน 13(0) ซึ่งมีคะแนนไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แสดงว่าเจลของกัมะมอลโตเด็กซตริน มีสมบัติที่เหมาะสมในการแทนที่ไขมัน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 16(0) จะมีคะแนนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้กัม 16(0) เนื่องจาก เจลของคาราจีแนนกัมสามารถให้ลักษณะ ที่คล้ายคลึงกับไขมันได้ดีกว่าน้ำ จึงมีสมบัติในการแทนที่ไขมันได้ดีกว่าน้ำ ผู้บริโภคจึงรู้สึกชอบมากกว่า และเมื่อพิจารณาปริมาณพลังงานใน ตารางที่ 4.44 พบว่า

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กัม:มอลโตเด็กซตริน 13(0) มีปริมาณพลังงานต่ำที่สุด เพราะปริมาณไขมันที่ใช้น้อยที่สุด ซึ่งโดยปกติแล้วไขมันจะให้พลังงานถึง 9 แคลอรี่ต่อกรัม (Martin, 1985) และ การที่ปริมาณพลังงานของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ น้ำ 16(0) และใช้กัม 16(0) ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากคาราจีแนนกัมให้พลังงานต่ำมาก (ประมาณ 0.04 แคลอรี่ต่อกรัม) และในการนำมาใช้เตรียมเจล ใช้เพียง 3 % ดังนั้น พลังงานจึงลดต่ำลงไปอีก

สำหรับทางด้านต้นทุนของวัตถุดิบ พบว่า ผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีต้นทุนสูงที่สุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 16(0) มีต้นทุนต่ำที่สุด เนื่องจากน้ำมีราคาถูกที่สุด คือ 2 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ไขมันหมูราคา 30 บาท ต่อกิโลกรัม และในสูตรต้นแบบใช้ไขมันหมูถึง 27.27 % โดยใช้ในลักษณะไขมันหมูล้วน ซึ่งต่างจาก กัมและมอลโตเด็กซตริน ที่ต้องนำไปเตรียมเป็นเจลก่อน ปริมาณที่ใช้จริงๆ จึงไม่ถึง 100 % โดยราคาของเจลของคาราจีแนนกัม ประมาณ 27 บาทต่อกิโลกรัม และ ราคาของเจลของกัมกับมอลโตเด็กซตริน ประมาณ 20 บาทต่อกิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ข้อมูล จึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์ประเภทที่ไม่ใช้รำข้าวที่เหมาะสมที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมัน 13 % และใช้คาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตรินเป็นสารทดแทนไขมันในส่วนที่ลดลงจากสูตรต้นแบบดังที่อธิบายไว้ท้ายตารางที่ 4.45

5.8.2 ศึกษาคัดเลือก ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำ ประเภทที่ใช้รำข้าวเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

จากตารางที่ 4.46 ซึ่งแสดงคะแนนของ การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทางด้านความชอบรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัม 10(2) มีคะแนนไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แสดงว่าเจลของคาราจีแนนกัม มีสมบัติที่เหมาะสมในการแทนที่ไขมันเมื่อใช้ร่วมกับรำข้าว ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กัม:มอลโตเด็กซตริน 13(2) จะมีคะแนนสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 13(2) เนื่องจาก เจลของกัมกับมอลโตเด็กซตรินมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับไขมันมากกว่าน้ำ จึงแทนที่ไขมันได้ดีกว่าน้ำ และเมื่อพิจารณาปริมาณพลังงานในตารางที่ 4.47 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัม 10(2) มีปริมาณพลังงานต่ำที่สุด รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 13(2) แต่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กัม:มอลโตเด็กซตริน 13(2) มีพลังงานสูงกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 13(2) ทั้งที่มีปริมาณไขมันเท่ากัน เนื่องจากว่ามอลโตเด็กซตริน เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต จึงให้พลังงานเท่ากับคาร์โบไฮเดรต คือ

4 แคลอรี่ต่อกรัม (Martin, 1985) แต่ในการนำมาใช้ ก็จะมีการนำมาเตรียมเป็นเจล ค่าพลังงานที่ให้จริง ๆ จึงลดลงไปอีก แต่ก็ให้พลังงานสูงกว่าน้ำซึ่งไม่ให้พลังงานเลย

สำหรับทางด้านต้นทุนของวัตถุดิบ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 13(2) ให้ต้นทุนต่ำที่สุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ต้นแบบให้ต้นทุนสูงที่สุด และผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัม 10(2) ให้ต้นทุนสูงรองลงมาจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบ แต่เมื่อพิจารณาคัดเลือกผลิตภัณฑ์แล้ว พบว่าผลิตภัณฑ์ประเภทที่ใช้รำข้าวที่เหมาะสมที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน 10 % (รำข้าว 2%) และใช้คาราจีแนนกัมในการแทนที่ไขมันในส่วนที่ลดลงจากสูตรต้นแบบ ดังที่อธิบายไว้ท้ายตารางที่ 4.48

ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกได้ จะมีต้นทุนของวัตถุดิบสูงกว่าบางผลิตภัณฑ์ แต่ในแง่ของทางการค้าแล้ว กลุ่มของผู้บริโภค ที่จะเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ประเภทแคลอรี่ต่ำรับประทานมักจะเป็นผู้ที่มีฐานะทางเศรษฐกิจดี ดังนั้น การบริโภคอาหารของบุคคลกลุ่มนี้ มักจะไม่คำนึงถึงด้านราคาเป็นสำคัญ แต่จะคำนึงถึงทางด้านอื่น ๆ ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของแต่ละบุคคล เช่น ความอร่อย และสุขภาพ เป็นต้น

5.9 <u>วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และ ปริมาณพลังงานของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกได้ จากผลการทดลองข้อ 4.8.1 และ 4.8.2 เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด 2 ชนิด</u>

จากตารางที่ 4.49 และ 4.50 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณโปรตีน และไขมัน ซึ่งเป็นสารให้พลังงาน ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์จากท้องตลาด แต่ปริมาณ ของคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า โดยในผลิตภัณฑ์ที่ใช้กัม: มอลโตเด็กซตริน 13(0) อธิบายได้ว่า มอลโตเด็กซตรินเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต ดังที่กล่าวมาแล้ว แต่สำหรับในผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัม 10(2) สาเหตุที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด อาจจะเนื่องจาก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้รำข้าว และรำข้าว ที่เติมลงไปมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตค่อนข้างสูง (42.85 %) จึงส่งผลให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรต ที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูง แต่ก็มีผลกระทบต่อค่าพลังงานน้อยมาก ดังแสดงในตารางที่ 4.50 ซึ่งผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำ จะให้พลังงานที่ต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัม 10(2) และเมื่อพิจารณาปริมาณใยอาหารที่เติมลงไป ในรูปของรำข้าว ในตารางที่ 4.49 จะพบว่า รำข้าวมีผลทำให้ปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมรำข้าว เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเมื่อพิจารณาในรูปของใยอาหารรวม จะพบว่าใยอาหารรวม ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้รำข้าว เพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้รำข้าว ประมาณ

1.3 - 1.4 กรัมต่อ 100 กรัม แต่เมื่อพิจารณาว่า ถ้านำไส้กรอกที่ไม่ใช้รำข้าวไปบริโภคกับผัก เช่น ผักกาดหอม ซึ่งมีใยอาหารรวม 1.8 กรัมต่อ 100 กรัม (ประภาศรี ภูวเสถียร และคณะ , 2533) จะเห็นได้ว่า ถ้าต้องการใยอาหารรวมจากผักกาดหอมประมาณ 1.4 กรัม จะต้องบริโภคผักกาดหอมประมาณ 77 กรัม ซึ่งผักกาดหอมมีน้ำหนักเบา การรับประทานถึง 77 กรัม เพื่อให้ได้ใยอาหารรวม เท่ากับไส้กรอกที่ใช้รำข้าว 100 กรัม ก็จะต้องรับประทานเป็นจำนวนมาก และผักเป็นอาหารที่ เสื่อมเสียได้ง่ายกว่า ผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์แปรรูป นอกจากนี้ในสภาวะสังคมที่เร่งรีบในปัจจุบัน การจัดเตรียมอาหารเพียงอย่างเดียวแล้วได้สิ่งที่ร่างกายต้องการก็นับว่าเป็นสิ่งที่สะดวก และยังเหมาะสมกับผู้ที่ไม่ชอบบริโภคผักอีกด้วย แต่สิ่งที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้รำข้าว จะด้อยไปกว่าการรับประทานผัก ก็คือ ในผักจะมีวิตามินและเกลือแร่บางชนิดที่ในรำข้าวไม่มี แต่ถึงแม้ว่าในแง่ของคุณค่าทางอาหารรำข้าวจะให้ผลที่ด้อยในบางส่วน แต่รำข้าวก็เป็นสิ่งที่ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำ โดยจะเห็นได้ว่า ในผลิตภัณฑ์ที่ใช้รำข้าวสามารถลดปริมาณไขมันในไส้กรอกให้เหลือเพียง 10 % นอกจากนี้จากตารางที่ 4.51 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นที่คัดเลือกได้ มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

5.10 <u>ศึกษาอายุการเก็บ ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และ ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม ที่คัดเลือกได้จากผลการทดลองข้อ 4.8.1 และ 4.8.2</u>

การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ต้นแบบและผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำ 2 ชนิด ที่คัดเลือกได้ คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมัน 13 % โดยใช้คาราจีแนนกัมและมอลโตเด็กซตรินเป็นสารทดแทนไขมัน และ ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมัน 10 % รำข้าว 2 % โดยใช้คาราจีแนนกัมเป็นสารทดแทนไขมัน ทำโดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง Nylon/PE ที่ภาวะสุญญากาศ เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 °C ระหว่างเก็บสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ค่าแรงตัดขาด ปริมาณความชื้น ทดสอบทางประสาทสัมผัส และการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ โดยวิเคราะห์ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.52 ถึง 4.57

เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ในตารางที่ 4.52 พบว่า ผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีลักษณะทั่วไปปกติ จนถึงระยะเวลาเก็บที่ 12 วัน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู

อิมัลชั่น แคลอรี่ต่ำทั้ง 2 ชนิด มีลักษณะปกติถึงวันที่ 9 และ เมื่อระยะเวลาเก็บมากขึ้น ลักษณะทางกายภาพของไส้กรอก จะเริ่มผิดปกติมากขึ้น คือมีเมือกลื่นมาก ผิวไส้กรอกมีสีออกเขียว มีราขึ้น และมีการสูญเสียน้ำบางส่วนออกมาที่ผิว ทำให้ผิวไส้กรอกชื้น และมีน้ำสีขาวขุ่น ในภาชนะบรรจุ และจากตารางที่ 4.53 จะพบว่า ผลิตภัณฑ์ต้นแบบและผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน 13(0) เมื่อระยะเวลาเก็บมากขึ้นค่าแรงตัดขาดจะเพิ่มขึ้นในขณะที่ ปริมาณความชื้นลดลง ซึ่งเป็นผลการทดลองที่สอดคล้องกับ ลักษณะทางกายภาพที่กล่าวมาแล้วข้างต้น คือ จะพบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บมากขึ้น จะมีน้ำบางส่วนในผลิตภัณฑ์สูญเสียออกมา เนื่องจากผลของการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งจะทำให้ ความเป็นกรดด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป จนมีผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ(water holding capacity) ของโปรตีนเปลี่ยนไป นอกจากนี้ การบรรจุในภาวะสุญญากาศ มีผลให้ความดันที่ผิวของไส้กรอกต่ำกว่าความดันภายในเนื้อไส้กรอก ทำให้น้ำบางส่วนในผลิตภัณฑ์สูญเสียออกมา ซึ่งถ้าโมเลกุลของน้ำ สามารถผ่านภาชนะบรรจุออกมาได้ ก็จะระเหยออกไป แต่ภาชนะบรรจุที่ใช้ในการเก็บรักษานี้ คือ Nylon/PE ซึ่ง Nylon จะมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซต่ำ และ PE (Polyethylene) จะมีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ (moisture barrier) ที่ดีมาก ดังนั้น น้ำที่สูญเสียออกมาจึงปรากฏให้เห็นในภาชนะบรรจุ และเมื่อน้ำสูญเสียออกมาจะมีผลทำให้ เนื้อของผลิตภัณฑ์แน่นขึ้น ค่าแรงตัดขาดจึงสูงขึ้น แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัม 10(2) จะพบว่า ปริมาณความชื้น ค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากว่า ผลิตภัณฑ์นี้มีรำข้าวเป็นส่วนประกอบ ซึ่งกล่าวมาแล้วข้างต้นว่ารำข้าวมีสมบัติช่วยในการอุ้มน้ำและป้องกันการสูญเสียน้ำในผลิตภัณฑ์ จึงทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ มีการสูญเสียในระหว่างการเก็บรักษาน้อย ซึ่งส่งผลให้ ค่าแรงตัดขาดค่อนข้างคงที่ ตลอดช่วงของระยะเวลาที่ศึกษาด้วย

และเมื่อพิจารณา ผลของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในตารางที่ 4.55 พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บมากขึ้น คะแนนจะมีแนวโน้มลดลง โดยผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ระยะเวลาการเก็บ 15 วัน คะแนน ทางด้านลักษณะปรากฏ และสีจะลดต่ำลง จากระยะเวลาเก็บ ในช่วงแรก อย่างมาก โดยมีคะแนนแตกต่างจากช่วง 0 ถึง 12 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีอายุการเก็บ มากกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำทั้ง 2 ชนิด และเมื่อพิจารณาคะแนนทางด้านกลิ่นรสและความชุ่มน้ำ ที่ระยะเวลาเก็บ 9 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์

ทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p > 0.05$) ในขณะที่ลักษณะทางเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จะมีคะแนนสูงที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะทางกายภาพมีแนวโน้มว่า คะแนนของผลิตภัณฑ์ต้นแบบในวันที่ 12 จะยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่สูง แต่เหตุที่ไม่ได้ให้ผู้ทดสอบชิม เนื่องจากว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำ ทั้ง 2 ชนิด มีลักษณะปรากฏที่ยอมรับไม่ได้ ถ้าให้ชิมร่วมกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เช่นเดียวกับระยะเวลาเก็บก่อนวันที่ 12 ผู้บริโภคจะมีความรู้สึกที่เบี่ยงเบนไป ทำให้คะแนนผิดพลาดจากความเป็นจริงได้

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ในตารางที่ 4.57 พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น เนื่องจากในระหว่างการบรรจุไส้กรอกซึ่งผ่านกระบวนการให้ความร้อนมาแล้ว ใส่ในถุงพลาสติก เพื่อศึกษาอายุการเก็บ จุลินทรีย์อาจจะปนเปื้อนเข้าไปในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์เริ่มต้นมีเชื้อจุลินทรีย์จำนวนหนึ่ง และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปเก็บไว้ ที่อุณหภูมิ 4 °C จุลินทรีย์บางชนิด เช่น *Bacillus spp.*, *Enterococcus spp.* และ *Pediococcus spp.* เป็นต้น (Chyr,1980) จะเพิ่มจำนวนขึ้น ซึ่งมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น แฮม จะยอมให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ถึง 10^5 โคโลนี/กรัม ถ้าสูงกว่านี้จะถือว่าผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสมที่จะนำมาบริโภค (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม,2532) ดังนั้น อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ต้นแบบจะเก็บได้ถึงวันที่ 12 ซึ่งมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 9.00×10^4 โคโลนี/กรัม ในขณะที่วันที่ 15 ปริมาณจุลิทนทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 4.12×10^6 โคโลนี /กรัม ซึ่งเกินมาตรฐาน และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำทั้ง 2 ชนิด จะเก็บได้ถึงวันที่ 9 ซึ่งมี ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ประมาณ 8.00×10^4 ถึง 9.02×10^4 โคโลนี/กรัม โดยในวันที่ 12 ปริมาณจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเป็น 9.17×10^5 ถึง 2.50×10^6 โคโลนี/กรัม ซึ่งเกินมาตรฐาน ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ ลักษณะทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสดังกล่าวมาแล้วด้วย และเมื่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 10^7 เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพ พบว่า จะเริ่มมีสีเขียวและเกิดเมือก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของจิระศักดิ์ วังวิวัฒน์ (2528) ที่รายงานว่า ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เมื่อเริ่มมีสีเขียวและเกิดเมือก ส่วนใหญ่จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง $10^7 - 10^8$ โคโลนี/กรัม โดยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดเมือกจะเป็น พวก *Microbacterium spp.* และยีสต์ (Drake และคณะ, 1958) และการเกิดสีเขียว (greening discoloration)

เนื่องจาก เชื้อ *Streptococcus faccium* ,*S. faecalis*, *Leuconostoc spp.*, *Pediococcus spp.* (Evan , 1960)

จากการที่ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ มีอายุการเก็บนานที่สุด อาจเนื่องมาจาก เมื่อพิจารณาที่ปริมาณความชื้น จะพบว่า ผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด ซึ่งจะทำให้มีค่า Aw ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์อีก 2 ชนิด ที่มีปริมาณความชื้นสูงกว่า ดังนั้นจุลินทรีย์จึงเจริญได้น้อยกว่า แต่ที่ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำทั้ง 2 ชนิด มีจำนวนจุลินทรีย์ใกล้เคียงกัน ทั้งที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัม 10(2) มีความชื้นสูงกว่า เป็นเพราะผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาราจีแนนกัมกับมอลโตเด็กซตริน 13(0) มีมอลโตเด็กซตรินซึ่งเป็นสารพวกคาร์โบไฮเดรตเพิ่มเข้าไปในส่วนผสม ซึ่งสามารถเป็นอาหารให้จุลินทรีย์ได้

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูอิมัลชั่นแคลอรี่ต่ำทั้ง 2 ชนิด ที่ผลิตได้จึงมีอายุการเก็บต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย