บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ผลิตภัณฑ์แกงส้มกุ้งผักรวมสำเร็จรูปแช่แข็ง

5.1.1 วิธีการเตรียมวัตถุดิบที่เหมาะสมเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์แกงส้มกุ้งผักรวมสำเร็จรูปแช่แข็ง

5.1.1.1 กุ้ง

ขั้นตอนนี้ศึกษาวิธีการลวก 3 วิธีคือ ใช้น้ำ ไอน้ำ และไมโครเวฟ ในการทำให้กุ้งสุก มีสีสวยและมีเนื้อสัมผัสดี การใช้น้ำ แปรอุณหภูมิ 3 ระดับคือ 80 90 และ 100 °C ใช้เวลา 1 2 และ 3 นาที การใช้ไอน้ำแปรเวลา 3 ระดับคือ 1 2 และ 3 นาที ส่วนการใช้ไมโครเวฟใช้เวลา 30 45 60 และ 90 วินาที

จากตารางที่ 4.1 แสดงค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ของการลวกกุ้งด้วยน้ำที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน รวมทั้งการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดังกล่าวพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการลวกมีผลต่อค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ของกุ้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิหรือเวลาในการลวกเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss เพิ่มขึ้น ส่วนค่า Thawing Loss ของกุ้งจะลดลง และจากตารางที่ 4.2-4.4 แสดงค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการลวกมีผลต่อคะแนนด้านสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้ง ในขณะที่อุณหภูมิและเวลาในการลวกมีผลต่อคะแนนการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการลวกเพิ่มขึ้น คะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการลวกน้อย กุ้งมีสีซีดและเนื้อสัมผัสนิ่มเละ เนื่องจากความร้อนที่ให้ต่ำเกินไป ทำให้โครงสร้างของโปรตีนกล้ามเนื้อและรงควัตถุเชิงซ้อนของแคโรทีนอยด์เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น กุ้งที่ได้ มีสีสวยขึ้น และเนื้อสัมผัสแน่นมากขึ้นด้วย เนื่องจากโปรตีนกล้ามเนื้อมีการแข็งตัวมากขึ้นและแคโรทีนอยด์เปลี่ยนเป็นแอสตาแซนทีนที่มีสีชมพูอมส้มมากขึ้น นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิหรือเวลาในการลวกอย่างใดอย่างหนึ่งเพิ่มขึ้น คะแนนการยอมรับรวมก็จะสูงขึ้นด้วย เช่นเดียวกับการลวกด้วยไอน้ำและไมโครเวฟ ซึ่งแสดงผลของค่า Cooking Loss และ Thawing Loss รวมทั้งค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตามตารางที่ 4.5-4.8 พบว่า เวลาในการลวกกุ้งมีผลต่อค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ของกุ้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ เมื่อเวลาในการลวกเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า Thawing Loss ลดลง เพราะโปรตีนแปรสภาพในช่วงของการลวกจนกระทั่งคงตัวทำให้การสูญเสียน้ำลดลงเมื่อละลาย ส่วนค่าการประเมินคุณภาพทางประสาท

สัมผัสพบว่า เวลาในการลวกกุ้งด้วยไอน้ำและไมโครเวฟมีผลต่อค่าดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในการลวกด้วยไอน้ำ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นค่า Cooking Loss เพิ่มขึ้น ส่วนค่า Thawing Loss ลดลง นอกจากนี้เวลาในการลวกกุ้งด้วยไอน้ำและไมโครเวฟยังมีผลต่อค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)ด้วย โดยเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น คะแนนด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมจะเพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาเพิ่มจาก 2 เป็น 3 นาที ค่าต่างๆดังกล่าวจะเริ่มลดลง เนื่องจากกุ้งมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้างมากขึ้น ส่วนการลวกด้วยไมโครเวฟ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น คะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏมีแนวโน้มลดลงคือ มีค่าสูงเมื่อลวกนาน 30 และ 45 วินาที และเมื่อลวกนานขึ้นเป็น 60 และ 90 วินาที คะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก การถ่ายเทความร้อนของไมโครเวฟเกิดจากภายในสู่ภายนอกอย่างรวดเร็ว และมีความชื้นในสภาวะของการลวกที่ต่ำกว่าการลวกด้วยน้ำและไอน้ำ ทำให้โปรตีนในกุ้งหดตัวมากและสูญเสียน้ำได้ง่าย ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของกุ้งมีความแข็งกระด้างมากขึ้น ดังนั้น คะแนนด้านการยอมรับและลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้งที่ลวกด้วยไมโครเวฟจึงมีค่าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

จากแนวโน้มของค่า Cooking Loss ค่า Thawing Loss และคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งที่ลวกด้วยวิธีการต่างๆตามสภาวะที่ศึกษา พบว่า เมื่อลวกกุ้งด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิคงที่ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า Thawing Loss ลดลง ส่วนคะแนนทางประสาทสัมผัสจะสูงขึ้น และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพบว่า ค่า Cooking Loss เพิ่มขึ้น ค่า Thawing Loss ลดลงมากขึ้น และคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงขึ้น แต่เริ่มมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 100 °C 2 หรือ 3 นาที และแม้ว่าที่อุณหภูมิ 80 °C 1 นาที จะมีค่า Cooking Loss ต่ำสุด แต่ก็มีค่า Thawing Loss สูง รวมทั้งคะแนนทางประสาทสัมผัสก็ต่ำที่สุดด้วย จึงพิจารณาที่ 90 °C 1 นาที และ 100 °C 1นาที ซึ่งให้ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ที่ไม่ต่างกัน ($p > 0.05$) พบว่า คะแนนทางประสาทสัมผัสที่ 100 °C 1 นาที ดีกว่าที่ 90 °C 1 นาที มาก จึงเลือกที่อุณหภูมิ 100 °C 1 นาที ไว้พิจารณาต่อไป และเมื่อพิจารณาค่า Thawing Loss พบว่าที่ 100 °C 3 นาที มีค่าต่ำสุด แต่ก็ให้ค่า Cooking Loss สูงที่สุด จึงเลือกพิจารณาที่ 90 °C 2 หรือ 3 นาที ซึ่งแม้ค่า Cooking Loss ของการลวกกุ้งด้วยน้ำที่ 90 °C 3 นาที จะสูงกว่าเล็กน้อย แต่ค่า Thawing Loss ของทั้ง 2 สภาวะ ไม่แตกต่างกัน รวมทั้งคะแนนทางประสาทสัมผัสของกุ้งที่ 90 °C 3 นาที ดีกว่าที่ 90 °C 2 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จึงเลือกสภาวะในการลวกกุ้งด้วยน้ำที่ 90 °C 3 นาที ไว้พิจารณาด้วย

ส่วนการลวกด้วยไอน้ำ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss สูงขึ้น แต่ค่า Thawing Loss ลดลง ในขณะที่ค่าการประเมินทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงสุดที่เวลา 2 นาที จึงใช้การลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 2 นาที แม้จะมีค่า Cooking Loss สูงกว่าที่ 1 นาทีเล็กน้อย แต่ค่า Thawing Loss ไม่ต่างกัน ($p > 0.05$) และมีคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงกว่าที่ 1 นาทีมาก

การลวกกุ้งด้วยไมโครเวฟ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss สูงขึ้น ส่วนค่า Thawing Loss ลดลง ซึ่งเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนกว่าเมื่อลวกด้วยวิธีการใช้น้ำและไอน้ำ รวมทั้งคะแนนทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มลดลงชัดเจนเมื่อใช้เวลาลวกนานขึ้น เนื่องจากกุ้งที่ได้มีลักษณะตัวที่ฉีกขาด หดตัวค่อนข้างมาก และเนื้อสัมผัสที่ได้แข็งกระด้างกว่า ดังนั้น ในการลวกกุ้งด้วยไมโครเวฟ จึงใช้เวลา 30 วินาที เพื่อให้ได้กุ้งที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสที่ดี ซึ่งลักษณะต่างๆที่กล่าวมาเกิดจากการให้ความร้อนในการลวกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของกุ้งคือ ทำให้โปรตีนคอลลาเจนเปลี่ยนเป็นเจลาตินและโปรตีนกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวมากขึ้นเนื่องจากความร้อน จึงเกิดการสูญเสียน้ำภายในตัวกุ้งออกสู่ภายนอก จะมากหรือน้อยขึ้นกับอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน คือถ้าใช้อุณหภูมิและเวลาในการลวกสูง การหดรัดตัวและแข็งตัวของโปรตีนในตัวกุ้งก็เกิดขึ้นมากเป็นผลให้ค่า Cooking Loss เนื่องจากการสูญเสียน้ำในโครงสร้างมีค่าสูง ส่วนค่า Thawing Loss เกิดจากการนำกุ้งไปแช่แข็งและละลายน้ำแข็งออกก่อนนำมาบริโภค ซึ่งระหว่างแช่แข็ง ผลจากการเกิดผลึกน้ำแข็งและจากการเก็บรักษาแบบแช่แข็ง ทำให้โครงสร้างเนื้อเยื่อของกุ้งเกิดการแปรสภาพและฉีกขาดส่งผลให้สูญเสียน้ำอีกส่วนหนึ่ง แต่การสูญเสียน้ำในช่วงแรกจากการลวกกุ้งนั้นมีผลต่อการหดรัดของโปรตีนส่วนใหญ่ในกุ้ง ซึ่งขึ้นกับความร้อนที่ใช้ลวก ดังนั้น เมื่อแช่แข็งและนำมาละลาย จึงทำให้กุ้งที่มีโครงสร้างภายในหดตัวมากและคงสภาพแล้ว มีการสูญเสียน้ำน้อยกว่ากุ้งที่ลวกด้วยความร้อนต่ำและมีการหดรัดตัวของโปรตีนที่ยังไม่สมบูรณ์นัก (Forrest,et.al,1975; Henrickson,1978; Charley,1982))

การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนมีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสคือ ทำให้กุ้งมีเนื้อแน่นขึ้น รวมทั้งสีภายในตัวกุ้งเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยองค์ประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนคาโรทีนอยด์ซึ่งมีสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีชมพูอมส้มของแอสตาแซนทีน (Astaxanthin) (Priestley,1979; Charley,1982) ทำให้คะแนนการประเมินคุณภาพด้านสีและลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการลวกเพิ่มขึ้น แต่การใช้ความร้อนสูงเกินไปมีผลให้การสูญเสียน้ำในโครงสร้างมากขึ้นส่งผลให้เนื้อสัมผัสของกุ้งแห้งและแข็งกระด้าง จนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

นอกจากนี้ วิธีการให้ความร้อนที่ต่างกันก็มีผลต่อการสูญเสียน้ำที่ต่างกันด้วย (Levie, 1970; Forrest,et.al,1975) ขึ้นกับปริมาณความชื้นที่จะได้รับจากวิธีการนั้นๆซึ่งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้ง (ตารางที่ 4.9-4.10) โดยเฉพาะการลวกด้วยไอน้ำ ทำให้กุ้งมีความกรอบนุ่ม มีรสหวานกว่าเมื่อลวกด้วยน้ำซึ่งให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่ม จืด ในขณะที่การลวกด้วยไมโครเวฟ กุ้งที่ได้แห้ง แข็งกระด้างและหดตัวมากที่สุดเนื่องจากลักษณะการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกอย่างรวดเร็วในสภาวะที่มีความชื้นต่ำ ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมาก และเมื่อพิจารณาสีของกุ้งจากการลวกด้วยไอน้ำให้สีชมพูอมส้มเข้มกว่าการลวกด้วยน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้น้ำเป็นตัวกลางในการลวกทำให้เกิดการสูญเสียรงควัตถุ แร่ธาตุ และ

วิตะมินไปกับน้ำได้ง่าย รวมทั้งน้ำเป็นตัวพาความร้อนแบบ moist heat ซึ่งมีความชื้นสูงสุด ทำให้เนื้อสัมผัสของกุ้งที่ได้มีความนิ่มกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ไอน้ำและไมโครเวฟ ตามลำดับ (Henrickson, 1978)

ดังนั้น การลวกกุ้งเพื่อใช้ในการผลิตแกงส้มกุ้งผักรวมสำเร็จรูปแช่แข็ง จึงเลือกวิธีการลวกด้วยไอน้ำ เวลา 2 นาที เนื่องจากมีค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ต่ำ รวมทั้งให้คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆสูงที่สุด เมื่อเทียบกับสภาวะอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง

5.1.1.2 <u>ผักต่างๆ</u> ได้แก่ ถั่วฝักยาว กะหล่ำดอก และกะหล่ำปลี ได้ศึกษาวิธีการลวกผักที่ผ่านการแช่ในสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5% w/v 1 ชั่วโมง ด้วยน้ำ แปรอุณหภูมิ 80 90 และ 100 °C เวลา 1 2 และ 3 นาที และผักที่ลวกด้วยไอน้ำร่วมกับNH_4HCO_3 0.05% w/v 1 2 และ 3 นาที และลวกด้วยไมโครเวฟ 30 45 60 และ 90 วินาที แยกตามชนิดผักดังนี้

<u>ถั่วฝักยาว</u> จากผลของค่า Cooking Loss และ Thawing Loss เนื่องจากการลวกด้วยน้ำ ไอน้ำและไมโครเวฟ ดังตารางที่ 4.11 4.13 และ 4.15 ตามลำดับ พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการลวกด้วยน้ำ รวมทั้งเวลาในการลวกด้วยไอน้ำและไมโครเวฟ มีผลต่อค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ของถั่วฝักยาวที่ลวกด้วยวิธีการต่างๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยแยกพิจารณาได้ดังนี้

เมื่อลวกด้วยน้ำที่อุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss ของถั่วฝักยาวเพิ่มขึ้น ส่วน Thawing Loss มีค่าลดลง และเริ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิ 100 °C เวลาจาก 2 เป็น 3 นาที ซึ่ง Cooking Loss และ Thawing Loss ของถั่วฝักยาวมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้อุณหภูมิ 80 °C 2 นาที และต่ำที่สุดเมื่อลวกที่ 100 °C 2 นาที ส่วนการลวกถั่วฝักยาวด้วยไอน้ำร่วมกับNH_4HCO_3 0.05% w/v พบว่า เมื่อลวกนานขึ้น ค่า Cooking Loss สูงขึ้นและมีค่าต่ำที่สุดเมื่อลวกนาน 2 นาที ส่วนค่า Thawing Loss เพิ่มขึ้นตามเวลาในการลวก และเมื่อลวกด้วยไมโครเวฟพบว่า เวลาลวกเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss มีค่าสูงขึ้น โดยที่เวลา 45 วินาทีมีค่า Thawing Loss ต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วฝักยาวที่ลวกด้วยน้ำ ไอน้ำ และไมโครเวฟ จากตารางที่ 4.12 4.14 และ 4.16 ตามลำดับ โดยอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการลวกด้วยน้ำ และเวลาในการลวกด้วยน้ำและไมโครเวฟ มีผลต่อคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการลวกถั่วฝักยาวด้วยน้ำสูงขึ้น คะแนนทางประสาทสัมผัสก็สูงขึ้นด้วย โดยถั่วฝักยาวที่ได้ เมื่อใช้น้ำที่อุณหภูมิและเวลาน้อย มีสีเหลืองคล้ำ เนื้อสัมผัส

เหนียว เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการลวกต่ำเกินไป (underblanched) ไม่เพียงพอในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์และรงควัตถุอื่นๆในผัก และยังช่วยเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะปรากฏที่ไม่ดีดังกล่าวมาแล้วอีกด้วย (Lee, 1958) และเมื่อใช้น้ำที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมขึ้น จึงทำให้ถั่วที่ได้มีสีเขียวสด และเนื้อสัมผัสกรอบนิ่มพอเหมาะ จนกระทั่งเมื่อใช้อุณหภูมิ 100 °C 3 นาที คะแนนทางประสาทสัมผัสลดลง เพราะถั่วฝักยาวที่ได้มีลักษณะนิ่มเละ สีเขียวคล้ำ เนื่องจากการให้ความร้อนมากเกินไป (overblanched) ทำให้เนื้อเยื่อของผักฉีกขาดจากความร้อนที่ให้ รวมทั้งทำลายคลอโรฟิลล์ จึงให้ผักที่มีสีคล้ำขึ้น(Lee, 1958) และจากแนวโน้มของค่า Cooking Loss ค่า Thawing Loss และคะแนนทางประสาทสัมผัสพบว่า สภาวะที่ให้ Cooking Loss และ Thawing Loss สูงจะมีคะแนนทางประสาทสัมผัสต่ำลง และจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อค่าทั้งสองลดลง เช่นที่อุณหภูมิ 80 °C 2 นาที มีค่า Cooking Loss และ Thawing Loss สูงสุด คะแนนทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด ถั่วฝักยาวที่ได้มีสีเหลืองคล้ำ เนื้อเหนียว และที่อุณหภูมิ 100 °C 2 นาที ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ต่ำสุด ส่งผลให้คะแนนทางประสาทสัมผัสมีค่าสูง ถั่วที่ได้ให้เนื้อสัมผัสนิ่มและไม่เหนียว สีเขียวสด ส่วนการลวกถั่วฝักยาวด้วยไอน้ำร่วมกับ NH_4HCO_3 และไมโครเวฟ พบว่า คะแนนทางประสาทสัมผัสลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบถั่วฝักยาวที่ได้จากวิธีลวกต่างๆกันพบว่า การใช้ไอน้ำร่วมกับ NH_4HCO_3 1 นาที มีค่า Cooking Loss Thawing Loss ต่ำที่สุด ทำให้คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆสูงกว่าการลวกด้วยวิธีอื่น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะคะแนนด้านสี เนื่องจากผลของ NH_4HCO_3 ที่ใช้ ให้สภาวะที่เป็นด่างเล็กน้อยซึ่งมีผลต่อความคงตัวของคลอโรฟิลล์ดีขึ้น (Odland and Eheart, 1975) โดยไม่ทำให้เนื้อสัมผัสของถั่วเสียไป

<u>กะหล่ำดอก</u> จากตารางที่ 4.19 4.21 และ 4.23 ซึ่งแสดงค่า Cooking Loss และ Thawing Loss เนื่องจากการลวกกะหล่ำดอกด้วยน้ำร้อน ไอน้ำ และไมโครเวฟตามลำดับพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการลวกด้วยน้ำ รวมทั้งเวลาในการลวกด้วยไอน้ำและไมโครเวฟ มีผลต่อค่าดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยแยกพิจารณาได้ดังนี้

เมื่อลวกด้วยน้ำที่อุณหภูมิและเวลาสูงขึ้น Cooking Loss เพิ่มขึ้น ส่วน Thawing Loss มีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ลวกและลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อค่า Cooking Loss เพิ่มขึ้น แนวโน้มของ Thawing Loss มีค่าลดลง ส่วนการลวกด้วยไอน้ำและไมโครเวฟพบว่า เวลาที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ของกะหล่ำดอกลวกด้วยไอน้ำเพิ่มขึ้น ในขณะที่ลวกด้วยไมโครเวฟ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss เพิ่มขึ้น ส่วน Thawing Loss มีค่าลดลง โดยการลวกด้วยไอน้ำให้ Cooking Loss ต่ำสุดเมื่อเวลา 2 นาทีซึ่งไม่แตกต่างกับที่ 1 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และไมโครเวฟให้ค่าต่ำสุดที่ 30 วินาที และเมื่อพิจารณาคะแนนทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 4.20

4.22 และ 4.24 ตามลำดับ พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการลวกกะหล่ำดอกด้วยน้ำร้อน เวลาในการลวกด้วยไอน้ำและไมโครเวฟเพิ่มขึ้น คะแนนทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการลวกด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 90 °C 3 นาที และ 100 °C 1 นาที มีคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงสุด กะหล่ำดอกที่ได้ มีความกรอบ กลิ่นรสหวานและไม่เหม็นเขียว ซึ่งที่จุดดังกล่าวมีค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ต่ำสุด โดยเฉพาะที่ 100 °C 1 นาที ส่วนการลวกด้วยไอน้ำร่วมกับ NH_4HCO_3 คะแนนทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงสุดที่ 2 นาที โดยกะหล่ำดอกมีสีเขียวสดกว่าเมื่อลวกด้วยน้ำและไมโครเวฟ เนื้อสัมผัสนิ่ม และการลวกด้วยไมโครเวฟมีคะแนนลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เนื่องจากกะหล่ำดอกที่ได้มีผิวเหี่ยวและบางส่วนมีสีน้ำตาลไหม้ เนื้อสัมผัสเหนียวเล็กน้อย โดยที่ 30 วินาที ให้คะแนนทางประสาทสัมผัสสูงสุด และ Cooking Loss ต่ำสุด แม้ว่าจะมีค่า Thawing Loss สูงสุด แต่เมื่อพิจารณาผลรวมของการสูญเสียน้ำแล้วพบว่ามีค่าต่ำกว่าที่จุดอื่น รวมทั้งมีเนื้อสัมผัสที่กรอบกว่าเมื่อเทียบกับที่เวลาอื่นๆ

และจากการลวกกะหล่ำดอกด้วยวิธีการต่างกันพบว่า กะหล่ำดอกที่ลวกด้วยไอน้ำมีสีดีที่สุดเนื่องจาก NH_4HCO_3 แตกตัวให้ NH_3 ซึ่งเป็น Neutralized Volatile Acid และสามารถเกิดเกลือ NH_4^+ ที่ช่วยในการปรับปรุงสี แต่ NH_4HCO_3 ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่นิ่มเกินไปเนื่องจากการที่ด่างเข้าไฮโดรไลซ์เซลลูโลสในผักจนเกิดเนื้อสัมผัสไม่ดี (Meyer, 1960) ในขณะที่การลวกด้วยน้ำ 90 °C 2 นาที และไมโครเวฟ 30 วินาที กะหล่ำดอกที่ได้มีสีเขียวอ่อนและกรอบ แต่ให้กลิ่นรสเหม็นเขียว เนื่องจากความร้อนที่ให้ต่ำเกินไป จึงเลือกใช้น้ำร้อน 100 °C 1 นาที ที่ให้คะแนนทางประสาทสัมผัสสูงสุด กะหล่ำดอกมีสีเขียวหวาน กรอบนุ่มและไม่เหม็นเขียวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด โดยที่ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ไม่สูงเกินไป

<u>กะหล่ำปลี</u> จากผลของ Cooking Loss และ Thawing Loss จากตารางที่ 4.27-4.29 4.32 และ 4.34 พบว่า อุณหภูมิและเวลาในการลวกด้วยน้ำ มีผลต่อ Cooking Loss และ Thawing Loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับเวลาในการลวกด้วยไอน้ำและไมโครเวฟ ที่มีผลต่อค่าทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเวลาและอุณหภูมิในการลวกด้วยน้ำเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss มีค่าสูงขึ้น ยกเว้นเมื่อเวลา 2 นาที พบว่า Thawing Loss มีค่าลดลง และมีค่าต่ำสุดที่ 90 °C 2 นาที การลวกด้วยไอน้ำ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss สูงขึ้น และที่ 2 นาที มีค่า Cooking Loss ต่ำสุดแต่ไม่แตกต่างกับที่ 1 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับการลวกถั่วฝักยาวและกะหล่ำดอก ส่วนการลวกด้วยไมโครเวฟ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss สูงขึ้น และเมื่อพิจารณาคะแนนทางประสาทสัมผัสจากตารางที่ 4.30-4.31 4.33 และ 4.35 พบว่า คะแนนทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงที่สภาวะ

ซึ่งให้ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ต่ำ คือ เมื่อลวกด้วยน้ำ คะแนนทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงสุดที่ 80 °C 2 นาที และ 90 °C 2 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่มีค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ต่ำที่สุด กะหล่ำปลีมีสีเขียวสด เนื้อสัมผัสกรอบ และมีรสหวาน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 100 °C พบว่า คะแนนทางประสาทสัมผัสลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากกะหล่ำปลีมีเนื้อสัมผัสนิ่มเละ รสจืดลง จากการลวกด้วยความร้อนที่สูงเกินไป ทำให้รงควัตถุและวิตะมินต่างๆสลายตัวรวมกับน้ำที่ใช้ในการลวก ส่วนการลวกด้วยไอน้ำพบว่า คะแนนทางประสาทสัมผัสโดยเฉลี่ย มีค่าสูงสุดที่ 1 นาที คือให้สีเขียวสด เนื้อสัมผัสกรอบนิ่มเล็กน้อย แต่ลักษณะเนื้อสัมผัสดีที่สุดที่ 2 นาที ซึ่งค่าที่ได้ทั้ง 2 จุด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในขณะที่ การลวกด้วยไมโครเวฟ คะแนนทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงสุดที่ 30 วินาที ผักมีสีเขียวกรอบและหวาน จากนั้นมีค่าลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกะหล่ำปลีที่ได้มีสีซีดและไหม้บางส่วน เนื้อสัมผัสนิ่มเละมาก

จากการเปรียบเทียบกะหล่ำปลีที่ได้จากวิธีการต่างกันพบว่า คะแนนด้านสีเมื่อลวกด้วยไอน้ำมีค่าสูงสุด แต่ไม่ต่างกับวิธีการอื่น อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในขณะที่การลวกด้วยไมโครเวฟให้เนื้อสัมผัสที่กรอบและมีกลิ่นรสดี ไม่เหม็นเขียวเหมือนกับเมื่อลวกด้วยน้ำร้อนและไอน้ำ ทั้งยังมีค่าการสูญเสียรวม (Cooking Loss และ Thawing Loss) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับสภาวะอื่น

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการและสภาวะในการลวกที่ต่างกัน ซึ่งมีผลต่อค่า Cooking Loss และ Thawing Loss รวมทั้งคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของผักทั้ง 3 ชนิด พบว่าแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือ

การลวกด้วยน้ำ เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาสูงขึ้น ค่า Cooking Loss เพิ่มขึ้น ส่วนค่า Thawing Loss ลดลง และคะแนนทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงในสภาวะที่ให้ค่า Cooking Loss หรือค่า Thawing Loss ต่ำสุด สภาวะที่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัส สี และการยอมรับรวมของกะหล่ำดอกและถั่วฝักยาวที่ดีคือ อุณหภูมิ 90 °C 2 นาที และ 100 °C 1 นาที ในขณะที่กะหล่ำปลีให้ลักษณะที่ดีเมื่อใช้อุณหภูมิ 80 °C 2 นาที และ 90 °C 2 นาที เนื่องจากผักแต่ละชนิดมีองค์ประกอบภายในโครงสร้างที่ต่างกัน และต้องการความร้อนในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆไม่เท่ากัน (Lee, 1958)

การลวกด้วยไอน้ำร่วมกับ NH_4HCO_3 พบว่า Cooking Loss ของผักต่างๆที่ลวกด้วยวิธีนี้ มีค่าต่ำสุดเมื่อใช้เวลา 2 นาที ส่วนThawing Loss มีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และคะแนนทางประสาทสัมผัสมีค่าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยถั่วฝักยาวและกะหล่ำปลีที่ลวกด้วยไอน้ำร่วมกับ NH_4HCO_3 0.05% w/v 1 นาที และกะหล่ำดอกที่ลวกนาน 2 นาที ให้ลักษณะด้านสีดี แต่การใช้ NH_4HCO_3 ในปริมาณสูงหรือลวกเป็นเวลานาน ก็มีผลให้เนื้อสัมผัสนิ่มเละ เช่น การลวก 2 และ 3 นาที ให้คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสของผักต่างๆลดลง

มาก เนื่องจากการที่ NH_4HCO_3 เข้าไปไฮโดรไลซ์เซลลูโลสในผัก ทำให้เนื้อเยื่อฉีกขาด (Meyer,1960)

การลวกด้วยไมโครเวฟ เมื่อเวลาลวกเพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss มีค่าสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Drake และคณะ (1981) ที่กล่าวว่า การลวกผักก่อนการแช่แข็งโดยใช้ไมโครเวฟ ทำให้เกิดการสูญเสียมากกว่าการลวกด้วยน้ำและไอน้ำ เนื่องจากการลวกด้วยน้ำและไอน้ำเป็นการให้ความร้อนแบบ moist heat ซึ่งมีความชื้นสูง ทำให้ผักที่ลวกด้วยน้ำและไอน้ำสูญเสียน้ำน้อยกว่าเมื่อลวกด้วยไมโครเวฟ ส่วนค่า Thawing Loss มีลักษณะต่างกันตามชนิดของผัก และคะแนนทางประสาทสัมผัสลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น Thawing Loss ของถั่วฝักยาวมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาในการลวก เนื่องจากโครงสร้างส่วนที่เป็นเจลระหว่างน้ำและแป้งภายในผัก ถูกทำลายได้ง่ายในระหว่างแช่แข็งและเก็บรักษา น้ำในเจลแยกตัวออกระหว่างเกิดผลึกน้ำแข็ง และเมื่อละลายด้วยความร้อนให้กลับสู่สภาพเดิม โมเลกุลของแป้งและโปรตีนจะดูดน้ำกลับได้น้อยลง ส่งผลให้ผักมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวและแห้งมาก ซึ่งลักษณะดังกล่าวเกิดในกะหล่ำดอกและกะหล่ำปลีเช่นกัน แต่รุนแรงน้อยกว่า เนื่องจากถั่วฝักยาวมีน้ำน้อยและมีส่วนที่เป็นแป้งมากกว่าผักทั้งสอง (Charley,1982; Luh and Woodroof,1975) Thawing Loss ของกะหล่ำดอกมีค่าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ส่วนกะหล่ำปลี มีค่าค่อนข้างคงที่ไม่ต่างกัน ดังนั้นในการลวกผักต่างๆ ด้วยไมโครเวฟจึงใช้เวลา 30 วินาที ซึ่งให้ค่า Cooking Loss ต่ำสุด และมีคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงสุด โดยเฉพาะกะหล่ำปลีที่ลวกด้วยไมโครเวฟ มีค่า Thawing Loss ต่ำและกลิ่นรสดี เนื้อสัมผัสกรอบ รวมทั้งมีสีเป็นที่ยอมรับโดยไม่ต้องผ่านการใช้สารเคมีใดๆ

ดังนั้น วิธีการเตรียมผักในการผลิตแกงส้มกุ้งผักรวมสำเร็จรูปแช่แข็ง จึงใช้วิธีการดังนี้ ถั่วฝักยาวลวกด้วยไอน้ำร่วมกับ NH_4HCO_3 ร้อยละ 0.05 1 นาที กะหล่ำดอกลวกด้วยน้ำเดือด 100 °C 1 นาที โดยแช่ในสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5% w/v ก่อนการลวก 1 ชั่วโมง ส่วนกะหล่ำปลีลวกโดยใช้ไมโครเวฟ 30 วินาที

5.1.2 <u>วิธีการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะบรรจุก่อนการแช่แข็งที่มีผลต่อคุณภาพของแกงส้มกุ้งผักรวมสำเร็จรูปแช่แข็งที่ได้</u>

ศึกษาการบรรจุผลิตภัณฑ์ต่างกัน 2 วิธีคือ การบรรจุผักต่างๆรวม และบรรจุผักแยกกับน้ำแกงส้ม โดยวัดปริมาณร้อยละคลอโรฟิลล์ a ในถั่วฝักยาวจากแกงส้มที่บรรจุต่างกัน 2 วิธี จากตารางที่ 4.38 พบว่าวิธีการบรรจุต่างกัน มีผลต่อปริมาณร้อยละคลอโรฟิลล์ a ในถั่วฝักยาว อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ คลอโรฟิลล์ a ในถั่วฝักยาวจากการบรรจุรวมมีค่าต่ำกว่าเมื่อบรรจุแยก มาก ทั้งนี้เนื่องจากน้ำแกงส้มมี pH 3.67 ซึ่งเป็นกรดสูง มีผลให้คลอโรฟิลล์ในผักเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน ซึ่งมีผลโดยตรงกับสีของผัก ทำให้เปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองคล้ำ (Meyer,1960;Zapsalis and Bech,1985)

ดังนั้น ในการบรรจุแกงส้มกุ้งผักรวมสำเร็จรูปแช่แข็ง จึงใช้การบรรจุแยกผักต่างๆ กับน้ำแกงส้ม เพื่อไม่ให้ผักเกิดการสูญเสียคลอโรฟิลล์อย่างรวดเร็ว จนกระทั่งสีของผักเปลี่ยนแปลงไป จนผู้บริโภคไม่ยอมรับ

5.1.3 <u>ผลของวิธีการละลายหลังแช่แข็งและระยะเวลาในการเก็บแช่แข็งที่มีต่อผลิตภัณฑ์แกงส้มกุ้งผักรวมสำเร็จรูปแช่แข็งที่ได้</u>

ในการนำแกงส้มกุ้งผักรวมสำเร็จรูปแช่แข็งมาบริโภค ต้องผ่านกระบวนการละลายและให้ความร้อนแก่อาหารก่อนใช้การละลายต่างกัน 2 วิธีคือ การต้มในน้ำเดือดและการใช้ไมโครเวฟ ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บแช่แข็ง โดยวิเคราะห์ทางกายภาพ (วัด pH) เคมี (หาปริมาณคลอโรฟิลล์ a ในถั่วฝักยาว) และจุลินทรีย์ สุ่มตัวอย่างเมื่อเริ่มต้นเก็บ และเมื่อครบ 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างทุก 1 เดือน ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ สุ่มตัวอย่างทุกเดือน ซึ่งแยกพิจารณาตามหัวข้อดังนี้

5.1.3.1 <u>การวิเคราะห์ทางกายภาพโดยการวัด pH ของน้ำแกงส้ม</u> พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บแช่แข็งและวิธีการละลายหลังแช่แข็งที่ต่างกัน มีผลต่อ pH ของน้ำแกงส้มที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ pH ของน้ำแกงส้มมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บนานขึ้น รวมทั้งวิธีการละลายด้วยน้ำเดือดและไมโครเวฟให้ pH ที่ต่างกันด้วย โดยที่ pH ของน้ำแกงส้มที่ละลายด้วยการต้มในน้ำเดือด มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า pH ของน้ำแกงส้มที่ละลายโดยใช้ไมโครเวฟ เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเก็บนาน 2 และ 3 เดือน ความแตกต่างของ pH ที่ได้จากการละลายทั้ง 2 วิธีมีค่าชัดเจนยิ่งขึ้น เนื่องจากกรดต่างๆในแกงส้มสามารถเปลี่ยนรูปไปเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการแช่แข็งและกรดเหล่านี้ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์สามารถแตกตัวได้ในน้ำ จึงเกิดการสูญเสียโดยละลายไปกับน้ำ รวมทั้งสลายตัวได้เมื่อได้รับความร้อน (Jansen, 1969; Priestley, 1979; Charley, 1982) โดยลักษณะการถ่ายเทความร้อนจากน้ำเดือดเพื่อใช้ละลายน้ำแข็งเกิดการพาความร้อนจากภายนอกสู่ภายใน และกว่าที่น้ำแข็งจะละลายหมดจนกระทั่งที่จุดกึ่งกลางมีอุณหภูมิภายใน 70±5 °C ใช้เวลา 5 นาที ความร้อนที่อาหารได้รับในบริเวณใกล้เคียงย่อมมีปริมาณสูงกว่าที่ตรงกลางภาชนะบรรจุ ส่งผลให้กรดต่างๆในแกงส้มสลายตัวไปได้มาก ในขณะที่การถ่ายเทความร้อนของไมโครเวฟเกิดจากภายในสู่ภายนอกอย่างสม่ำเสมอในภาชนะบรรจุ และใช้เวลาสั้น (2.45 นาที) ทำให้การสูญเสียความเป็นกรดเนื่องจากความร้อนที่ได้รับเกิดขึ้นน้อยกว่าเมื่อละลายด้วยการต้มในน้ำเดือด (Priestley, 1979) รวมทั้งน้ำที่ละลายจากตัวกุ้งเข้าสู่น้ำแกงส้ม ทำให้กรดในน้ำแกงส้มเจือจางลงได้

5.1.3.2 <u>การวิเคราะห์ทางเคมี</u> หาปริมาณคลอโรฟิลล์ a ในถั่วฝักยาวจากแกงส้มกุ้งผักรวมสำเร็จรูปแช่แข็ง เนื่องจากคลอโรฟิลล์ a เป็นตัวสำคัญในการเกิดสีเขียวของผัก (Faboya, 1985) และการเลือกวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ a ในถั่วฝักยาวเป็นตัวแทนผักทั้ง 3 ชนิด เนื่องจากถั่วฝักยาวมีสีเขียวมากที่สุด และเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีได้ชัดเจนกว่าเมื่อเทียบกับกะหล่ำดอกและกะหล่ำปลี

จากตารางที่ 4.40 พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บแช่แข็งและวิธีการละลายหลังแช่แข็ง มีผลต่อปริมาณร้อยละของคลอโรฟิลล์ a ในถั่วฝักยาวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ เมื่อเก็บแกงส้มนานขึ้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ a มีค่าลดลงทั้งที่ละลายด้วยน้ำเดือดและไมโครเวฟ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ a จากแกงส้มที่ละลายต่างกันทั้ง 2 วิธี มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเริ่มต้นเก็บ และเมื่อเก็บนาน 1เดือน แกงส้มที่ละลายด้วยน้ำเดือดมีค่าสูงกว่าเมื่อละลายโดยใช้ไมโครเวฟมาก จากนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ a ในถั่วฝักยาวจากทั้ง 2 วิธีมีความแตกต่างกันลดลง เนื่องจากระหว่างการเก็บแช่แข็งสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของคลอโรฟิลล์ในผัก ทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนรูปเป็นฟีโอไฟติน คลอริน เป็นต้น และเมื่อให้ความร้อนในการละลาย เซลของผักฉีกขาด น้ำและกรดต่างๆแพร่ผ่านรอบเยื่อบุคลอโรพลาสต์มากขึ้น ทำให้กรดทำปฏิกิริยากับคลอโรฟิลล์ได้ฟีโอไฟตินซึ่งมีสมบัติเปลี่ยนไป (Jansen, 1968) โดยที่ การละลายโดยใช้ไมโครเวฟ ทำให้ผักต่างๆมีการสูญเสียน้ำให้กับบรรยากาศมากกว่าเมื่อละลายด้วยน้ำเดือด ดังนั้นรงควัตถุต่างๆรวมทั้งคลอโรฟิลล์ย่อมมีการสูญเสียมากับน้ำด้วย ผักที่ละลายด้วยไมโครเวฟจึงมีคลอโรฟิลล์ a ต่ำกว่าเมื่อละลายด้วยน้ำเดือด แต่จากผลของการถ่ายเทความร้อนที่สม่ำเสมอของไมโครเวฟ ทำให้ความสูญเสียเกิดอย่างช้าๆตลอดระยะเวลาของการเก็บแช่แข็ง จึงทำให้ความแตกต่างของคลอโรฟิลล์จากการละลายทั้ง 2 วิธีมีค่าลดลง (Priestley, 1979) ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยที่ Odland and Eheart (1973 และ 1975) Glasscock และคณะ (1982) Lane และคณะ (1984) ได้ศึกษาไว้และพบว่า ผลของการเก็บแช่แข็งและการละลายหลังการแช่แข็ง ทำให้กรดต่างๆและคลอโรฟิลล์ในผักมีปริมาณลดลง โดยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ผักจะสูญเสียน้ำ กรดต่างๆ และคลอโรฟิลล์ไกกว่าเมื่อใช้น้ำเดือด ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว

5.1.3.3 <u>การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์</u>

<u>ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด</u> จากตารางที่ 4.48 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์เมื่อเริ่มต้มเก็บ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดให้มีในตัวอย่างอาหารสำเร็จรูปแช่แข็งตาม Massachusettes Law, 1959 (ไม่เกิน 50000 โคโลนี/กรัม) (Diliello, 1982) ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ ถูกทำลายด้วยความร้อนที่ให้ในช่วงการลวกก่อนการแช่แข็ง แต่อาจมีการปนเปื้อนเข้ามาในระหว่างการบรรจุและปิดผนึกก่อนแช่แข็ง จึงสามารถตรวจพบจุลินทรีย์ในตัวอย่างอาหาร และเมื่อเก็บนานขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง เพราะอุณหภูมิที่ใช้ในการ

เก็บแช่แข็งมีค่าต่ำมาก จนเชื้อต่างๆมีความสามารถในการเจริญเติบโตลดลง และบางส่วนตายไป ซึ่งพบว่าจุลินทรีย์ที่บ่มที่ 25 °C มีปริมาณสูงกว่าที่ 37 °C แสดงให้เห็นว่ามีจุลินทรีย์บางกลุ่มที่สามารถทนอุณหภูมิต่ำได้ดี อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บแช่แข็งนานขึ้นเป็น 3 เดือน จุลินทรีย์ทั้งหมดก็มีจำนวนลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยมีจำนวน $3.5*10^4$ และ $4.17*10^4$ โคโลนี/กรัม ที่ 25 และ 37 °C เมื่อเริ่มเก็บ และเมื่อเก็บนาน 3 เดือนมีจำนวนลดลงเป็น $2.77*10^3$ และ $2.97*10^3$ โคโลนี/กรัม ที่ 25 และ 37 °C ตามลำดับ

<u>แบคทีเรียโคลิฟอร์ม</u> เมื่อเริ่มเก็บแช่แข็ง ตัวอย่างแกงส้มมีแบคทีเรียโคลิฟอร์ม 54 MPN/กรัม (ตารางที่ 4.48) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของ Massachusettes Law, 1959 (10-100 MPN/กรัม) (Diliello,1982) และเมื่อระยะเวลาในการเก็บแช่แข็งเพิ่มขึ้น แบคทีเรียโคลิฟอร์มมีจำนวนลดลง จนกระทั่งเมื่อเก็บนาน 2 เดือนขึ้นไป ตรวจไม่พบแบคทีเรียดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียโคลิฟอร์มไม่สามารถทนต่อสภาวะเก็บแช่แข็งที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆเป็นเวลานานได้ ทำให้ตายไปเมื่อเก็บแช่แข็งนานขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยที่ Bhobe and Pai (1986) ได้ศึกษาในผักแช่แข็งชนิดต่างๆ พบว่า เมื่อเก็บแช่แข็งนานขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียโคลิฟอรมมีจำนวนลดลง

5.1.3.4 <u>การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ</u> ดังนี้

<u>ลักษณะปรากฏ</u> อายุการเก็บมีผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏของแกงส้มที่ละลายได้ ในขณะที่วิธีการละลายต่างกัน ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏ (ตารางที่ 4.41) ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาเฉพาะอายุการเก็บพบว่า แกงส้มแช่แข็งเมื่อเก็บนานขึ้นมีลักษณะปรากฏด้อยลง ทั้งนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสีของวัตถุดิบต่างๆในแกงส้ม ทำให้ผู้บริโภคยอมรับลดลง เช่น สีกุ้งซีดลงเนื่องจาก pH ที่เป็นกรดและผักมีสีคล้ำลงกว่าเมื่อเริ่มต้นเก็บใหม่ๆ และพบว่าคะแนนลักษณะปรากฏของแกงส้มที่ละลายด้วยน้ำเดือดและไมโครเวฟมีค่าใกล้เคียงกัน คือให้ลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคยอมรับทั้ง 2 วิธี

<u>สีของกุ้ง</u> อายุการเก็บมีผลต่อสีของกุ้ง ส่วนวิธีการละลายที่ต่างกันไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) คือ เมื่อระยะเวลาเก็บแช่แข็งนานขึ้น คะแนนด้านสีของกุ้ง มีค่าลดลง (ตารางที่ 4.44) ทั้งจากแกงส้มที่ละลายด้วยน้ำเดือดและไมโครเวฟ โดยที่คะแนนด้านสีของกุ้งจากการละลายด้วยน้ำเดือดมีค่าต่ำกว่าเมื่อละลายโดยใช้ไมโครเวฟเล็กน้อย เนื่องจากการละลายโดยต้มในน้ำเดือด ใช้เวลานาน ทำให้เกิดการสูญเสียรงควัตถุที่ให้สีและน้ำมากระหว่างการละลายน้ำแข็ง และ pH ที่เป็นกรดของน้ำแกงส้มส่งผลให้กุ้งที่ได้มีสีซีดลง

<u>สีของผักต่างๆ</u> จากตารางที่ 4.41 และ 4.44 พบว่า อายุการเก็บมีผลต่อสีของผัก คือ เมื่อเก็บแช่แข็งนานขึ้น คะแนนด้านสีของผักลดลงเนื่องจากการเก็บแช่แข็งมีผลให้เซลต่างๆในพืชเกิดการฉีกขาดสูญเสียน้ำและรงควัตถุต่างๆมากขึ้น (Odland and Eheart,1973;Faboya,1985;Bhobe and Pai,1986) ส่วนวิธีการละลายที่ต่างกันไม่มีผลต่อสีของผักอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยที่ผู้บริโภคให้คะแนนสีของผักจากวิธีละลาย

ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และผลดังกล่าวสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ a ที่ได้ในตารางที่ 4.40 เพราะคลอโรฟิลล์ a ที่เหลือ มีผลโดยตรงกับสีเขียวในผัก (Faboya, 1985)

<u>กลิ่นรสของน้ำแกงส้ม กุ้ง และผัก</u> อายุการเก็บมีผลต่อคะแนนกลิ่นรสของน้ำแกงส้มและกุ้ง ในขณะที่วิธีการละลายไม่มีผลต่อคะแนนกลิ่นรส อย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$) เมื่อเก็บแกงส้มแช่แข็งเป็นเวลานานขึ้น คะแนนกลิ่นรสของน้ำแกงส้มและกุ้งมีค่าลดลง จากตารางที่ 4.42 พบว่า การละลายในน้ำเดือดให้คะแนนกลิ่นรสของน้ำแกงส้มและกุ้งต่ำกว่าเมื่อละลายโดยใช้ไมโครเวฟเล็กน้อย เมื่อเก็บแช่แข็งนานขึ้น น้ำแกงส้มมีรสชาติอ่อนลง ในขณะที่กุ้งเค็มมากขึ้น เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการละลายทำให้กรดต่างๆของน้ำแกงส้มสลายตัวไป โดยเฉพาะการละลายด้วยน้ำเดือดดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.1.3.1 และส่งผลให้กุ้งเกิดการสูญเสียน้ำ ประกอบกับการบรรจุรวมกับน้ำแกงส้มจึงมีการแพร่ผ่านของน้ำและเนื้อกุ้งได้ กุ้งจึงเค็มมากขึ้น และเมื่อพิจารณากลิ่นรสของผักต่างๆพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ตลอดอายุการเก็บ โดยการละลายที่ต่างกันให้คะแนนกลิ่นรสของผักใกล้เคียงกัน

<u>ลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้ง</u> อายุการเก็บมีผลต่อคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) คือ เมื่อเก็บแช่แข็งนานขึ้น คะแนนเนื้อสัมผัสของกุ้งลดลง เนื่องจากกุ้งที่เก็บนาน มีลักษณะแห้งและแข็งกระด้างมากขึ้น เพราะการบรรจุกุ้งรวมกับน้ำแกงส้มที่มีสภาพเป็นกรดสูง ทำให้กุ้งเสียน้ำมากระหว่างเก็บแช่แข็งเป็นเวลานาน และการละลายโดยใช้ความร้อนเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนด (70 ± 5 °C) มีผลให้กุ้งเสียน้ำไปอีกส่วนหนึ่ง ส่วนกุ้งที่ผ่านละลายโดยใช้น้ำเดือดและไมโครเวฟ ได้คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

<u>ลักษณะเนื้อสัมผัสของผักต่างๆ</u> อายุการเก็บและวิธีการละลายที่ต่างกันมีผลต่อคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสของผักต่างๆในแกงส้มอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยระยะเวลาในการเก็บแช่แข็งที่เพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสของผักลดลง และการละลายโดยใช้น้ำเดือดให้ผักที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสดีกว่าเมื่อละลายโดยใช้ไมโครเวฟ เนื่องจากผักที่ละลายด้วยไมโครเวฟสูญเสียน้ำมากและความร้อนแบบ Dry Heat ที่ใช้เพื่อให้ได้อุณหภูมิภายในตามกำหนด ส่งผลให้ผักที่ได้เหนียวมากขึ้น ในขณะที่การใช้น้ำเดือด ผักที่ได้มีลักษณะนิ่มลงแต่ไม่เหนียว เมื่อเก็บนานขึ้น ผู้บริโภคจึงยอมรับมากกว่า

<u>การยอมรับรวม</u> อายุการเก็บมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) คือ เมื่อเก็บนานขึ้น คะแนนการยอมรับรวมลดลงเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะต่างๆข้างต้นด้อยลง โดยที่ผู้บริโภคชอบแกงส้มที่ละลายโดยต้มในน้ำเดือดมากกว่าละลายโดยใช้ไมโครเวฟเล็กน้อย ซึ่งผลดังกล่าว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ซึ่งเมื่อเก็บนาน 3 เดือน ผลิตภัณฑ์แกงส้มกุ้งผักรวมสำเร็จรูปแช่แข็ง ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอยู่ในเกณฑ์ที่สูง (คะแนนการยอมรับรวมเฉลี่ย = 4.22)

5.2 ผลิตภัณฑ์ถั่วฝักยาวผัดพริกขิงสำเร็จรูปแช่แข็ง

5.2.1 วิธีการเตรียมวัตถุดิบที่เหมาะสมเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ถั่วฝักยาวผัดพริกขิงสำเร็จรูปแช่แข็ง

5.2.1.1 ถั่วฝักยาว

ตอนที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

ทำโดยแปรความเข้มข้นของสารละลาย $CaCl_2$ ในการแช่ถั่วฝักยาวเป็น 4 ระดับคือ 0.25 0.50 0.75 และ 1% เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทอดโดยใช้อุณหภูมิ 2 ระดับคือ 160 และ 175 °C เวลา 10 และ 20 วินาที ซึ่งสภาวะดังกล่าวได้จากการทดลองทำมาก่อนเมื่อศึกษาผลของปัจจัยต่างๆที่มีต่อค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ของถั่วฝักยาวที่ได้พบว่า ปริมาณ$CaCl_2$ อุณหภูมิและเวลาในการทอด รวมทั้งอิทธิพลร่วมของปัจจัยต่างๆ มีผลต่อค่าทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาเฉพาะค่า Cooking Loss พบว่า อุณหภูมิและเวลาในการทอดที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า Cooking Loss เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเวลาเพิ่มจาก 10 เป็น 20 วินาที และเมื่อปริมาณ $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดใดๆ Cooking Loss มีค่าลดลง โดยที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดเดียวกัน ค่า Cooking Loss จะไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ที่ระดับ $CaCl_2$ใดๆก็ตาม และเมื่อพิจารณาค่า Thawing Loss พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 1-2.5% ซึ่งเมื่อ $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น Thawing Loss มีค่าลดลง เนื่องจาก $CaCl_2$ ที่ใช้ ทำให้ผักมีโครงสร้างแข็งแรงมากขึ้น โมเลกุลของแป้งและโปรตีนในผักถูกทำลายน้อยลงและดูดน้ำกลับได้มากขึ้น (Luh and Woodroof,1975) และจากตารางที่ 4.49-4.54 พบว่า ที่อุณหภูมิเดียวกัน แต่เวลาต่างกันไม่มีผลต่อค่า Thawing Loss ($p>0.05$) และจากการพิจารณาอุณหภูมิในการทอดพบว่าที่อุณหภูมิ 160 °C มีค่า Thawing Loss ต่ำกว่าที่ 175 °C ยกเว้นเมื่อใช้ $CaCl_2$ 0.25 และ 0.50% จากตารางที่ 4.51 พบว่าที่ $CaCl_2$ ใดๆ Thawing Loss จากการทอดที่ 10 วินาทีมีค่าต่ำกว่าที่ 20 วินาที อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ยกเว้นที่ $CaCl_2$ 0.75% ซึ่งพบว่า Thawing Loss ที่ 10 วินาทีต่ำกว่าที่ 20 วินาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดย Thawing Loss ที่ 175 °C 20 วินาที มีค่าสูงสุดและต่างจากสภาวะอื่น เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาในการทอดสูงเกินไป มีผลให้ทำลายเนื้อเยื่อพืชฉีกขาด เกิดการแพร่ของอากาศและน้ำมากขึ้น และส่งผลให้ความสามารถในการดูดน้ำกลับของโมเลกุลแป้งและโปรตีนในถั่วฝักยาว (Water Reabsorbtion) ระหว่างการละลายหลังการแช่แข็งมีค่าลดลงด้วย (Charley,1982) ส่วนสภาวะที่ให้ค่า Thawing Loss ต่ำที่สุดคือ ทอดที่ 175 °C 10 วินาที และใช้ $CaCl_2$ 0.75% ซึ่งลักษณะต่างๆดังกล่าวมีผลโดยตรงต่อค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ซึ่งเมื่อพิจารณาแยกตามคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละด้านได้ดังนี้

<u>ด้านสี</u> อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ $CaCl_2$ อุณหภูมิและเวลาในการทอด มีผลต่อคะแนนด้านสีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าเมื่อใช้ $CaCl_2$ สูงขึ้นที่อุณหภูมิ 160 °C 10 วินาที ให้สีที่ด้อยลงคือ ถั่วฝักยาวที่ได้มีสีเขียวออกเหลือง อาจเกิดจากความร้อนที่ให้มีค่าต่ำเกินไป ไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีได้ แต่ที่อุณหภูมิเดียวกัน เมื่อทอดเป็นเวลา 20 วินาที พบว่า คะแนนด้านสีของถั่วฝักยาวมีค่าสูงสุด เมื่อใช้ $CaCl_2$ 0.75% ในขณะที่ใช้อุณหภูมิในการทอด 175 °C 10 และ 20 วินาที มีคะแนนด้านสีเพิ่มขึ้นเมื่อ $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น ถั่วฝักยาวมีสีเขียวสด เนื่องจากสารละลาย $CaCl_2$ มี pH 6-7 ซึ่งมีสภาพเป็นกลาง แต่คลอโรฟิลล์ a ที่เป็นองค์ประกอบหลักในการเกิดสีเขียวของผักมีความคงตัวดีในสภาพที่เป็นกลางหรือค่อนข้างเป็นด่าง และเมื่อใช้ $CaCl_2$ 1% คะแนนด้านสีมีค่าลดลงเล็กน้อย โดยที่อุณหภูมิ 175 °C 10 วินาทีพบว่า ให้คะแนนด้านสีสูงสุด เมื่อเทียบกับสภาวะอื่นไม่ว่า $CaCl_2$ เข้มข้นเท่าใดก็ตาม แสดงว่า ปริมาณ $CaCl_2$ ที่มากเกินไปไม่ช่วยให้สีดีขึ้น แต่ขึ้นกับความร้อนที่เหมาะสมในการทอดด้วย

<u>ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส</u> พบว่า ปริมาณ $CaCl_2$ อุณหภูมิ เวลา และอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการทอดมีผลต่อคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาปริมาณ $CaCl_2$ พบว่า $CaCl_2$ 0.75% ให้คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสดีที่สุดคือ มีความกรอบ ในขณะที่เมื่อใช้ 1% ให้คะแนนต่ำสุด ถั่วฝักยาวที่ได้เริ่มเหนียวและนิ่มมาก เนื่องจาก พันธะคู่ของคัลเซียมอิออนใน $CaCl_2$ ทำปฏิกิริยากับกรดเพกติกหรือเพกตินิกใน Middle Lamella ได้คัลเซียมเพกเตทหรือคัลเซียมเพกติเนท (Calcium Pectate or Calcium Pectinate) ที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้ผักมีโครงสร้างที่แข็งแรงและกรอบมากขึ้น แต่เมื่อใช้ $CaCl_2$ ในปริมาณมากเกินไป จะมีคัลเซียมอิออนตกค้าง ทำให้ผักที่ได้มีเนื้อสัมผัสเหนียว (Charley,1982) เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิ พบว่า ที่ 175 °C ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่า 160 °C คือมีความกรอบ โดยถั่วที่ 160 °C 10 วินาทีจะเหนียวและเหม็นเขียว ส่วนที่ 20 วินาที ถั่วที่ได้จะนิ่ม จากผลของเวลาพบว่า เวลา 20 วินาทีให้คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าเมื่อใช้เวลา 10 วินาที ซึ่งหากพิจารณาร่วมกันระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการทอดแล้วจะเห็นว่า การใช้เวลา 20 วินาทีให้ผลดีเมื่อทอดที่อุณหภูมิ 160 °C และสภาวะที่ให้คะแนนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและสีดีที่สุดคือ 175 °C 10 วินาที เนื่องจากความร้อนที่ให้แก่ถั่วฝักยาวมีระยะเวลาสั้นแม้จะใช้อุณหภูมิสูงมาก ก็ไม่ทำลายโครงสร้างของผักจนส่งผลให้เนื้อสัมผัสเสียไป ซึ่งจากการทดลองพบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วฝักยาวที่ 160 °C 20 วินาที มีความกรอบน้อยกว่าที่ 175 °C 10 วินาทีเล็กน้อย นอกจากนี้ การให้ความร้อนเมื่อทอดเป็นเวลานานยังทำให้ลักษณะปรากฏของถั่วที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควรคือ เกิดลักษณะพองบริเวณผิวของถั่ว เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นพบว่า ผิวจะเหี่ยวลงเนื่องจากการสูญเสียน้ำมาก โดยเฉพาะถั่วที่ทอดที่ 175 °C 20 วินาที

การยอมรับรวม อุณหภูมิที่ใช้ในการทอด อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ $CaCl_2$ และ อุณหภูมิกับเวลาในการทอด มีผลต่อคะแนนการยอมรับ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 4.60-4.62 พบว่าอุณหภูมิ 175 °C ให้คะแนนการยอมรับรวมมากกว่าที่ 160 °C เพราะถั่วทอดที่ 160 °C มีเนื้อสัมผัสนิ่มและกลิ่นเหม็นเขียว โดยเฉพาะเมื่อใช้เวลา 10 วินาที เนื่องจากความร้อนที่ให้ต่ำเกินไปไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในผักได้ (Lee, 1958; Charley, 1982; Faboya, 1985) เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง $CaCl_2$ และอุณหภูมิพบว่าที่ 175 °C ปริมาณ $CaCl_2$ 0.75% ให้คะแนนสูงสุดซึ่งจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า การใช้อุณหภูมิ 175 °C 10 วินาที โดยใช้ $CaCl_2$ 0.75% ให้ลักษณะต่างๆดีที่สุด เนื่องจาก $CaCl_2$ มีความเป็นกลาง (pH 6-7) และมีโครงสร้างที่ช่วยยึดสภาพของผักให้แข็งแรงขึ้น (Charley, 1982) จึงมีผลในการปรับปรุงด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วฝักยาวได้ รวมทั้งยังให้ผลดีในการรักษาสภาพสีเขียวของผักไว้ เนื่องจาก คลอโรฟิลล์มีความคงตัวดีในสภาพที่เป็นกลางหรือด่างเล็กน้อย (Lee, 1958; Meyer, 1960; Charley, 1982) และเมื่อพิจารณาสภาพดังกล่าวร่วมกับค่า Cooking Loss และ Thawing Loss พบว่า ให้ค่า Cooking Loss ต่ำที่สุด แม้ว่าจะมีค่า Thawing Loss สูงกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะเดียวกันที่ปริมาณ $CaCl_2$ ใดๆ

ตอนที่ 2 การปรับปรุงคุณภาพด้านสีของถั่วฝักยาว

ศึกษาโดยแปรความเข้มข้นของสารละลาย $NaHCO_3$ ที่ใช้แช่ถั่วฝักยาวเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากแช่ในสารละลาย $CaCl_2$ ที่เหมาะสมแล้ว แบ่งเป็น 5 ระดับคือ 0 0.25 0.50 0.75 และ 1% พบว่า ปริมาณ $NaHCO_3$ ที่ต่างกัน มีผลต่อค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ของถั่วฝักยาวทอด อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.63) โดยที่การใช้ $NaHCO_3$ ในปริมาณต่ำ ทำให้ค่า Cooking Loss ลดลง แต่เมื่อใช้ในปริมาณสูงขึ้น ทำให้ค่า Cooking Loss ของถั่วฝักยาวสูงขึ้น เนื่องจาก $NaHCO_3$ เป็นด่าง หากใช้ในปริมาณที่เหมาะสมช่วยรักษาโครงสร้างและเนื้อเยื่อของผักให้คงสภาพมากขึ้น ในขณะที่การใช้ปริมาณสูงเกินไป ทำให้ด่างเข้าไปไฮโดรไลซ์เซลลูโลส และเกิดโครงสร้างที่เสื่อมสภาพมากส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำมากขึ้น (Lee, 1958) และเมื่อพิจารณาค่า Thawing Loss พบว่า การใช้ $NaHCO_3$ ทำให้ Thawing Loss ของถั่วฝักยาวทอดมีค่าสูงขึ้นถึง 2 เท่า ยกเว้นเมื่อใช้ในปริมาณ 0.75% ที่ Thawing Loss มีค่าต่ำใกล้เคียงกับเมื่อไม่ได้ใช้เลย ซึ่งอาจเกิดจากเซลของพืชถูกทำลายด้วยด่างทำให้โมเลกุลของแป้งและโปรตีนในถั่วมีความสามารถดูดน้ำกลับหลังการแช่แข็งและการละลายได้น้อยลง (Luh and Woodroof, 1975) ลักษณะดังกล่าว มีผลต่อคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วฝักยาวด้วย จากตารางที่ 4.64 พบว่า ปริมาณ $NaHCO_3$ มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยแยกเป็น

ด้านสี เมื่อ $NaHCO_3$ เพิ่มขึ้น คะแนนด้านสีมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากด่างช่วยให้คลอโรฟิลล์มีความคงตัวดีขึ้นซึ่งส่งผลให้สีของผักที่ได้ดีขึ้นด้วย (Lee, 1958; Priestley, 1979; Zapsalis, 1985) โดย $NaHCO_3$ เข้าแทนที่หมู่ไฟทิลและเมธิล ทำให้เกิดคลอโรฟิลลิน มีสมบัติละลายน้ำได้และให้สีเขียว เกลือโซเดียมของคลอโรฟิลลินทำให้ผักมีสีเขียวเข้ม (Charley, 1982)

ลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อใช้ $NaHCO_3$ ในปริมาณสูงขึ้น คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้ลดลง เพราะการใช้ด่างมีผลให้สีของผักดีขึ้น แต่หากใช้ในปริมาณสูง ด่างจะไฮโดรไลซ์เซลลูโลสในผักทำให้เนื้อสัมผัสนิ่มเละ และเหนียวได้ โดยทำลายส่วนของเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ในผนังเซล ถ้าถั่วอ่อนมีเยื่อใยต่ำและเซลลูโลสละลายน้ำได้ เนื้อสัมผัสจะนิ่ม แต่ถ้าถั่วแก่มีเยื่อใยมากและเซลลูโลสไม่ละลายน้ำ เนื้อสัมผัสที่ได้จะเหนียว (Charley, 1982) ซึ่งการใช้ $NaHCO_3$ 0.75 และ 1% มีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสต่ำที่สุดเนื่องจากถั่วมีเนื้อสัมผัสนิ่มและเหนียว ส่วนการใช้ $NaHCO_3$ 0.25% ให้คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสดีกว่าเมื่อไม่ใช้เล็กน้อย คือ มีความกรอบนุ่ม เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

การยอมรับรวม พบว่าเมื่อใช้ $NaHCO_3$ ในปริมาณสูงขึ้น คะแนนการยอมรับจะลดลง และการใช้$NaHCO_3$ 0.25% ให้คะแนนการยอมรับรวมไม่ต่างจากเมื่อไม่ใช้ ($p>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาด้านสีพบว่า การใช้ $NaHCO_3$ ร้อยละ 0.25 ช่วยปรับปรุงสีของผักอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ดังนั้น เมื่อพิจารณาโดยรวม สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถั่วฝักยาวเพื่อผลิตเป็นถั่วฝักยาวผัดพริกชิงสำเร็จรูปแช่แข็งคือ แช่ถั่วฝักยาวในสารละลาย $CaCl_2$ 0.75% 1 ชั่วโมง แล้วแช่ในสารละลาย $NaHCO_3$ 0.25% 1 ชั่วโมง จากนั้นทอดที่ 175 °C 10 วินาที

5.2.1.2 เนื้อหมู

ศึกษาวิธีการทอด 2 วิธีคือ ทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep Fat Frying) และทอดโดยใช้ไมโครเวฟ ซึ่งแปรระดับ STPP 3 ระดับคือ 0.1 0.2 และ 0.3% ใช้อุณหภูมิ 3 ระดับสำหรับการทอดแบบน้ำมันท่วมคือ 140 160 และ180 °C เวลา 2 ระดับคือ 20 และ 30 วินาที ส่วนการทอดโดยใช้ไมโครเวฟ ใช้เวลา 2 ระดับคือ 34 และ 45 วินาที ซึ่งได้จากการทดลอง เพื่อหาสภาวะที่ทำให้เนื้อหมูสุกพอดีอย่างทั่วถึงทุกชิ้นมาก่อน

ผลของค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ของเนื้อหมูที่ทอดแบบน้ำมันท่วม จากตารางที่ 4.65 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ STPP อุณหภูมิและเวลาในการทอดมีผลต่อค่าทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยค่า Cooking Loss และ Thawing Loss เพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น และเมื่อปริมาณ STPP เพิ่มขึ้น ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก STPP มีผลในการแยกแคท

อิออนชนิดพันธะคู่ (Bivalent Cation) ของโปรตีน โดยที่แอนอิออนของฟอสเฟตจะเข้าไปจับกับไมโอซินแทนที่แอคติน เป็นการเพิ่มประจุลบของโปรตีน น้ำจึงเข้าไปแทรกอยู่ในโมเลกุลของโปรตีนได้มากขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ของเนื้อหมูจึงลดลง ซึ่งมีผลทำให้เนื้อนุ่มขึ้น (Henrickson, 1978; Molin and Raton, 1991) สังเกตจากค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 4.67-4.71 แสดงให้เห็นถึงคะแนนด้านลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรสและการยอมรับรวม ซึ่งมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้ปริมาณ STPP เพิ่มขึ้นจาก 0.1% เป็น 0.3% นอกจากนี้คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมยังขึ้นกับอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อหมูซึ่งทอดที่ 140 °C และ 160 °C มีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมซึ่งสูงกว่าเมื่อใช้อุณหภูมิ 180 °C และคะแนนทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลาในการทอดเพิ่มจาก 20 เป็น 30 วินาที ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเนื้อหมูได้รับความร้อน จะเกิดการเปลี่ยนแปลง 2 ขั้นตอนใหญ่ๆคือ โปรตีนในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (ทั้งซาโคพลาสมิคและไมโอไฟบิวลาร์) แข็งตัว และทำให้เนื้อมีลักษณะเหนียวขึ้น ซึ่งเกิดในขณะที่อุณหภูมิภายในของเนื้อสูงกว่า 68 °C ส่วนการเปลี่ยนแปลงอีกขั้นหนึ่งคือ การเกิดไฮโดรไลซิสของโปรตีนในส่วน White Connective Tissue และทำให้เนื้อนุ่มขึ้น เนื่องจากความชื้นหรือน้ำภายในโครงสร้าง โดยลักษณะความนุ่มชุ่มน้ำของเนื้อขึ้นกับเวลาในการทอด ในขณะที่ลักษณะเหนียวหรือแข็งของเนื้อเกิดจากผลของอุณหภูมิในการทอด ทำให้การเลือกสภาวะในการทอด นิยมใช้อุณหภูมิต่ำและเวลาในการทอดนาน (Henrickson, 1978) นอกจากนี้จากผลการวัดอุณหภูมิภายในเนื้อหมูที่ได้ในตารางที่ 4.66 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ STPP อุณหภูมิและเวลาในการทอดมีผลต่ออุณหภูมิภายในเนื้อหมูอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิภายในเนื้อหมูมีค่าสูงขึ้น เมื่อปริมาณ STPP อุณหภูมิและเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาของ Fjelkner-Modig (1985) เกี่ยวกับผลของอุณหภูมิในการทอดที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมู พบว่า เนื้อหมูที่มีอุณหภูมิภายในหลังทอด 68 °C มีคะแนนด้านความนุ่มชุ่มน้ำ และการยอมรับรวมสูงสุด เนื่องจากโปรตีนในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ เกิดการเปลี่ยนแปลงจากความร้อนในระดับที่เหมาะสมซึ่งในการทดลองนี้พบว่า เนื้อหมูซึ่งทอดแบบน้ำมันท่วมโดยใช้อุณหภูมิ 140 °C 30 วินาที และใช้ STPP 0.3% มีค่า Cooking Loss ต่ำสุด และมีค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มและการยอมรับรวมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิภายในของเนื้อหมูที่ได้มีค่า 69 °C สอดคล้องกับงานวิจัยของ Fjelkner-Modig (1985)

ส่วนการทำให้เนื้อหมูสุกโดยใช้ไมโครเวฟ จากตารางที่ 4.72 แสดงค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ของเนื้อหมูที่ทอดโดยใช้ไมโครเวฟ พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ STPP และเวลาในการทอด มีผลต่อค่า Cooking Loss และ Thawing Loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยค่า Cooking Loss เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการทอด

นานขึ้น และลดลงเมื่อปริมาณ STPP สูงขึ้น ส่วนค่า Thawing Loss ลดลงเมื่อเวลาในการทอดสูงขึ้น โดยปริมาณ STPP ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อ Thawing Loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และความสัมพันธ์ระหว่าง Cooking Loss และ Thawing Loss ที่ปริมาณSTPP และเวลาในการทอดต่างๆกันคือ Cooking Loss มีค่าสูงขึ้น เมื่อ Thawing Loss ลดลงซึ่งทั้ง 2 ค่ามีผลต่อคุณภาพของเนื้อที่ได้ เนื่องจากการสูญเสียน้ำภายในโครงสร้างซึ่งเกิดจากความร้อนที่ใช้มีผลให้เนื้อแข็งกระด้าง เช่นเดียวกับที่กล่าวแล้วในส่วนของการทอดแบบน้ำมันท่วม (Levie, 1970; Forrest,et.al,1975) จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมูที่ทอดโดยใช้ไมโครเวฟพบว่า ปริมาณ STPP มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยปริมาณSTPP ที่สูงขึ้น ทำให้คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรสและการยอมรับรวมมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก STPP ช่วยลดการสูญเสียน้ำในเนื้อหมู ทำให้ Cooking Loss และ Thawing loss ลดลงและส่งผลให้เนื้อนุ่มขึ้น (Molins and Raton,1991) ส่วนอุณหภูมิภายในเนื้อหมูจากการทอดโดยใช้ไมโครเวฟดังตารางที่ 4.73-4.74 พบว่าเวลาในการทอดมีผลต่ออุณหภูมิภายในเนื้อหมู ในขณะที่ STPP ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) คือ เมื่อให้เวลานานขึ้นจาก 34 เป็น 45 วินาที อุณหภูมิภายในเพิ่มขึ้นจาก 69 เป็น 71 °C ซึ่งลักษณะความนุ่มของเนื้อที่ได้จากการใช้ STPP 0.2 และ 0.3% ที่ 34 วินาที ต่างกัน แต่มีกลิ่นรสและการยอมรับรวมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จึงเลือกเนื้อหมูจากทั้ง 2 สภาวะ เพื่อเปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ได้จากการทอดแบบน้ำมันท่วม ซึ่งผลการเปรียบเทียบค่า Cooking Loss Thawing Loss และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 4.67-4.69 ตามลำดับ พบว่า เนื้อหมูที่ทอดแบบน้ำมันท่วม ใช้ STPP 0.3% อุณหภูมิ 140 °C 30 วินาที ให้ค่า Cooking Loss และ Thawing Loss ต่ำสุด ทั้งยังมีคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด และแตกต่างจาก 2 สภาวะที่เหลือ อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยที่อุณหภูมิภายในของเนื้อหมูทั้ง 3 สภาวะ มีค่า 68-69 °C ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เนื้อหมูที่ได้จากการทอดโดยใช้ไมโครเวฟ มีสีซีด และมีกลิ่นรสของการทอดน้อยกว่าเมื่อใช้แบบน้ำมันท่วม นอกจากนี้การใช้ไมโครเวฟทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจากภายในสู่ผิวนอกและระเหยไปเป็นจำนวนมาก สังเกตได้จากค่า Cooking Loss และ Thawing Loss เนื่องจากเนื้อหมูมีพื้นที่ผิวมากและสภาวะในการทอด มีความชื้นต่ำ จึงมีการสูญเสียน้ำจากเนื้อหมูจำนวนมาก ในขณะที่การทอดแบบน้ำมันท่วม ใช้น้ำมันเป็นตัวพาความร้อนในลักษณะ Moist Heat และเกิดการสูญเสียน้ำต่ำกว่า (ค่า Cooking Loss และค่า Thawing Loss มีค่าต่ำกว่ามาก) รวมทั้งให้กลิ่นรสจากการทอดที่ดี นอกจากนี้ Cheng และ Baldwin (1985) ศึกษาการทอดหมูแบบน้ำมันท่วมและการใช้ไมโครเวฟพบว่า เนื้อหมูที่ได้จากการทอดน้ำมันท่วมให้กลิ่นรส สี และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าการทอดโดยใช้ไมโครเวฟ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้

ดังนั้น ในการทอดหมู เพื่อใช้ในการผลิตถั่วฝักยาวผัดพริกขิงสำเร็จรูปแช่แข็ง จึงทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep Fat Frying) โดยหมักใน STPP 0.3% ใช้อุณหภูมิในการทอด 140 °C 30 วินาที

5.2.2 <u>วิธีการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะบรรจุก่อนการแช่แข็งที่มีผลต่อคุณภาพของถั่วฝักยาวผัดพริกขิงสำเร็จรูปแช่แข็งที่ได้</u>

ศึกษาการบรรจุผลิตภัณฑ์ต่างกัน 2 วิธีคือ การบรรจุถั่วฝักยาวแยกกับเครื่องพริกแกงพร้อมหมู และบรรจุรวมกันทั้งหมด โดยวัดปริมาณร้อยละคลอโรฟิลล์ a ในถั่วฝักยาว จากตารางที่ 4.80 พบว่า วิธีการบรรจุต่างกันมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ a อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งความแตกต่างนั้น มีค่าเพียง 1% เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากถั่วฝักยาวผัดพริกขิงมี pH เป็นกลาง เมื่อทดลองบรรจุรวมทั้งหมด และเก็บแช่แข็งนาน 15 วัน ปรากฏว่าถั่วฝักยาวยังมีสีเขียวและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค รวมทั้งลักษณะของอาหารประเภทนี้ควรใช้การบรรจุรวมเพื่อให้เครื่องพริกแกงเข้าเนื้อผักอย่างทั่วถึง

ดังนั้น ในการบรรจุถั่วฝักยาวผัดพริกขิงสำเร็จรูปแช่แข็ง จึงใช้การบรรจุรวมกันทั้งหมด

5.2.3 <u>ผลของวิธีการละลายหลังแช่แข็งและระยะเวลาในการเก็บแช่แข็งที่มีต่อผลิตภัณฑ์ถั่วฝักยาวผัดพริกขิงสำเร็จรูปแช่แข็ง</u>

ก่อนนำถั่วฝักยาวผัดพริกขิงสำเร็จรูปแช่แข็งมาบริโภค ต้องละลายและให้ความร้อนแก่อาหารเช่นเดียวกับแกงส้ม โดยศึกษาวิธีการละลายต่างกัน 2 วิธีคือ การต้มในน้ำเดือดและการใช้ไมโครเวฟ ศึกษาผลของระยะเวลาเก็บแช่แข็งโดยการวิเคราะห์ทางเคมี (วัดค่าเพอรอกไซด์และปริมาณคลอโรฟิลล์ a) และวิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์ มีการสุ่มตัวอย่างเมื่อเริ่มต้นเก็บ และ 15 วัน จากนั้นสุ่มตัวอย่างทุกเดือน ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ จะสุ่มทุก 1 เดือน ซึ่งแยกพิจารณาตามหัวข้อดังนี้

5.2.3.1 <u>การวิเคราะห์ทางเคมี</u>

<u>ปริมาณร้อยละคลอโรฟิลล์ a ในถั่วฝักยาว</u> จากตารางที่ 4.81 พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอายุการเก็บและวิธีการละลายมีผลต่อปริมาณร้อยละคลอโรฟิลล์ a ในถั่วฝักยาวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือเมื่อเก็บถั่วฝักยาวผัดพริกขิงเป็นเวลานานขึ้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ a ลดลงทั้งที่ละลายด้วยน้ำเดือดและไมโครเวฟ โดยในช่วงเริ่มต้นเก็บแช่แข็งจนถึง 15 วัน การละลายด้วยน้ำเดือดให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ a สูงกว่าเมื่อละลายโดยใช้ไมโครเวฟเล็กน้อย ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) นอกจากนั้นถั่วฝักยาวที่ละลายโดยใช้ไมโครเวฟมีปริมาณคลอโรฟิลล์ a สูงกว่าเมื่อละลายด้วยน้ำเดือดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผลที่

ได้ต่างจากเมื่อวิเคราะห์ในแกงส้มกุ้งผักรวม เนื่องจากอาหารทั้ง 2 ชนิดมีการเตรียมวัตถุดิบและการบรรจุต่างกัน คือถั่วฝักยาวผัดพริกขิงใช้การทอดและบรรจุรวมกันทั้งหมด เมื่อนำมาละลายโดยต้มในน้ำเดือด เกิดการพาความร้อนของน้ำและน้ำมันซึ่งเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน รวมทั้งเครื่องแกงต่างๆไปยังถั่วฝักยาวได้เป็นอย่างดี และใช้เวลานาน (6.5 นาที) ในการละลายน้ำแข็งจากภายนอกเพื่อให้อาหารมีอุณหภูมิ 70±5 °C ส่วนการละลายโดยใช้ไมโครเวฟ มีการถ่ายเทความร้อนจากภายในเนื้ออาหารก่อน แล้วเกิดการละลายของน้ำแข็งไปพร้อมๆกันเนื่องจากความร้อนที่ชิ้นอาหารได้รับและถ่ายเทออกมาในเวลาสั้น (2.15 นาที) ทำให้การเปลี่ยนแปลงและสูญเสียคลอโรฟิลล์ภายในถั่วฝักยาวเนื่องจากผนังเซลผักฉีกขาดเมื่อได้รับความร้อนระหว่างการละลายด้วยไมโครเวฟน้อยกว่าเมื่อละลายด้วยน้ำเดือด

<u>ค่าเพอรอกไซด์</u> ในการหาความหืนของอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง ปกตินิยมใช้วิธีหาค่า TBA แต่ในปัจจุบันพบว่าสาร 2-Thiobarbituric acid ที่ใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดไขมันจากอาหารจัดเป็นสารต้องห้าม มีอันตรายต่อระบบประสาทเมื่อสูดเข้าไปหรือเข้าตา จึงเลี่ยงมาวัดค่าเพอรอกไซด์ของไขมันในอาหารแทน เนื่องจากถั่วฝักยาวผัดพริกขิงเป็นอาหารที่มีไขมันอยู่มากกว่า 7.5% โดยการวัดค่าเพอรอกไซด์จะตักส่วนที่น้ำมันในตัวอย่างอาหารมาทำการวิเคราะห์เท่านั้น เนื่องจากน้ำมันปาล์มโอลีอินที่ใช้เมื่อเริ่มต้นมีค่าเพอรอกไซด์เท่ากับ 0

จากตารางที่ 4.81-4.82 พบว่า อายุการเก็บมีผลต่อค่าเพอรอกไซด์ของถั่วฝักยาวผัดพริกขิงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บแช่แข็งเพิ่มขึ้น ค่าเพอรอกไซด์ของถั่วฝักยาวผัดพริกขิงมีค่าสูงขึ้น คือ เมื่อเริ่มต้นเก็บแช่แข็งค่าเพอรอกไซด์ของผลิตภัณฑ์มีค่า 10.26 หลังจากเก็บนาน 3 เดือน ค่าเพอรอกไซด์เพิ่มเป็น 11.48 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของไขมันในอาหารเกิดขึ้นตลอดเวลา แม้จะมีการแช่แข็งก็ตาม โดยเกิดได้ทั้งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและออกซิเดชัน (Jansen, 1969; Charley, 1982) ซึ่งผลิตภัณฑ์ถั่วฝักยาวผัดพริกขิงที่ได้ ใช้สภาวะการบรรจุที่มีออกซิเจนอยู่ด้วย ทำให้ไขมันโดยเฉพาะส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เกิดสารประกอบไฮโดรเพอรอกไซด์ที่ก่อให้เกิดกลิ่นหืน ค่าเพอรอกไซด์จึงเพิ่มขึ้น แต่ค่าที่ได้ ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (PV = 10-12) คือยังตรวจไม่พบกลิ่นแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์ถั่วฝักยาวผัดพริกขิงสำเร็จรูปแช่แข็งที่ผลิตได้ เนื่องจากน้ำมันปาล์มที่ใช้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณต่ำ ในขณะที่วิธีการละลายต่างกัน 2 วิธีให้ค่าเพอรอกไซด์ที่ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

5.2.3.2 <u>การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์</u>

<u>ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด</u> ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเริ่มต้นเก็บแช่แข็งมีค่าประมาณ $1.5*10^4$ โคโลนี/กรัม (ตารางที่ 4.87)ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (ไม่เกิน 50000 โคโลนี/กรัม) (Diliello,1982) และเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แกงส้มกุ้งผักรวม พบว่า มีจำนวนน้อยกว่ามาก เนื่องจากการเตรียมวัตถุดิบของถั่วฝักยาวผัดพริกขิง มีการให้ความร้อนในการทอดที่อุณหภูมิสูงกว่าเมื่อเทียบกับการลวกในแกงส้ม ทำให้สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้มากกว่า และการบรรจุรวมทำให้เกิดการปนเปื้อนต่ำกว่าเพราะมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและเสียเวลาน้อยกว่า และเมื่อเก็บแช่แข็งนานขึ้น จุลินทรีย์ต่างๆ ทนต่อสภาวะเก็บแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำได้ลดลง ทำให้ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ 25 และ 37 °C ลดลง ซึ่งเมื่อเก็บแช่แข็งนาน 3 เดือน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่จำนวนลดลงถึง 10 เท่า เมื่อเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บ

<u>แบคทีเรียโคลิฟอร์ม</u> เมื่อเริ่มต้นเก็บแช่แข็ง ถั่วฝักยาวผัดพริกขิงมีแบคทีเรียโคลิฟอร์ม 1.7 MPN/กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดมาก (ไม่เกิน 10-100 MPN/ กรัม) ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนก่อนการแช่แข็งที่มีอุณหภูมิสูง สามารถทำลายแบคทีเรียเหล่านี้ได้ และเมื่อเก็บแช่แข็งนานขึ้น ผลของอุณหภูมิต่ำทำให้แบคทีเรียโคลิฟอร์มบางส่วนตายไป จึงมีจำนวนลดลง จนกระทั่งเก็บนาน 3 เดือน ตรวจไม่พบแบคทีเรียดังกล่าวในตัวอย่างอาหารที่นำมาวิเคราะห์

5.2.3.3 <u>การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ</u> ดังนี้

<u>ลักษณะปรากฏ</u> อายุการเก็บและวิธีการละลายมีผลต่อคะแนนลักษณะปรากฏของถั่วฝักยาวผัดพริกขิง อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) จากตารางที่ 4.83 4.85 และ 4.86 พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บแช่แข็งเพิ่มขึ้นคะแนนลักษณะปรากฏมีค่าลดลง และการละลายด้วยน้ำเดือดได้คะแนนลักษณะปรากฏต่ำกว่าเมื่อละลายโดยใช้ไมโครเวฟ เนื่องจากสีของถั่วฝักยาวที่ต่างกันหลังการละลาย เมื่อละลายถั่วฝักยาวผัดพริกขิงด้วยน้ำเดือด ถั่วที่ได้มีสีเขียวคล้ำลง ในขณะที่ละลายด้วยไมโครเวฟแล้วได้สีเขียวสดกว่า

<u>กลิ่นรส</u> จากตารางที่ 4.83 พบว่า อายุการเก็บมีผลต่อคะแนนกลิ่นรสของถั่วฝักยาวผัดพริกขิง อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อเก็บนานขึ้น คะแนนกลิ่นรสมีค่าลดลง อาจเกิดจากการที่ถั่วฝักยาวและเนื้อหมูมีการสูญเสียน้ำหลังการละลาย และปนอยู่ในเครื่องพริกแกง ทำให้คะแนนกลิ่นรสมีค่าลดลง ส่วนวิธีการละลายที่ต่างกัน ให้คะแนนด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

<u>สีของเนื้อหมูและถั่วฝักยาว</u> อายุการเก็บ วิธีการละลาย และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง มีผลต่อสีของถั่วฝักยาว อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 4.83) คะแนนด้านสีของถั่วฝักยาวลดลงเมื่อเก็บนานขึ้น และถั่วฝักยาวผัดพริกขิงที่ละลายด้วยน้ำเดือดมีคะแนนด้านสีของผัก น้อยกว่าเมื่อละลายโดยใช้ไมโครเวฟ ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ a ที่วัดได้ (ตารางที่ 4.81) เนื่องจากการสีเขียวในผักมีผลจากคลอโรฟิลล์ a

โดยตรง โดยที่ถั่วฝักยาวละลายด้วยน้ำเดือดมีสีเขียวคล้ำ ส่วนที่ละลายด้วยไมโครเวฟมีสีเขียวสดเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่า

ส่วนสีของเนื้อหมูนั้น พบว่า อายุการเก็บและวิธีการละลายที่ต่างกันไม่มีผลต่อคะแนนสีของเนื้อหมู อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยเนื้อหมูที่ได้ มีสีปกติ (เหลืองออกน้ำตาล) และมีสีของพริกแกงเกาะอยู่ทั่วไป แม้ว่าการเก็บนานขึ้นจะให้สีคล้ำลงเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกับเมื่อเริ่มต้นเก็บมากนัก

<u>ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมูและถั่วฝักยาว</u> พบว่า อายุการเก็บมีผลต่อคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วฝักยาว อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 4.85) เมื่อเก็บแช่แข็งนานขึ้น คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วฝักยาวมีค่าลดลง เนื่องจากเมื่อเริ่มต้น ถั่วฝักยาวมีความกรอบมาก แต่เมื่อเก็บแช่แข็ง ถั่วจะมีเนื้อสัมผัสนิ่มลง และมีบางส่วนเริ่มเหนียวขึ้นเล็กน้อย เป็นผลจากการแช่แข็งและการละลายด้วยความร้อนทำลายเซลเนื้อเยื่อของผักให้ฉีกขาด ส่งผลให้ความสามารถในการดูดน้ำกลับ (Water Reabsorbtion) ของถั่วฝักยาวมีค่าลดลง (Olson and Dietrich, 1969; Luh and Woodroof, 1975) และการละลายโดยใช้ไมโครเวฟให้เนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับมากกว่าเมื่อละลายด้วยน้ำเดือดเล็กน้อย คือถั่วฝักยาวที่ได้มีความกรอบนิ่ม เนื่องจากลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่ต่างกัน

ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมู พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เมื่อเก็บนานขึ้น หรือละลายด้วยวิธีการที่ต่างกัน

<u>การยอมรับรวม</u> พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่จากตารางที่ 4.84 จะเห็นว่า คะแนนการยอมรับรวมมีค่าลดลงเมื่อเก็บแช่แข็งนานขึ้น แต่เมื่อเก็บนาน 3 เดือน ผู้บริโภคยังยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ได้ในระดับค่อนข้างสูง (การยอมรับเฉลี่ย = 3.99) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่แช่แข็ง และผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ที่ละลายโดยใช้ไมโครเวฟมากกว่าเล็กน้อย ซึ่งผลดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย