บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ผลการเตรียมกุ้งก่อนแช่เยือกแข็ง

5.1.1 ผลการหาเวลาของการแช่ในสารละลาย STPP ที่เหมาะสม

ขั้นตอนนี้ศึกษาหาเวลาของการแช่กุ้งที่ตัดแต่งแล้วในสารละลาย STPP 2% เป็นเวลา 0, 4, 8, 12 และ 16 ชั่วโมง ในการเพิ่ม weight gain ของกุ้งดิบหลังแช่สารละลาย และ ลด cooking loss ของกุ้งต้มสุก จากตารางที่ 4.1 แสดง weight gain ของกุ้งดิบหลังแช่สารละลาย และ cooking loss ของกุ้งต้มสุก พบว่า เมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้น ค่า weight gain เพิ่มขึ้น และ cooking loss ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การที่สาร STPP มีผลในการเพิ่มน้ำหนักของกุ้งหลังแช่สารละลายเนื่องจาก เมื่อสัตว์ตายลงกล้ามเนื้อจะเกิด rigor mortis ซึ่งจะมี pH ประมาณ 5.5 ที่จุดนี้ Actomyosin จะเกิด Interaction ระหว่างโมเลกุลมาก ทำให้ muscle fiber หดตัวสั้นเข้า โปรตีนในกล้ามเนื้อจะตอบสนองต่อการ bind กับน้ำน้อย การแช่กุ้งในสารละลาย STPP ซึ่งมี pH 9.9 ส่งผลให้โปรตีนในเนื้อกุ้งมีประจุลบ myosin จะถูกสกัดออกมาและไป bind กับน้ำ ทำให้เนื้ออุ้มน้ำได้เพิ่มขึ้น (Deman, 1971) โดยการแช่เป็นเวลา 12 และ 16 ชั่วโมง จะให้ค่า weight gain มากที่สุด ในขณะที่การแช่ 16 ชั่วโมง จะให้ค่า cooking loss น้อยที่สุด แสดงว่า เวลามีผลต่อค่าดังกล่าว นั่นคือเมื่อเวลาการแช่สารละลายเพิ่มขึ้น สาร STPP สามารถไปทำให้โปรตีนในเนื้อกุ้งถูกสกัดออกมาได้มาก จึงไปจับกับน้ำและเนื้อเกิดการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น และเกิดปรากฏการณ์นี้ไปเรื่อยๆ จนถึงจุดหนึ่งที่เวลาการแช่ตั้งแต่ 12 ชั่วโมงขึ้นไป น้ำหนักของกุ้งหลังแช่สารละลายไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และเมื่อนำไปทำให้สุก เวลาการแช่สารละลายเพิ่มขึ้นจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เพื่อให้ได้เวลาในการแช่ที่เหมาะสม ทำให้ได้กุ้งต้มสุกที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด จึงนำไปประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และการยอมรับรวม ในขั้นตอนนี้ยังไม่มีการทดสอบชิมเนื่องจากผลิตภัณฑ์ยังไม่เหมาะในการบริโภค ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า เวลาในการแช่สารละลายที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ การแช่ 4 ชั่วโมง เพราะให้คะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวม มากที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะเต่งตึง สีขาวสว่าง บริเวณผิวหน้าไม่เหี่ยวย่น ในขณะที่เมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์มีสีขาวสว่างลดลงเนื่องจากเนื้ออุ้มน้ำเพิ่มขึ้น มีกลิ่นเหม็นคาว เพราะใช้เวลาในการแช่สารละลายนาน กุ้งจะเกิดการเสื่อมเสียและเกิดกลิ่นเหม็นคาว ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นเวลาในการแช่สารละลายที่เหมาะสม คือ 4 ชั่วโมง

ในขั้นต่อไปเพื่อให้ได้เวลาที่เหมาะสมที่สุด จึงแปรเวลาแช่สารละลายอีกครั้งเป็น 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า เวลาการแช่ที่ 4 และ 5 ชั่วโมง ให้ค่า weight gain มากที่สุด และให้ค่า cooking loss น้อยที่สุด เมื่อพิจารณาผลการประเมินทางประสาทสัมผัส ในตารางที่

4.4 พบว่า เวลาการแช่ที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ เวลาแช่ 4 และ 5 ชั่วโมง ดังนั้นจึงเลือกใช้เวลา 4 ชั่วโมง เนื่องจากใช้เวลาน้อยกว่า

5.1.2 ผลการหาปริมาณการใช้ STPP ในระดับต่างกัน

ขั้นตอนนี้ศึกษาปริมาณการใช้ STPP ในระดับ 0%, 1%, 2%, 3% และ 4% ในการเพิ่ม weight gain ของกุ้งดิบหลังแช่สารละลาย ลด cooking loss ของกุ้งต้มสุก จากตารางที่ 4.5 แสดง weight gain ของกุ้งดิบหลังแช่สารละลาย และ cooking loss ของกุ้งต้มสุก พบว่า เมื่อปริมาณสาร STPP เพิ่มขึ้น ค่า weight gain เพิ่มขึ้น และ cooking loss ลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยการใช้ STPP 4% จะให้ค่า weight gain มากที่สุด เมื่อพิจารณาค่า cooking loss จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) แสดงว่าสาร STPP นั้นช่วยลด cooking loss ได้อีกด้วย เนื่องจากการใช้สาร STPP เพิ่มขึ้นจะไปมีผลช่วยให้เนื้อมีความสามารถอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้สุกปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจึงน้อยกว่าการใช้สาร STPP ในปริมาณน้อยกว่า

จากการใช้สาร STPP ในผลิตภัณฑ์กุ้งต้มสุก มีผลให้เนื้อของผลิตภัณฑ์มีสีเปลี่ยนแปลงไป จึงนำผลิตภัณฑ์ไปวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี รายงานผลเป็นค่า L, a*, b* แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 พบว่า เมื่อใช้สาร STPP เพิ่มขึ้น สีของเนื้อกุ้งจะเปลี่ยนจากสีขาวสว่างลดลง เนื่องจาก กุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP ปริมาณมากขึ้น จะมีน้ำในเนื้อเยื่อสูงขึ้น โดยดูจาก %weight gain ในตารางที่ 4.5 ดังนั้นเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปวัดสี สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีสีขาวสว่างลดลง

เพื่อความปลอดภัยในการบริโภคจึงได้นำตัวอย่างไปหา ปริมาณ phosphorus ($\%P_2O_5$) ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7 พบว่า สามารถใช้ STPP ได้ไม่เกิน 3% เนื่องจากเมื่อใช้ปริมาณมากกว่านี้ ผลิตภัณฑ์กุ้งต้มสุกจะมีปริมาณ phosphorus ตกค้างมากกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกุ้งต้มสุก(มอก.115, 2529)กำหนดไว้ ซึ่งกำหนดไว้ให้พบในตัวอย่างได้ไม่เกิน 5000 ppm หรือ 0.5%

5.1.3 ผลการแช่กุ้งในสารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$

5.1.3.1 ผลการหาปริมาณการใช้ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน

ขั้นตอนนี้ศึกษาปริมาณการใช้ STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับ 0%, 1%, 2% และ 3% ในการเพิ่ม weight gain ของกุ้งดิบหลังแช่สารละลาย ลด cooking loss ของกุ้งต้มสุก จากตารางที่ 4.8 แสดง weight gain ของกุ้งดิบหลังแช่สารละลาย และ cooking loss ของกุ้งต้มสุก พบว่า เมื่อปริมาณสาร $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น ค่า weight gain จะลดลง และ cooking loss จะเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยการใช้ $CaCl_2$ 3% จะให้ค่า weight gain น้อยที่สุด เนื่องจาก การเติม $CaCl_2$ ในสารละลายจะแตกตัวเป็น Ca^{2+} โดย Ca^{2+} จะไปเพิ่มการ binding ระหว่าง myofibrillar proteins (Deman, 1971) ทำให้กล้ามเนื้อหดตัว และเกิดพันธะ(crossbridge) ของโปรตีนในกล้ามเนื้อแน่นขึ้น ดังนั้นการเติม $CaCl_2$ จะแตกตัวให้ Ca^{2+} ซึ่งมีผลให้กล้ามเนื้อหดตัว ทำให้เนื้อมีน้ำในเนื้อเยื่อลดลง ค่า weight gain จึงลดลง และ cooking loss เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

จากการใช้สาร $CaCl_2$ ในผลิตภัณฑ์กุ้งต้มสุก มีผลให้เนื้อของผลิตภัณฑ์มีสีเปลี่ยนแปลงไป จึงนำผลิตภัณฑ์ไปวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี รายงานผลเป็นค่า L, a*, b* แสดงไว้ในตารางที่ 4.9 พบว่า เมื่อใช้สาร $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น เนื้อกุ้งมีสีขาวคล้ำ เป็นสีขาวสว่างมากขึ้น เนื่องจาก กุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่สารละลาย $CaCl_2$ ปริมาณมากขึ้น จะมีน้ำในเนื้อเยื่อลดลง ดูจากผล weight gain ในตารางที่ 4.8 ลดลง เมื่อใช้ $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปวัดสี สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีสีขาวสว่างเพิ่มมากขึ้น

ผลการหาปริมาณ $CaCl_2$ ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์กุ้งต้มสุกแสดงในตารางที่ 4.10 พบว่า เมื่อใช้ $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น ปริมาณ $CaCl_2$ ที่มีในเนื้อกุ้งจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เพื่อให้มี $CaCl_2$ ตกค้างตามที่มาตรฐาน(Richard, 1989) กำหนดไว้ ซึ่งกำหนดไว้ให้พบในตัวอย่างได้ไม่เกิน 0.25% ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงใช้สาร $CaCl_2$ ได้ไม่เกิน 1%

5.1.3.2 ผลการใช้ STPP ในระดับ 1%, 2% และ 3% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับ 0.5%, 0.75% และ 1%

จากตารางที่ 4.11 แสดง weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุก หลังแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดังกล่าว พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ $CaCl_2$ มีผลต่อค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุก อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) กล่าวคือ เมื่อปริมาณสาร STPP เพิ่มขึ้น weight gain มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อใช้ $CaCl_2$ ปริมาณมากขึ้นจะมีผลไปลดการเพิ่ม weight gain เมื่อพิจารณาค่า cooking loss เมื่อใช้สาร STPP เพิ่มขึ้น cooking loss ลดลง แต่เมื่อใช้ $CaCl_2$ เพิ่มขึ้นค่า cooking loss จะเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.12 เป็นผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก พบว่า กุ้งต้มสุกหลังแช่สารละลาย STPP 1% ร่วมกับ $CaCl_2$ 1% มีสีขาวสว่างมากที่สุด ในขณะที่ กุ้งต้มสุกหลังแช่สารละลาย STPP 3% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.5% จะมีสีขาวสว่างน้อยที่สุด แสดงว่าเมื่อใช้ STPP เพิ่มขึ้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาวสว่างลดลง และเมื่อใช้ $CaCl_2$ เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาวสว่างขึ้น ซึ่งเป็นข้อดี เช่นเดียวกับ Falci และ Scott (1986) ได้ทำการทดลองเพิ่มสีขาวสว่างในเนื้อกุ้งเพื่อลดการเกิดเนื้อใสมองดูคล้ายดิบ โดยใช้ STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ พบว่า การใช้ $CaCl_2$ 0.5-1% จะทำให้เนื้อของผลิตภัณฑ์มีสีขาวสว่างเพิ่มมากขึ้น แต่การใช้ $CaCl_2$ 1% จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีweight gain ต่ำ cooking loss สูง ซึ่งเป็นภาวะที่ไม่เหมาะสมในการแช่กุ้ง

การใช้ STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน มีผลต่อเนื้อสัมผัสของกุ้ง ดังนั้นจึงนำไปวัดเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยวัดแรงที่ใช้ในการเจาะเนื้อกุ้งต้มสุก ผลแสดงไว้ในตารางที่ 4.13 พบว่า เมื่อใช้ STPP เพิ่มขึ้น แรงที่ใช้ในการเจาะเนื้อกุ้งต้มสุกลดลง แต่เมื่อใช้ $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น แรงที่ใช้ในการเจาะเนื้อกุ้งต้มสุกมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เนื่องจากกุ้งต้มสุกหลังแช่ในสารละลาย STPP ในระดับที่สูงขึ้น จะมีน้ำในเนื้อเยื่อเพิ่มมากขึ้น ทำให้เนื้อของกุ้งไม่แน่นเท่าเดิม จึงใช้แรงในการเจาะลดลง แต่เมื่อใช้ $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น จะทำให้กุ้งต้มสุกมีน้ำในเนื้อเยื่อน้อยลง เนื้อกุ้งจะนุ่มและเหนียวมากขึ้น ดังนั้นจึงใช้แรงในการเจาะเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.14 แสดงค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง ปริมาณสาร STPP และ $CaCl_2$ มีผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และการยอมรับรวม แต่ไม่มีผลต่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กุ้งต้มสุกหลังแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75%และ 1% ให้คะแนนในด้านลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวมมากที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะชุ่มน้ำ ไม่เหี่ยวและหดตัว สีขาวสว่าง เมื่อพิจารณาผลการประเมินในด้านกลิ่นรส พบว่า กุ้งต้มสุกหลังแช่สารละลาย STPP 1% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน มีคะแนนมากกว่า กุ้งต้มสุกหลังแช่สารละลาย STPP 2% และ 3% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน เมื่อพิจารณาคะแนนด้านเนื้อสัมผัส จากตารางที่ 4.16 เมื่อเพิ่มปริมาณสาร STPP เพิ่มขึ้น คะแนนมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยการใช้ STPP 1% ให้คะแนนมากที่สุด จากตารางที่ 4.17 การใช้ $CaCl_2$ 1% มีคะแนนมากที่สุด เนื่องจากผู้บริโภคจะให้คะแนนการยอมรับกุ้งที่มีลักษณะเนื้อแน่น มากกว่ากุ้งที่มีลักษณะเนื้อไม่แน่นหรือกรอบร่วน ซึ่งจากตารางที่ 4.13 เมื่อพิจารณาค่าแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้ง พบว่าเมื่อใช้ $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น จะต้องใช้แรงในการเจาะเนื้อกุ้งมากขึ้น

ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยรวม จึงเลือกใช้ภาวะในการแช่กุ้ง โดยใช้ STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% เพื่อใช้ทำการทดลองในขั้นต่อไป

5.1.4 ผลการแช่กุ้งในสารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP

5.1.4.1 ผลการหาปริมาณการใช้ SAPP ในระดับต่างกัน

ขั้นตอนนี้ศึกษาปริมาณการใช้ STPP 2% ร่วมกับ SAPP 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2% ในการเพิ่มน้ำหนักหลังแช่สารละลายและลดการสูญเสียน้ำหนักหลังต้มสุก จากตารางที่ 4.18 แสดง weight gain ของกุ้งดิบหลังแช่สารละลาย และ cooking loss ของกุ้งต้มสุก พบว่า เมื่อปริมาณสาร SAPP เพิ่มขึ้น ค่า weight gain เพิ่มขึ้น และ cooking loss ลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยการใช้ SAPP 2% จะให้ค่า weight gain มากที่สุด และ cooking loss น้อยที่สุด สาร SAPP ที่ 1% solution มี pH 4.3 (Ellinger, 1972) ซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับ STPP จะทำให้ pH ของสารละลายลดลงจาก pH 9.9 แต่ก็ยังมี pH สูงอยู่ ดังนั้นโปรตีนในเนื้อกุ้งจะมีประจุลบ และเกิดการแตกตัวของ myosin ออกมา ทำให้ความสามารถอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

การใช้สาร SAPP มีผลให้เนื้อมีสีขาวสว่างเพิ่มขึ้น จากตารางที่ 4.19 พบว่าเมื่อใช้สาร SAPP เพิ่มขึ้น ค่า L ซึ่งเป็นค่าแสดงถึงสีขาวสว่าง มีค่าเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ผลการหาปริมาณ Phosphorus ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์กุ้งต้มสุก พบว่า เมื่อใช้ SAPP เพิ่มขึ้น ปริมาณ Phosphorus มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ดังนั้นเพื่อให้มีปริมาณตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ จากผลการทดลองในตารางที่ 4.20 จึงสามารถใช้ SAPP ได้ไม่เกิน 1%

5.1.4.2 ผลการใช้ STPP ในระดับ 1%, 1.5% และ 2% ร่วมกับ SAPP ในระดับ 0.5%, 0.75% และ 1%

จากตารางที่ 4.21 แสดง weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดังกล่าว พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP ร่วมกับ SAPP ไม่มีผลต่อค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุก อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงพิจารณาเฉพาะ STPP และ SAPPจากตารางที่ 4.23-4.24 พบว่า เมื่อใช้ STPP และ SAPP เพิ่มขึ้น ค่า weight gain มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาค่า cooking loss จากตารางที่ 4.26-4.27 เมื่อใช้สาร STPP และ SAPP เพิ่มขึ้น cooking loss ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.28 เป็นผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ SAPP มีผลต่อค่าที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยเมื่อเพิ่ม STPP เนื้อกุ้งมีสีขาวสว่างลดลง แต่เมื่อเพิ่ม SAPP เนื้อกุ้งจะมีสีขาวสว่างเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Shimp, Robbinsville และ Steinhauer (1983) ได้ทดลองเพื่อเพิ่มสีขาวสว่างในเนื้อกุ้งต้มสุก หลังจากการใช้สาร STPP เพียงตัวเดียว พบว่า การใช้ SAPP ร่วมกับ STPP จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาวสว่างเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.29 เป็นผลการวัดเนื้อสัมผัสของกุ้งต้มสุก ซึ่งเป็นผลจากการใช้สาร STPP ร่วมกับ SAPP เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดังกล่าว พบว่ามีผลต่อค่าที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยเมื่อเพิ่ม STPP และ SAPP จะใช้แรงเจาะเนื้อกุ้งลดลง เนื่องจากในเนื้อกุ้งมีน้ำเพิ่มมากขึ้น พิจารณาจากค่า weight gain จากตารางที่ 4.21

เมื่อนำกุ้งต้มสุกไปประเมินผลทางประสาทสัมผัส แสดงในตารางที่ 4.30 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ SAPP มีผลต่อคะแนนในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า กุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP 1.5%ร่วมกับ SAPP 0.5% ได้รับคะแนนในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และการยอมรับรวม มากที่สุด

ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกภาวะของการแช่สารละลาย STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% ไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

5.1.5 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพกุ้งต้มสุกที่ได้จากการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% และ STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5%

จากตารางที่ 4.31 พบว่ากุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% จะมีค่า weight gain และ cooking loss มากกว่ากุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เนื่องจากสาร STPP และ SAPP มีคุณสมบัติของการเป็น water binding agent (Ellinger, 1972) จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หลังแช่สารละลายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่ากุ้งที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% ซึ่ง $CaCl_2$ นี้ในสารละลายจะแตกตัว

เป็น Ca^{2+} โดย Ca^{2+} จะไปเพิ่มการ binding ระหว่าง myofibrillar proteins (Deman, 1971) ทำให้เนื้อหดตัว ดังนั้นหลังการทำให้สุก เนื้อกุ้งจะเกิดการหดตัวมากกว่า และมีขนาดเล็กกว่า ส่งผลให้เมื่อนำไปวัดสี ผลในตารางที่ 4.32 และวัดเนื้อสัมผัส ผลในตารางที่ 4.33 จากการที่กุ้งเกิดการหดตัว ดังนั้นจึงมีน้ำในเนื้อเยื่อลดลง หลังการวัดสีตัวอย่างจะมีสีขาวสว่างมาก และเนื้อสัมผัสจะแน่นขึ้นจึงต้องใช้แรงในการเจาะมากกว่า เมื่อนำตัวอย่างไปประเมินผลทางประสาทสัมผัส ผู้บริโภคจะให้การยอมรับกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% ในทุกด้านมากกว่าแสดงว่าผูบริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาวสว่าง กลิ่นรสหอมหวาน และมีเนื้อสัมผัสแน่นมากกว่า โดยการยอมรับรวม ผู้บริโภคจะชอบปานกลางเกือบชอบมาก ในขณะที่กุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% ผู้บริโภคจะชอบเล็กน้อยเกือบชอบปานกลาง

ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้ภาวะของการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ใช้สำหรับการเตรียมกุ้งก่อนนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

5.2 ผลการหาภาวะที่เหมาะสมของการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว

จากตารางที่ 4.35 พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวลดลงต้องใช้ปริมาณไนโตรเจนสำหรับแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยการใช้ที่อุณหภูมิ -110 °C ใช้ไนโตรเจนเหลวมากที่สุด คือ 1.21 kgs. nitrogen / kgs. product โดย Sebrnek (1982) ได้ศึกษาการใช้ไนโตรเจนเหลวสำหรับแช่เยือกแข็งกุ้งต้มสุก พบว่า ใช้ไนโตรเจนสำหรับแช่เยือกแข็ง เท่ากับ 1 kgs. nitrogen / kgs. product ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่หาได้จากการทดลอง

เมื่อแปรอุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว ออกเป็น -70°, -90° และ -110°C จากตารางที่ 4.36 พบว่าค่า freezing loss ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ในขณะที่ค่า thawing loss ของกุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่ -70° มากกว่าที่ -90° และ -110°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยกุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่ -70 ° ค่า thawing loss มากที่สุด เนื่องจากการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -70° C ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งนานกว่า จึงเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่กว่าผลึกน้ำแข็งซึ่งเกิดจากการแช่เยือกแข็งที่ -90° และ -110°C จึงมีผลให้การทำลายเซลของผลิตภัณฑ์มากกว่า เมื่อนำไปละลายผลึกน้ำแข็งจึงมีการสูญเสียน้ำจากเนื้อเยื่อมากกว่า โดย Bjorn และ Erla (1976) ได้ศึกษาวิธีการแช่เยือกแข็งที่มีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งต่างกัน พบว่า วิธีแช่เยือกแข็งที่มีอัตราเร็วต่ำจะเกิดการสูญเสียน้ำหนักหลังละลายผลึกน้ำแข็งมากกว่าวิธีการแช่เยือกแข็งที่มีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งสูงกว่า

ลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อนำไปวัดด้วยเครื่อง Texture analyzer ผลดังตารางที่ 4.37 พบว่าแรงที่ใช้ในการเจาะเนื้อกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่ -70°C มากกว่าที่ -90° และ -110°C เนื่องจากตัวอย่างมีการสูญเสียน้ำไปมากกว่ามีผลให้เนื้อสัมผัสของตัวอย่างมีลักษณะชุ่มน้ำน้อยกว่าจึงต้องใช้แรงในการเจาะมากกว่าเมื่อเทียบกับอีก 2 ตัวอย่าง

เมื่อนำตัวอย่างหลังผ่านการแช่เยือกแข็ง ไปประเมินผลทางประสาทสัมผัส ผลดังแสดงในตารางที่ 4.38 พบว่า คะแนนการยอมรับรวมไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จึงพิจารณาในด้านลักษณะปรากฏ

กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส เพื่อหาภาวะในการแช่เยือกแข็งที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป พบว่า คะแนนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ของตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -90 °และ -110 ° C ให้คะแนนมากที่สุดและไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาการใช้ไนโตรเจนเหลวสำหรับแช่เยือกแข็ง พบว่า การแช่เยือกแข็งที่ -90 °C ใช้ไนโตรเจนเหลวน้อยกว่า ดังนั้นจึงเลือกใช้อุณหภูมิในการแช่เยือกแข็งที่ -90 °C เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

5.3 ผลการหาเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งและอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งระหว่างการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็นและไนโตรเจนเหลว

เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง และอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งกุ้งต้มสุกที่บรรจุในถุงพลาสติก แบบ vacuum pack ใช้วิธีแช่เยือกแข็ง 2 วิธี เมื่อกำหนดวิธีการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็นเปิดเครื่องที่อุณหภูมิต่ำสุดที่เครื่องจะทำงานได้ ซึ่งเท่ากับ -36 °C และการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งที่ -90 °C โดยให้อุณหภูมิสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เป็น -18 °C จากรูปที่ 4.1-4.2 พบว่า จุดเยือกแข็งของกุ้งต้มสุกอยู่ที่ -2 °C โดย Harder (1979) ได้ระบุว่าจุดเยือกแข็งของกุ้งอยู่ที่ -2.22 °C การแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็นใช้เวลา 50 นาที มีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งเท่ากับ 0.91 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (รายละเอียดการคำนวนแสดงในภาคผนวก ข.) ซึ่งจัดอยู่ในการแช่เยือกแข็งค่อนข้างเร็ว แต่ช้ากว่าการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว ใช้เวลา 5 นาที 12 วินาที และมีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็ง เท่ากับ 9.03 เซนติเมตรต่อชั่วโมง จัดอยู่ในการแช่เยือกแข็งที่เร็วเกือบถึงเร็วมาก (IIR, 1972)

5.4 ผลการศึกษาคุณภาพของกุ้งต้มสุกแช่เยือกแข็งหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ -18 °C

จากตารางที่ 4.40 แสดงค่า thawing loss ของกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่และไม่แช่สารละลาย นำไปแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง การเตรียมตัวอย่าง วิธีการแช่เยือกแข็ง และ อายุการเก็บมีผลต่อค่า thawing loss อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลาย จะมีค่า thawing loss น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ เนื่องจาก STPP ที่มีอยู่ในเนื้อกุ้ง มีคุณสมบัติช่วยให้โปรตีนไมโอซิน ที่ถูกสกัดออกมานั้นสามารถจับกับน้ำได้ดี (สุทธวัฒน์, 2536) ดังนั้นในระหว่างการแช่เยือกแข็ง และการละลายผลึกน้ำแข็งจึงสูญเสียน้ำน้อยกว่า จึงมีผลให้ค่าดังกล่าวมีค่าน้อย เมื่อพิจารณาตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว มีค่า thawing loss น้อยกว่าการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวมีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งสูงมาก ดังนั้นจึงเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก มีลักษณะกลมมน กระจายอยู่ทั่วไปในผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์น้อยกว่า เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปแช่เยือกแข็ง และละลายผลึกน้ำแข็งจึงเกิดการสูญเสียน้ำน้อยกว่า การแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น ซึ่งมีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งช้ากว่า ซึ่งจะเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่กว่ามีผลในการทำลายเซลและเนื้อเยื่อมากกว่า (Gidding, 1978) เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีค่า thawing loss เพิ่มขึ้น เนื่องจากใน

ระหว่างการเก็บรักษาจะเกิดปรากฏการณ์ตกผลึกน้ำแข็งใหม่ โดยผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์จะมารวมตัวกันมีขนาดใหญ่ขึ้น (Gupta, 1992) มีผลในการทำลายเนื้อเยื่อเพิ่มมากขึ้น เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปละลายผลึกน้ำแข็งน้ำจึงไหลออกจากเนื้อเยื่อมากขึ้น ดังนั้นค่า thawing loss จึงมีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.41 แสดงค่า TVB-N ของกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่และไม่แช่สารละลาย นำไปแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง การเตรียมตัวอย่าง วิธีการแช่เยือกแข็ง และ อายุการเก็บมีผลต่อค่า TVB-N อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กล่าวคือ ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลาย จะมีค่า TVB-N ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ (Hideyuki, 1986) น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย เนื่องจากสาร STPP ที่มีอยู่ในเนื้อกุ้ง มีคุณสมบัติเป็น สารกันเสียทางอ้อม คือ ไปจับกับอนุมูลโลหะที่มีความสำคัญต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2536) ดังนั้นจึงพบปริมาณของ TVB-N น้อยกว่า เมื่อพิจารณาวิธีการแช่เยือกแข็ง พบว่า การแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น มีค่า TVB-N มากกว่า การแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว เนื่องจาก การแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็นจะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ เกิดการทิ่มแทงเซลทำให้เนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์ถูกทำลายมาก (Bjorn,1976) ส่งผลให้น้ำภายในเซลไหลออกมาภายนอกเซล ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ มีผลให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีและย่อยสลายสารอาหารเกิดเป็นสารประกอบย่อย คือ TVB-N ขึ้นมา โดยกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว เนื่องจากมีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งเร็วมากจึงเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก และมีลักษณะกลมมน เซลและเนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์จะถูกทำลายจากการเกิดผลึกน้ำแข็งน้อยกว่า จุลินทรีย์จึงสามารถเจริญและผลิตสารดังกล่าวได้น้อยกว่า เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น พบว่าปริมาณ TVB-N มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$) เนื่องจากเนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์จะถูกทำลายจากผลึกน้ำแข็งที่ตกผลึกใหม่ในระหว่างการเก็บรักษามากขึ้น เนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์ถูกทำลายมากขึ้น จุลินทรีย์จึงสามารถเจริญและผลิตสารดังกล่าวได้มาก ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณสาร TVB-N 20 mg. N / 100 g. ถือว่ามีความสด (Hideyuki, 1986) ผลจากการทดลองพบว่า กุ้งต้มสุกที่ผ่านการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ ในตัวอย่างที่ผ่านการแช่และไม่แช่สารละลาย ในตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็นและไนโตรเจนเหลวมีปริมาณสาร TVB-N ที่ตรวจพบ มีค่าต่ำกว่า 20 mg. N / 100 g แสดงว่าตัวอย่างยังมีความสดอยู่

ตารางที่ 4.42 แสดงค่าเนื้อสัมผัสของกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่และไม่แช่สารละลาย นำไปแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง การเตรียมตัวอย่าง วิธีการแช่เยือกแข็ง และ อายุการเก็บไม่มีผลต่อแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุกอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จากตารางที่ 4.44 เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุกจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เนื่องจากเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มีการสูญเสียน้ำหลังจากละลายผลึกน้ำแข็งมากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีเนื้อสัมผัสเหนียวขึ้น จึงต้องใช้แรงในการเจาะเนื้อกุ้งเพิ่มขึ้น จากตารางที่ 4.45 กุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวจะใช้แรงเจาะเนื้อกุ้งต้มสุกต่ำกว่ากุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็นอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$) แสดงถึงตัวอย่างมีเนื้อสัมผัสที่แน่นกว่า เมื่อพิจารณาวิธีการเตรียมตัวอย่างจากตารางที่ 4.46 พบว่า กุ้งที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายใช้แรงในการเจาะมากกว่ากุ้งที่ผ่านการแช่สารละลายอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เนื่องจากกุ้งที่ผ่านการแช่สารละลายมีน้ำในเนื้อเยื่อมากกว่า ซึ่งเกิดจากการใช้สาร STPP ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น

ดังผลในตารางที่ 4.5 และการใช้ STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ก็มีผลในการช่วยเพิ่มน้ำหนักของกุ้งเช่นกัน ผลการทดลองในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.48 แสดงค่าล็อกจำนวนจุลินทรีย์ ของกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่และไม่แช่สารละลาย นำไปแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง การเตรียมตัวอย่าง วิธีการแช่เยือกแข็ง และ อายุการเก็บมีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กล่าวคือ ตัวอย่างผ่านการแช่สารละลาย จะมีปริมาณจุลินทรีย์ น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโดยสาร STPP มีคุณสมบัติเป็นสารกันเสียทางอ้อม คือจะไปจับกับอนุมูลโลหะที่มีความจำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ มีผลให้จุลินทรีย์หยุดการเจริญ และเจริญได้ช้าลง (สุทธวัฒน์, 2536) เมื่อพิจารณาวิธีการแช่เยือกแข็ง พบว่า การแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว มีค่ามากกว่า การแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น เนื่องจากการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กมีลักษณะกลมมน มีผลในการทำลายจุลินทรีย์น้อยเมื่อเทียบกับการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น ซึ่งเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่มีผลในการทำลายจุลินทรีย์มากกว่า (Bjorn, 1976) เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เนื่องจากผลึกน้ำแข็งที่ตกผลึกใหม่ในระหว่างการเก็บรักษามีขนาดใหญ่ขึ้น มีผลในการทำลายจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Gupta และ Basu(1992) ได้ศึกษาคุณภาพของกุ้งแช่เยือกแข็ง เป็นเวลา 18 สัปดาห์ พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์จะมีจำนวนลดลง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.41 จะพบว่า ค่า TVB-N ที่เป็นสารซึ่งเกิดจากการย่อยสลายสารอาหารของจุลินทรีย์ ในกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวจะมีค่า TVB-N ต่ำกว่า การแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น แต่เมื่อพิจารณาผลของจำนวนจุลินทรีย์จากตารางที่ 4.48 จะพบว่าการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวจำนวนจุลินทรีย์มีมากกว่าการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น ซึ่งผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับผลของ TVB-N ในตารางที่ 4.41 ซึ่งค่า TVB-N ในกุ้งที่แช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวน่าจะมากกว่า สาเหตุเนื่องมาจากขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างต่างกันคือ การตรวจสอบจุลินทรีย์กุ้งต้มสุกแช่เยือกแข็งจะตรวจสอบจุลินทรีย์ในสภาพแช่เยือกแข็ง ซึ่งจะตรวจสอบพบจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาเท่านั้น ยังไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์มากนัก แต่การตรวจหา TVB-N ทำตัวอย่างให้ละลายที่อุณหภูมิ $10 \pm 5^{\circ}C$ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งสภาวะนี้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาสามารถเจริญและย่อยสลายสารอาหารในกุ้งต้มสุกและเกิดสาร TVB-N ขึ้น ในสภาวะที่เหมาะสมจุลินทรีย์สามารถเจริญและมีการแบ่งตัวแบบ binary fission คือแบ่งเซลจาก 1 เป็น 2 จาก 2 เป็น 4 ไปเรื่อยๆ อัตราการแบ่งตัวประมาณ 15 นาทีต่อครั้ง (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2528) กุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น เนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์จะถูกทำลายเนื่องจากการเกิดผลึกน้ำแข็งมากกว่า ทำให้น้ำภายในเซลไหลออกมาภายนอกเซล และนำสารประกอบต่างๆ ออกมาด้วย ซึ่งเป็นสารที่จุลินทรีย์สามารถใช้ในการเจริญได้เป็นอย่างดี และผลิตสาร TVB-N ออกมาได้มากกว่ากุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวซึ่งเนื้อเยื่อของกุ้งถูกทำลายน้อยกว่า

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา วิธีแช่เยือกแข็ง. และการเตรียมตัวอย่างไม่มีผลต่อคะแนนในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา จากตารางที่ 4.60 และรูป 4.3 พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น คะแนนในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาผลึกจะมีขนาดใหญ่ขึ้น (growth crystallization) (Fennema, 1975) ส่งผลให้เนื้อเยื่อหดตัวและรวมตัวอัดกันแน่น เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปละลายผลึกน้ำแข็งน้ำภายในเนื้อเยื่อจึงไหลออกมาด้วย ทำให้กุ้งต้มสุกมีลักษณะผิวหน้าเต่งตึงลดลงจากการสูญเสียน้ำหลังละลายผลึกน้ำแข็ง ซึ่งจะสัมพันธ์กับผลในตารางที่ 4.40 กลิ่นรสหอมหวานลดลง เนื้อสัมผัสเหนียวขึ้น ดังนั้นเมื่อประเมินผลส่งผลทำให้คะแนนการยอมรับรวมลดลง

เมื่อพิจารณาผลของวิธีแช่เยือกแข็งต่างกัน ตามตารางที่ 4.61 และรูป 4.4 พบว่า การแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว มีคะแนนในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม มากกว่า การแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวมีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งเร็วมาก ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก มีลักษณะกลมมน เกิดอยู่ภายในเซล จึงเกิดการทำลายเนื้อเยื่อน้อยกว่า เมื่อเทียบกับการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น ซึ่งทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่กว่า ทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อมากกว่า เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปละลายผลึกน้ำแข็งส่วนประกอบต่างๆ ในเนื้อเยื่อจึงไหลออกมามากกว่า ส่งผลให้คะแนนในด้านต่างๆ น้อยกว่ากุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว

เมื่อพิจารณาผลการแช่สารละลายและไม่แช่สารละลาย จากตารางที่ 4.62 และรูป 4.5 พบว่า การแช่กุ้งในสารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% ก่อนนำไปต้มสุกและแช่เยือกแข็ง เมื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัส จะมีคะแนนในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม มากกว่ากุ้งต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสาร STPP นั้นช่วยอุ้มน้ำไว้ภายในผลิตภัณฑ์ และมีคุณสมบัติเป็นสารกันเสียทางอ้อม (สุทธวัฒน์, 2536) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่สารละลายจึงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่า

5.6 ศึกษาโครงสร้างเนื้อเยื่อของกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็นและไนโตรเจน หลังจากแช่เยือกแข็งทันที และหลังเก็บรักษา 24 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับกุ้งต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษา

จากรูปที่ 4.6 เปรียบเทียบโครงสร้างเนื้อเยื่อกุ้งต้มสุก โดยใช้กล้อง Scanning Electron Microscope ส่องดูกุ้งที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง กุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวและลมเย็นหลังแช่เยือกแข็งทันที โดยใช้กำลังขยาย 150และ 1500 เท่า จะพบว่ากุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวจะมีช่องว่างของการเกิดผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดเล็ก และมีลักษณะของเนื้อเยื่อใกล้เคียงกับกุ้งที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งมากกว่า เมื่อเทียบกับกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งลมเย็น และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.6 โครงสร้างเนื้อเยื่อของกุ้งต้มสุกจะมีช่องว่างระหว่างเซลขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากการเกิดปรากฏการณ์ growth crystallization (Fennema, 1975) ในระหว่างการเก็บรักษา โดยกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น จะเกิดช่องว่างของการเกิดผลึกน้ำแข็งระหว่างเซลเห็นเป็นรอยแยกมากกว่า เนื้อเยื่อมีลักษณะหดตัวและอัดกันแน่น

อัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้น วิธีการแช่เยือกแข็งที่มีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งช้า ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่และเกิดภายนอกเซล ซึ่งเป็นสาเหตุให้เนื้อเยื่อเกิดการสูญเสียน้ำ เนื้อหดตัวและรวมตัวอัดกันแน่น เป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากหลังละลายผลึกน้ำแข็ง วิธีแช่เยือกแข็งที่มีอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งสูง โครงสร้างของเนื้อเยื่อจะเกิดรอยแยกน้อย ผลึกน้ำแข็งเกิดภายในเซล (Gidding, 1978)

เมื่อพิจารณาภาพตัดตามขวางเนื้อเยื่อของกุ้งหลังจากเก็บรักษา 24 สัปดาห์ ดังรูปที่ 4.8 เป็นโครงสร้างเนื้อกุ้งที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง เนื้อกุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวและลมเย็นตามลำดับ เมื่อพิจารณาที่กำลังขยาย 150 เท่า กุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวจะมีลักษณะที่ถูกทำลายเนื่องจากการเกิดผลึกน้ำแข็งน้อยกว่าเนื้อกุ้งที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งมากกว่า เมื่อพิจารณาที่กำลังขยาย 1500 เท่า จะเห็นเนื้อกุ้งเป็นแถบๆ ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนของ actin และ myosin จากรูปจะพบว่า เนื้อกุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น ส่วนที่เป็นแถบจะเกิดการบิดเบี้ยว แตกหัก และถูกทำลายมากกว่าเนื้อกุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว ซึ่งมีการจัดเรียงตัวและเป็นระเบียบมากกว่า