บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลของการเตรียมกุ้งกุลาดำก่อนแช่เยือกแข็ง

4.1.1 ผลการหาเวลาที่เหมาะสมของการแช่กุ้งในสารละลาย STPP 2%

ผลการหา weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลายเมื่อเวลาของการแช่สารละลายต่างกัน แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% เป็นเวลาต่างกัน ในการศึกษาเบื้องต้น

เวลาของการแช่สารละลาย (ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ย (%) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	weight gain	cooking loss
0	-	31.48 ± 0.16^{a}
4	9.79 ± 0.17^{c}	7.85 ± 0.08^{b}
8	12.53 ± 0.07^{b}	6.42 ± 0.05^{c}
12	12.87 ± 0.05^{a}	5.79 ± 0.04^{d}
16	12.99 ± 0.11^{a}	5.38 ± 0.13^{e}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD เมื่อพิจารณาค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลายโดยใช้เวลาแช่ต่างกัน เมื่อใช้เวลา เพิ่มขึ้น พบว่า การเพิ่มน้ำหนักของกุ้งดิบหลังแช่สารละลายเพิ่มขึ้น และการสูญเสียน้ำหนักของกุ้งต้มสุกลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ส่วนผลการประเมินทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก รายงานผลเป็นคะแนนเฉลี่ย แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น (คะแนนเต็ม 15) และการยอมรับรวม (คะแนนเต็ม 9) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% เป็นเวลาต่างกัน ในการศึกษาเบื้องต้น

เวลาของการแช่สารละลาย (ชั่วโมง)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	การยอมรับรวม
0	3.53 ± 0.99^{d}	13.07 ± 1.62^{a}	5.80 ± 1.26^{bc}
4	10.80 ± 1.37^{a}	10.80 ± 1.47^{b}	7.67 ± 0.98^{a}
8	7.80 ± 1.01^{b}	8.40 ± 1.40^{c}	6.13 ± 1.30^{b}
12	5.13 ± 1.36^{c}	6.93 ± 1.03^{d}	5.20 ± 1.15^{c}
16	3.33 ± 1.29^{d}	4.80 ± 0.77^{e}	3.60 ± 0.91^{d}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ RCBD พบว่า เวลาของการแช่สารละลาย มีผลต่อคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่น และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาคะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในด้านการยอมรับรวม พบว่า เวลาของการแช่สารละลายที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ 4 ชั่วโมง ดังนั้นจึงแปรเวลาในการใช้ใหม่ ได้ผลดังตารางที่ 4.3 เพื่อหาเวลาของการแช่สารละลายที่เหมาะสมที่สุด

ผลการหา weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% โดยแปรเวลาของการแช่สารละลายต่างกัน แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% เป็นเวลาต่างกัน

เวลาของการแช่สารละลาย (ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ย (%) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	weight gain	cooking loss
3	7.27 ± 0.17^{b}	8.85 ± 0.10^{a}
4	9.89 ± 0.22^{a}	7.95 ± 0.08^{b}
5	9.94 ± 0.26^{a}	7.69 ± 0.05^{b}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD เมื่อพิจารณาค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลายโดยใช้เวลาแช่ต่างกัน เมื่อใช้เวลา เพิ่มขึ้น พบว่า การเพิ่มน้ำหนักของกุ้งดิบหลังแช่สารละลายเพิ่มขึ้น และการสูญเสียน้ำหนักของกุ้งต้มสุกลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก รายงานผลเป็นคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% แปรเวลาของการแช่สารละลายต่างกัน แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น (คะแนนเต็ม 15) และการยอมรับรวม (คะแนนเต็ม 9) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% เป็นเวลาต่างกัน

เวลาของการแช่สารละลาย (ชั่วโมง)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	การยอมรับรวม
3	6.73 ± 1.03^{b}	7.87 ± 0.91^{a}	6.60 ± 1.07^{b}
4	10.46 ± 1.30^{a}	6.93 ± 0.80^{b}	7.67 ± 0.82^{a}
5	10.80 ± 1.47^{a}	6.40 ± 0.91^{b}	8.00 ± 0.85^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ RCBD พบว่า เมื่อเวลาของการแช่สารละลายเพิ่มขึ้น จะมีผลต่อคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่น และการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คะแนนที่ได้จากกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่สารละลาย 4 ชั่วโมงไม่ต่างกันกับการแช่ในสารละลาย 5 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากการแช่ที่ 4 ชั่วโมงใช้เวลาน้อยกว่า ดังนั้นจึงเลือกเวลานี้เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.1.2 ผลการศึกษาปริมาณการใช้ STPP ในระดับต่างกัน

ผลการหา weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ในระดับ 0%, 1%, 2%, 3% และ 4% เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่งโมง

ปริมาณสาร STPP	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (%) $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
(%)	weight gain	cooking loss
0	-	32.38 ± 0.66^{a}
1	5.49 ± 0.54^{c}	12.15 ± 0.40^{b}
2	9.80 ± 0.22^{b}	8.06 ± 0.32^{c}
3	12.23 ± 0.21^{a}	3.88 ± 0.20^{d}
4	13.02 ± 0.42^{a}	2.67 ± 0.22^{e}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD เมื่อพิจารณาค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ในระดับต่างกัน เมื่อใช้ปริมาณ STPP เพิ่มขึ้น พบว่า น้ำหนักของกุ้งดิบหลังแช่สารละลายเพิ่มขึ้น การสูญเสียน้ำหนักของกุ้งต้มสุกลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการวัดสีของเนื้อกุ้งต้มสุก(เฉพาะส่วนสีขาว) ที่ไม่แช่และแช่สารละลายSTPP ในระดับต่างกัน รายงานผลเป็นค่า L, a*, b* แสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก(เฉพาะส่วนสีขาว) ที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร	ค่าเฉลี่ยผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
(%)	L	a*	b*
0	71.62 ± 1.64^{a}	-2.54 ± 0.13^{a}	-5.44 ± 0.04^{a}
1	71.05 ± 0.26^{a}	-3.23 ± 0.28^{b}	-5.77 ± 0.08^{b}
2	65.79 ± 1.30^{b}	-3.62 ± 0.06^{c}	-6.09 ± 0.08^{c}
3	63.97 ± 0.57^{bc}	-3.63 ± 0.01^{c}	-6.50 ± 0.13^{d}
4	62.65 ± 0.11^{c}	-3.65 ± 0.07^{c}	-7.55 ± 0.17^{e}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD เมื่อพิจารณาผลการวัดสี ซึ่งรายงานผลเป็นค่า L, a*, b* พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสาร STPP มากขึ้น จะทำให้ทั้ง L, a*, b* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ L แสดงถึงความสว่างมีค่าลดลง ค่า a* แสดงถึงตัวอย่างมีสีออกไปทางสีเขียวเข้มเพิ่มขึ้น และค่า b* แสดงถึงตัวอย่างมีสีออกไปทางสีน้ำเงินเข้มขึ้น ดังนั้นเมื่อพิจารณาโดยรวม การใช้ STPP ปริมาณมากขึ้น เนื้อกุ้งต้มสุกจะมีสีขาวคล้ำเพิ่มขึ้น

ผลการหาปริมาณ Phosphorus ในกุ้งต้มสุก ที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP ในระดับต่างกัน รายงานผลเป็นปริมาณ Phosphorus ในรูป $\%P_2O_5$ แสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณ Phosphorus ในกุ้งต้มสุก ที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร STPP (%)	ความเข้มข้น Phosphorus ในเนื้อกุ้งต้มสุก (as $\%P_2O_5$) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.24 ± 0.04^{e}
1	0.34 ± 0.02^{d}
2	0.40 ± 0.01^{c}
3	0.47 ± 0.03^{b}
4	0.53 ± 0.03^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD เมื่อพิจารณาปริมาณ phosphorus ($\%P_2O_5$) พบว่า ในกุ้งต้มสุกหลังแช่ในสารละลาย STPP ตั้งแต่ 4% ขึ้นไปมีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กุ้งเยือกแข็ง (มอก. 115-2529) ซึ่งกำหนดไว้ให้พบในตัวอย่างได้ไม่เกิน 0.5 %

ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงสามารถใช้ STPP ได้ไม่เกิน 3 %

เนื่องจากผลิตภัณฑ์กุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP จะมีลักษณะเนื้อใส (สีขาวคล้ำ) มองดูคล้ายดิบ เนื้อสัมผัสกรอบร่วน ไม่นุ่ม จึงจะทดลองใช้ $CaCl_2$ ร่วมกับ STPP และทดลองใช้ SAPP ร่วมกับ STPP เพื่อแก้ปัญหาต่อไป

4.1.3 ผลของการแช่กุ้งในสารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$

ผลการหา weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร $CaCl_2$ (%)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (%) $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	weight gain	cooking loss
0	9.80 ± 0.22^a	8.06 ± 0.32^d
1	7.82 ± 0.10^b	9.35 ± 0.18^c
2	6.57 ± 0.11^c	11.07 ± 0.04^b
3	5.65 ± 0.06^d	12.45 ± 0.08^a

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD เมื่อพิจารณาค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน เมื่อใช้ปริมาณ $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น พบว่า การเพิ่มน้ำหนักของกุ้งดิบหลังแช่สารละลายลดลง การสูญเสียน้ำหนักของกุ้งต้มสุกเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก (เฉพาะส่วนสีขาว) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ในระดับ 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก (เฉพาะส่วนสีขาว) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร $CaCl_2$	ค่าเฉลี่ยผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
(%)	L	a*	b*
0	65.79 ± 1.30^{b}	-2.02 ± 0.08^{c}	-4.61 ± 0.06^{d}
1	66.46 ± 0.54^{b}	-1.48 ± 0.07^{b}	-2.58 ± 0.04^{c}
2	68.13 ± 0.88^{ab}	-1.27 ± 0.08^{ab}	-2.23 ± 0.11^{b}
3	69.49 ± 0.46^{a}	-1.09 ± 0.06^{a}	-1.88 ± 0.04^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD เมื่อพิจารณาผลการวัดสี ซึ่งรายงานผลเป็นค่า L, a*, b* พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสาร $CaCl_2$ มากขึ้น ค่า L, a* และ b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงถึงเนื้อกุ้งต้มสุกมีสีขาวสว่างเพิ่มขึ้น

ผลการหาปริมาณ $CaCl_2$ ในกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ในระดับ 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน แสดงไว้ในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ความเข้มข้นของ $CaCl_2$ ในเนื้อกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

ปริมาณสาร $CaCl_2$	ความเข้มข้น $CaCl_2$ ในเนื้อกุ้งต้มสุก (%$CaCl_2$) $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.05 ± 0.01^{a}
1	0.24 ± 0.03^{b}
2	0.50 ± 0.01^{c}
3	0.79 ± 0.05^{d}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD เมื่อพิจารณาปริมาณ $CaCl_2$ พบว่า ในกุ้งต้มสุกหลังแช่ในสารละลาย $CaCl_2$ ตั้งแต่ 1% ลงไปมีค่าต่ำกว่าที่มาตรฐาน(Richard, 1989) ซึ่งกำหนดไว้ให้พบในตัวอย่างได้ไม่เกิน 0.25 %

ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงสามารถใช้ $CaCl_2$ ได้ไม่เกิน 1 %

ผลการศึกษาการแปรปริมาณ STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน

ผลการหา weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ได้ผลแสดงไว้ในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร STPP	ปริมาณสาร $CaCl_2$	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (%) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
(%)	(%)	weight gain (%)	cooking loss (%)
1	0.5	4.81 ± 0.04^{e}	13.90 ± 0.88^{c}
	0.75	3.80 ± 0.24^{f}	16.08 ± 0.91^{b}
	1	2.65 ± 0.05^{g}	18.46 ± 0.47^{a}
2	0.5	7.85 ± 0.32^{d}	7.28 ± 0.36^{e}
	0.75	7.65 ± 0.16^{d}	8.75 ± 0.32^{d}
	1	7.53 ± 0.25^{d}	9.55 ± 0.44^{d}
3	0.5	12.43 ± 0.45^{a}	3.20 ± 0.16^{f}
	0.75	10.25 ± 0.24^{b}	3.70 ± 0.29^{f}
	1	8.65 ± 0.14^{c}	4.00 ± 0.25^{f}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3*3 พบว่า ปริมาณสาร STPP, $CaCl_2$ และอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ $CaCl_2$ มีผลต่อค่าweight gain และ cooking loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อพิจารณาเฉพาะค่า weight gain การเพิ่มปริมาณสาร STPP จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณสาร $CaCl_2$ จะมีค่าลดลง เมื่อพิจารณาเฉพาะค่า cooking loss การเพิ่มปริมาณสาร STPP จะมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณสาร $CaCl_2$ จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก (เฉพาะสีขาว) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง รายงานผลเป็นค่า L, a*, b* แสดงไว้ในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก (เฉพาะสีขาว) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร STPP(%)	ปริมาณสาร $CaCl_2$(%)	ค่าเฉลี่ยผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L	a*	b*
1	0.5	68.82 ± 0.21^{c}	-2.02 ± 0.16^{c}	-3.58 ± 0.25^{cd}
	0.75	69.93 ± 0.35^{b}	-0.87 ± 0.13^{ab}	-2.58 ± 0.36^{ab}
	1	74.12 ± 0.52^{a}	-0.73 ± 0.35^{a}	-1.92 ± 0.11^{a}
2	0.5	63.59 ± 0.51^{e}	-2.07 ± 0.07^{c}	-4.35 ± 0.33^{de}
	0.75	63.65 ± 0.23^{d}	-1.74 ± 0.01^{c}	-3.09 ± 0.44^{bc}
	1	68.64 ± 0.20^{c}	-1.08 ± 0.09^{ab}	-2.54 ± 0.55^{ab}
3	0.5	60.49 ± 0.45^{g}	-1.99 ± 0.22^{c}	-5.18 ± 0.02^{e}
	0.75	61.95 ± 0.35^{f}	-1.84 ± 0.07^{c}	-4.47 ± 0.35^{e}
	1	63.20 ± 0.16^{e}	-1.20 ± 0.15^{b}	-4.88 ± 0.54^{e}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3*3 พบว่า ปริมาณสาร STPP,$CaCl_2$ และอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ $CaCl_2$ มีผลต่อค่าL, a*, b* อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาโดยรวม จะพบว่า เมื่อใช้สาร STPP เพิ่มขึ้น ตัวอย่างมีสีขาวคล้ำเพิ่มขึ้น เมื่อใช้สาร $CaCl_2$ เพิ่มขึ้น ตัวอย่างมีสีขาวสว่างเพิ่มขึ้น

ผลการวัดเนื้อสัมผัสของกุ้งต้มสุก รายงานผลเป็นแรงที่ใช้ในการเจาะ(นิวตัน) เนื้อกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แรงที่ใช้ในการเจาะ (นิวตัน) เนื้อกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร STPP (%)	ปริมาณสาร $CaCl_2$ (%)	ค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้ในการเจาะเนื้อกุ้งต้มสุก (นิวตัน) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0.5	3.87 ± 0.04^{e}
	0.75	5.05 ± 0.10^{c}
	1	6.54 ± 0.07^{a}
2	0.5	3.04 ± 0.06^{g}
	0.75	3.61 ± 0.08^{f}
	1	5.37 ± 0.11^{b}
3	0.5	2.08 ± 0.04^{i}
	0.75	2.72 ± 0.10^{h}
	1	4.62 ± 0.04^{d}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3*3 พบว่า ปริมาณสาร STPP, $CaCl_2$ และอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ $CaCl_2$ มีผลต่อค่าแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณสาร STPP แรงที่ใช้เจาะจะลดลง เนื่องจากเนื้อกุ้งมีลักษณะกรอบร่วน และเมื่อเพิ่มปริมาณสาร $CaCl_2$ มากขึ้น แรงที่ใช้เจาะจะมากขึ้นเนื่องจากเนื้อกุ้งมีลักษณะนุ่มและเหนียวมากขึ้น

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก รายงานผลเป็นคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 15) และการยอมรับรวม (คะแนนเต็ม 9) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร STPP(%)	ปริมาณสาร $CaCl_2$(%)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
1	0.5	6.60±1.80^{d}	13.27±1.48^{a}	9.40±1.35	4.80±1.37^{bcd}
	0.75	7.80±1.32^{c}	11.27±1.75^{b}	10.86±1.68	5.60±1.18^{abc}
	1	10.40±1.84^{b}	9.33±1.54^{c}	11.73±1.83	6.47±1.06^{a}
2	0.5	10.20±1.61^{b}	6.67±1.79^{e}	6.33±1.54	5.87±1.40^{ab}
	0.75	13.14±0.13^{a}	8.40±1.64^{cd}	9.20±1.93	6.53±1.60^{a}
	1	13.73±0.96^{a}	9.27±1.75^{c}	9.33±1.80	6.60±1.50^{a}
3	0.5	4.73±1.60^{e}	6.60±1.45^{e}	5.67±1.50	4.07±1.44^{d}
	0.75	5.60±1.72^{de}	7.40±1.35^{de}	7.67±1.68	4.73±1.22^{cd}
	1	6.47±1.76^{e}	7.93±1.87^{d}	8.87±1.73	5.27±1.62^{bc}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial with Complete Block Experiment ขนาด 3*3 พบว่า ปริมาณสาร STPP, $CaCl_2$ และอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ $CaCl_2$ มีผลต่อคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 0.75% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75%และ1% ได้รับคะแนนการประเมินผลด้านลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวมมากที่สุด เมื่อพิจารณาผลการประเมินด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ปริมาณสาร STPP และ $CaCl_2$ มีผลต่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัส แต่อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ $CaCl_2$ ไม่มีผลต่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลดังตารางที่ 4.15-4.17 เมื่อเพิ่มปริมาณสาร STPP และ $CaCl_2$ คะแนนการประเมินผลลดลงและเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ในการทดลองขั้นต่อไปเลือกใช้สารสารละลาย STPP 0.75% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% แช่กุ้งก่อนนำไปต้มสุก

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก ในด้านเนื้อสัมผัส หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน

Source of Variation	Degree of Freedom	Mean Squares
จำนวนซ้ำ	14	6.182
ปริมาณสาร STPP (A)	2	128.363*
ปริมาณสาร $CaCl_2$ (B)	2	98.147*
AB	4	2.507^{ns}
Error	112	2.403

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns}ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก ในด้านเนื้อสัมผัส หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน โดยให้ปริมาณ $CaCl_2$ เป็นตัวแปรคงที่

ปริมาณสาร STPP (%)	คะแนนเฉลี่ยการประเมินผลด้านเนื้อสัมผัส
1	10.66^{a}
2	8.29^{b}
3	7.40^{c}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก ในด้านเนื้อสัมผัส หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับต่างกัน โดยให้ปริมาณ STPP เป็นตัวแปรคงที่

ปริมาณสาร $CaCl_2$ (%)	คะแนนเฉลี่ยการประเมินผลด้านเนื้อสัมผัส
0.5	7.13^{c}
0.75	9.24^{b}
1	9.98^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.1.4 ผลการแช่กุ้งในสารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP

ผลการหา weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร SAPP	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (%) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
(%)	weight gain	cooking loss
0	9.80 ± 0.22^{d}	8.06 ± 0.32^{a}
0.5	10.29 ± 0.16^{c}	7.84 ± 0.06^{ab}
1	10.51 ± 0.04^{c}	7.72 ± 0.06^{ab}
1.5	11.06 ± 0.08^{b}	7.45 ± 0.14^{b}
2	11.59 ± 0.07^{a}	6.35 ± 0.08^{c}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD เมื่อพิจารณาค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย SAPP ในระดับต่างกัน เมื่อใช้ปริมาณ SAPP เพิ่มขึ้น พบว่า น้ำหนักของกุ้งดิบหลังแช่สารละลายเพิ่มขึ้น และการสูญเสียน้ำหนักของกุ้งต้มสุกลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก (เฉพาะส่วนสีขาว) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ในระดับ 2% ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก (เฉพาะส่วนสีขาว) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ในระดับ 2% ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร SAPP	ค่าเฉลี่ยผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
(%)	L	a*	b*
0	65.79 ± 1.30^{ab}	-3.63 ± 0.06^{ab}	-6.09 ± 0.08^{ab}
0.5	65.40 ± 0.67^{b}	-3.83 ± 0.05^{b}	-6.32 ± 013^{bc}
1	66.02 ± 0.32^{ab}	-3.45 ± 0.31^{a}	-6.55 ± 0.52^{c}
1.5	66.83 ± 0.82^{ab}	-3.62 ± 0.11^{ab}	-5.98 ± 0.20^{ab}
2	67.67 ± 0.26^{a}	-3.53 ± 0.50^{a}	-5.82 ± 0.13^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD เมื่อพิจารณาผลการวัดสี พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสาร SAPP มากขึ้น ค่า L , a* และ b* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงถึงเนื้อกุ้งต้มสุกมีสีขาวสว่างเพิ่มขึ้น

ผลการหาปริมาณ Phosphorus ในกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ปริมาณ Phosphorus ในกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร SAPP (%)	ค่าเฉลี่ยปริมาณ Phosphous (%P_2O_5) $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	0.34 ± 0.02^{e}
0.5	0.44 ± 0.01^{d}
1	0.48 ± 0.01^{c}
1.5	0.60 ± 0.03^{b}
2	0.70 ± 0.01^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD พบว่า ในกุ้งต้มสุกหลังแช่ในสารละลาย SAPP ตั้งแต่ 1.5% ขึ้นไปมีปริมาณสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ ซึ่งกำหนดให้พบในตัวอย่างได้ไม่เกิน 0.5 %

ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงสามารถใช้ SAPP ได้ไม่เกิน 1 %

ผลการศึกษาการใช้ปริมาณ STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน

ผลการหา weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร STPP (%)	ปริมาณสาร SAPP (%)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (%) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		weight gain	cooking loss
1	0.5	3.23 ± 0.28^{g}	11.84 ± 0.33^{a}
	0.75	4.14 ± 0.21^{f}	11.29 ± 0.34^{ab}
	1	4.32 ± 0.15^{f}	10.71 ± 0.51^{b}
1.5	0.5	6.34 ± 0.08^{e}	9.98 ± 0.20^{c}
	0.75	7.71 ± 0.16^{d}	9.05 ± 0.13^{d}
	1	8.23 ± 0.37^{c}	8.14 ± 0.21^{e}
2	0.5	9.78 ± 0.11^{b}	7.90 ± 0.13^{ef}
	0.75	10.52 ± 0.06^{a}	7.45 ± 0.11^{fg}
	1	10.72 ± 0.10^{a}	7.00 ± 0.12^{g}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3*3 พบว่า ปริมาณสาร STPP, SAPP มีผลต่อค่า weight gain และ cooking loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ SAPP ไม่มีผลต่อค่า weight gain และ cooking loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลดังตารางที่ 4.22-4.27 เมื่อเพิ่มปริมาณสาร STPP และ SAPP ค่า weight gain และ cooking loss มีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า weight gain ของกุ้งดิบ หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน

Source of Variation	Degree of Freedom	Mean Squares
ปริมาณสาร STPP (A)	2	62.527*
ปริมาณสาร SAPP (B)	2	2.818*
AB	4	0.133^{ns}
Error	9	0.037

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns}ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบค่า weight gain ของกุ้งดิบ หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน โดยให้ปริมาณ SAPP เป็นตัวแปรคงที่

ปริมาณสาร STPP (%)	weight gain (%)
1	3.90^{c}
1.5	7.43^{b}
2	10.34^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบค่า weight gain ของกุ้งดิบ หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน โดยให้ปริมาณ STPP เป็นตัวแปรคงที่

ปริมาณสาร SAPP (%)	weight gain (%)
0.5	6.45^{c}
0.75	7.46^{b}
1	7.76^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า cooking loss ของกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน

Source of Variation	Degree of Freedom	Mean Squares
ปริมาณสาร STPP (A)	2	22.193*
ปริมาณสาร SAPP (B)	2	2.503*
AB	4	0.121^{ns}
Error	9	0.070

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns}ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.26 เปรียบเทียบค่า cooking loss ของกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน โดยให้ปริมาณ SAPP เป็นตัวแปรคงที่

ปริมาณสาร STPP (%)	cooking loss (%)
1	11.28^{a}
1.5	9.06^{b}
2	7.45^{c}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบค่า cooking loss ของกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน โดยให้ปริมาณ STPP เป็นตัวแปรคงที่

ปริมาณสาร SAPP (%)	cooking loss (%)
0.5	9.91^{a}
0.75	9.26^{b}
1	8.62^{c}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก (เฉพาะสีขาว) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง รายงานผลเป็นค่า L, a*, b* แสดงไว้ในตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 ผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก (เฉพาะสีขาว) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร STPP(%)	ปริมาณสาร SAPP(%)	ค่าเฉลี่ยผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L	a*	b*
1	0.5	62.86 ± 0.56^{e}	-3.82 ± 0.06^{bc}	-7.33 ± 0.14^{cd}
	0.75	66.85 ± 0.09^{b}	-3.69 ± 0.05^{b}	-6.62 ± 0.24^{ab}
	1	69.81 ± 0.49^{a}	-3.15 ± 0.13^{a}	-6.39 ± 0.26^{a}
1.5	0.5	62.35 ± 0.44^{e}	-4.01 ± 0.02^{d}	-7.68 ± 0.12^{d}
	0.75	63.65 ± 0.23^{d}	-3.90 ± 0.08^{cd}	-6.91 ± 0.08^{bc}
	1	64.83 ± 0.15^{c}	-3.72 ± 0.02^{b}	-6.57 ± 0.18^{b}
2	0.5	60.13 ± 0.09^{f}	-4.32 ± 0.04^{e}	-8.16 ± 0.12^{e}
	0.75	63.14 ± 0.05^{de}	-4.17 ± 0.12^{e}	-7.38 ± 0.28^{cd}
	1	62.82 ± 0.30^{e}	-3.93 ± 0.03^{cd}	-6.89 ± 0.22^{bc}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3*3 พบว่า ปริมาณสาร STPP, SAPP และอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ SAPP มีผลต่อค่าL, a*, b*อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณสาร STPP มากขึ้น ค่า L, a*, b* มีค่าลดลงแสดงถึงเนื้อกุ้งมีสีขาวสว่างลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณสาร SAPP มากขึ้น ค่า L, a*, b* มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงถึงเนื้อกุ้งมีสีขาวสว่างเพิ่มขึ้น

ผลการวัดเนื้อสัมผัสของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 แรงที่ใช้ในการเจาะ (นิวตัน) เนื้อกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร STPP (%)	ปริมาณสาร SAPP (%)	ค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้ในการเจาะเนื้อกุ้งต้มสุก (นิวตัน) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0.5	5.38 ± 0.08^{a}
	0.75	3.52 ± 0.04^{c}
	1	2.58 ± 0.10^{e}
1.5	0.5	3.77 ± 0.08^{b}
	0.75	3.33 ± 0.07^{d}
	1	2.20 ± 0.04^{f}
2	0.5	3.53 ± 0.07^{c}
	0.75	2.72 ± 0.13^{e}
	1	1.75 ± 0.06^{g}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3*3 พบว่า ปริมาณสาร STPP, SAPP และ อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ SAPP มีผลต่อค่าที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณสาร STPP และ SAPP มากขึ้น แรงที่ใช้เจาะจะลดลง เนื่องจากเนื้อกุ้งมีลักษณะกรอบร่วนเพิ่มขึ้น

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก รายงานผลเป็นคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน แสดงไว้ในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 15) และการยอมรับรวม (คะแนนเต็ม 9) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับต่างกัน

ปริมาณสาร STPP(%)	ปริมาณสาร SAPP(%)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
1	0.5	7.60 ± 1.18^{c}	9.07 ± 1.71^{cde}	9.60 ± 1.35^{bc}	5.93 ± 1.28^{bc}
	0.75	6.60 ± 1.55^{d}	8.67 ± 1.45^{cde}	11.27 ± 1.75^{a}	6.20 ± 1.08^{b}
	1	4.27 ± 0.88^{e}	9.73 ± 1.49^{abc}	10.27 ± 1.39^{ab}	5.20 ± 1.26^{cd}
1.5	0.5	11.13 ± 1.30^{a}	9.53 ± 1.60^{abcd}	9.07 ± 1.67^{cd}	7.46 ± 0.83^{a}
	0.75	9.73 ± 1.57^{b}	10.40 ± 1.72^{ab}	7.87 ± 1.64^{e}	6.73 ± 0.96^{ab}
	1	9.40 ± 1.63^{b}	10.60 ± 1.50^{a}	8.27 ± 1.49^{de}	5.00 ± 1.25^{d}
2	0.5	10.46 ± 1.46^{ab}	8.07 ± 1.33^{e}	5.73 ± 1.16^{fg}	4.60 ± 1.30^{d}
	0.75	10.80 ± 1.65^{a}	9.27 ± 1.49^{bcde}	4.87 ± 1.24^{g}	4.67 ± 1.23^{d}
	1	9.46 ± 1.06^{b}	8.33 ± 1.45^{de}	6.07 ± 1.33^{g}	4.60 ± 1.12^{d}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial with Complete Block Experiment ขนาด 3*3 พบว่า ปริมาณสาร STPP, SAPP และ อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณสาร STPP และ SAPP มีผลต่อคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) กุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% ได้รับคะแนนในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และการยอมรับรวมมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้ภาวะของการแช่สารละลาย STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% ไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.1.5 เปรียบเทียบคุณภาพของกุ้งต้มสุกที่ได้จากการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ กับกุ้งต้มสุกที่ได้จากการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP

ผลการหา weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกที่ได้จากการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% และกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% ในระดับต่างกัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 ค่า weight gain ของกุ้งดิบ และ cooking loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% และ STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5%

สารละลายที่ใช้	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (%) $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	weight gain	cooking loss
STPP 2%+$CaCl_2$ 0.75%	7.85 ± 0.18^{b}	9.12 ± 0.06^{b}
STPP 1.5%+SAPP 0.5%	9.27 ± 0.16^{a}	10.38 ± 0.24^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD พบว่า กุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% มีค่า weight gain และ cooking loss มากกว่ากุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก (เฉพาะส่วนสีขาว) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% และ STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 ผลการวัดสีเนื้อกุ้งต้มสุก (เฉพาะส่วนสีขาว) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% และSTPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5%

สารละลายที่ใช้	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a*	b*
STPP 2%+$CaCl_2$ 0.75%	63.72 ± 0.06^{a}	-1.83 ± 0.07^{a}	-4.25 ± 0.06^{a}
STPP 1.5%+SAPP 0.5%	62.48 ± 0.35^{b}	-3.68 ± 0.04^{b}	-6.54 ± 0.03^{b}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD พบว่า กุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% มีค่า L, a*, b* มากกว่ากุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงถึงเนื้อกุ้งต้มสุกมีสีขาวสว่างมากกว่า

ผลการวัดเนื้อสัมผัสของกุ้งต้มสุก รายงานผลเป็นแรงที่ใช้ในการเจาะ(นิวตัน) เนื้อกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% และ STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 แรงที่ใช้ในการเจาะ (นิวตัน) เนื้อกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% และ STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5%

สารละลายที่ใช้	ค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้ในการเจาะเนื้อกุ้งต้มสุก (นิวตัน) $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
STPP 2%+$CaCl_2$ 0.75%	3.23 ± 0.03^a
STPP 1.5%+SAPP 0.5%	2.12 ± 0.07^b

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD พบว่า กุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% ใช้แรงในการเจาะมากกว่ากุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าเนื้อกุ้งมีความนุ่มและเหนียวมากกว่า

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก รายงานผลเป็นคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% และ STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.34 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 15) และการยอมรับรวม (คะแนนเต็ม 9) หลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% และ STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5%

สารละลายที่ใช้	คะแนนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
STPP 2%+$CaCl_2$ 0.75%	11.60 ± 1.18^a	10.33 ± 1.54^a	11.07 ± 1.53^a	7.93 ± 0.88^a
STPP 1.5%+SAPP 0.5%	10.20 ± 1.20^b	8.86 ± 1.50^b	8.86 ± 1.64^b	6.87 ± 0.83^b

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ RCBD พบว่า กุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% มีคะแนนการยอมรับรวม ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส มากกว่ากุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่สารละลาย STPP 1.5% ร่วมกับ SAPP 0.5% อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมในการแช่สารละลายคือ แช่กุ้งในสารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% ก่อนนำกุ้งไปต้มสุก

4.2 ผลการหาภาวะที่เหมาะสมของการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว

4.2.1 ปริมาณไนโตรเจนเหลวที่ใช้สำหรับแช่เยือกแข็งกุ้งต้มสุกที่อุณหภูมิ -18°C

นำกุ้งที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% ไปต้มสุก บรรจุถุงพลาสติก Nylon/LLDPE ถุงละประมาณ 100 กรัม ใส่ใน Cryo Test Chamber จำนวน 9 ถุง แล้วแช่เยือกแข็งด้วยที่อุณหภูมิของ Cryo Test Chamber เท่ากับ -70°, -90° และ -110°C ปริมาณการใช้ไนโตรเจนเหลวแสดงในตารางที่ 4.35

ตารางที่ 4.35 ปริมาณไนโตรเจนเหลวที่ใช้สำหรับแช่เยือกแข็งกุ้งต้มสุก โดยใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งต่างกัน

อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง (°C)	ปริมาณไนโตรเจนเหลวที่ใช้แช่เยือกแข็งกุ้งต้มสุก ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (kgs. nitrogen / kgs. product)
-70	1.05 ± 0.03^{c}
-90	1.13 ± 0.04^{b}
-110	1.21 ± 0.04^{a}

a, b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนเหลวที่ใช้แช่เยือกแข็ง กุ้งต้มสุกโดยใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวต่างกัน พบว่า การใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งลดลงทำให้ต้องใช้ไนโตรเจนเหลวสำหรับแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.2 ผลการหาน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง (freezing loss) และการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายผลึกน้ำแข็ง (thawing loss)

ผลการหา freezing loss และ thawing loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว โดยใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งต่างกัน แสดงไว้ในตารางที่ 4.36

ตารางที่ 4.36 ค่า freezing loss และ thawing loss ของกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว โดยใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งต่างกัน

อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง (°C)	ค่าเฉลี่ย (%) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	freezing loss^{ns}	thawing loss
-70	2.28 ± 0.24	2.29 ± 0.13^{a}
-90	2.10 ± 0.03	1.73 ± 0.06^{b}
-110	2.02 ± 0.10	1.52 ± 0.11^{b}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD พบว่า การใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งลดลงไม่มีผลต่อค่า freezing loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่า thawing loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นั่นคือ เมื่อใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งต่ำลงการสูญเสียน้ำหลังละลายผลึกน้ำแข็งมีค่าลดลง

4.2.3 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของกุ้งต้มสุกหลังแช่เยือกแข็ง

ผลการวัดเนื้อสัมผัสของกุ้งต้มสุกหลังแช่เยือกแข็ง รายงานผลเป็นแรงที่ใช้เจาะ(นิวตัน) เนื้อกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว โดยใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งต่างกัน แสดงไว้ในตารางที่ 4.37

ตารางที่ 4.37 แรงที่ใช้เจาะ(นิวตัน) เนื้อกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว โดยใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งต่างกัน

อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง	ค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้ในการเจาะเนื้อกุ้งต้มสุก (นิวตัน) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
-70	3.78 ± 0.06^{a}
-90	3.30 ± 0.05^{b}
-110	3.22 ± 0.05^{b}

a, b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งลดลง ต้องใช้แรงในการเจาะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงถึงเนื้อกุ้งมีความนุ่มและเหนียวมากขึ้น

4.2.4 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส รายงานผลเป็นคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก หลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว โดยใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งต่างกัน แสดงไว้ในตารางที่ 4.38

ตารางที่ 4.38 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งต้มสุก ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 15) และการยอมรับรวม (คะแนนเต็ม 9) หลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว โดยใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งต่างกัน

อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง (°C)	คะแนนเฉลี่ยการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม ns
-70	9.67 ± 1.95^{b}	9.47 ± 1.92^{b}	9.06 ± 1.38^{b}	6.67 ± 1.05
-90	10.93 ± 1.58^{a}	10.13 ± 1.55^{ba}	11.20 ± 1.65^{a}	7.00 ± 1.20
-110	11.40 ± 1.35^{a}	11.00 ± 1.77^{a}	11.80 ± 1.82^{a}	7.40 ± 1.30

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

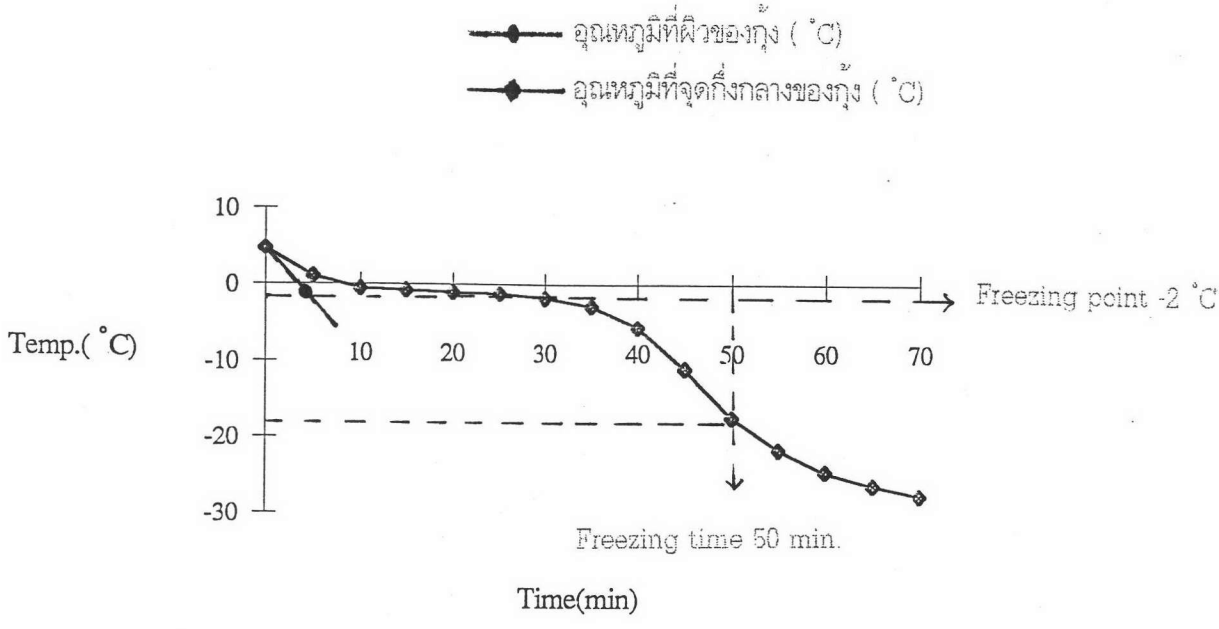
ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลแบบ RCBD พบว่า การแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งต่างกัน มีผลต่อคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

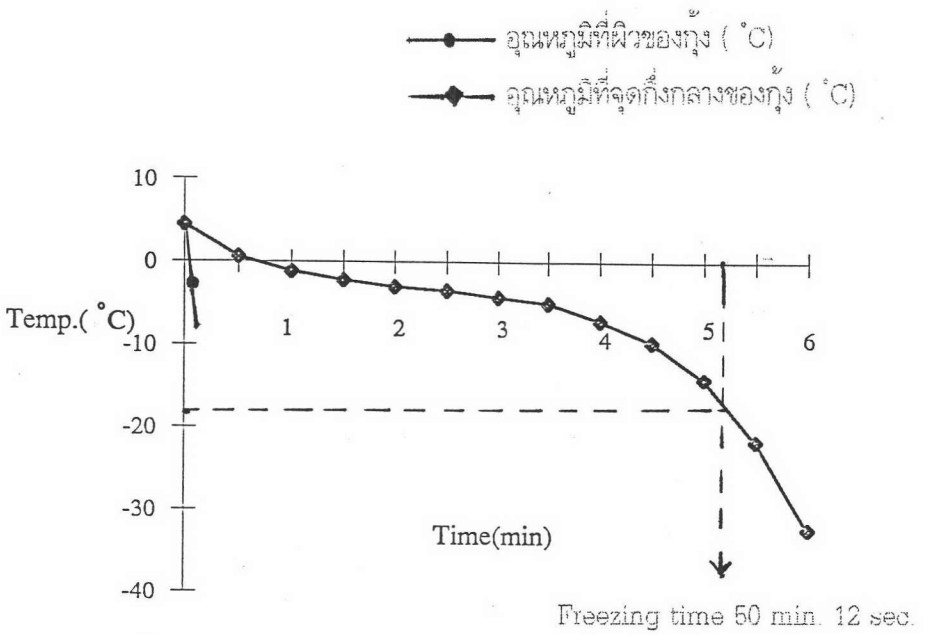
เพื่อเลือกหาอุณหภูมิที่เหมาะสมของการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว ดังนั้นจึงพิจารณาปริมาณการใช้ไนโตรเจนเหลวสำหรับการแช่เยือกแข็ง พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งลดลงปริมาณของไนโตรเจนเหลวที่ใช้จะเพิ่มขึ้นด้วยอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -110 °C ต้องใช้ไนโตรเจนเหลวมากที่สุด ดังนั้นเมื่อพิจารณารวมกับคะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส จึงเลือกการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ -90 °C ไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.3 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งและอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งระหว่างการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น(Air blast freezing) กับ การแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว (Liquid nitrogen cryogenic freezing)

ผลการหาเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง(freezing time) และอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็ง(freezing rate) ระหว่างการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น กับ การแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ -90˚C แสดงดังรูปที่ 4.1-4.2 และตารางที่ 4.39



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของการแช่เยือกแข็งกุ้งต้มสุกด้วยลมเย็น



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของการแช่เยือกแข็งกุ้งต้มสุกด้วยไอไนโตรเจนเหลว

ตารางที่ 4.39 เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งและอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็ง กุ้งต้มสุกที่บรรจุในถุงพลาสติก โดยใช้วิธีแช่เยือกแข็งต่างกัน

วิธีแช่เยือกแข็ง	เวลาที่ใช้แช่เยือกแข็ง	อัตราเร็วของการแช่เยือกแข็ง (เซนติเมตรต่อชั่วโมง)
ลมเย็น	50 นาที	0.91
ไนโตรเจนเหลว	5 นาที 12 วินาที	9.03

4.4 ผลการศึกษาคุณภาพของกุ้งต้มสุกแช่เยือกแข็งที่ไม่แช่และแช่สารละลาย ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

นำกุ้งที่ผ่านการเตรียมจากข้อ 4.1.5 กับกุ้งที่ไม่ผ่านการเตรียม มาแช่เยือกแข็งด้วยวิธีการแช่เยือกแข็งแบบลมเย็น (AB) และ ไนโตรเจนเหลว (LN) ที่อุณหภูมิของ Cryo Test Chamber เท่ากับ -90˚C เก็บรักษาที่ภาวะอุณหภูมิ -18˚C เป็นเวลา 24 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างมาตรวจวัดผลทุก 6 สัปดาห์

4.4.1 ผลการหาการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายผลึกน้ำแข็ง

ผลการหา thawing loss ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แช่เยือกแข็งด้วยวิธีแข็งต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.40

ตารางที่ 4.40 ค่า thawing loss ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% แช่เยือกแข็งด้วยวิธีแข็งต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

อายุการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีแช่เยือกแข็ง	การเตรียมตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน thawing loss (%)
0	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.59 ± 0.15^{k}
		แช่สารละลาย	2.14 ± 0.14^{l}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	1.86 ± 0.02^{m}
		แช่สารละลาย	1.46 ± 0.08^{n}
6	AB	ไม่แช่สารละลาย	3.89 ± 0.09^{i}
		แช่สารละลาย	3.63 ± 0.17^{ij}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.79 ± 0.13^{k}
		แช่สารละลาย	2.19 ± 0.06^{l}
12	AB	ไม่แช่สารละลาย	5.88 ± 0.04^{g}
		แช่สารละลาย	4.65 ± 0.17^{h}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	4.40 ± 0.15^{h}
		แช่สารละลาย	3.52 ± 0.05^{j}
18	AB	ไม่แช่สารละลาย	8.17 ± 0.13^{c}
		แช่สารละลาย	7.69 ± 0.15^{d}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	7.46 ± 0.06^{de}
		แช่สารละลาย	6.39 ± 0.03^{f}
24	AB	ไม่แช่สารละลาย	8.78 ± 0.21^{a}
		แช่สารละลาย	8.43 ± 0.19^{b}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	7.69 ± 0.04^{d}
		แช่สารละลาย	7.34 ± 0.09^{e}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2*2*5 พบว่า วิธีการเตรียมตัวอย่าง วิธีการแช่เยือกแข็ง อายุการเก็บ รวมทั้งอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการเตรียมตัวอย่าง วิธีการแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บ มีผลต่อค่าที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยกุ้งที่ผ่านการแช่สารละลายจะมีค่า thawing loss น้อยกว่ากุ้งที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย เมื่อพิจารณาวิธีการแช่เยือกแข็งพบว่า การแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว มีค่า thawing loss น้อยกว่ากุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่า thawing loss เพิ่มขึ้น

4.4.2 ปริมาณ TVB-N

ผลการหา TVB-N ในกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แช่เยือกแข็งด้วยวิธีแข็งต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.41

ตารางที่ 4.41 ปริมาณ TVB-N ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% แช่เยือกแข็งด้วยวิธีแข็งต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

อายุการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีแช่เยือกแข็ง	การเตรียมตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยปริมาณ TVB-N ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mg N/100g)
0	AB	ไม่แช่สารละลาย	11.30 ± 0.04^{l}
		แช่สารละลาย	11.26 ± 0.04^{l}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	11.39 ± 0.08^{kl}
		แช่สารละลาย	10.75 ± 0.06^{m}
6	AB	ไม่แช่สารละลาย	12.54 ± 0.01^{fgh}
		แช่สารละลาย	11.37 ± 0.07^{kl}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	12.11 ± 0.04^{i}
		แช่สารละลาย	10.82 ± 0.04^{m}
12	AB	ไม่แช่สารละลาย	14.54 ± 0.11^{c}
		แช่สารละลาย	12.06 ± 0.07^{ij}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	12.87 ± 0.06^{ef}
		แช่สารละลาย	11.72 ± 0.06^{jk}
18	AB	ไม่แช่สารละลาย	15.81 ± 0.04^{b}
		แช่สารละลาย	12.10 ± 0.32^{hi}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	13.12 ± 0.12^{de}
		แช่สารละลาย	12.32 ± 0.24^{ghi}
24	AB	ไม่แช่สารละลาย	16.38 ± 0.37^{a}
		แช่สารละลาย	12.65 ± 0.30^{fg}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	13.24 ± 0.28^{d}
		แช่สารละลาย	12.91 ± 0.06^{ef}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2*2*5 พบว่า วิธีการเตรียมตัวอย่าง วิธีการแช่เยือกแข็ง อายุการเก็บ รวมทั้งอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการเตรียมตัวอย่าง วิธีการแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บ มีผลต่อค่าที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยกุ้งที่ผ่านการแช่สารละลาย จะมีค่า TVB-N น้อยกว่ากุ้งที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย เมื่อพิจารณาวิธีการแช่เยือกแข็งพบว่าการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว มีค่า TVB-N น้อยกว่ากุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่า TVB-N เพิ่มขึ้น

4.4.4 ผลการวัดเนื้อสัมผัส

ผลการวัดแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แช่เยือกแข็งด้วยวิธีแข็งต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.42

ตารางที่ 4.42 แรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% แช่เยือกแข็งด้วยวิธีแข็งต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

อายุการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีแช่เยือกแข็ง	การเตรียมตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยแรงเจาะเนื้อกุ้งต้มสุก ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (นิวตัน)
0	AB	ไม่แช่สารละลาย	4.03 ± 0.13^{def}
		แช่สารละลาย	3.55 ± 0.26^{h}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	4.04 ± 0.16^{def}
		แช่สารละลาย	3.51 ± 0.35^{h}
6	AB	ไม่แช่สารละลาย	4.09 ± 0.19^{def}
		แช่สารละลาย	3.65 ± 0.19^{gh}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	4.07 ± 0.15^{def}
		แช่สารละลาย	3.59 ± 0.22^{h}
12	AB	ไม่แช่สารละลาย	4.45 ± 0.36^{bc}
		แช่สารละลาย	3.81 ± 0.21^{fgh}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	4.33 ± 0.14^{bcd}
		แช่สารละลาย	3.68 ± 0.12^{gh}
18	AB	ไม่แช่สารละลาย	4.53 ± 0.32^{bc}
		แช่สารละลาย	3.94 ± 0.16^{efg}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	4.59 ± 0.15^{b}
		แช่สารละลาย	3.78 ± 0.17^{fgh}
24	AB	ไม่แช่สารละลาย	5.11 ± 0.23^{a}
		แช่สารละลาย	4.23 ± 0.22^{cde}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	4.92 ± 0.48^{a}
		แช่สารละลาย	4.07 ± 0.14^{def}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2*2*5 พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการเตรียมตัวอย่าง วิธีการแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บ มีผลต่อค่าที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลดังตารางที่ 4.43-4.47 พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่า TVB-N เพิ่มขึ้น การแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว มีค่า TVB-N น้อยกว่ากุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น และกุ้งที่ผ่านการแช่สารละลายมีค่า TVB-N น้อยกว่ากุ้งที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย

ตารางที่4.43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ แช่เยือกแข็งด้วยวิธีแข็งต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

Source of Variation	Degree of Freedom	Mean Squares
อายุการเก็บ (A)	4	0.819*
วิธีแช่เยือกแข็ง (B)	1	0.066*
การเตรียมตัวอย่าง (C)	1	4.032*
AB	4	0.009^{ns}
AC	4	0.052*
BC	1	0.008^{ns}
ABC	4	0.005^{ns}
Error	20	0.011

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.44 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุกเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยให้วิธีการแช่เยือกแข็ง และการเตรียมตัวอย่าง เป็นตัวแปรคงที่

สมบัติที่ทดสอบ	อายุการเก็บ (สัปดาห์)				
	0	6	12	18	24
ค่าแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้ง (นิวตัน)	3.78^{c}	3.85^{c}	4.07^{b}	4.21^{b}	4.58^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวนอนเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.45 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุกที่ได้จากวิธีแช่เยือกแข็งต่างกัน เมื่ออายุการเก็บรักษา และการเตรียมตัวอย่างเป็นตัวแปรคงที่

สมบัติที่ทดสอบ	วิธีแช่เยือกแข็ง	
	AB	LN
ค่าแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้ง (นิวตัน)	4.14[a]	4.06[b]

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวนอนเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.46 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุกที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างต่างกัน เมื่ออายุการเก็บรักษา และวิธีแช่เยือกแข็งเป็นตัวแปรคงที่

สมบัติที่ทดสอบ	การเตรียมตัวอย่าง	
	ไม่แช่สารละลาย	แช่สารละลาย
ค่าแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้ง (นิวตัน)	4.42[a]	3.78[b]

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวนอนเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.47 อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการเตรียมตัวอย่างและอายุการเก็บรักษา ที่มีผลต่อแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุก

สมบัติที่ทดสอบ	ค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุก (นิวตัน)				
	อายุการเก็บ (สัปดาห์)				
	0	6	12	18	24
ตัวอย่างที่ไม่แช่สารละลาย	4.04[c]	4.08[c]	4.39[b]	4.56[b]	5.02[a]
ตัวอย่างที่แช่สารละลาย	3.53[c]	3.62[e]	3.75[d]	3.86[d]	4.15[c]

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.4.3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

ผลการตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลายSTPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แช่เยือกแข็งด้วยวิธีแข็งต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.48

ตารางที่ 4.48 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% นำมาแช่เยือกแข็งด้วยวิธีแข็งต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

อายุการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีแช่เยือกแข็ง	การเตรียมตัวอย่าง	ค่าล็อกเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (โคโลนี/กรัม)
0	AB	ไม่แช่สารละลาย	3.92 ± 0.04
		แช่สารละลาย	3.36 ± 0.05
	LN	ไม่แช่สารละลาย	3.96 ± 0.03
		แช่สารละลาย	3.43 ± 0.04
6	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.78 ± 0.08
		แช่สารละลาย	2.68 ± 0.04
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.98 ± 0.06
		แช่สารละลาย	2.95 ± 0.02
12	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.74 ± 0.09
		แช่สารละลาย	2.63 ± 0.01
	LN	ไม่แช่สารละลาย	3.04 ± 0.03
		แช่สารละลาย	2.71 ± 0.05
18	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.66 ± 0.07
		แช่สารละลาย	2.58 ± 0.03
	LN	ไม่แช่สารละลาย	3.08 ± 0.08
		แช่สารละลาย	2.83 ± 0.02
24	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.59 ± 0.06
		แช่สารละลาย	2.43 ± 0.07
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.97 ± 0.01
		แช่สารละลาย	2.86 ± 0.03

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.48 พบว่า กุ้งที่ผ่านการแช่สารละลาย จะมีค่าล็อกจำนวนจุลินทรีย์ น้อยกว่ากุ้งที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย เมื่อพิจารณาวิธีการแช่เยือกแข็งพบว่า การแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว มีค่าล็อกจำนวนจุลินทรีย์ มากกว่ากุ้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าล็อกจำนวนจุลินทรีย์ มีค่าลดลง

4.4.5 การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

รายงานผลเป็นคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุกในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำไปแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.49-4.59

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยให้วิธีแช่เยือกแข็งและการเตรียมตัวอย่างเป็นตัวแปรคงที่ แสดงไว้ในตารางที่ 4.60 และรูปที่ 4.3

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก ที่ได้จากวิธีแช่เยือกแข็งต่างกัน เมื่ออายุการเก็บรักษาและการเตรียมตัวอย่างเป็นตัวแปรคงที่ แสดงไว้ในตารางที่ 4.61 และรูปที่ 4.4

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก ที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างต่างกัน เมื่อวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษาเป็นตัวแปรคงที่ แสดงไว้ในตารางที่ 4.62 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.49 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก ในด้านลักษณะปรากฏ (คะแนนเต็ม 5) ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% แช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

อายุการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีแช่เยือกแข็ง	การเตรียมตัวอย่าง	คะแนนเฉลี่ยลักษณะปรากฏ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.73 ± 0.46^{de}
		แช่สารละลาย	4.07 ± 0.59^{a}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.80 ± 0.41^{d}
		แช่สารละลาย	4.13 ± 0.52^{a}
6	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.87 ± 0.35^{d}
		แช่สารละลาย	3.93 ± 0.59^{ab}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.73 ± 0.46^{de}
		แช่สารละลาย	4.00 ± 0.37^{a}
12	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.40 ± 0.51^{ef}
		แช่สารละลาย	3.80 ± 0.41^{ab}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.53 ± 0.52^{def}
		แช่สารละลาย	4.07 ± 0.46^{a}
18	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.20 ± 0.56^{fg}
		แช่สารละลาย	3.60 ± 0.63^{bc}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.33 ± 0.62^{f}
		แช่สารละลาย	3.87 ± 0.51^{ab}
24	AB	ไม่แช่สารละลาย	1.87 ± 0.35^{g}
		แช่สารละลาย	3.33 ± 0.49^{c}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.27 ± 0.49^{f}
		แช่สารละลาย	3.80 ± 0.56^{ab}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่4.50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุกในด้านลักษณะปรากฏ ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% แช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

Source of Variation	Degree of Freedom	Mean Squares
จำนวนซ้ำ	14	1.119
อายุการเก็บ (A)	4	4.042*
วิธีแช่เยือกแข็ง (B)	1	144.213*
การเตรียมตัวอย่าง (C)	1	2.253*
AB	4	0.288^{ns}
AC	4	0.462^{ns}
BC	1	0.213^{ns}
ABC	4	0.022^{ns}
Error	266	0.211

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns}ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.51 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก ในด้านกลิ่นรส(คะแนนเต็ม 5) ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% แช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

อายุการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีแช่เยือกแข็ง	การเตรียมตัวอย่าง	คะแนนเฉลี่ยกลิ่นรส ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	AB	ไม่แช่สารละลาย	4.13 ± 0.35^{ab}
		แช่สารละลาย	3.93 ± 0.70^{abcd}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	4.27 ± 0.46^{a}
		แช่สารละลาย	4.07 ± 0.59^{abc}
6	AB	ไม่แช่สารละลาย	4.00 ± 0.65^{abcd}
		แช่สารละลาย	3.87 ± 0.52^{abcde}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	4.13 ± 0.74^{ab}
		แช่สารละลาย	3.93 ± 0.70^{abcd}
12	AB	ไม่แช่สารละลาย	3.60 ± 0.51^{defgh}
		แช่สารละลาย	3.67 ± 0.49^{cdefg}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	3.73 ± 0.59^{bcdef}
		แช่สารละลาย	3.87 ± 0.52^{abcde}
18	AB	ไม่แช่สารละลาย	3.27 ± 0.46^{ghi}
		แช่สารละลาย	3.67 ± 0.49^{cdefg}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	3.40 ± 0.51^{fghi}
		แช่สารละลาย	3.80 ± 0.41^{bcdef}
24	AB	ไม่แช่สารละลาย	3.00 ± 0.53^{i}
		แช่สารละลาย	3.47 ± 0.52^{efgh}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	3.20 ± 0.41^{hi}
		แช่สารละลาย	2.73 ± 0.46^{bcdef}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่4.52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุกในด้านกลิ่นรส ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% นำมาแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

Source of Variation	Degree of Freedom	Mean Squares
จำนวนซ้ำ	14	0.453
อายุการเก็บ (A)	4	5.762*
วิธีแช่เยือกแข็ง (B)	1	1.203*
การเตรียมตัวอย่าง (C)	1	1.763*
AB	4	1.528*
AC	4	0.038^{ns}
BC	1	0.003^{ns}
ABC	4	0.012^{ns}
Error	266	0.269

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns}ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.53 อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา ที่มีผลต่อคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นรส ของต้มสุก

สมบัติที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย				
	อายุการเก็บ (สัปดาห์)				
	0	6	12	18	24
AB	4.03^{a}	3.94^{a}	3.64^{b}	3.47^{c}	3.24^{c}
LN	4.17^{a}	4.03^{a}	3.80^{b}	3.60^{b}	2.97^{d}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.54 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก ในด้านเนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 5) ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% แช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

อายุการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีแช่เยือกแข็ง	การเตรียมตัวอย่าง	คะแนนเฉลี่ยเนื้อสัมผัส ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.87 ± 0.35^{f}
		แช่สารละลาย	4.20 ± 0.41^{abc}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.73 ± 0.46^{fgh}
		แช่สารละลาย	4.40 ± 0.51^{a}
6	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.67 ± 0.49^{fgh}
		แช่สารละลาย	4.00 ± 0.53^{bcd}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.80 ± 0.41^{fg}
		แช่สารละลาย	4.27 ± 0.46^{ab}
12	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.47 ± 0.52^{ghi}
		แช่สารละลาย	3.80 ± 0.56^{d}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.60 ± 0.51^{fghi}
		แช่สารละลาย	3.93 ± 0.46^{bcd}
18	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.40 ± 0.51^{hij}
		แช่สารละลาย	3.67 ± 0.49^{d}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.53 ± 0.52^{fghi}
		แช่สารละลาย	3.87 ± 0.52^{cd}
24	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.07 ± 0.70^{j}
		แช่สารละลาย	3.27 ± 0.59^{e}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.27 ± 0.46^{ij}
		แช่สารละลาย	3.67 ± 0.49^{d}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่4.55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุกในด้านเนื้อสัมผัส ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% แช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

Source of Variation	Degree of Freedom	Mean Squares
จำนวนซ้ำ	14	0.792
อายุการเก็บ (A)	4	4.722*
วิธีแช่เยือกแข็ง (B)	1	141.453*
การเตรียมตัวอย่าง (C)	1	1.920*
AB	4	0.095^{ns}
AC	4	0.112^{ns}
BC	1	0.333*
ABC	4	0.058^{ns}
Error	266	0.225

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.56 อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและการเตรียมตัวอย่าง ที่มีผลต่อคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส(คะแนนเต็ม 5) ของต้มสุก

สมบัติที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	
	การเตรียมตัวอย่าง	
	ไม่แช่สารละลาย	แช่สารละลาย
AB	2.50^{c}	3.79^{b}
LN	2.59^{c}	4.03^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.57 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุก ในด้านการยอมรับรวม(คะแนนเต็ม 5) ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% แช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

อายุการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีแช่เยือกแข็ง	การเตรียมตัวอย่าง	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวม ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	AB	ไม่แช่สารละลาย	3.00 ± 0.53^{de}
		แช่สารละลาย	4.13 ± 0.74^{abc}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	3.20 ± 0.67^{d}
		แช่สารละลาย	4.27 ± 0.70^{ab}
6	AB	ไม่แช่สารละลาย	3.07 ± 0.59^{de}
		แช่สารละลาย	4.13 ± 0.64^{abc}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	3.20 ± 0.41^{d}
		แช่สารละลาย	4.33 ± 0.62^{a}
12	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.67 ± 0.48^{ef}
		แช่สารละลาย	4.00 ± 0.65^{abc}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.73 ± 0.46^{ef}
		แช่สารละลาย	4.27 ± 0.59^{ab}
18	AB	ไม่แช่สารละลาย	2.00 ± 0.53^{g}
		แช่สารละลาย	3.80 ± 0.56^{c}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.73 ± 0.74^{ef}
		แช่สารละลาย	4.13 ± 0.52^{abc}
24	AB	ไม่แช่สารละลาย	1.80 ± 0.68^{g}
		แช่สารละลาย	3.40 ± 0.60^{d}
	LN	ไม่แช่สารละลาย	2.47 ± 0.63^{f}
		แช่สารละลาย	3.87 ± 0.64^{bc}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่4.58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุกในด้านการยอมรับรวม ของกุ้งต้มสุกที่ไม่แช่และแช่สารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ 0.75% แช่เยือกด้วยวิธีแข็งต่างกัน เก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

Source of Variation	Degree of Freedom	Mean Squares
จำนวนซ้ำ	14	1.537
อายุการเก็บ (A)	4	6.847*
วิธีแช่เยือกแข็ง (B)	1	136.013*
การเตรียมตัวอย่าง (C)	1	7.680*
AB	4	0.813*
AC	4	0.663^{ns}
BC	1	0.120^{ns}
ABC	4	0.203^{ns}
Error	266	0.292

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.59 อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา ที่มีผลต่อคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านการยอมรับรวม(คะแนนเต็ม 5) ของต้มสุก

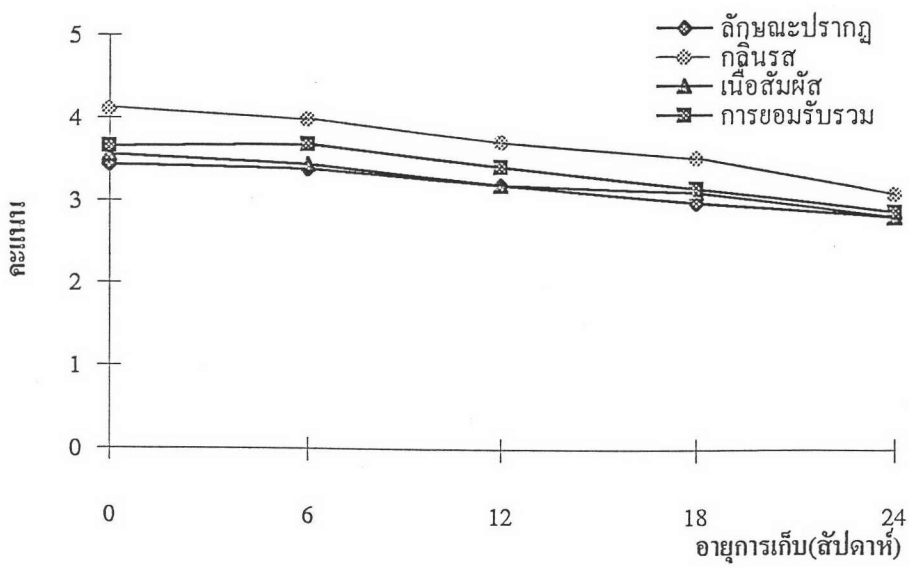
สมบัติที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย				
	อายุการเก็บ (สัปดาห์)				
	0	6	12	18	24
AB	3.57^{a}	3.60^{a}	3.34^{b}	2.90^{c}	2.60^{d}
LN	3.74^{a}	3.77^{a}	3.50^{b}	3.43^{b}	3.17^{c}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.60 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 5) ของกุ้งต้มสุกเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยให้วิธีแช่เยือกแข็งและการเตรียมตัวอย่างเป็นตัวแปรคงที่

สมบัติที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย				
	อายุการเก็บ (สัปดาห์)				
	0	6	12	18	24
ลักษณะปรากฏ	3.43[a]	3.37[a]	3.20[b]	3.00[c]	2.82[d]
กลิ่นรส	4.10[a]	3.98[a]	3.72[b]	3.54[b]	3.10[c]
เนื้อสัมผัส	3.55[a]	3.44[a]	3.20[b]	3.12[b]	2.82[c]
การยอมรับรวม	3.65[a]	3.68[a]	3.42[b]	3.17[c]	2.89[d]

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวนอนเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

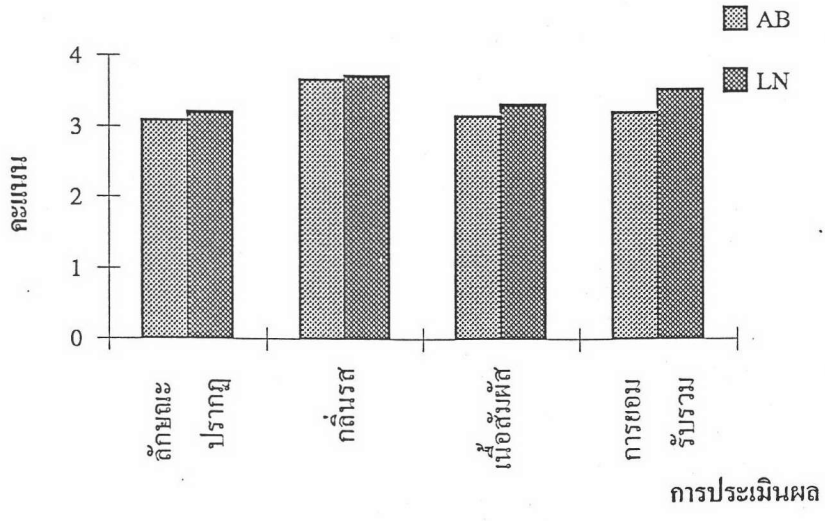


รูปที่ 4.3 คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุกเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยให้วิธีแช่เยือกแข็งและการเตรียมตัวอย่างเป็นตัวแปรคงที่

ตารางที่ 4.61 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส(คะแนนเต็ม 5) ของกุ้งต้มสุกที่ได้จากวิธีแช่เยือกแข็งต่างกัน เมื่ออายุการเก็บรักษาและการเตรียมตัวอย่างเป็นตัวแปรคงที่

สมบัติที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	
	วิธีแช่เยือกแข็ง	
	AB	LN
ลักษณะปรากฏ	3.08[b]	3.25[a]
กลิ่นรส	3.66[b]	3.71[a]
เนื้อสัมผัส	3.14[b]	3.31[a]
การยอมรับรวม	3.20[b]	3.52[a]

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวนอนเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

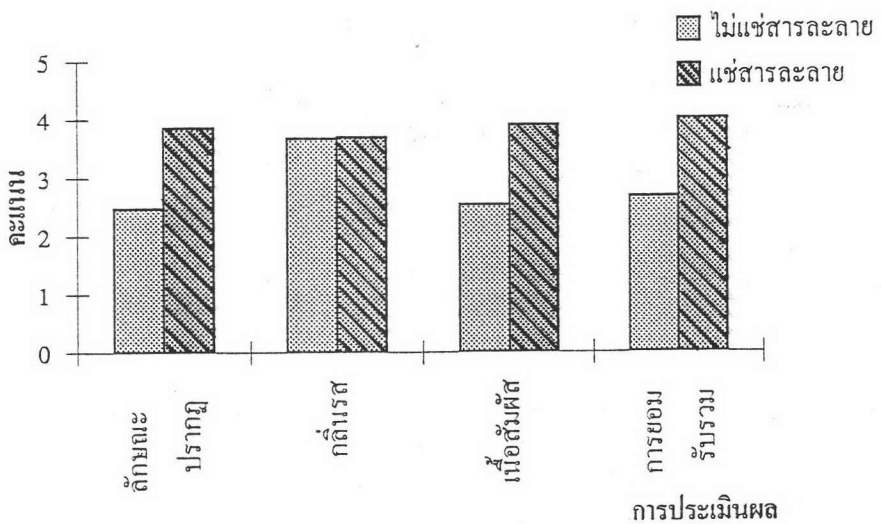


รูปที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุกที่ได้จากวิธีแช่เยือกแข็งต่างกัน เมื่ออายุการเก็บรักษาและการเตรียมตัวอย่างเป็นตัวแปรคงที่

ตารางที่ 4.62 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนเต็ม 5) ของกุ้งต้มสุกที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างต่างกัน โดยให้วิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษาเป็นตัวแปรคงที่

สมบัติที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	
	การเตรียมตัวอย่าง	
	ไม่แช่สารละลาย	แช่สารละลาย
ลักษณะปรากฏ	2.47[b]	3.86[a]
กลิ่นรส	3.67[b]	3.70[a]
เนื้อสัมผัส	2.54[b]	3.91[a]
การยอมรับรวม	2.69[b]	4.03[a]

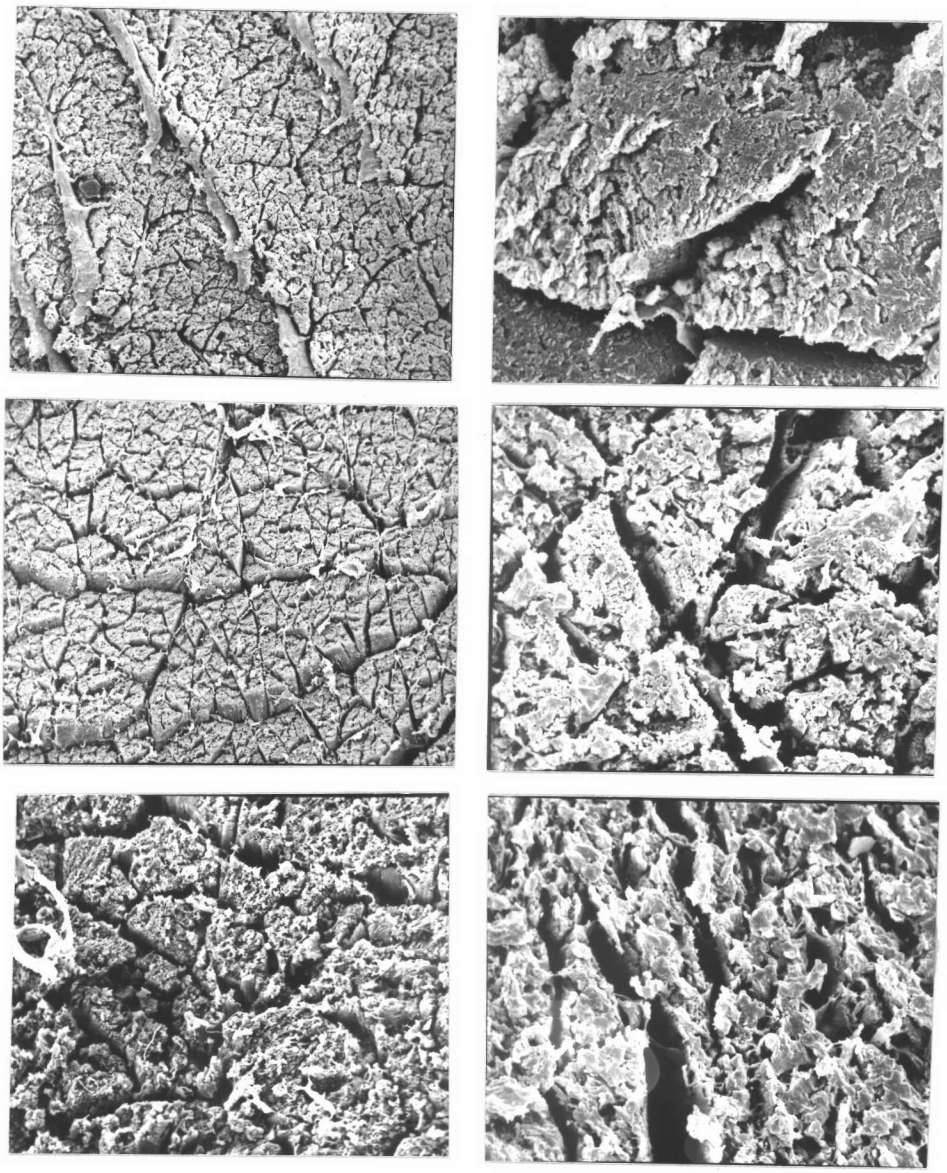
a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวนอนเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



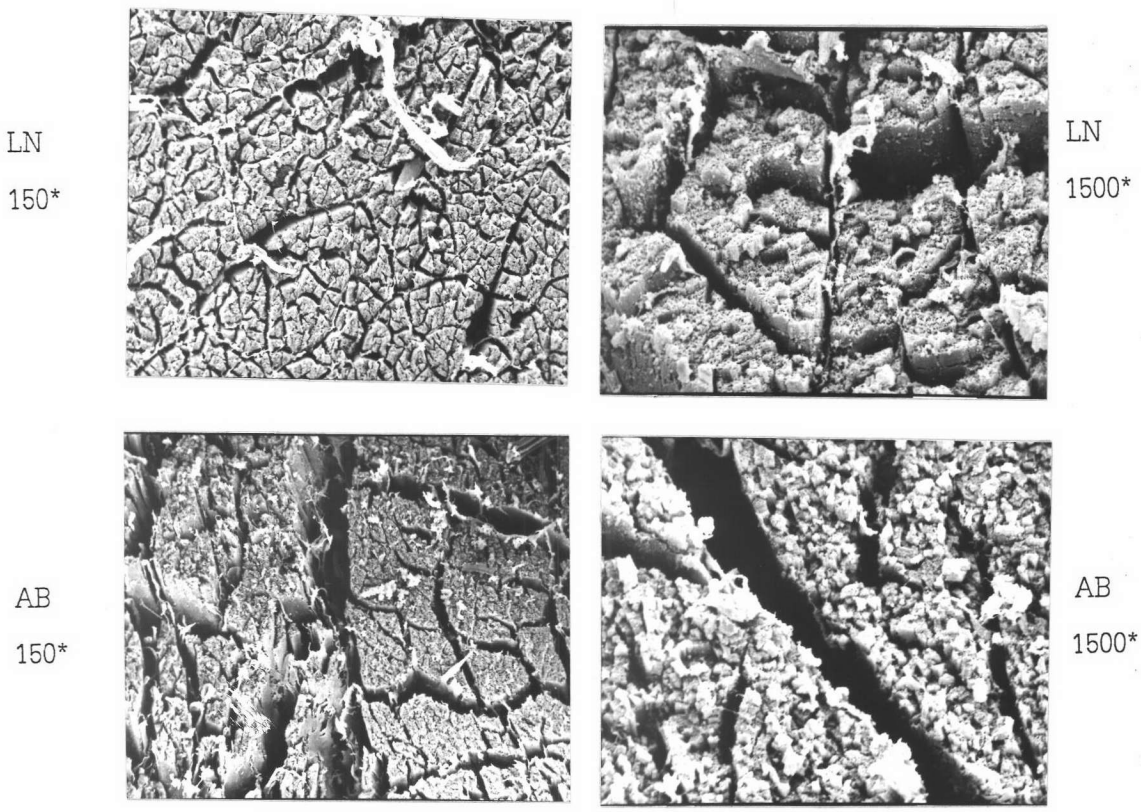
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกุ้งต้มสุกที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างต่างกัน โดยให้วิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษาเป็นตัวแปรคงที่

4.5 ผลการศึกษาโครงสร้างเนื้อเยื่อกุ้งต้มสุกหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับกุ้งต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษา

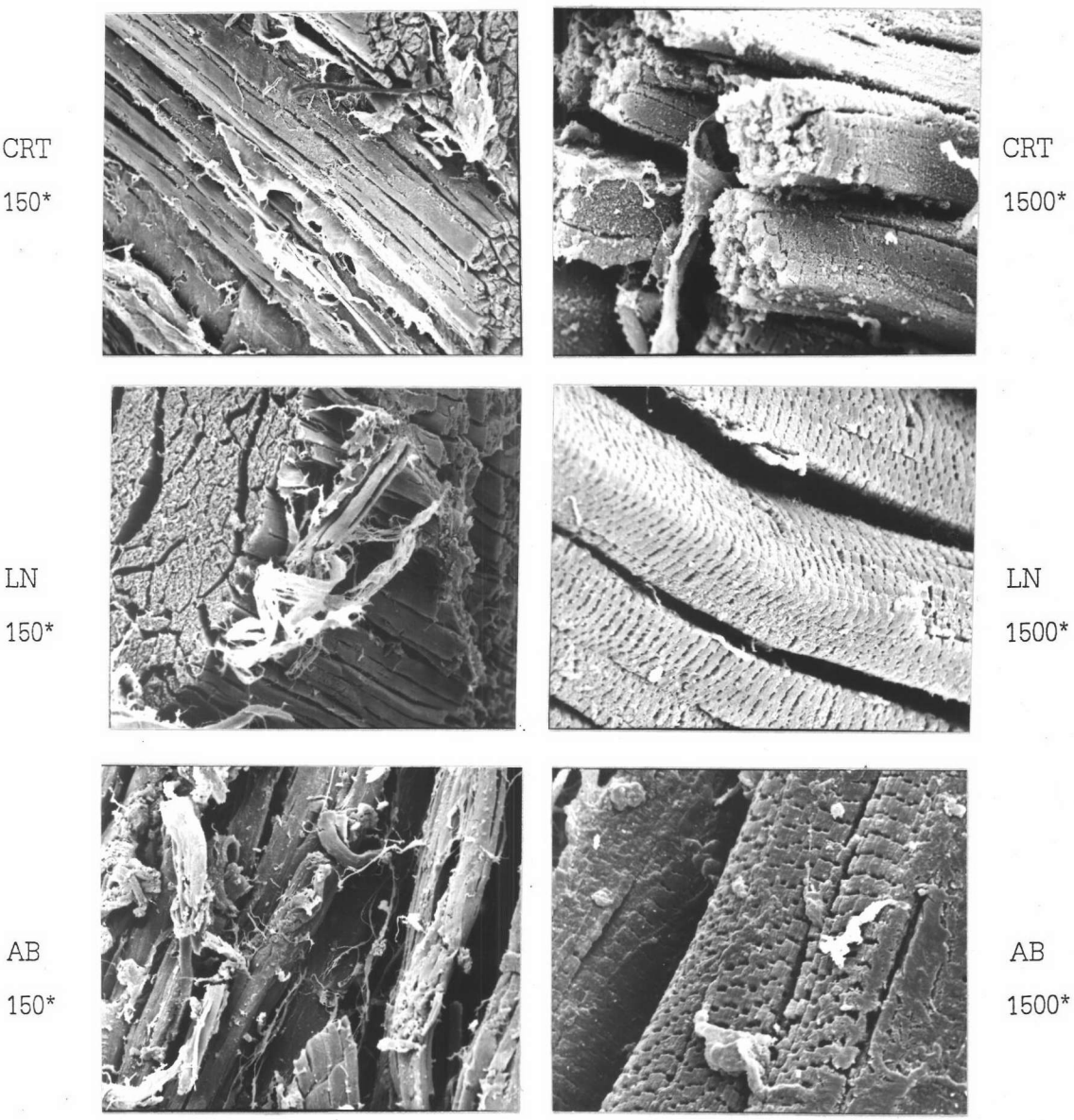
รูปที่ 4.6 เป็นรูปตัดตามขวางเนื้อเยื่อกุ้งต้มสุก ที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง(CRT) ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว(LN) และลมเย็น(AB) โดยถ่ายจากกล้อง Scanning Electron Microscope กำลังขยาย 150 (แถบซ้าย) และ 1500 เท่า (แถบขวา)



รูปที่ 4.6 รูปตัดตามขวางเนื้อเยื่อกุ้งต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง (แถวบน) ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว (แถวกลาง) และลมเย็น (แถวล่าง)



รูปที่ 4.7 ภาพตัดตามขวางเนื้อเยื่อกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว (แถวบน) และลมเย็น (แถวล่าง) หลังเก็บรักษา 24 สัปดาห์



รูปที่ 4.8 ภาพตัดตามยาวเนื้อเยื่อกุ้งต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษา (แถวบน) เปรียบเทียบกับกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว (แถวกลาง) และลมเย็น (แถวล่าง) หลังเก็บรักษา 24 สัปดาห์