บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 ผลิตภัณฑ์แครอตแช่เยือกแข็ง

5.1.1 ผลการหาเวลาที่เหมาะสมในการลวกแครอตเพื่อยับยั้งเอนไซม์ peroxidase

เมื่อลวกแครอตตามข้อ 4.1.1 โดยแปรวิธีการลวกและเวลาที่ใช้ทดสอบ enzyme activity และวัด ^{0}Brix ของน้ำที่ใช้ลวกทั้งวิธีน้ำเดือดและไอน้ำ ได้ผลดังตารางที่ 5.1 ส่วนผลของการใช้วิธีไมโครเวฟ แสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 Peroxidase test และ ^{0}Brix ของน้ำลวกในการลวกแครอตด้วยวิธีการต่างกัน

เวลาในการลวก (นาที)	ลวกในน้ำเดือด		ลวกด้วยไอน้ำ	
	peroxidase test	^{0}Brix	peroxidase test	^{0}Brix
1	light positive	0.10 ± 0.00^{a}	positive	0 ± 0.00
2	trace	0.10 ± 0.00^{a}	positive	0 ± 0.00
3	negative	0.10 ± 0.00^{a}	trace	0 ± 0.00
4	negative	0.15 ± 0.00^{b}	negative	0 ± 0.00

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5.2 Peroxidase test ในแครอตหลังผ่านการลวกด้วยไมโครเวฟ

เวลาในการลวก (นาที)	peroxidase test
1	positive
1.5	positive
2	positive
2.5	positive
3	light positive
3.5	trace
4	trace
4.5	trace

จากผลการทดสอบเอนไซม์ peroxidase ที่เหลืออยู่หลังจากลวกทั้ง 3 วิธี พบว่า วิธีลวกด้วยน้ำเดือด ไอน้ำ และไมโครเวฟ ใช้เวลาในการลวกแครอตเพื่อยับยั้งเอนไซม์ peroxidase ให้อยู่ในปริมาณน้อยมาก (trace) เป็นเวลา 2, 3 และ 3.5 นาทีตามลำดับ และเมื่อพิจารณา ^{0}Brix ของน้ำที่ใช้ลวก พบว่า เมื่อใช้เวลาในการลวกนาน 4 นาที ทำให้น้ำลวกมี ^{0}Brix สูงสุด คือ 1.5 ^{0}Brix สำหรับน้ำที่ทำให้เกิดไอในวิธีลวกด้วยไอน้ำ พบว่า เมื่อใช้เวลาลวกนานขึ้นไม่มีผลต่อ ^{0}Brix ในน้ำ

5.1.2 ผลของวิธีลวกและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อความแน่นเนื้อของแครอตก่อนแช่เยือกแข็ง

ลวกแครอตด้วยวิธีการต่าง ๆ ใช้เวลาการลวกที่ได้จากข้อ 5.1.1 หา% yield ผลแสดงในตารางที่ 5.3 หลังจากนั้นแช่แครอตในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แปรความเข้มข้นของสารละลาย 3 ระดับ คือ 0, 0.5, 1% นาน 30 นาที ล้าง ทำให้สะเด็ดน้ำ วัดความแน่นเนื้อของแครอตด้วยเครื่อง Texture Analyser ได้ผลแสดงดังในตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแน่นเนื้อแครอต เนื่องจากวิธีลวกและความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์แสดงดังตารางที่ 5.5-5.6

ตารางที่ 5.3 % yield ของแครอตหลังการลวกและทำให้เย็น โดยแปรวิธีลวก

วิธีการลวก	ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	หลังลวก	หลังทำให้เย็น
น้ำ	98.20±0.80[a]	102.75±0.31[a]
ไอน้ำ	98.80±0.60[a]	102.82±0.32[a]
ไมโครเวฟ	94.20±0.41[b]	95.87±0.49[b]

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design พบว่า วิธีลวกมีผลต่อค่า% yield ของแครอตหลังการลวกและทำให้เย็น

ตารางที่ 5.4 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของแครอตที่ผ่านวิธีลวกที่ต่างกันและแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

วิธีการลวก	ความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (%)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N/cm^2)
แครอตสด		204.30±6.49
น้ำเดือด	0	97.54±7.80
	0.5	111.82±4.53
	1	126.72±5.03
ไอน้ำ	0	118.03±7.33
	0.5	132.18±6.80
	1	141.07±4.91
ไมโครเวฟ	0	88.46±5.46
	0.5	104.46±6.56
	1	118.42±4.21

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแน่นเนื้อของแครอต แปรวิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์

SOV	df	MS
วิธีลวก (A)	2	117.09*
ความเข้มข้น $CaCl_2$ (B)	2	1128.33*
AB	4	8.62
error	9	35.89

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแน่นเนื้อของแครอต ผลแสดงดังตารางที่ 5.5 พบว่า วิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ มีผลต่อค่าความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อ จึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 5.6 และ 5.7

ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบความแน่นเนื้อของแครอต แปรวิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลวิธีลวก

วิธีการลวก	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตฐาน (N/cm^2)
น้ำเดือด	112.02 ± 13.85^b
ไอน้ำ	130.42 ± 11.52^a
ไมโครเวฟ	103.77 ± 14.07^c

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อของแครอต โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีลวก พบว่า แครอตที่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำ มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อของแครอต แปรวิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของแคลเซียมคลอไรด์

ความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ (%)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N/cm^2)
0	101.34 ± 14.58^{c}
0.5	116.15 ± 13.67^{b}
1.0	128.73 ± 10.88^{a}

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อของแครอต โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ พบว่า ความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้ปริมาณ 0.5 และ 1.0% จะทำให้แครอตมีความแน่นเนื้อเพิ่มมากขึ้น

จากการวัดค่าสีของแครอต โดยใช้เครื่อง Gretag SPM 50 ระบบ Hunter ได้ผลดังตารางที่ 5.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง(L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง(b*) แสดงดังในตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.8 ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของแครอตเมื่อผ่านการลวกด้วยวิธีต่างกันและแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

วิธีการลวก	ความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ (%)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L	a*	b*
แครอตสด		60.61±0.77	22.04±0.31	46.32±0.57
น้ำเดือด	0	45.58±0.65	15.20±0.39	38.71±2.56
	0.5	45.60±0.98	15.57±0.92	38.87±1.70
	1	44.64±0.22	15.60±0.93	37.62±1.40
ไอน้ำ	0	44.33±0.72	14.71±1.15	37.42±0.93
	0.5	44.19±0.53	14.45±0.62	36.97±0.92
	1	44.86±0.26	16.02±0.20	36.96±1.50
ไมโครเวฟ	0	41.08±0.45	10.18±0.79	32.49±0.03
	0.5	42.76±0.85	10.28±0.55	33.47±0.52
	1	42.40±1.03	10.80±0.94	33.60±0.60

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

ตารางที่ 5.9 การวิเคราะห์การแปรปรวนค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของแครอต แปรวิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์

SOV	df	MS		
		L	a*	b*
วิธีลวก (A)	2	16.53*	47.02*	42.35*
ความเข้มข้น $CaCl_2$(B)	2	0.40	1.11	0.32
AB	4	1.01	0.31	0.85
error	9	0.48	0.46	1.80

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีของแครอต พบว่า วิธีลวกมีผลต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีการลวก ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของแครอต แปรวิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีลวก

วิธีการลวก	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a*	b*
น้ำเดือด	45.27±0.72[a]	15.45±0.64[a]	38.39±1.63[a]
ไอน้ำ	44.46±0.52[a]	15.06±0.81[a]	37.10±0.92[a]
ไมโครเวฟ	42.08±1.01[b]	10.42±0.67[b]	33.28±0.71[b]

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบค่าสี ในแครอต เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีลวก พบว่าแครอตที่ลวกด้วยน้ำเดือดและไอน้ำ มีค่าความสว่าง ค่าสีแดงและสีเหลืองไม่แตกต่างกัน ส่วนวิธีลวกด้วยไมโครเวฟทำให้แครอตมีค่าสีความสว่าง ค่าสีแดงและสีเหลืองแตกต่างจากวิธีลวกอื่นๆ และมีค่าสีต่างๆ ลดลง

จากนั้นทดสอบแครอตที่ผ่านการลวกต่างกันและแช่แคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ผลแสดงดังตารางที่ 5.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.11 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของแครอตที่ผ่านการลวกต่างกันและแช่แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างกัน (คะแนนเต็ม 15 คะแนน การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

วิธีลวก	ความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ (%)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
น้ำเดือด	0.0	9.00 ± 0.96^{de}	11.60 ± 0.84	11.30 ± 1.13	8.70 ± 0.64^{e}	5.83 ± 0.81^{cd}
	0.5	9.50 ± 0.73^{d}	11.33 ± 0.77	10.90 ± 0.80	10.07 ± 0.70^{b}	6.20 ± 0.84^{c}
	1.0	10.30 ± 0.90^{c}	11.43 ± 0.84	8.53 ± 0.87	12.17 ± 0.56^{b}	5.33 ± 0.67^{e}
ไอน้ำ	0.0	11.10 ± 0.87^{b}	11.67 ± 0.79	11.57 ± 0.79	11.07 ± 0.56^{c}	6.70 ± 0.49^{b}
	0.5	11.97 ± 1.00^{a}	11.60 ± 0.78	11.00 ± 0.64	12.60 ± 0.60^{eb}	8.07 ± 0.65^{a}
	1.0	12.20 ± 0.99^{a}	11.53 ± 0.61	8.50 ± 0.82	13.07 ± 0.59^{a}	5.93 ± 0.62^{d}
ไมโครเวฟ	0.0	6.37 ± 0.66^{f}	8.83 ± 0.97	11.67 ± 0.72	6.30 ± 0.62^{f}	4.03 ± 0.84^{f}
	0.5	8.40 ± 0.96^{e}	9.33 ± 1.08	11.20 ± 0.99	9.77 ± 0.97^{d}	4.63 ± 0.58^{e}
	1.0	9.57 ± 0.79^{b}	9.57 ± 1.03	8.33 ± 0.95	10.20 ± 0.77^{d}	4.30 ± 0.72^{ef}

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

ตารางที่ 5.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแครอต แปรวิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์

SOV	df	MS				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
Block	14	0.94	1.48*	1.13	0.18*	0.90*
วิธีลวก (A)	2	151.08*	78.85*	2.23	137.47*	75.06*
ความเข้มข้น $CaCl_2$(B)	2	39.80*	0.23	105.28*	114.39*	15.36*
AB	4	5.51*	1.10	1.54	8.15*	3.53*
error	112	0.76	0.66	0.71	0.49	0.43*

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial with Complete Block Design ขนาด 3*3 พบว่า วิธีลวก มีผลต่อการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ส่วนความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ มีผลต่อการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ มีผลต่อการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี จึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีการลวก แสดงดังในตารางที่ 5.13 ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส จึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของระดับความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ แสดงดังในตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.13 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพด้านสีของแครอต แปรวิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีลวก (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)

วิธีการลวก	คะแนนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
น้ำเดือด	11.45 ± 0.81^{a}
ไอน้ำ	11.61 ± 0.72^{a}
ไมโครเวฟ	9.29 ± 1.05^{b}

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านสี พบว่า แครอตที่ลวกด้วยน้ำหรือไอน้ำ มีคะแนนเฉลี่ยด้านสี สูงกว่าแครอตที่ลวกด้วยไมโครเวฟ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5.14 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพด้านกลิ่นรสของแครอต แปรวิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)

ความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ (%)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	11.51 ± 0.89^{a}
0.5	11.03 ± 0.92^{a}
1.0	8.45 ± 0.86^{b}

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรส พบว่าแครอตที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% มีคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสสูงกว่าแครอตที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.0% อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาเฉพาะคะแนนการยอมรับรวม จากตารางที่ 5.11 พบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแครอตก่อนนำเข้าแช่เยือกแข็ง คือลวกด้วยไอน้ำและแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5%

ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมในการศึกษา ผลของวิธีการลวกและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อความแน่นเนื้อแครอต เมื่อพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินทั้งหมด คือ ความแน่นเนื้อ ค่าสี และคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ภาวะที่เหมาะสม คือ ลวกด้วยไอน้ำ และแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5% นาน 30 นาที ก่อนนำเข้าแช่เยือกแข็ง

5.1.3 ผลการหาเวลาแช่เยือกแข็งโดยวิธีแช่เยือกแข็งแบบพ่นลม (air blast) และไครโอจีนิกและผลของอุณหภูมิแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิกต่อคุณภาพแครอตแช่เยือกแข็ง

ก. วิธีแช่เยือกแข็งแบบพ่นลม

ศึกษาหาเวลาในการแช่เยือกแข็งของแครอตรูปลูกเต๋า ในวิธีแช่เยือกแข็งแบบพ่นลม (air blast freezing) จะบรรจุแครอตในถุงก่อนนำเข้าแช่เยือกแข็ง แปรวิธีบรรจุเป็น 2 แบบ คือ non-vacuum และ vacuum นำแครอตเข้า air blast freezer เริ่มแช่เยือกแข็ง บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นจนอุณหภูมิสุดท้าย เท่ากับ -18 °C ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่

เยือกแข็ง แสดงดังรูป 5.1 จากกราฟสามารถประมาณเวลาที่ใช้แช่เยือกแข็ง ผลแสดงดังในตาราง ที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 เวลาที่ใช้แช่เยือกแข็งแครอตลูกเต๋า ด้วย air blast freezer

วิธีบรรจุ	เวลาที่ใช้แช่เยือกแข็ง (นาที)
non-vacuum	50
vacuum	43

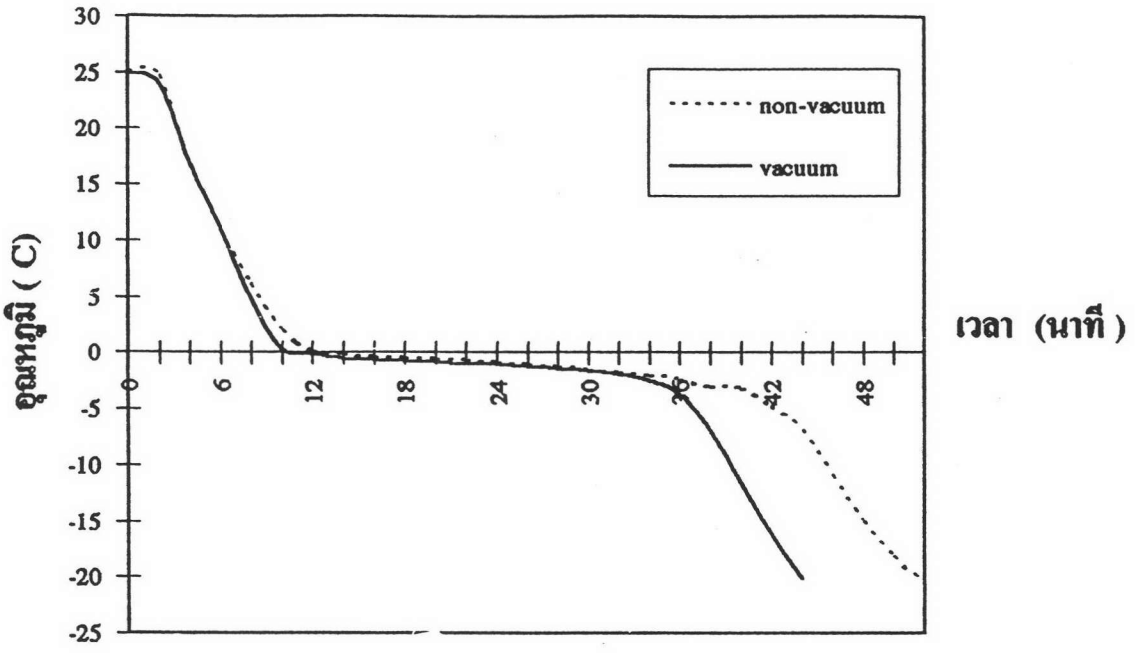
ข. วิธีแช่เยือกแข็งแบบไครโอจินิก

สำหรับการแช่เยือกแข็งแครอตลูกเต๋าด้วยวิธีแช่เยือกแข็งแบบไครโอจินิก โดยใช้ไอไนโตรเจนเหลวเป็นตัวให้ความเย็น แปรอุณหภูมิของ chamber ในขณะแช่เยือกแข็งเป็น -70, -90, -110 ^{0}C บันทึกเวลาและอุณหภูมิเริ่มต้น จนอุณหภูมิสุดท้ายของจุดกึ่งกลางชิ้นผลิตภัณฑ์ เท่ากับ -18^{0} C ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็ง แสดงดังรูป 5.2 จากกราฟสามารถประมาณเวลาที่ใช้แช่เยือกแข็ง ผลแสดงดังในตารางที่ 5.16

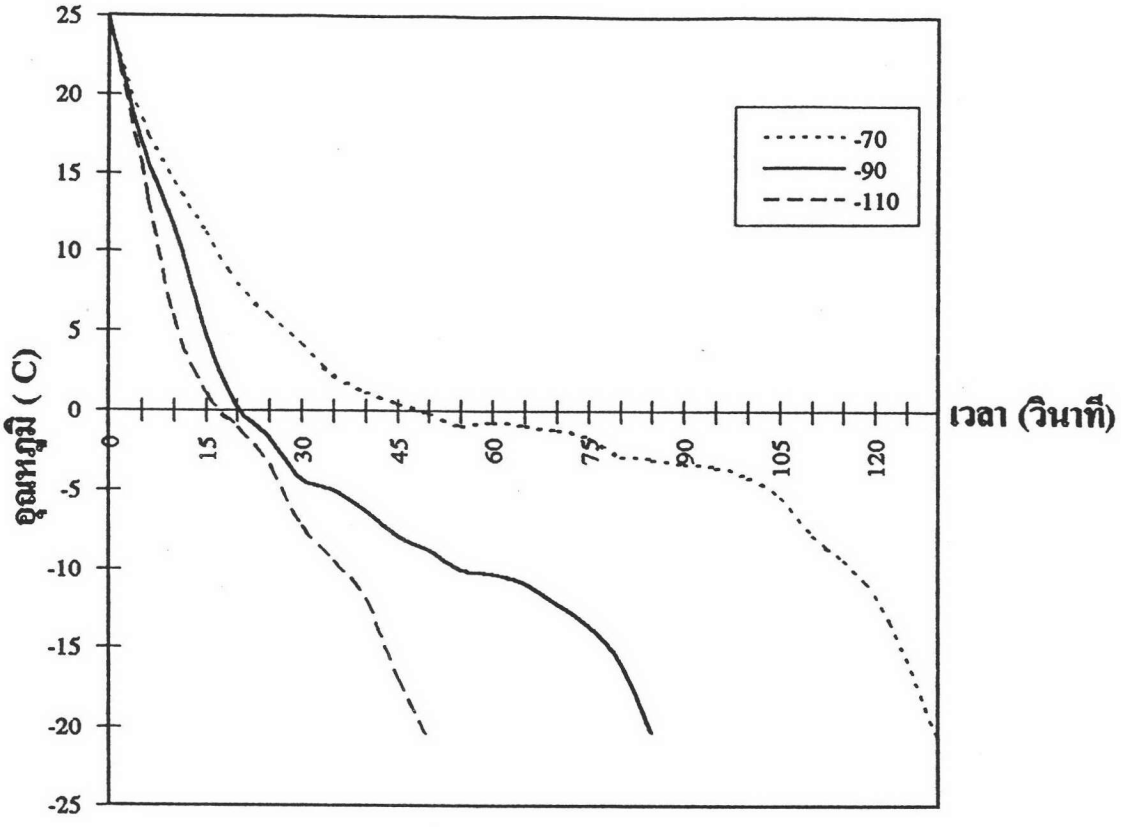
ตารางที่ 5.16 เวลาที่ใช้แช่เยือกแข็งแครอตลูกเต๋า ด้วยไอไนโตรเจนเหลว แปรอุณหภูมิของ chamber ที่ใช้แช่เยือกแข็ง

อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง(^{0}C)	เวลาที่ใช้แช่เยือกแข็ง (วินาที)
-70	130
-90	85
-110	50

หลังจากนั้นหาปริมาณการใช้ไนโตรเจนเหลวโดยประมาณและปริมาณความร้อนที่ถูกกำจัดออก ในการแช่เยือกแข็งแครอตที่อุณหภูมิเริ่มต้น 25 ^{0}C ถึงอุณหภูมิสุดท้าย -18 ^{0}C โดยใช้วิธี Calorimetry ด้วยการจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในไนโตรเจนเหลว ผลแสดงดังตารางที่ 5.17



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็งแครอตด้วย Air Blast freezer



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็งแครอตด้วยไอไนโตรเจนเหลว แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น -70 -90 และ -110 °C

ตารางที่ 5.17 ปริมาณการใช้ไนโตรเจนและปริมาณความร้อนที่ถูกกำจัดออกในการแช่เยือกแข็งแครอต

ภาวะ	ปริมาณการใช้ไนโตรเจนเหลว (lbLIN/lb Product)	ปริมาณความร้อนที่ถูกกำจัดออก (Btu/lb)
แช่เยือกแข็งแครอตจาก 25 °C ถึง LIN Temp. (A)	3.50±0.12	
แช่เยือกแข็งแครอตจาก -18 °C ถึง LIN Temp. (B)	1.63±0.10	
Differential Consumption (A-B)	1.87	160.44
แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ chamber เป็น -70 °C	1.36	
แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ chamber เป็น -90 °C	1.45	
แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ chamber เป็น -110 °C	1.58	

จากตารางที่ 5.17 จะเห็นว่าเมื่อใช้อุณหภูมิของ chamber ต่ำลง ปริมาณไนโตรเจนเหลวที่ต้องใช้จะมากขึ้น

หลังจากนั้นแช่เยือกแข็งแครอตลูกเต๋าด้วยไอไนโตรเจนเหลว โดยแปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น -70, -90, -110 °C ใช้เวลาแช่เยือกแข็ง 130, 85 และ 50 วินาทีตามลำดับ ผลการหา freezing loss,thawing loss และค่าความแน่นเนื้อ แสดงดังตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 Freezing loss, Thawing loss และ ค่าความแน่นเนื้อของแครอตที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจน แปรอุณหภูมิของ chamber ที่ใช้แช่เยือกแข็ง

อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (°C)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	freezing loss^{ns} (%)	thawing loss(%)	ความแน่นเนื้อ (N/cm^2)
-70	3.08±0.28	2.87±0.14^a	102.85±4.94^b
-90	2.93±0.23	2.56±0.11^b	114.75±3.80^a
-110	2.85±0.23	2.54±0.07^b	117.47±6.60^a

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5.20 %Thawing loss ของแครอต แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา

วิธีแช่เยือกแข็ง	วิธีบรรจุ	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Air Blast	non-vacuum	0	3.55±0.07
		6	3.87±0.12
		12	4.17±0.25
		18	4.23±0.17
		24	4.25±0.07
	vacuum	0	4.05±0.07
		6	4.25±0.07
		12	4.49±0.26
		18	4.48±0.24
		24	4.51±0.21
ไอไนโตรเจนเหลว	non-vacuum	0	2.58+0.02
		6	3.38±0.53
		12	3.82±0.10
		18	3.84±0.11
		24	3.85±0.08
	vacuum	0	2.53±0.04
		6	3.41±0.21
		12	3.66±0.04
		18	3.60±0.08
		24	3.66±0.06

ตารางที่ 5.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวน %thawing loss ของแครอต แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา

SOV	df	MS
วิธีแช่เยือกแข็ง (A)	1	5.64*
วิธีการบรรจุ (B)	1	0.11*
AB	1	0.55*
อายุการเก็บรักษา (C)	4	1.45*
AC	4	0.15*
BC	4	0.02
ABC	4	0.01
Error	20	0.04

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2×2×5 พบว่าวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ อิทธิพลระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและวิธีบรรจุ อายุการเก็บรักษา และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา มีผลต่อค่า % thawing loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการแช่เยือกแข็งและวิธีการบรรจุ ผลแสดงในตารางที่ 5.22 และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา ผลแสดงในตารางที่ 5.23

ตารางที่ 5.22 % Thawing loss ของแครอตแช่เยือกแข็ง แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและวิธีบรรจุ

วิธีแช่เยือกแข็ง	วิธีบรรจุ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Air Blast	non-vacuum	4.01 ± 0.30^{b}
	vacumm	4.35 ± 0.23^{a}
ไอไนโตรเจนเหลว	non-vacuum	3.49 ± 0.55^{c}
	vacumm	3.37 ± 0.45^{c}

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

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและวิธีบรรจุ พบว่า การแช่เยือกแข็งแครอตด้วย Air Blast จะทำให้มี %thawing loss สูงกว่าการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว และแครอตที่บรรจุแบบ vacuum ในวิธีแช่เยือกแข็งด้วย Air Blast จะทำให้มี %thawing loss สูงสุด อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 5.23 % Thawing loss ของแครอตแช่เยือกแข็ง แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็ง และอายุการเก็บรักษา

วิธีแช่เยือกแข็ง	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Air Blast	0	3.80 ± 0.29^{bc}
	6	4.05 ± 0.24^{b}
	12	4.33 ± 0.27^{a}
	18	4.35 ± 0.24^{a}
	24	4.38 ± 0.19^{a}
ไอไนโตรเจนเหลว	0	2.55 ± 0.04^{e}
	6	3.39 ± 0.33^{d}
	12	3.72 ± 0.13^{c}
	18	3.74 ± 0.15^{c}
	24	3.76 ± 0.20^{c}

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

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา พบว่ามีผลต่อ %thawing loss กล่าวคือ แครอตที่แช่เยือกแข็งด้วย Air Blast จะมีค่า %thawing loss มากกว่ามากกว่าวิธีแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว และเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น %thawing loss เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ส่วนค่าความแน่นเนื้อของแครอต และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแครอต แสดงดังตารางที่ 5.24-5.25

ตารางที่ 5.24 ค่าความแน่นเนื้อของแครอต แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษาต่างกัน

วิธีแช่เยือกแข็ง	วิธีบรรจุ	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N/cm^2)
Air Blast	non-vacuum	0	76.44±7.60
		6	73.00±7.07
		12	66.60±5.09
		18	61.03±3.91
		24	47.30±2.05
	vacuum	0	73.23±6.76
		6	65.37±6.76
		12	61.23±4.24
		18	58.20±6.49
		24	38.93±6.75
ไอไนโตรเจนเหลว	non-vacuum	0	101.96±6.62
		6	95.31±4.15
		12	88.10±6.40
		18	85.50±4.94
		24	66.20±5.65
	vacuum	0	100.69±8.54
		6	98.42±8.41
		12	92.75±6.71
		18	90.60±2.96
		24	75.68±4.58

ตารางที่ 5.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแน่นเนื้อของแครอต แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและการเก็บรักษาต่างกัน

SOV	df	MS
วิธีแช่เยือกแข็ง (A)	1	7484.32*
วิธีบรรจุ (B)	1	4.38
AB	1	231.98*
อายุการเก็บรักษา (C)	4	1118.70*
AC	4	1.62
BC	4	5.17
ABC	4	16.98
Error	20	36.51

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2×2×3 พบว่า วิธีแช่เยือกแข็ง อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและวิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของแครอต อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและวิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา ผลแสดงดังตารางที่ 5.26-5.27

ตารางที่ 5.26 ค่าความแน่นเนื้อของแครอตแช่เยือกแข็ง แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและวิธีบรรจุ

วิธีแช่เยือกแข็ง	วิธีการบรรจุ	ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N/cm^2)
Air Blast	non-vacuum	64.87 ± 11.58^{b}
	vacumm	59.39 ± 13.22^{b}
ไอไนโตรเจนเหลว	non-vacuum	87.41 ± 13.39^{a}
	vacumm	91.56 ± 13.89^{a}

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

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและวิธีบรรจุ พบว่าแครอตที่แช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าวิธี Air Blast และวิธีบรรจุที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

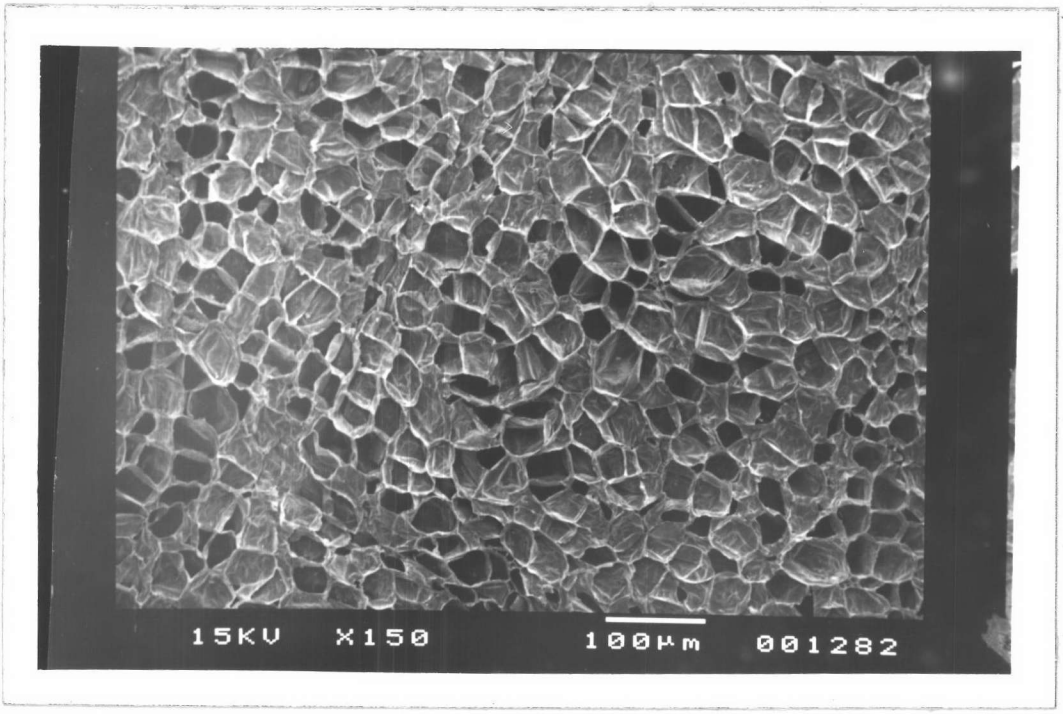
ตารางที่ 5.27 ค่าความแน่นเนื้อของแครอตแช่เยือกแข็ง แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอายุการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(N/cm^2)
0	88.00 ± 15.20^{a}
6	83.02 ± 15.96^{ab}
12	77.17 ± 14.95^{bc}
18	73.83 ± 15.31^{c}
24	57.02 ± 16.08^{d}

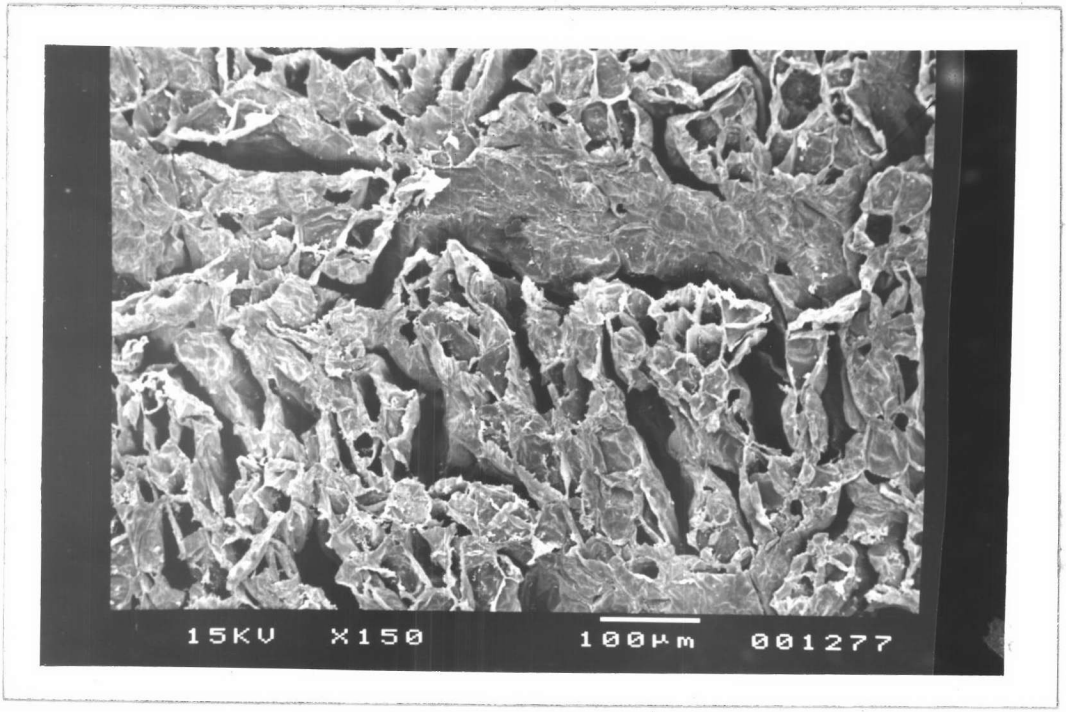
a,b,..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอายุการเก็บรักษา พบว่า มีผลต่อค่าความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความแน่นเนื้อจะมีค่าลดลง

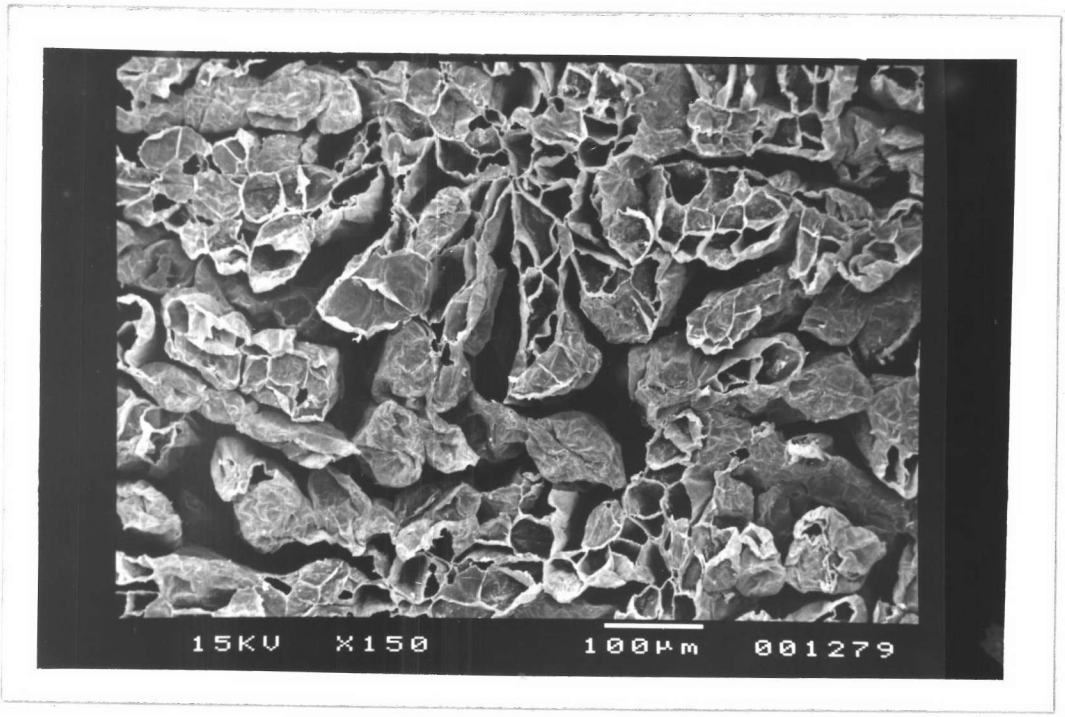
ส่วนผลการศึกษาโครงสร้างเซลแครอตหลังการละลายน้ำแข็งด้วย SEM ในแครอต ก่อนการแช่เยือกแข็ง, ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วย Air Blast และไอไนโตรเจนเหลว และเมื่อเก็บรักษาไว้ 24 สัปดาห์ ผลแสดงในรูปที่ 5.3-5.7



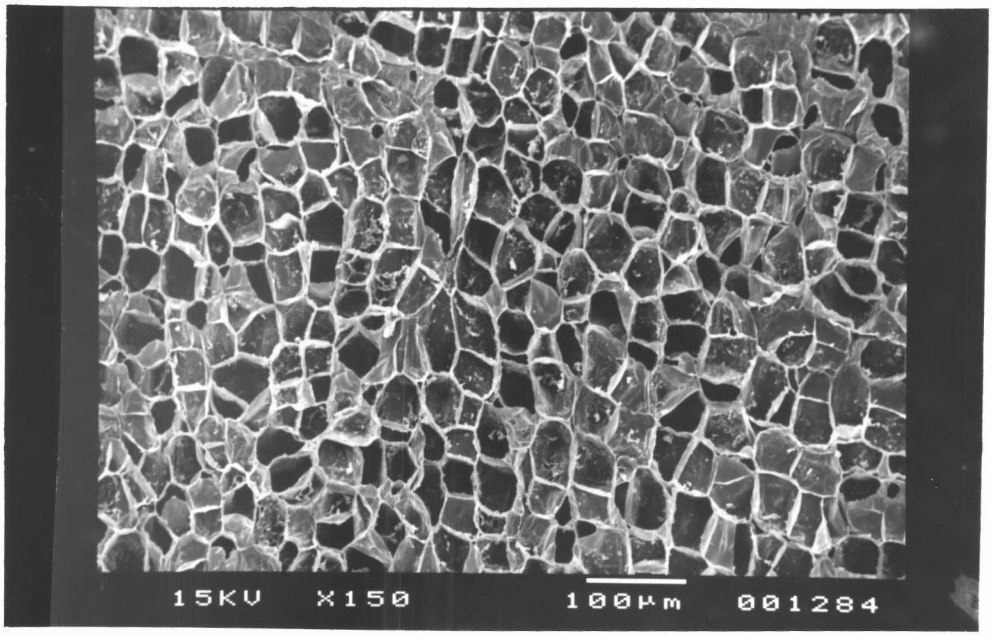
<u>รูปที่ 5.3</u> โครงสร้างเซลแครอตก่อนแช่เยือกแข็ง กำลังขยาย 150 เท่า



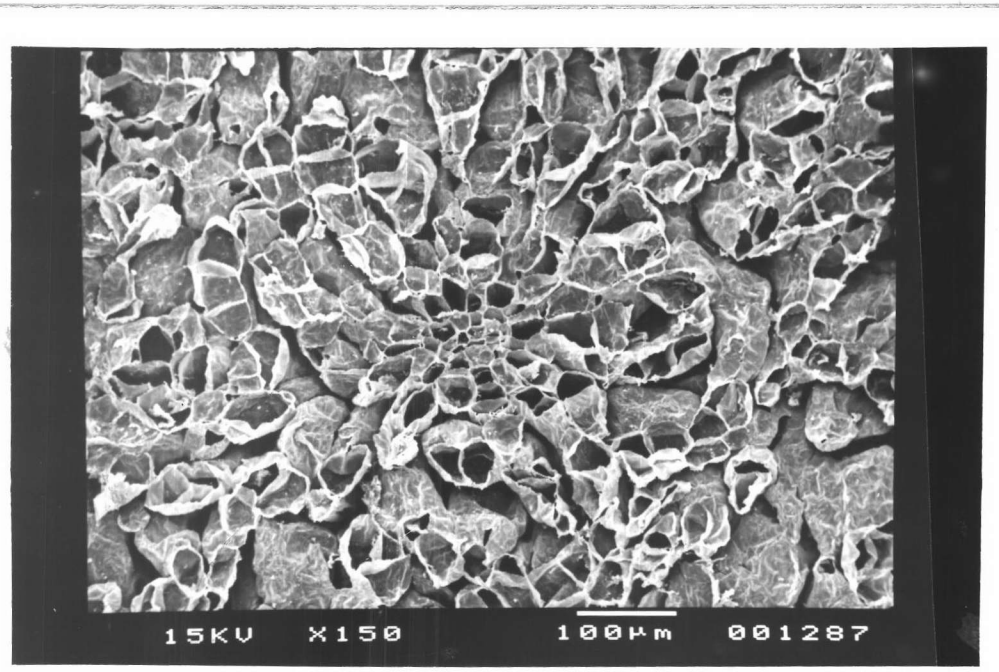
<u>รูปที่ 5.4</u> โครงสร้างเซลแครอตหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วย Air Blast กำลังขยาย 150 เท่า



<u>รูปที่ 5.5</u> โครงสร้างเซลแครอตหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วย Air Blast และเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ กำลังขยาย 150 เท่า



รูปที่ 5.6 โครงสร้างเซลแครอตหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว กำลังขยาย 150 เท่า



รูปที่ 5.7 โครงสร้างเซลแครอตหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว และเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

จากผลการศึกษา พบว่าโครงสร้างเซลแครอตที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วย Air Blast เกิดความเสียหายมากกว่าการแช่ด้วยไอไนโตรเจนเหลว และเมื่อเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์พบว่าโครงสร้างเซลเกิดความเสียหายมากขึ้น

ส่วนผลของการวิเคราะห์ β-carotene ที่มีในแครอตแสดงดังตารางที่ 5.28

ตารางที่ 5.28 ปริมาณβ-carotene ที่มีในแครอต แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา

วิธีแช่เยือกแข็ง	วิธีบรรจุ	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (μg/g แครอต) [ns]
แครอตสด			45.15±4.90
แครอตลวกด้วยไอน้ำ			45.02±6.71
Air blast	non-vacumm	12	45.00±3.80
		24	45.30±6.43
	vacumm	12	46.17±3.53
		24	45.41±4.50
ไอไนโตรเจนเหลว	non-vacumm	12	45.30±4.50
		24	44.23±5.60
	vacumm	12	45.30±6.15
		24	44.96±6.68

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า วิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา ไม่มีผลต่อ ปริมาณβ-carotene อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแครอตที่ผ่านวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษาต่างกัน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแครอต แสดงดังตารางที่ 5.29-5.30

ตารางที่ 5.29 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแครอตที่ได้จากการแปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 10 คะแนน ,การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

วิธีเยือกแข็ง	วิธีบรรจุ	อายุการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย +ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
			ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
Air	non-	0	8.13±0.74	8.20±0.86	7.73±1.27	5.86±1.30	5.66±1.04
Blast	vacuum	6	7.83±0.52	8.20±1.08	7.63±1.36	5.77±1.31	5.20±1.14
		12	7.60±0.63	8.20±1.08	7.33±0.96	5.53±1.18	5.00±0.92
		18	7.33±1.11	7.73±1.03	7.26±0.79	5.53±0.99	5.00±1.00
		24	6.46±0.91	7.20±0.86	6.67±0.81	5.20±1.01	4.13±0.74
	vacuum	0	8.06±0.96	8.37±0.66	7.87±0.91	5.70±1.33	5.46±1.30
		6	7.83±0.74	8.10±0.96	7.87±0.63	5.73±1.09	5.20±0.94
		12	7.70±0.96	8.17±1.03	7.47±1.12	5.33±0.89	5.00±1.30
		18	7.66±0.97	7.73±0.70	7.33±0.97	5.33±1.17	5.00±1.22
		24	7.55±0.99	7.40±0.98	6.80±1.01	5.13±1.12	4.33±1.04
LIN	non-	0	8.50±0.86	8.33±0.97	7.73±1.03	7.93±0.70	7.80±0.77
	vacuum	6	8.03±0.97	8.37±1.00	7.67±1.04	7.97±0.93	7.46±0.83
		12	7.66±1.04	8.13±0.83	7.53±1.06	7.60±0.63	7.26±0.70
		18	7.26±0.96	7.33±0.81	7.33±0.97	7.00±0.91	6.53±0.63
		24	6.46±1.06	7.40±0.82	6.53±1.06	6.73±1.16	5.26±0.96
	vacuum	0	8.00±0.84	8.33±0.82	7.87±0.74	7.93±0.70	7.80±1.01
		6	8.06±0.70	8.13±0.83	7.83±1.13	7.93±0.53	7.60±1.20
		12	7.80±0.67	8.06±1.03	7.60±1.18	7.86±0.99	7.33±0.92
		18	7.73±0.88	7.80±0.86	7.46±0.82	7.13±1.19	6.80±0.94
		24	7.60±0.73	7.60±0.72	7.00±1.00	6.86±1.12	6.06±0.88

ตารางที่ 5.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา

SOV	df	MS				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
Block	14	1.29*	1.88*	2.46*	1.46	1.67*
วิธีแช่เยือกแข็ง (A)	1	0.33	0.01	0.40	295.02*	292.05*
วิธีบรรจุ (B)	1	4.56*	0.33	1.76	0.02	1.08
AB	1	0.01	0.00	0.01	1.26	1.33
อายุการเก็บรักษา (C)	4	11.90*	9.00*	10.23*	9.20*	26.60*
AC	4	0.19	0.39	0.06	1.58	2.50*
BC	4	4.29*	0.52	0.07	0.02	0.81
ABC	4	0.26	0.30	0.05	0.13	0.15
Error	266	0.74	0.76	0.98	1.02	0.90

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial with Complete Block Design ขนาด 2×2×5 พบว่าวิธีแช่เยือกแข็ง มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม วิธีบรรจุมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ อายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับรวม และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ จึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมของวิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา คะแนนเฉลี่ยด้านสี พิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีบรรจุ คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรส พิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอายุการเก็บรักษา คะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัส พิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา คะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับรวม พิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา ผลแสดงดังตารางที่ 5.31-5.34

ตารางที่ 5.31 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของแครอต เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)

วิธีบรรจุ	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
non-vacuum	0	8.31 ± 0.86^{a}
	6	7.93 ± 0.74^{ab}
	12	7.76 ± 0.74^{bc}
	18	7.30 ± 1.02^{c}
	24	6.46 ± 0.91^{d}
vacuum	0	8.03 ± 0.88^{ab}
	6	7.95 ± 0.72^{ab}
	12	7.76 ± 0.81^{bc}
	18	7.70 ± 0.91^{bc}
	24	$7.56+0.85^{bc}$

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

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการบรรจุและอายุการเก็บรักษา พบว่ามีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) กล่าวคือเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ มีค่าลดลง และในสัปดาห์ที่ 24 พบว่า แครอตที่บรรจุแบบ vacuum จะให้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏสูงกว่าแบบ non-vacuum

ตารางที่ 5.32 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของแครอต แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอายุการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส
0	8.30 ± 0.81^{a}	7.81 ± 0.97^{a}	6.85 ± 1.49^{a}
6	8.17 ± 0.95^{a}	7.75 ± 1.11^{a}	6.85 ± 1.47^{a}
12	8.16 ± 0.97^{a}	7.48 ± 1.06^{ab}	6.58 ± 1.48^{ab}
18	7.65 ± 0.86^{b}	7.33 ± 0.87^{b}	6.25 ± 1.33^{bc}
24	7.41 ± 0.83^{b}	6.78 ± 0.95^{b}	5.96 ± 1.35^{c}

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

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอายุการเก็บรักษา พบว่า มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส กล่าวคือ แครอตแช่เยือกแข็งในช่วงการเก็บรักษา 12 สัปดาห์แรก จะได้คะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกับเมื่อเริ่มเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษานาน 18 และ 24 สัปดาห์ คะแนนเฉลี่ยจะลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 5.33 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเนื้อสัมผัสของแครอต แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)

วิธีแช่เยือกแข็ง	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Air Blast	5.50 ± 1.13^{b}
ไอไนโตรเจนเหลว	7.49 ± 1.08^{a}

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

เมื่อพิจารณาอิทธิพลวิธีแช่เยือกแข็ง พบว่ามีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) คือ แครอตที่แช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวจะได้คะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าวิธี Air Blast

ตารางที่ 5.34 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของแครอตแปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

วิธีแช่เยือกแข็ง	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Air Blast	0	5.56 ± 0.86^{c}
	6	5.26 ± 1.16^{cd}
	12	5.00 ± 1.03^{d}
	18	5.03 ± 1.11^{d}
	24	4.23 ± 1.09^{e}
ไอไนโตรเจนเหลว	0	7.80 ± 0.89^{a}
	6	7.53 ± 0.88^{a}
	12	7.30 ± 0.86^{b}
	18	6.66 ± 0.70^{b}
	24	$5.66+0.99^{c}$

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

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา พบว่ามีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) คือ แครอตที่แช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว จะได้คะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าวิธี Air Blast และเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น คะแนนเฉลี่ยจะมีค่าลดลง

สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ ผลแสดงในตารางที่ 5.35

ตารางที่ 5.35 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของแครอตแช่เยือกแข็ง แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา

วิธีแช่เยือกแข็ง	วิธีบรรจุ.	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	ยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)
ก่อนแช่เยือกแข็ง			3.9×10^{4}	2.6×10^{4}
Air Blast	non vacuum	0	9.7×10^{2}	2.7×10^{2}
		6	7.4×10^{2}	1.9×10^{2}
		12	5.7×10^{2}	1.7×10^{2}
		18	3.1×10^{2}	1.8×10^{2}
		24	3.0×10^{2}	7.5×10
	vacuum	0	1.0×10^{3}	2.9×10^{2}
		6	8.5×10^{2}	1.6×10^{2}
		12	5.8×10^{2}	1.7×10^{2}
		18	3.2×10^{2}	1.7×10^{2}
		24	3.0×10^{2}	1.1×10^{2}
ไอไนโตรเจนเหลว	non vacuum	0	6.5×10^{3}	7.0×10^{2}
		6	2.5×10^{3}	5.8×10^{2}
		12	1.1×10^{3}	4.5×10^{2}
		18	7.8×10^{2}	2.1×10^{2}
		24	3.8×10^{2}	1.7×10^{2}
	vacuum	0	5.9×10^{3}	6.0×10^{2}
		6	2.9×10^{3}	4.9×10^{2}
		12	1.5×10^{3}	3.2×10^{2}
		18	8.7×10^{2}	2.0×10^{2}
		24	5.4×10^{2}	1.1×10^{2}

จากตารางที่ 5.35 พบว่าแครอตที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนแช่เยือกแข็ง และแครอตที่แช่เยือกแข็งด้วย Air Blast จะมีปริมาณน้อยกว่าการแช่ด้วยไอไนโตรเจนเหลว และเมื่ออายุเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา จะลดลง

5.2 ผลิตภัณฑ์บรอคโคลีแช่เยือกแข็ง

5.2.1 ผลการหาเวลาลวกบรอคโคลีที่เหมาะสมเพื่อยับยั้งเอนไซม์ peroxidase

ในการหาวิธีลวกที่เหมาะสม ได้ศึกษาวิธีลวก 2 วิธี คือ

ก. การลวกด้วยน้ำเดือด แปรเวลาในการลวกเป็น 1 2 3 4 และ 5 นาที ผลการทดสอบเอนไซม์ peroxidase ที่เหลืออยู่หลังการลวก และ °Brix ของน้ำลวก แสดงดังตารางที่ 5.36

ข. การลวกด้วยไอน้ำ ใช้ไอน้ำเดือด แปรเวลาในการลวกเป็น 1 2 3 4 และ 5 นาที ผลการทดสอบเอนไซม์ peroxidase ที่เหลืออยู่หลังการลวก และ °Brix ของน้ำที่ทำให้เกิดไอ แสดงดังตารางที่ 5.36

ตารางที่ 5.36 Peroxidase test และ °Brix ในน้ำที่ใช้ลวก ในบรอคโคลีที่ลวกด้วยวิธีต่างกัน

เวลาลวก (นาที)	ลวกในน้ำเดือด			ลวกในไอน้ำ	
	peroxidase test		°Brix	peroxidase test	°Brix
	ส่วนดอก	ส่วนก้าน			
1	light positive	positive	0	positive	0
2	trace	positive	0	positive	0
3	negative	trace	0	light positive	0
4	negative	trace	0	trace	0
5	negative	negative	0	negative	0

จากการทดสอบเอนไซม์ peroxidase ที่เหลือในบรอคโคลีหลังการลวก พบว่า วิธีลวกบรอคโคลีด้วยน้ำเดือด ส่วนดอกและก้านบรอคโคลี ต้องใช้เวลาลวกนาน 2 และ 3 นาที ตามลำดับ ส่วนวิธีลวกด้วยไอน้ำ ใช้เวลาลวก 4 นาที ถึงจะสามารถยับยั้งเอนไซม์ peroxidase ในบรอคโคลีให้เหลืออยู่ในปริมาณน้อยมาก เมื่อพิจารณา °Brix ของน้ำลวกในวิธีลวกทั้งสอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการลวกนานเพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อ °Brix ของน้ำลวก %yield ของบรอคโคลีในวิธีลวกต่างกัน โดยแต่ละวิธีใช้เวลาลวกที่ได้จากขั้นแรก ผลแสดงดังตารางที่ 5.37

ตารางที่ 5.38 pH ของบรอคโคลีที่ผ่านวิธีลวกและใช้ระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 ที่แตกต่างกัน

วิธีการลวก	ความเข้มข้น NH_4HCO_3 (%)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
น้ำเดือด	0.00	6.56 ± 0.02^{ef}
	0.05	6.98 ± 0.01^{c}
	0.10	7.10 ± 0.02^{b}
	0.15	7.31 ± 0.02^{a}
ไอน้ำ	0.00	6.50 ± 0.01^{g}
	0.05	6.52 ± 0.01^{f}
	0.10	6.59 ± 0.01^{e}
	0.15	6.80 ± 0.04^{d}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2 * 4 พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง วิธีลวกและความเข้มข้นของ NH_4HCO_3 มีผลต่อ pH ของบรอคโคลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยบรอคโคลีที่ลวกด้วยน้ำเดือดจะมี pH สูงกว่าการลวกด้วยไอน้ำ และเมื่อความเข้มข้นของ NH_4HCO_3 เพิ่มขึ้น pH ของบรอคโคลีก็จะมีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 5.39 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนดอกของบรอคโคลี แปรวิธีลวกและระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3

วิธีลวก	ความเข้มข้น NH_4HCO_3 (%)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ppm)
บรอคโคลีสด	-	411.45 ± 10.06
น้ำเดือด	0.00	188.25 ± 21.81
	0.05	250.36 ± 22.35
	0.10	267.27 ± 20.27
	0.15	280.98 ± 21.24
ไอน้ำ	0.00	236.45 ± 13.93
	0.05	245.96 ± 9.36
	0.10	245.60 ± 20.59
	0.15	268.78 ± 24.75

ตารางที่ 5.40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนดอกของบรอคโคลี แปรวิธีลวกและระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3

SOV	df	MS
วิธีลวก(A)	1	24.67
ความเข้มข้น NH_4HCO_3(B)	3	2753.96*
AB	3	979.35
error	8	394.55

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2×4 พบว่า ความเข้มข้นของสารละลาย NH_4HCO_3 มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนดอกของบรอคโคลี อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของความเข้มข้น NH_4HCO_3ผลที่ได้ แสดงในตารางที่ 5.41

ตารางที่ 5.41 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนดอกของบรอคโคลี แปรวิธีลวกและระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของความเข้มข้น NH_4HCO_3

ความเข้มข้น NH_4HCO_3 (%)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ppm)
0.00	212.34 ± 22.59^{c}
0.05	248.16 ± 14.22^{b}
0.10	256.43 ± 20.85^{b}
0.15	274.88 ± 20.10^{a}

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนดอกบรอคโคลี พบว่า เมื่อเติม NH_4HCO_3 ลงในน้ำร่วมกับวิธีลวก สามารถช่วยรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนดอกของบรอคโคลีได้เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากนั้นวัดค่าสีในส่วนดอกบรอคโคลี ผลของค่าความสว่าง (L) สีเขียว (-a*) และสีเหลือง (b*) ที่วัดได้จากเครื่องวัดสี แสดงดังตารางที่ 5.42 ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีต่างๆ เนื่องจากวิธีการลวกและระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 ต่าง ๆ แสดงดัง ในตารางที่ 5.43

ตารางที่ 5.42 ค่าสีของส่วนดอกบรอคโคลีที่ผ่านการลวกด้วยวิธีต่างกันและเติม NH_4HCO_3 ในน้ำลวกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

วิธีลวก	ความเข้มข้น NH_4HCO_3(%)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L^{NS}	-a*	b*
น้ำเดือด	0.0	28.99±0.92	-18.89±1.37	28.07±2.00^b
	0.05	29.55±1.00	-21.61±0.09	29.11±2.58^b
	0.10	29.34±1.34	-21.72±0.38	28.22±1.76^b
	0.15	31.00±1.75	-23.55±0.76	28.16±1.59^b
ไอน้ำ	0.0	30.30±2.48	-16.36±1.15	35.15±1.76^a
	0.05	32.46±2.41	-17.42±0.31	28.33±0.69^b
	0.10	28.19±0.92	-19.32±0.04	27.39±1.06^b
	0.15	30.59±2.59	-19.69±0.41	28.37±2.24^b

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

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5.43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีความสว่าง (L) สีเขียว (-a*) และสีเหลือง (b*) ในส่วนดอกของบรอคโคลี แปรวิธีลวกและระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3

SOV	df	MS		
		L	-a*	b*
วิธีลวก(A)	1	1.78	53.83*	8.08
ความเข้มข้น NH_4HCO_3(B)	3	4.36	3.92*	11.75*
AB	3	3.29	0.73	14.46*
error	8	3.29	0.61	3.22

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีในส่วนดอกของบรอคโคลี พบว่า วิธีลวกและระดับความเข้มข้นของ NH_4HCO_3 ที่ใช้ มีผลต่อความมีสีเขียว (-a*) ในส่วนดอกบรอคโคลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีลวกและ

อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีลวกและระดับความเข้มข้นของ NH_4HCO_3 มีผลต่อความมีสีเหลือง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีการลวกและระดับความเข้มข้นของ NH_4HCO_3 ที่มีต่อค่าสีเขียว (-a*) ในส่วนดอกของบรอคโคลี ดังตารางที่ 5.44-5.45

ตารางที่ 5.44 ค่าความมีสีเขียว (-a*) ของส่วนดอกบรอคโคลี แปรวิธีลวกและระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีลวก

วิธีลวก	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
น้ำเดือด	-22.03 ± 1.12^{b}
ไอน้ำ	-18.37 ± 1.19^{a}

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5.45 ค่าความมีสีเขียว (-a*) ในส่วนดอกของบรอคโคลี แปรวิธีลวกและระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของความเข้มข้น NH_4HCO_3

ความเข้มข้น NH_4HCO_3 (%)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0.00	$-17.31^{a} \pm 2.47$
0.05	$-19.91^{b} \pm 2.42$
0.10	$-20.52^{bc} \pm 1.40$
0.15	$-21.46^{c} \pm 2.51$

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

จากตารางที่ 5.44-5.45 จะเห็นว่า ส่วนดอกบรอคโคลีที่ลวกในน้ำเดือดมีสีเขียวมากกว่าส่วนดอกบรอคโคลีที่ลวกด้วยไอน้ำ และส่วนดอกบรอคโคลีที่ลวกร่วมกับ NH_4HCO_3 มีสีเขียวมากกว่าที่ลวกโดยไม่มีการเติม NH_4HCO_3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 5.46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนทางการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของบรอคโคลี ที่ได้จากแปรวิธีการลวกและระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 แสดงดังตารางที่ 5.47

ตารางที่ 5.46 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบรอคโคลีที่ผ่านการลวกด้วยวิธีต่างกัน และเติม NH_4HCO_3 ในน้ำลวกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (คะแนนเต็ม 15 คะแนน, การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

วิธีลวก	ความเข้มข้น NH_4HCO_3 (%)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
		ลักษณะปรากฏ	สี		กลิ่นรส^{ns}	ลักษณะเนื้อสัมผัส		การยอมรับรวม
			ส่วนดอก	ส่วนก้าน		ส่วนดอก	ส่วนก้าน	
น้ำเดือด	0.00	13.80±1.04^{a}	10.96±1.56^{b}	10.53±0.91^{b}	12.96±1.43	11.40±1.18	11.31±1.11	7.53±1.74^{b}
	0.05	13.53±1.07^{ab}	12.86±1.17^{a}	11.90±0.63^{a}	12.86±1.18	11.00±1.06	11.40±1.44	8.46±0.63^{a}
	0.10	13.56±1.37^{ab}	12.93±0.93^{a}	11.92±0.66^{a}	12.93±1.13	9.73±1.43	9.56±1.52	7.66±0.81^{b}
	0.15	13.26±1.41^{b}	13.26±1.41^{a}	12.03±0.87^{a}	12.73±1.29	8.06±1.13	8.36±1.28	6.00±0.85^{c}
ไอน้ำ	0.00	13.26±1.06^{b}	2.93±0.84^{d}	7.16±0.92^{d}	12.90±1.08	11.13±1.27	11.40±1.03	4.73±0.96^{d}
	0.05	13.10±1.15^{bc}	3.43±0.67^{d}	7.20±0.97^{d}	12.83±1.17	10.60±1.24	11.40±1.35	4.60±1.05^{df}
	0.10	13.16±1.39^{bc}	5.40±0.76^{c}	7.83±1.23^{d}	12.83±0.99.	9.66±1.09	10.16±1.50	4.01±0.74^{ef}
	0.15	12.73±1.36^{c}	5.86±0.66^{c}	8.86±1.06^{c}	12.86±0.94	8.00±1.21	9.33±1.49	3.73±0.70^{f}

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

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5.47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบรอคโคลีที่ผ่านการลวกด้วยวิธีต่างกัน และเติม NH_4HCO_3 ในน้ำลวกที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS						
		ลักษณะ	สี		กลิ่น	ลักษณะเนื้อสัมผัส		การยอม
		ปรากฏ	ดอก	ก้าน	รส	ดอก	ก้าน	รับรวม
Block	14	9.30*	1.46	1.55	7.87*	5.35*	6.91	1.33*
วิธีการลวก (A)	1	5.77*	1860.47*	431.30*	0.05	1.63	3.33	291.40*
ความเข้มข้นNH_4HCO_3(B)	3	1.49*	41.34*	13.11*	0.18	60 82*	32.54*	15.16*
AB	3	1.35*	3.95*	3.54*	0.02	0.37	2.36	3.89*
error	98	0.43	1.06	1.23	0.42	1.11	1.11	0.58

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial with Complete Block Design ขนาด 2*4 พบว่า วิธีลวก ระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีลวกและความเข้มข้น NH_4HCO_3 มีผลต่อ ลักษณะปรากฏ สีของส่วนดอกและก้าน และการยอมรับรวมของบรอคโคลี และระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของส่วนดอกและก้านของบรอคโคลี อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลแสดงดังในตารางที่ 5.48

ตารางที่ 5.48 คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของส่วนดอกและก้านของบรอคโคลี แปรวิธีลวกและระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 เมื่อพิจารณาเฉพาะระดับความเข้มข้น NH_4HCO_3 (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)

ความเข้มข้น NH_4HCO_3 (%)	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ส่วนดอก	ส่วนก้าน
0.00	11.26 ± 1.31^a	11.36 ± 1.05^a
0.05	10.80 ± 1.08^a	11.08 ± 1.38^a
0.10	9.07 ± 1.41^b	9.86 ± 1.51^b
0.15	8.03 ± 1.24^c	8.85 ± 1.45^c

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

จากตารางที่ 5.47-5.48 พิจารณาคะแนนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของส่วนดอกและก้านของบรอคโคลี พบว่า บรอคโคลีที่ลวกโดยมีการเติม NH_4HCO_3 ความเข้มข้น 0.05% ลงในน้ำให้คะแนนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของส่วนดอกและก้านบรอคโคลีไม่แตกต่างจากที่ไม่มีการเติม NH_4HCO_3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ดังนั้น ภาวะที่เหมาะสมในการลวกบรอคโคลี เมื่อพิจารณาจากคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัส คือ ลวกบรอคโคลี ด้วยน้ำเดือดที่มีการเติม NH_4HCO_3 ลงในน้ำลวกความเข้มข้น 0.05%

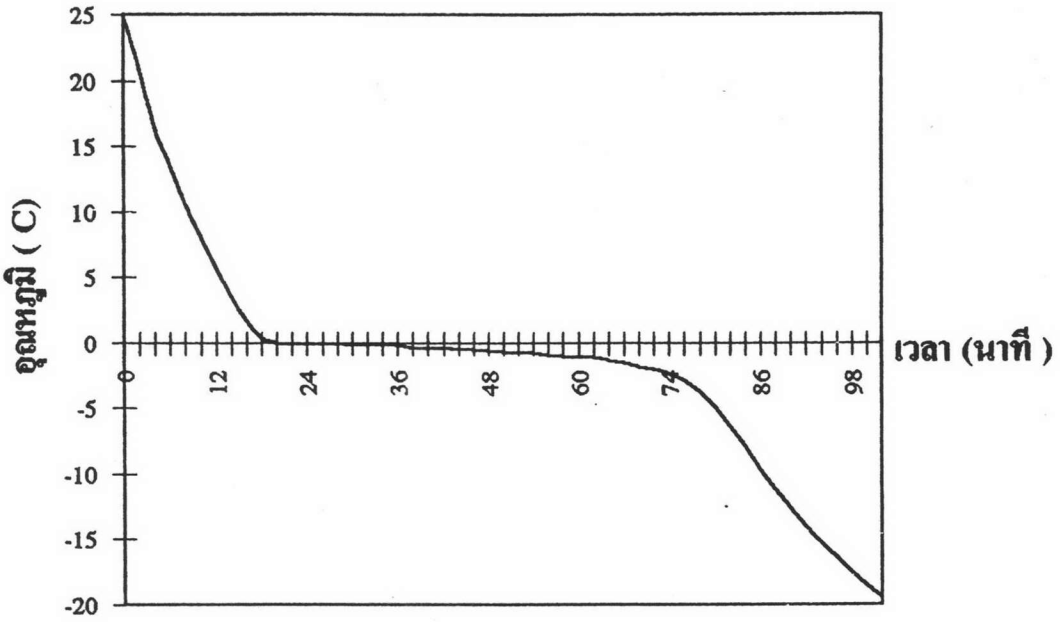
5.2.3 <u>ผลการหาเวลาแช่เยือกแข็งโดยวิธีแช่เยือกแข็งแบบพ่นลม (air blast) และไครโอจินิก และผลของอุณหภูมิแช่เยือกแข็งในวิธีแช่เยือกแข็งแบบไครโอจินิก ในบรอคโคลีแช่เยือกแข็ง</u>

ก. <u>วิธีแช่เยือกแข็งพ่นลม</u> (Air Blast Freezing)

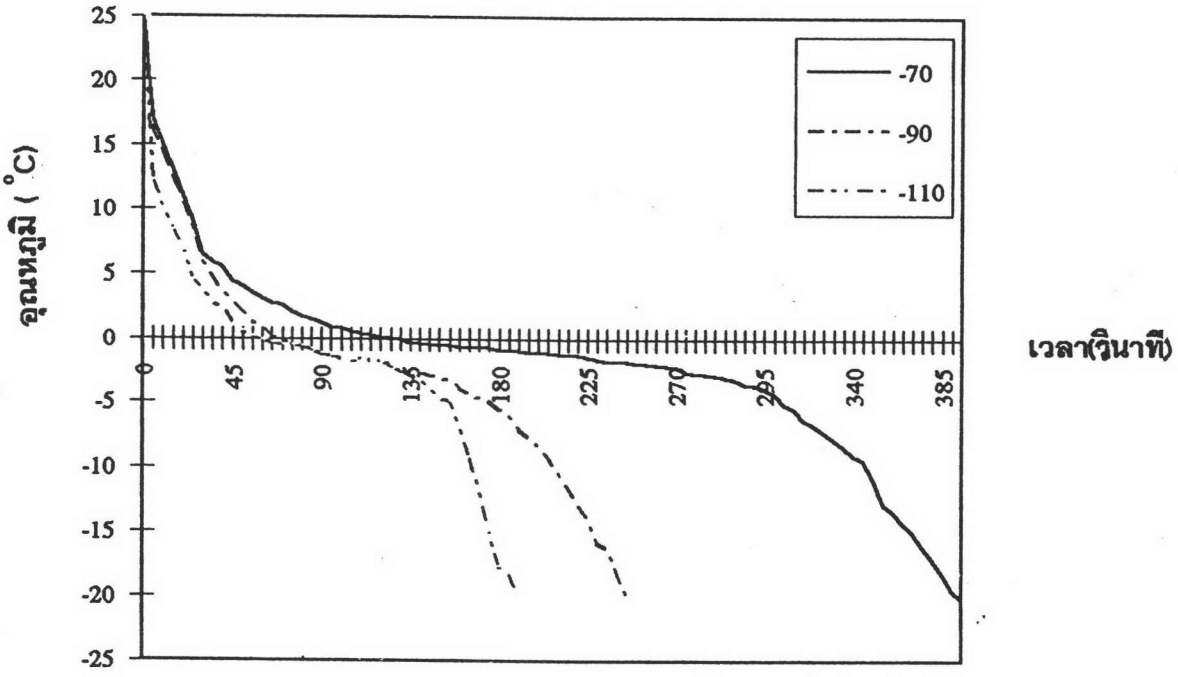
ศึกษาหาเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งที่สำหรับบรอคโคลี โดยบรรจุบรอคโคลีที่ได้จากข้อ 5.2.2 ลงในถุง PE ปริมาณ 150 กรัม/ถุง แช่เยือกแข็งด้วย Air Blast Freezer ครั้งละ 8 ถุง บันทึกอุณหภูมิตั้งแต่เริ่มต้นจนอุณหภูมิสุดท้ายของจุดกึ่งกลางชิ้นบรอคโคลีในกลางถุง เท่ากับ -18 °C ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็ง แสดงดังรูป 5.8 จากกราฟสามารถประมาณเวลาที่ใช้แช่เยือกแข็งได้ 97 นาที

ข. <u>วิธีแช่เยือกแข็งแบบไครโอจินิก</u>

สำหรับ cryogenic freezer นำบรอคโคลีที่ได้จากข้อ 5.2.2 แช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง -70, -90 และ -110 °C บันทึกอุณหภูมิตั้งแต่เริ่มต้นจนอุณหภูมิของจุดกึ่งกลางของชิ้นบรอคโคลีเท่ากับ -18 °C ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็ง แสดงดังรูป 5.9 จากกราฟสามารถประมาณเวลาที่ใช้แช่เยือกแข็ง ผลแสดงดังในตารางที่ 5.49



<u>รูปที่ 5.8</u> กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ในการแช่เยือกแข็งบรอคโคลีด้วย Air Blast Freezer



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ในการแช่เยือกแข็งบรอคโคลีด้วยไอไนโตรเจนเหลว แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น -70 -90 และ -110 °C

ตารางที่ 5.49 เวลาที่ใช้แช่เยือกแข็งบรอคโคลี ด้วยไอไนโตรเจนเหลว แปรอุณหภูมิของ chamber ที่ใช้แช่เยือกแข็ง

อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (°C)	เวลา (นาที)
-70	6.41
-90	4.00
-110	3.08

หลังจากนั้นหาปริมาณการใช้ไนโตรเจนเหลว และปริมาณความร้อนที่ถูกกำจัดออกในการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นบรอคโคลีเริ่มต้นที่ 25°C ถึงอุณหภูมิสุดท้ายที่ -18°C โดยใช้วิธี Calorimetry ผลแสดงดังตารางที่ 5.50

ตารางที่ 5.50 ปริมาณไนโตรเจนเหลวที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งบรอคโคลีและปริมาณความร้อนที่ถูกกำจัดออก

ภาวะ	ปริมาณการใช้ไนโตรเจนเหลวที่ใช้ (lbs LIN/lb Product)	ปริมาณความร้อนที่ถูกกำจัดออก (BTU/lb)
แช่เยือกแข็งจาก 25 °C ถึงLIN temp. (A)	3.39 ± 0.33	
แช่เยือกแข็งจาก -18 °C ถึง LIN temp.(B)	1.58 ± 0.04	
Differrential consumption (A-B)	1.81	154.75
แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ chamber เป็น -70 °C	1.31	
แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ chamber เป็น -90 °C	1.40	
แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ chamber เป็น -110 °C	1.50	

จากตารางที่ 5.50 จะเห็นว่าเมื่อใช้อุณหภูมิของการแช่เยือกแข็งต่ำลง ปริมาณไนโตรเจนเหลวที่ต้องใช้จะมากขึ้นด้วย

ส่วนผลของอุณหภูมิไอไนโตรเจนเหลวที่ใช้แช่เยือกแข็ง เมื่อแปรอุณหภูมิใน chamber เป็น -70, -90 และ -110°C ใช้เวลาที่ศึกษาได้จากข้อ 5.2.3 ผลการหา freezing loss

ตารางที่ 5.52 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบรอคโคลีที่แช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (คะแนนเต็ม 15 คะแนน, การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (°C)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน			
	ลักษณะปรากฏ[ns]	ลักษณะเนื้อสัมผัส		การยอมรับรวม[ns]
		ดอก[ns]	ก้าน[ns]	
-70	12.50±1.52	11.20±1.69	12.26±1.66	7.66±0.99
-90	12.53±1.35	11.20±1.74	12.33±1.59	7.73±0.84
-110	12.61±1.45	11.86±1.69	12.63±1.48	7.76±0.77

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Randomized Complete Block Design พบว่า อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินทั้งหมดคือ ค่า thawing loss, freezing loss และคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ พบว่า ค่า freezing loss จะน้อยลงเมื่ออุณหภูมิแช่เยือกแข็งต่ำลง แต่ก็แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า อุณหภูมิแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ -70 °C เพราะเป็นอุณหภูมิที่มีปริมาณการใช้ไนโตรเจนเหลว น้อยที่สุด ศึกษาในขั้นต่อไป

5.2.4 ผลของวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาการเก็บรักษา ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์บรอคโคลี

เตรียมบรอคโคลีตามวิธีการที่เหมาะสมจากข้อ 5.2.2 แปรวิธีแช่เยือกแข็ง 2 วิธีคือ Air Blast Freezing ที่ -38 °C และ Cryogenic Freezing ใช้อุณหภูมิไอไนโตรเจนเหลวที่ -70 °C สุ่มตัวอย่างทุกๆ 6 สัปดาห์ เป็นเวลา 24 สัปดาห์ ละลายน้ำแข็ง โดยปล่อยทิ้งไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 4 °C นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบ

ค่า % thawing loss และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ %thawing loss ของบรอคโคลีแสดงดังตารางที่ 5.53-5.54

ตารางที่ 5.53 %Thawing loss ของบรอคโคลีแช่เยือกแข็ง แปรวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา

วิธีแช่เยือกแข็ง	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Air Blast	0	2.55±0.15
	6	2.76±0.15
	12	2.95±0.04
	18	2.95±0.03
	24	3.00±0.12
ไอไนโตรเจนเหลว	0	2.62±0.07
	6	2.70±0.08
	12	2.90±0.08
	18	2.93±0.08
	24	2.95±0.08

ตารางที่ 5.54 การวิเคราะห์ความแปรปรวน %thawing loss ของบรอคโคลี แปรวิธีแช่เยือกแข็ง และอายุการเก็บรักษา

SOV	df	MS
วิธีแช่เยือกแข็ง (A)	1	0.00
อายุการเก็บรักษา (B)	2	0.17*
AB	2	0.00
Error	12	0.01

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2*5 พบว่า อายุการเก็บรักษา มีผลต่อ %thawing loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลแสดงดังในตารางที่ 5.55

ตารางที่ 5.55 %Thawing loss ของบรอคโคลีแช่เยือกแข็ง แปรวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอายุการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	2.58 ± 0.11^{c}
6	2.73 ± 0.12^{b}
12	2.92 ± 0.07^{a}
18	2.94 ± 0.05^{a}
24	2.97 ± 0.09^{a}

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอายุการเก็บรักษา พบว่า ในช่วงอายุการเก็บรักษา 12 สัปดาห์แรก ค่า %thawing loss จะเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่หลังจาก 12 สัปดาห์ ค่า %thawing loss เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในส่วนดอกของบรอคโคลี แสดงดังในตารางที่ 5.56

ตารางที่ 5.56 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในส่วนดอกของบรอคโคลี ที่ได้จากวิธีแช่เยือกแข็ง อายุการเก็บรักษาต่างกัน

ภาวะ	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน[ns] (%)
บรอคโคลีสด	411.45 ± 10.06
ลวกในน้ำเดือดที่เติม NH_4HCO_3 0.05%	250.36 ± 22.35
ลวกในน้ำเดือดที่เติม NH_4HCO_3 0.05% + Air Blast+เก็บรักษา 12 สัปดาห์	249.51 ± 15.16
ลวกในน้ำเดือดที่เติม NH_4HCO_3 0.05% + Air Blast+เก็บรักษา 24 สัปดาห์	245.95 ± 13.75
ลวกในน้ำเดือดที่เติม NH_4HCO_3 0.05% +ไอไนโตรเจนเหลว+เก็บรักษา 12 สัปดาห์	249.19 ± 16.39
ลวกในเดือดที่เติม NH_4HCO_3 0.05% +ไอไนโตรเจนเหลว+เก็บรักษา 24 สัปดาห์	248.59 ± 17.57

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 5.56 พบว่าวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา ไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในส่วนดอกของบรอคโคลี อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของบรอคโคลี แสดงในตารางที่ 5.57-5.58

ตารางที่ 5.57 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบรอคโคลี แปรวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษาต่างกัน (คะแนนเต็ม 10 คะแนน, การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

วิธีแช่เยือกแข็ง	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
		ลักษณะปรากฏ	สี		กลิ่น	เนื้อสัมผัส		การยอมรับรวม
			ส่วนดอก[ns]	ส่วนก้าน		ส่วนดอก	ส่วนก้าน	
AB	0	6.80±0.86	8.00±0.65	7.86±0.91	8.40±0.90	7.40±1.12	8.43±0.86	7.47±0.63
	6	6.80±0.71	7.93±0.96	7.40±0.82	8.07±0.88	7.20±1.08	8.33±0.97	7.33±0.89
	12	6.60±0.98	7.93±0.79	7.40±0.70	7.47±0.91	7.13±0.91	8.13±0.63	7.06±0.59
	18	6.20±1.09	7.66±0.81	7.00±1.13	7.00±1.13	6.06±1.12	7.46±1.12	6.00±0.75
	24	5.26±1.16	7.53±0.83	6.26±0.96	6.13±1.18	5.73±1.03	6.73±1.03	4.93±1.09
LIN	0	8.26±1.03	8.00±1.00	7.66±0.77	8.30±1.19	7.87±1.18	8.66±0.97	7.93±0.79
	6	8.13±0.47	7.93±0.88	7.46±0.63	8.20±0.94	7.73±0.96	8.46±0.63	7.46±0.63
	12	8.06±0.79	7.86±0.79	7.33±1.04	7.40±0.91	7.46±0.99	8.13±0.63	7.07±0.7
	18	8.06±0.70	7.73±0 88	7.20±0.94	7.00±1.00	7.33±1.04	7.93±1.09	6.46±0.91
	24	6.33±1.04	7.60±1.12	6.86±0.74	6.06±0.96	6.73±0.88	6.33±1.04	5.40±0.91

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5.58 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของบรอคโคลี แปรวิธีแช่เยือกแข็ง และอายุการเก็บรักษา

SOV	df	MS						
		ลักษณะ	สี		กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส		การยอมรับ
		ปรากฏ	ส่วนดอก	ส่วนก้าน		ส่วนดอก	ส่วนก้าน	รวม
Block	14	0.79	1.48	0.41	1.02	1.38	0.70	0.88
วิธีแช่เยือกแข็ง (A)	1	80.66*	0.01	0.54	0.01	19.44*	2.04	3.52*
อายุการเก็บ (B)	4	14.62*	0.97	6.02*	24.68*	10.23*	14.06*	31.44*
AB	4	0.61	0.02	0.70	0.06	1.17	0.37	0.37
Error	126	0.89	0.72	0.83	1.03	1.07	0.84	0.65

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Asymmetric Factorial with Complete Block Design ขนาด 2*5 พบว่า วิธีการแช่เยือกแข็งมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสของส่วนดอก และการยอมรับรวม ส่วนอายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สีของก้าน กลิ่นรส เนื้อสัมผัสของส่วนดอกและก้าน และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลแสดงดังในตารางที่ 5.59-5.60

ตารางที่ 5.59 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสของส่วนดอกและการยอมรับรวมของบรอคโคลี แปรวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง (คะแนนเต็ม 10 คะแนน, การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

วิธีแช่เยือกแข็ง	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัสของดอก	การยอมรับรวม
Air Blast	6.30 ± 1.12^{b}	6.70 ± 1.24^{b}	6.56 ± 1.25^{b}
ไอไนโตรเจนเหลว	7.77 ± 1.12^{a}	7.42 ± 1.06^{a}	6.86 ± 1.18^{a}

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง พบว่า มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสของส่วนดอก และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ บรอคโคลีที่แช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจน จะได้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสของส่วนดอก และการยอมรับรวม สูงกว่า Air Blast

ตารางที่ 5.60 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สีของก้าน กลิ่นรส เนื้อสัมผัสของส่วนดอกและก้าน และการยอมรับรวมของบรอคโคลี แปรวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอายุการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 10 คะแนน, การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	ลักษณะปรากฏ	สีของก้าน	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส		การยอมรับรวม
				ดอก	ก้าน	
0	7.43 ± 1.19^{a}	7.76 ± 0.89^{a}	8.35 ± 1.07^{a}	7.63 ± 1.15^{a}	8.55 ± 0.91^{a}	7.70 ± 0.74^{a}
6	7.46 ± 1.00^{a}	7.43 ± 0.72^{ab}	8.13 ± 0.89^{a}	7.46 ± 1.04^{a}	8.40 ± 0.81^{a}	7.40 ± 0.77^{ab}
12	7.33 ± 1.15^{a}	7.36 ± 0.85^{ab}	7.43 ± 0.89^{b}	7.30 ± 0.95^{a}	8.13 ± 0.63^{ab}	7.06 ± 0.71^{b}
18	7.16 ± 1.28^{a}	7.10 ± 1.02^{b}	7.00 ± 1.05^{b}	6.70 ± 1.29^{b}	7.76 ± 1.07^{b}	6.23 ± 0.84^{c}
24	5.80 ± 1.21^{b}	6.56 ± 0.89^{c}	6.10 ± 1.06^{c}	6.23 ± 1.07^{b}	6.83 ± 1.05^{c}	5.16 ± 1.01^{d}

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลอายุการเก็บรักษา พบว่า มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สีของก้าน กลิ่นรส เนื้อสัมผัสของส่วนดอกและก้าน และการยอมรับรวมของบรอคโคลี อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือบรอคโคลีเมื่อเริ่มต้นเก็บได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดและใกล้เคียงกันเมื่อเก็บได้ 6 และ 12 สัปดาห์ และเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้นอีก คะแนนเฉลี่ยต่างๆ เริ่มลดลง โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 24 คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสและการยอมรับรวมลดลงอย่างชัดเจน แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราในบรอคโคลี แสดงดังในตารางที่ 5.61

ตารางที่ 5.61 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราในบรอคโคลีแช่เยือกแข็ง ที่ได้จากวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษาต่างกัน

วิธีแช่เยือกแข็ง	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (colony/g)	จำนวนยีสต์และรา (colony/g)
ก่อนแช่เยือกแข็ง		3.8×10^{4}	2.5×10^{4}
Air Blast	0	1.2×10^{3}	3.1×10^{2}
	6	5.6×10^{2}	2.7×10^{2}
	12	4.4×10^{2}	2.3×10^{2}
	18	3.2×10^{2}	2.2×10^{2}
	24	1.8×10^{2}	8×10
ไอไนโตรเจนเหลว	0	1.9×10^{3}	5.0×10^{2}
	6	1.1×10^{3}	3.2×10^{2}
	12	5.7×10^{2}	2.5×10^{2}
	18	3.3×10^{2}	2.2×10^{2}
	24	2.7×10^{2}	1.2×10^{2}

จากตารางที่ 5.62 พบว่า บรอคโคลีที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ลดลง โดยในบรอคโคลีที่ผ่านวิธีแช่เยือกแข็งด้วย Air Blast มีปริมาณน้อยกว่าการแช่ด้วยไอไนโตรเจนเหลว และเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ลดลง