บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 ผลการหาระดับสุญญากาศและเวลาที่เหมาะสมของการแช่เห็ดในสารละลายโซเดียม-เมตาไบซัลไฟต์เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาล

เมื่อแช่เห็ดในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ตามข้อ 4.1 โดยแปรระดับสุญญากาศและเวลาในการแช่เพื่อวัดผลการยับยั้งเอนไซม์ polyphenoloxidase และ วัดค่าความสว่าง (L) ของเห็ด ได้ผลดังตารางที่ 5.1.1 และ 5.1.2

ตารางที่ 5.1.1 ผลการยับยั้งเอนไซม์ polyphenoloxidase และค่าความสว่างของการแช่เห็ดในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับสุญญากาศและเวลาต่างกัน

vacuum (นิ้วปรอท)	time (min)	PPO test	L
10	10	+	$61.35^{e} \pm 1.82$
	20	+	$73.5^{cd} \pm 1.57$
	30	-	$82.53^{a} \pm 1.19$
20	10	+	$70.42^{d} \pm 1.85$
	20	-	$78.54^{d} \pm 1.16^{b}$
	30	-	$76.75^{bc} \pm 1.56$
30	10	-	$64.23^{e} \pm 1.17$
	20	-	$60.38^{e} \pm 0.71$
	30	-	$55.71^{f} \pm 1.67$

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

\+ เกิดสีม่วงคล้ำบนผิวเห็ด

\- ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 5.1.2 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนค่าความสว่าง (L) ของเห็ด

SOV	d.f.	MS
		L
vacuum (A)	2	52.46*
time (B)	2	4.88*
AB	4	12.38*
error	9	108.25

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบเอนไซม์ polyphenoloxidase ในเห็ดหลังการแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1.5% พบว่าการแช่เห็ดที่ระดับสุญญากาศ 10 นิ้วปรอท ต้องแช่นานถึง 30 นาที จึงจะสามารถยับยั้งเอนไซม์ได้ ขณะที่การแช่เห็ดในสารละลายที่ระดับสุญญากาศ 20 และ 30 นิ้วปรอท ใช้เวลาเพียง 20 และ 10 นาที ตามลำดับก็สามารถยับยั้งเอนไซม์ได้ แสดงว่าระดับสุญญากาศที่สูงขึ้นสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์สามารถแพร่เข้าไปในเนื้อเยื่อเห็ดได้มากทำให้การยับยั้งเอนไซม์ดีขึ้น และจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3x3 ทดลอง 2 ซ้ำ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างเวลาและระดับสุญญากาศในการแช่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสว่าง (L) ของเห็ด อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า เมื่อแช่เห็ดที่ระดับสุญญากาศ 10 นิ้วปรอท เป็นเวลา 30 นาที ผลิตภัณฑ์จะมีค่า L สูงสุด แสดงว่าเห็ดมีความสว่างสูงที่สุด

ดังนั้นจึงเลือกแช่เห็ดในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับสุญญากาศ 10 นิ้วปรอท เป็นเวลา 30 นาที ในการทดลองขั้นต่อไป

5.2 ผลความเข้มข้นของกัมแต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อเนื้อสัมผัสและความสามารถในการอุ้มน้ำของเห็ด

ก. ผลการแช่เห็ดในสารละลาย guar gum

เมื่อแช่เห็ดในสารละลาย guar gum ตามข้อ 4.2 โดยแปรระดับความเข้มข้นเป็น 0, 0.25, 0.50, 0.75 และ 1% หาค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และวัดค่า shear value ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.2.1 และ 5.2.2

ตารางที่ 5.2.1 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่ guar gum ความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นสารละลาย guar gum (%)	weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss^{ns} (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
0	13.58^{a} ±0.60	18.42^{a} ± 0.66	4.54± 0.30	18.75^{a} ± 0.82	28.14^{a} ± 0.77	18.53^{a} ±1.73
0.25	10.68^{b} ±0.59	15.49^{b} ± 1.35	4.46± 0.25	16.56^{b} ± 0.86	25.22^{b} ± 0.98	16.32^{b} ±1.52
0.50	8.30^{c} ±0.21	13.59^{c} ± 0.17	4.37± 0.29	14.24^{c} ± 0.99	23.25^{c} ± 0.87	16.20^{b} ±1.60
0.75	7.31^{d} ±0.41	13.01^{cd} ± 1.25	4.41± 0.24	13.19^{c} ± 1.07	22.55^{c} ± 0.09	15.53^{b} ±1.22
1	6.35^{e} ±0.24	11.26^{d} ± 1.09	4.42± 0.37	10.48^{d} ± 0.89	19.26^{d} ± 0.73	15.30^{b} ±1.45

ns หมายถึง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

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

ตารางที่ 5.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดที่แช่สารละลาย guar gum ความเข้มข้นต่างกัน

SOV	d.f.	MS					
		weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
ความเข้มข้น guar gum	4	26.16*	17.52*	0.07	17.30*	16.42*	14.70*
error	10	0.41	0.95	0.06	0.38	1.52	2.29

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design (ตารางที่ 5.2.1 และ 5.2.2) พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารละลาย guar gum มีผลต่อค่า %weight gain, %blanching loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อ %freezing loss ของเห็ด ($p>0.05$) โดยพบว่าเห็ดที่แช่ในสารละลาย guar gum ความเข้มข้นสูงมีค่า %weight gain, %blanching loss,%thawing loss, %total loss และ shear value ลดลง โดยเฉพาะความเข้มข้น 1% มีค่า %blanching loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ต่ำที่สุด แสดงว่ามีการสูญเสียน้ำหนักของน้ำและของแข็งที่ละลายได้ในน้ำน้อยที่สุด และได้เห็ดที่มีความเหนียวต่ำที่สุด

ดังนั้นจึงเลือกแช่เห็ดในสารละลาย guar gum ความเข้มข้น 1% เพื่อใช้ศึกษาในขั้นต่อไป

ข. <u>ผลการแช่เห็ดในสารละลาย Sodium carboxymethylcellulose (CMC)</u>

เมื่อแช่เห็ดในสารละลาย CMC ตามข้อ 4.2 โดยแปรระดับความเข้มข้นเป็น 0, 0.4, 0.8, 1.2 และ 1.6% หาค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.2.3 และ 5.2.4

ตารางที่ 5.2.3 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่ CMC ความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นสารละลาย CMC (%)	weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss^{ns} (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
0	12.43^{a} ±0.49	18.86^{a} ±0.50	4.80±0.45	23.51^{a} ±1.27	26.88^{a} ±1.40	17.22^{a} ±0.26
0.40	9.29^{b} ±0.81	13.51^{b} ±0.88	4.74±0.29	18.23^{b} ±0.39	26.37^{a} ±1.10	17.22^{a} ±0.42
0.80	6.53^{c} ±0.41	9.93^{c} ±0.91	4.61±0.29	16.74^{c} ±0.51	23.79^{b} ±0.59	16.46^{a} ±0.82
1.20	4.94^{d} ±0.18	8.23^{d} ±0.61	4.86±0.35	13.07^{d} ±0.62	20.60^{c} ±1.26	15.33^{b} ±0.48
1.60	2.39^{e} ±0.23	7.81^{d} ±0.50	4.63±0.24	13.27^{d} ±0.60	21.92^{c} ±0.43	14.92^{b} ±0.34

ns หมายถึง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

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

ตารางที่ 5.2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่ CMC ความเข้มข้นต่างกัน

SOV	d.f.	MS					
		weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
ความเข้มข้น CMC	4	45.27*	63.60*	0.15	54.99*	22.33*	3.40*
error	10	0.10	0.61	0.22	0.55	1.06	0.25

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design (ตารางที่ 5.2.3 และ 5.2.4) พบว่าระดับความเข้มข้นของสารละลาย CMC มีผลต่อค่า %weight gain, %blanching loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อ %freezing loss ของเห็ด ($p>0.05$) โดยพบว่าเห็ดที่แช่สารละลาย CMC ความเข้มข้น

1.2% ให้ค่า %blanching loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ต่ำ แสดงว่ามีการสูญเสียน้ำหนักของน้ำและของแข็งที่ละลายได้ในน้ำน้อยและเห็ดยังมีความเหนียวต่ำ

ดังนั้นจึงเลือกแช่เห็ดในสารละลาย CMC ความเข้มข้น 1.2% เพื่อใช้ศึกษาในขั้นต่อไป

ค. ผลการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum

เมื่อแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum ตามข้อ 4.2 โดยแปรระดับความเข้มข้นเป็น 0, 0.25, 0.50, 0.75 และ 1% หาค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, % total loss และ shear value ของเห็ด ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.2.5 และ 5.2.6

ตารางที่ 5.2.5 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่สารละลาย xanthan gum ความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นสารละลาย xanthan gum (%)	weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing^{ns} loss (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
0	$17.59^{a} \pm 0.64$	$22.07^{a} \pm 1.07$	4.85 ± 0.22	$18.37^{a} \pm 1.04$	$28.92^{a} \pm 2.30$	$17.31^{a} \pm 1.73$
0.25	$14.04^{b} \pm 0.97$	$15.51^{b} \pm 0.57$	4.49 ± 0.17	$16.73^{b} \pm 0.96$	$23.38^{b} \pm 0.24$	$16.41^{ab} \pm 1.62$
0.50	$12.07^{c} \pm 0.28$	$12.90^{c} \pm 0.29$	4.59 ± 0.27	$14.06^{c} \pm 0.49$	$19.96^{c} \pm 0.54$	$16.16^{ab} \pm 0.95$
0.75	$10.72^{d} \pm 0.94$	$11.26^{d} \pm 0.35$	4.57 ± 0.22	$11.63^{d} \pm 0.23$	$17.13^{d} \pm 0.90$	$15.80^{b} \pm 1.34$
1	$6.34^{e} \pm 0.23$	$11.30^{d} \pm 0.35$	4.43 ± 0.33	$10.90^{d} \pm 0.51$	$19.67^{c} \pm 0.98$	$15.81^{b} \pm 1.41$

ns หมายถึง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

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

ตารางที่ 5.2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่ xanthan gum ความเข้มข้นต่างกัน

SOV	d.f.	MS					
		weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
ความเข้มข้น xanthan gum	4	51.71*	61.21*	0.15	30.95*	62.14*	3.46*
error	10	0.47	0.36	0.06	0.51	1.49	2.06

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design (ตารางที่ 5.2.5 และ 5.2.6) พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารละลาย xanthan gum มีผลต่อค่า %weight gain, %blanching loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่า %freezing loss ($p > 0.05$) โดยพบว่าเห็ดที่แช่ในสารละลาย xanthan gum ความเข้มข้น 0.75 % มีค่า %blanching loss, % total loss และ shear value ต่ำที่สุด แสดงว่าการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum ที่ความเข้มข้นนี้มีการสูญเสียน้ำหนักของน้ำและของแข็งที่ละลายได้ในน้ำน้อยที่สุด และได้เห็ดที่มีความเหนียวต่ำ

ดังนั้นจึงเลือกแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum ความเข้มข้น 0.75% เพื่อใช้ศึกษาในขั้นต่อไป

ง. <u>ผลการแช่เห็ดในสารละลาย locust bean gum (LBG)</u>

เมื่อแช่เห็ดในสารละลาย LBG ตามข้อ 4.2 โดยแปรระดับความเข้มข้นเป็น 0, 0.25, 0.50, 0.75 และ 1% หาค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ด ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.2.7 และ 5.2.8

ตารางที่ 5.2.7 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่ LBG ความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นสารละลาย LBG (%)	weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss (%)^{ns}	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
0	16.60^{a} ±0.46	21.09^{a} ±0.57	4.68±0.46	15.54^{a} ±1.45	25.91^{a} ±0.85	17.31^{a} ±1.73
0.25	15.18^{b} ±0.55	18.45^{b} ±0.41	4.41±0.34	14.91^{a} ±0.63	23.61^{b} ±0.58	16.41^{ab} ±1.62
0.50	13.51^{c} ±1.19	14.83^{c} ±0.03	4.33±0.38	13.49^{ab} ±0.32	19.92^{d} ±0.88	16.16^{ab} ±0.95
0.75	9.65^{d} ±0.52	12.87^{d} ±1.20	4.43±0.17	13.80^{ab} ±1.22	21.31^{c} ±0.53	15.80^{b} ±1.14
1	6.03^{e} ±0.66	12.09^{d} ±0.29	4.30 ±0.18	12.4^{b} 1±0.47	21.86^{c} ±0.18	15.81^{b} ±1.41

ns หมายถึง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

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

ตารางที่ 5.2.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่ LBG ความเข้มข้นต่างกัน

SOV	d.f.	MS					
		weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
ความเข้มข้น LBG	4	55.87*	43.75*	0.07	4.31*	15.74*	7.66*
error	10	0.59	0.88	0.04	0.84	0.43	2.34

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design (ตารางที่ 5.2.7 และ 5.2.8) พบว่าระดับความเข้มข้นของสารละลาย LBG มีผลต่อค่า %weight gain, %blanching loss,%thawing, %total loss loss และ shear value ของเห็ดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่า %freezing loss ของเห็ด ($p>0.05$) จากผลการทดลองพบว่าเห็ดที่แช่ในสารละลาย

LBG ความเข้มข้น 0.5 % มีค่า %total loss ต่ำที่สุด และมีค่า shear value ต่ำ แสดงว่าการแช่เห็ดในสารละลายความเข้มข้นดังกล่าวมีการสูญเสียน้ำหนักของน้ำและของแข็งที่ละลายได้ในน้ำน้อยที่สุดและได้เห็ดที่มีความเหนียวต่ำ

ดังนั้นจึงเลือกแช่เห็ดในสารละลาย LBG ความเข้มข้น 0.5% เพื่อใช้ศึกษาในขั้นต่อไป

5.3 ผลของชนิดกัมที่เหมาะสมต่อเนื้อสัมผัสและความสามารถในการอุ้มน้ำของเห็ด

เมื่อแช่เห็ดในสารละลายกัมชนิดต่างๆคือ guar gum, CMC, xanthan gum และ LBG ตามความเข้มข้นที่ได้จากข้อ 5.2 แล้วทำการหาค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และวัดค่า shear value ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.3.1 และ 5.3.2 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 5.3.3 และ 5.3.4

ตารางที่ 5.3.1 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่สารละลายกัมต่างชนิดกัน

ชนิดของสารละลายกัม	weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss^{ns} (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
guar gum1%	7.27^{c} ±0.29	12.06^{b} ±0.42	4.93±0.61	12.42^{b} ±0.44	21.46^{a} ±0.46	14.99^{ab} ±1.16
CMC 1.2%	2.28^{d} ±0.23^{d}	6.38^{d} ±0.37	5.18± 0.29	13.19^{b} ±0.94	20.23^{b} ±0.60	14.57^{ab} ±1.27
LBG 0.5%	15.10^{a} ±0.83	13.35^{a} ±0.48	5.26± 0.29	15.23^{a} ±0.52	19.91^{b} ±0.38	15.82^{a} ±1.53
xanthan gum 0.75%	12.05^{b} ±0.52	10.71^{c} ±0.68	5.06± 0.29	12.20^{b} ±0.27	17.09^{c} ±0.53	14.48^{b} ±0.68

ns หมายถึง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

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

ตารางที่ 5.3.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเห็ดที่แช่สารละลายกัมต่างชนิดกัน

SOV	d.f.	MS					
		weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
ชนิดของสารละลายกัม	3	25.42*	22.38*	0.01	30.11*	10.25*	2.51[ns]
error	12	0.19	1.01	0.09	0.87	0.25	1.35

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design (ตารางที่ 5.3.1 และ 5.3.2) พบว่าชนิดของสารละลายกัมที่ระดับความเข้มข้นที่เลือกใช้มีผลต่อค่า %weight gain, %blanching loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ด ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเห็ดที่แช่ในสารละลาย LBG มีค่า %weight gain สูงที่สุด แต่ก็มีค่า %blanching loss และ %thawing loss สูง และถ้าพิจารณาการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum ซึ่งมีค่า %weight gain สูงเป็นอันดับสอง พบว่าให้ค่า %blanching loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ต่ำ แสดงว่ามีการสูญเสียน้ำหนักของน้ำและของแข็งที่ละลายได้ในน้ำในขั้นตอนการลวกการละลายต่ำ และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวต่ำที่สุด

ตารางที่ 5.3.3 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของเห็ดหลังการละลาย ที่ได้จากการแช่กัมต่างชนิดกัน

ชนิดกัม	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	ลักษณะปรากฏ		สี ns	กลิ่นรส ns	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม ns
	ภายนอก ns คะแนนเต็ม 10	ภายใน ns คะแนนเต็ม 10	คะแนนเต็ม 15	คะแนนเต็ม 15	คะแนนเต็ม 15	คะแนนเต็ม 9
guar gum 1%	7.92±0.36	7.25±0.54	11.92±0.56	10.83±1.15	9.83^{b} ±1.07	6.50±0.56
CMC 1.2%	8.00±0.48	7.33±0.65	11.92±0.51	10.92±1.35	10.04^{b}±1.14	6.50±0.87
xanthan gum 0.75%	8.25±0.54	7.46±0.54	12.21±0.66	10.79±1.20	10.70^{a}±1.03	6.94±0.58
LBG 0.5%	8.08±0.70	7.42±0.47	12.00±0.95	10.17±1.07	10.75^{a}±1.47	6.56±0.49

ns หมายถึง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

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

ตารางที่ 5.3.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าต่างๆของการแช่เห็ดในสารละลายกัมต่างชนิดกัน

SOV	d.f.	MS					
		ลักษณะปรากฏ		สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
		ภายนอก	ภายใน				
block	11	0.68*	0.27	1.13	2.53	4.18*	0.74
ชนิดกัม	4	0.24	0.10	0.23	1.42	2.87*	0.14
error	44	0.15	0.32	0.26	1007	0.50	0.30

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (ตารางที่ 5.3.3 และ 5.3.4) พบว่าชนิดของกัมมีผลต่อการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของผู้ทดสอบอย่างมี

นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน สี กลิ่นรส และความชอบรวมของผู้ทดสอบ ($p > 0.05$) โดยพบว่าการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum 0.75% และ LBG 0.5% มีคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัสสูง

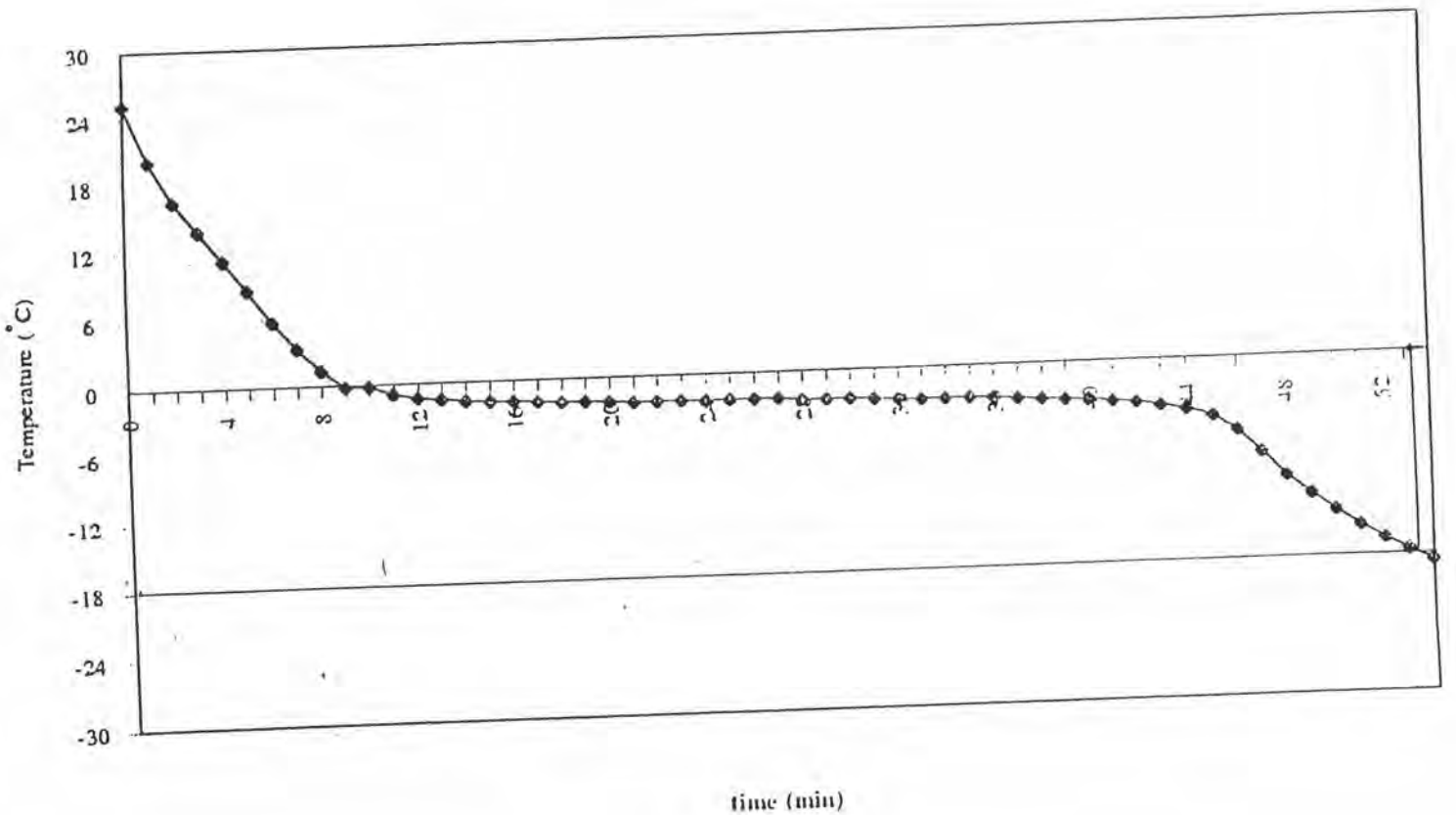
จากผลการทดลองการสูญเสียน้ำหนักเห็ดในกระบวนการผลิตและการทดสอบทางประสาทสัมผัส จึงเลือกแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum 0.75% ในการศึกษาขั้นต่อไป

5.4 ผลของสภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งเห็ดแบบ air blast และ ไครโอจีนิค

5.4.1 ผลของสภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งเห็ดแบบ air blast

เตรียมเห็ดตามวิธีที่เลือกจากข้อ 5.3 แช่เยือกแข็งใน air blast freezer โดยใช้เห็ดครั้งละ 720 กรัม (ประมาณ 40 ดอก) อุณหภูมิลมเย็นในตู้ -32±2°C และควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นของดอกเห็ดเป็น 25± 1°C บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นจนอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ -18°C ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งกับอุณหภูมิของใจกลางดอกเห็ด แสดงดังรูปที่ 5 แล้วบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง HDPE แล้วปิดผนึกแบบปกติ

จากรูปที่ 5 สามารถหาเวลาในการแช่เยือกแข็งดอกเห็ดด้วย air blast freezer ที่อุณหภูมิ -32°C คือ 52 นาที 40 วินาที

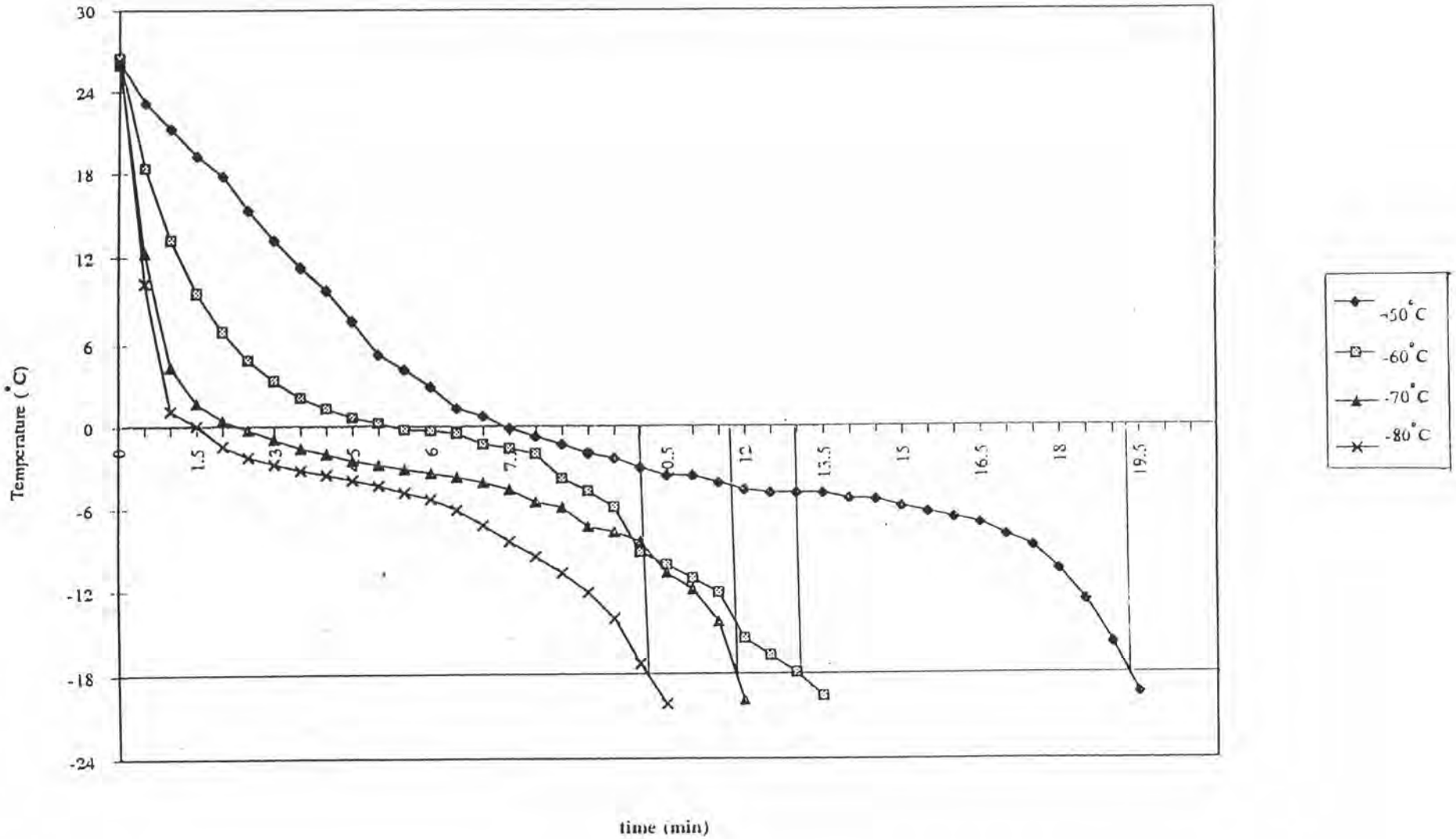


รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็งเห็ดด้วยวิธี air blast

5.4.2 ผลของสภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งเห็ดแบบไครโอจีนิค

เตรียมเห็ดตามวิธีที่เลือกจากข้อ 5.3 มาแช่เยือกแข็งใน cryogenic freezer ที่มี liquid nitrogen เป็นสารให้ความเย็น โดยใช้ตัวอย่างครั้งละ 720 กรัม (ประมาณ 40 ดอก) แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น 4 ระดับ คือ -50, -60, -70 และ -80°C ควบคุมอุณหภูมิเห็ดเริ่มต้นประมาณ 26°C บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นจนอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ -18°C แล้วบรรจุผลิตภัณฑ์แบบปกติในถุง HDPE ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้แช่เยือกแข็งกับอุณหภูมิของใจกลางดอกเห็ด แสดงดังรูปที่ 6

จากรูปที่ 6 สามารถหาเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งดอกเห็ดจนใจกลางดอกเห็ดมีอุณหภูมิเท่ากับ -18°C คือ 19 นาที 20 วินาที , 12 นาที 50 วินาที , 11 นาที 40 วินาที และ 9 นาที 55 วินาที เมื่อใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ -50, -60, -70 และ -80°C ตามลำดับ



รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็งเห็ดแบบไครโอจีนิค

5.4.3 ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแช่เยือกแข็งเห็ดแบบไครโอจีนิค

แช่เยือกแข็งเห็ดด้วยวิธีไครโอจีนิค แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น 4 ระดับ คือ -50, -60, -70 และ -80°C ตามวิธีในข้อ 4.4.3 วิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนัก (% freezing loss, % thawing loss) และ shear value ของเห็ด ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 5.4.1 และ 5.4.2 ส่วนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 5.4.3 และ 5.4.4 สำหรับปริมาณการใช้ liquid nitrogen ได้แสดงในตารางที่ 5.4.5 และปริมาณความร้อนที่กำจัดออกแสดงในภาคผนวกก.5.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.4.1 ค่าเฉลี่ย %freezing loss, %thawing loss และ shear value ของเห็ดแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	%freezing loss^{ns}	% thawing loss	shear value (N)
-50	4.62±0.28	12.99^{b}±0.82	15.55^{a}±0.37
-60	4.50±0.10	10.36^{c}±0.93	14.91^{b}±0.51
-70	4.57±0.28	9.12^{d}±0.44	12.96^{c}±0.91
-80	4.54±0.17	14.69^{a}±0.55	10.93^{d}±0.40

ns หมายถึง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

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

ตารางที่ 5.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย %freezing loss, %thawing loss และ shear value ของเห็ดที่แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิต่างกัน

SOV	d.f.	MS		
		%freezing loss	%thawing loss	shear value
อุณหภูมิ	3	0.01	25.37*	6.99*
error	12	0.05	0.51	0.34

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design พบว่าอุณหภูมิที่ใช้แช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อค่า %freezing loss ของเห็ดอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่า %thawing loss และ shear value ของเห็ด ($p \leq 0.05$) โดยการแช่เยือกแข็งตัวอย่างด้วยอุณหภูมิ -70°C จะมีค่า %thawing loss ต่ำที่สุด

ตารางที่ 5.4.3 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของเห็ดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะปรากฏ		สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
	ภายนอก คะแนนเต็ม 10	ภายใน คะแนนเต็ม 10	คะแนนเต็ม 15	คะแนนเต็ม 15	คะแนนเต็ม 15	คะแนนเต็ม 9
-50	$8.08^{a} \pm 0.51$	$6.88^{b} \pm 0.61$	$11.33^{ab} \pm 0.98$	$9.75^{ab} \pm 1.35$	$10.67^{a} \pm 1.15$	$6.58^{b} \pm 0.51$
-60	$7.71^{a} \pm 0.86$	$7.33^{a} \pm 0.62$	$11.38^{ab} \pm 0.98$	$9.79^{ab} \pm 1.24$	$10.83^{a} \pm 1.39$	$6.54^{b} \pm 0.62$
-70	$7.88^{a} \pm 0.74$	$7.58^{a} \pm 0.63$	$11.63^{a} \pm 0.61$	$9.88^{a} \pm 1.19$	$11.17^{a} \pm 1.37$	$7.08^{a} \pm 0.51$
-80	$4.17^{b} \pm 0.39$	$6.17^{c} \pm 0.54$	$10.92^{b} \pm 1.20$	$9.21^{b} \pm 1.39$	$8.67^{b} \pm 1.03$	$4.33^{c} \pm 0.81$

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

ตารางที่ 5.4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของเห็ดที่แช่เยือกแข็งด้วยอุณหภูมิต่างกัน

SOV	d.f.	MS					
		ลักษณะปรากฏ		สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
		ภายนอก	ภายใน				
block	11	1.35	1.05*	2.60*	8.18*	4.79*	0.98*
อุณหภูมิ	3	41.85*	4.64*	1.04*	1.10*	15.33*	18.05*
error	33	0.72	0.13	0.38	0.48	0.47	0.20

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (ตารางที่ 5.4.3 และ 5.4.4) พบว่าการแช่เยือกแข็งเห็ดด้วยวิธีไครโอจีนิคที่อุณหภูมิต่างกัน มีผลต่อคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสทุกรายการของผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการแช่เยือกแข็งเห็ดที่อุณหภูมิ -70°C มีคะแนนเฉลี่ยของลักษณะปรากฏภายใน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงที่สุด

ตารางที่ 5.4.5 เวลาที่ใช้พ่น liquid nitrogen เมื่อแช่เยือกแข็งเห็ดที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	เวลาพ่น liquid nitrogen (วินาที)
-50	100
-60	108
-70	125
-80	136

จากตารางที่ 5.4.5 พบว่าที่อุณหภูมิ –50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการพ่น liquid nitrogen น้อยที่สุด หรือเป็นอุณหภูมิที่ประหยัด liquid nitrogen มากที่สุด

จากผลการทดลองพบว่าการแช่เยือกแข็งเห็ดที่อุณหภูมิ -70°C แม้จะมีปริมาณการใช้ liquid nitrogen ค่อนข้างสูง แต่การแช่เยือกแข็งเห็ดที่อุณหภูมิดังกล่าวสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ -70°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์แบบไครโอจีนิค สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป และพบว่าต้องใช้ liquid nitrogen 2.11 กรัม ในการแช่เยือกแข็งเห็ด 1 กรัมจากอุณหภูมิประมาณ 26 °C เป็น -18 °C ซึ่งสามารถกำจัดความร้อนออกจากเห็ดได้ 0.4 btu ดังแสดงวิธีการทดลองและผลการทดลองในภาคผนวก ก.5.2

5.5 ผลของวิธีการละลายเห็ดแช่เยือกแข็ง

แช่เยือกแข็งเห็ดด้วยวิธีไครโอจีนิค อุณหภูมิ -70°C จนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางดอกเห็ดเป็น -18°C แล้วบรรจุในถุง HDPE ปิดผนึกแบบปกติ และเก็บที่อุณหภูมิ -18°C เป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำเห็ดทั้งถุงที่ปิดผนึกมาละลายโดยแปรวิธีการละลาย 3 วิธีคือ ละลายในตู้เย็นเป็นเวลา 15

ชั่วโมง แช่เห็ดทั้งถุงในน้ำอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และละลายด้วยไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 700 W เป็นเวลา 4 นาที 30 วินาที วิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนัก (% thawing loss) และ shear value ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 5.5.1 และ 5.5.2 ส่วนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 5.5.3 และ 5.5.4

ตารางที่ 5.5.1 ค่าเฉลี่ย %thawing และ shear value ของเห็ดที่ละลายด้วยวิธีต่างกัน

วิธีการละลาย	% thawing loss	shear value
ตู้เย็น	$12.65^{c} \pm 1.23$	$12.25^{c} \pm 1.06$
แช่น้ำ	$17.97^{b} \pm 1.24$	$15.16^{b} \pm 0.78$
ไมโครเวฟ	$19.13^{a} \pm 1.83$	$17.43^{a} \pm 1.18$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5.5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย %thawing loss และ shear value ของเห็ดที่ละลายด้วยวิธีต่างกัน

SOV	d.f.	MS	
		%thawing loss	shear value
treatment	2	47.85*	26.92*
error	9	2.14	1.04

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design พบว่าวิธีการละลายมีผลต่อค่า %thawing loss และ shear value ของเห็ด ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ละลายในตู้เย็นให้ค่า %thawing loss และ shear value ต่ำที่สุด แสดงว่าเห็ดมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการละลายและความเหนียวต่ำที่สุด

ตารางที่ 5.5.3 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของการละลายเห็ดด้วยวิธีต่างกัน

วิธีการละลาย	ลักษณะปรากฏ		สี^{ns}	กลิ่นรส^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
	ภายนอก^{ns} คะแนนเต็ม 10	ภายใน^{ns} คะแนนเต็ม 10	คะแนนเต็ม 15	คะแนนเต็ม 15	คะแนนเต็ม 15	ชอบรวม คะแนนเต็ม 9
ตู้เย็น	7.63± 0.64	7.42±0.48	11.79± 1.02	10.83± 1.05	11.46^{a} ± 1.02	7.04^{a} ±0.58
แช่น้ำ	7.58±0.71	7.50± 0.65	11.63±1.14	10.38± 0.84	10.79^{a} ± 1.16	6.25^{b} ±0.61
ไมโครเวฟ	7.42± 0.82	7.12± 0.72	11.42± 1.07	10.75± 0.96	10.04^{b} ± 0.93	5.67^{c} ± 0.50

ns หมายถึง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

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

ตารางที่ 5.5.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าต่างๆเมื่อใช้วิธีการละลายเห็ดต่างกัน

SOV	d.f.	MS					
		ลักษณะปรากฏ		สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
		ภายนอก	ภายใน				
block	11	1.78*	1.92*	6.28*	8.98*	1.46	1.77*
วิธีการละลาย	2	0.15	0.36	0.42	0.72	6.03*	5.72*
error	22	0.31	0.16	0.21	0.44	0.64	0.40

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (ตารางที่ 5.5.3 และ 5.5.4) พบว่าการละลายเห็ดด้วยวิธีการต่างกัน ไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน สี และกลิ่นรสของเห็ดอย่างมีนัยสำคัญ ($p> 0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผู้ทดสอบ ($p\leq0.05$) โดยการละลายผลิตภัณฑ์ในตู้เย็นให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงที่สุด

ดังนั้นจึงเลือกละลายผลิตภัณฑ์ในตู้เย็นซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการละลายต่ำและได้เห็ดที่มีความนุ่มและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในการทดลองขั้นต่อไป

5.6 ผลของวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเห็ดแช่เยือกแข็ง

เตรียมเห็ดตามข้อ 4.3 นำมาแช่เยือกแข็งโดยแปรวิธีแช่เยือกแข็งเป็น 2 วิธี คือ air blast ที่อุณหภูมิ -32°C ตามเวลาที่ได้จากข้อ 5.4.1 แบบไครโอจีนิคโดยใช้เวลาและอุณหภูมิที่ได้จากข้อ 5.4.2 และ 5.4.3 ตามลำดับ แปรวิธีการบรรจุเป็น 2 วิธี คือ แบบสุญญากาศ บรรจุในถุง nylon/LLDPE และแบบปกติบรรจุในถุง HDPE แล้วเก็บในตู้แช่เยือกแข็งอุณหภูมิ -18°C สุ่มตรวจคุณภาพตัวอย่างเริ่มต้นและหลังจากนั้นทุกๆ 1 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน

ผลการวิเคราะห์ค่า %thawing loss, shear value และค่าความสว่าง (L) แสดงในตารางที่ 5.6.1-5.6.6 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 5.6.7-5.6.13 และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) ตามตารางที่ 5.6.14

ตารางที่ 5.6.1 ค่า %thawing loss, shear value และ ค่าความสว่าง (L) ของเห็ดแช่เยือกแข็ง โดยแปรวิธีการแช่เยือกแข็ง วิธีการบรรจุ และระยะเวลาในการเก็บ

วิธีแช่แข็ง	วิธีบรรจุ	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	%thawing loss	shear value (N)	L
air blast	สุญญากาศ	0	13.02± 0.89	12.98± 0.61	80.22± 2.61
		1	14.24± 1.08	13.22± 0.47	79.56± 2.32
		2	15.60± 1.23	13.63± 0.96	78.64± 1.66
		3	16.61± 1.34	13.96± 1.35	74.37± 0.78
		4	17.48± 1.06	13.88± 1.38	72.15± 1.67
		5	18.03± 0.64	17.16± 0.80	69.06± 4.31
		6	18.51± 1.66	17.92± 1.48	66.63± 1.89
	ปกติ	0	12.90± 0.65	12.68± 0.98	80.22± 2.25
		1	14.40± 1.12	12.76± 0.64	78.16± 7.82
		2	15.53± 0.96	13.53± 0.89	76.53± 2.01
		3	16.63± 0.89	14.16± 1.38	72.66± 1.08
		4	17.52± 1.65	15.64± 1.74	69.72± 2.20
		5	18.27± 1.14	16.34± .0.68	67.82± 4.21
		6	18.75± 0.63	17.45± 1.64	65.05± 3.58
ไครโอจีนิค	สุญญากาศ	0	12.38± 0.74	12.41± 1.05	80.39± 2.86
		1	13.08± 0.56	12.72± 0.78	80.06± 1.17
		2	13.93± 1.07	13.43± 1.16	79.62± 1.84
		3	14.93± 1.48	13.92± 1.04	75.88± 2.31
		4	15.44± 0.96	14.24± 1.23	72.61± 1.40
		5	16.45± 0.82	15.20± 1.56	70.26± 1.00
		6	16.99± 1.33	14.58± 0.94	69.00± 2.05
	ปกติ	0	12.47± 0.49	12.33± 1.08	80.45± 4.11
		1	12.60± 0.81	12.90± 0.73	79.42± 5.14
		2	13.43± 0.73	12.94± 1.18	78.51± 3.65
		3	14.47± 0.80	13.20± 0.97	74.18± 2.14
		4	15.14± 1.15	13.84± 1.04	70.98± 3.60
		5	16.27± 0.61	14.32± 0.86	69.35± 2.22
		6	16.63± 0.78	14.60± 1.15	68.35± 1.43

ตารางที่ 5.6.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย %thawing loss, shear value , ค่าความสว่าง (L) ของเห็ดแช่เยือกแข็งโดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีการบรรจุ และระยะเวลาเก็บ

SOV	d.f.	MS		
		%thawing loss	shear value	L
วิธีแช่แข็ง (A)	1	77.46*	30.78*	62.16*
วิธีบรรจุ (B)	1	0.39	0.91	0.02
AB	1	1.04	0.67	0.57
เวลาเก็บ (C)	6	338.19*	30.00*	447.29*
AC	6	7.03	4.68*	4.08*
BC	6	0.31	0.81	7.87*
ABC	6	0.48	0.96	1.23
error	84	72.93	0.78	1.21

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2x2x7 พบว่าวิธีแช่เยือกแข็งมีผลต่อค่า %thawing loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และระยะเวลาการเก็บมีผลต่อค่า %thawing loss ($p \leq 0.05$) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บมีผลต่อค่า shear value และค่าความสว่าง ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้อิทธิพลร่วมของวิธีบรรจุและระยะเวลาเก็บยังมีผลทำให้ค่าความสว่าง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จึงแยกวิเคราะห์ค่า %thawing loss โดยพิจารณาเฉพาะวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ แสดงผลในตารางที่ 5.6.3 และ 5.6.4 สำหรับค่า shear value และค่าความสว่าง จะวิเคราะห์ตามอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.6.5 และวิเคราะห์ค่าความสว่างตามอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีบรรจุและระยะเวลาเก็บ ผลแสดงในตารางที่ 5.6.6

ตารางที่ 5.6.3 ค่าเฉลี่ย %thawing loss ของเห็ดแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง

วิธีการแช่เยือกแข็ง	%thawing loss
air blast	$16.25^{a} \pm 1.54$
ไครโอจีนิค	$14.59^{b} \pm 1.32$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าวิธีการแช่เยือกแข็งมีผลต่อค่า %thawing loss ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค จะมีค่า %thawing loss ต่ำกว่าตัวอย่างที่แช่เยือกแข็งด้วย air blast

ตารางที่ 5.6.4 ค่าเฉลี่ย %thawing loss ของเห็ดแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ

ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	%thawing loss
0	$12.69^{f} \pm 1.04$
1	$13.58^{e} \pm 1.12$
2	$14.62^{d} \pm 1.06$
3	$15.66^{c} \pm 1.21$
4	$16.39^{b} \pm 1.42$
5	$17.25^{a} \pm 0.83$
6	$17.72^{a} \pm 1.17$

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าระยะเวลาเก็บมีผลต่อค่า %thawing loss ($p \leq 0.05$) โดยจะพบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บมากขึ้น ค่า %thawing loss จะมีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 5.6.5 ค่าเฉลี่ย shear value และ ความสว่าง (L) ของเห็ดแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ

วิธีแช่เยือกแข็ง	ระยะเวลาเก็บ	shear value	L
air blast	0	$12.83^{ef} \pm 1.03$	$80.22^{ab} \pm 5.63$
	1	$12.99^{ef} \pm 1.16$	$79.00^{c} \pm 4.78$
	2	$13.58^{de} \pm 1.21$	$77.58^{d} \pm 2.31$
	3	$14.06^{cd} \pm 1.08$	$73.51^{f} \pm 3.36$
	4	$14.76^{c} \pm 1.23$	$69.44^{h} \pm 4.11$
	5	$16.75^{b} \pm 1.35$	$67.94^{i} \pm 4.25$
	6	$17.69^{a} \pm 1.09$	$65.84^{j} \pm 2.06$
ไครโอจีนิค	0	$12.37^{f} \pm 1.18$	$80.42^{a} \pm 3.68$
	1	$12.82^{ef} \pm 1.04$	$79.17^{bc} \pm 5.46$
	2	$13.18^{ef} \pm 1.26$	$79.06^{c} \pm 2.58$
	3	$13.56^{de} \pm 1.01$	$75.03^{e} \pm 4.17$
	4	$14.04^{cd} \pm 1.36$	$71.79^{g} \pm 3.69$
	5	$14.76^{c} \pm 1.28$	$69.81^{h} \pm 2.17$
	6	$14.59^{c} \pm 1.33$	$68.671^{hi} \pm 3.28$

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บมีผลต่อค่า shear value และความสว่าง (L) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเห็ดที่แช่เยือกแข็งด้วย air blast และระยะเวลาเก็บนานขึ้น จะมีค่า shear value สูงขึ้น แต่มีค่าความสว่าง (L) ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจีนิค และระยะเวลาการเก็บสั้น

ตารางที่ 5.6.6 ค่าเฉลี่ยความสว่าง (L) ของเห็ดแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีบรรจุและระยะเวลาเก็บ

วิธีบรรจุ	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	L
สุญญากาศ	0	$80.31^{a} \pm 3.76$
	1	$79.81^{b} \pm 2.58$
	2	$79.13^{b} \pm 4.73$
	3	$75.13^{d} \pm 3.61$
	4	$72.38^{f} \pm 2.60$
	5	$69.66^{g} \pm 3.14$
	6	$67.82^{h} \pm 4.22$
ปกติ	0	$80.34^{a} \pm 3.20$
	1	$78.79^{c} \pm 2.89$
	2	$77.52^{cd} \pm 3.17$
	3	$73.42^{e} \pm 2.58$
	4	$70.25^{g} \pm 3.41$
	5	$68.59^{h} \pm 2.85$
	6	$66.70^{i} \pm 3.99$

a,b,... **ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ** ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีบรรจุและระยะเวลาเก็บมีผลต่อค่าความสว่าง (L) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเห็ดที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและแบบปกติ เมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้นจะมีค่าความสว่างลดลง และการบรรจุแบบสุญญากาศจะมีค่าความสว่างสูงกว่าการบรรจุแบบปกติเมื่อระยะเวลาเก็บมากกว่า 1 เดือน

ตารางที่ 5.6.7 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็ง โดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และระยะเวลาเก็บ

วิธีแช่แข็ง	วิธีบรรจุ	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ลักษณะปรากฏภายนอก (คะแนนเต็ม 10)	ลักษณะปรากฏภายใน (คะแนนเต็ม 10)	สี (คะแนนเต็ม 15)	กลิ่นรส (คะแนนเต็ม 15)	เนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 15)	ความชอบรวม (คะแนนเต็ม 9)
air blast	สุญญากาศ	0	8.58± 0.31	7.96± 1.18	13.46± 1.63	11.75± 0.42	12.08± 0.30	6.92± 0.69
		1	8.29± 0.50	7.79± 0.97	12.79± 1.58	10.67± 0.36	11.50± 0.80	6.46± 0.78
		2	7.54± 0.62	7.13± 0.46	12.92± 0.96	10.63± 1.12	10.83± 0.91	6.33± 0.36
		3	7.46± 0.96	6.92± 0.80	12.04± 1.15	10.25± 1.45	10.71± 1.48	6.04± 0.25
		4	7.08± 0.37	6.54± 0.49	11.21± 0.82	9.63± 0.68	10.21± 1.26	5.83± 0.47
		5	6.83± 0.26	6.04± 0.55	10.00± 1.11	9.63± 0.94	9.21± 1.37	5.54± 0.63
		6	6.25± 0.54	5.96± 0.23	9.25± 0.88	9.08± 1.11	8.13± 0.64	5.29± 0.41
	ปกติ	0	8.54± 0.98	7.96± 0.65	12.75± 1.20	11.13± 0.96	11.67± 1.56	6.75± 0.51
		1	8.17± 0.30	7.58± 0.83	12.38± 1.06	10.38± 1.23	11.38± 0.86	6.42± 0.38
		2	7.58± 0.42	7.21± 0.39	11.67± 0.93	10.21± 0.99	10.96± 1.18	6.21± 0.46
		3	7.46± 0.56	6.83± 0.66	10.92± 1.32	9.96± 1.24	10.54± 1.04	5.96± 0.61
		4	7.17± 0.73	6.29± 0.46	10.00± 0.64	9.67± 1.08	10.04± 1.26	5.67± 0.37
		5	6.79± 0.59	6.14± 0.54	7.83± 0.87	9.42± 0.94	9.04± 0.98	5.38± 0.28
		6	6.21± 0.60	5.83± 0.33	6.88± 1.00	9.13± 0.84	8.00± 0.96	5.13± 0.22
ไครโอจีนิค	สุญญากาศ	0	8.63± 0.92	8.38± 0.30	13.42± 1.49	11.58± 1.33	13.79± 1.55	8.00± 0.30
		1	8.50± 0.82	7.67± 0.61	12.58± 0.68	10.79± 1.21	12.67± 1.34	7.54± 0.38
		2	8.00± 0.78	7.33± 0.89	12.00± 1.43	10.67± 0.69	11.67± 1.06	7.21± 0.41
		3	7.58± 0.62	7.42± 1.01	11.92± 1.33	10.29± 1.34	11.46± 0.31	7.04± 0.39
		4	7.38± 0.58	6.75± 0.43	11.83± 1.29	10.04± 0.67	10.88± 0.93	6.58± 0.24
		5	7.08± 0.73	6.46± 0.59	11.25± 1.36	9.38± 1.13	10.17± 0.88	6.38± 0.51
		6	6.67± 0.48	5.96± 0.89	10.79± 1.41	8.83± 1.10	9.29± 0.90	6.17± 0.24
	ปกติ	0	8.50± 1.06	8.13± 0.99	13.17± 0.85	11.63± 1.48	13.17± 1.67	7.83± 0.64
		1	8.38± 0.88	7.83± 1.14	12.50± 0.82	10.67± 1.49	12.00± 0.49	7.50± 0.27
		2	7.92± 0.70	7.38± 0.86	11.88± 1.13	10.46± 0.85	11.25± 0.38	7.04± 0.36
		3	7.50± 0.64	7.13± 0.69	11.08± 1.26	10.29± 1.06	11.04± 1.42	6.83± 0.21
		4	7.33± 0.50	7.08± 0.54	10.50± 0.97	9.88± 1.02	10.79± 0.48	6.58± 0.54
		5	7.00± 0.95	6.67± 0.36	9.50± 1.05	9.29± 0.69	10.08± 0.92	6.21± 0.49
		6	6.58± 0.25	6.79± 0.43	8.54± 1.02	8.67± 0.87	9.38± 1.31	6.00± 0.37

ตารางที่ 5.6.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งโดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และระยะเวลาเก็บ

SOV		MS					
	d.f.	ลักษณะปรากฏภายนอก	ลักษณะปรากฏภายใน	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
วิธีแช่เยือกแข็ง (A)	1	4.07*	9.17*	24.11*	0.39	76.19*	72.43*
วิธีบรรจุ (B)	1	0.24	0.17	99.67*	2.59	4.53	1.44*
AB	1	0.11	0.22	1.71	0.47	0.58	0.00
ระยะเวลาเก็บ (C)	6	27.44*	19.67*	115.76*	34.89*	86.10*	18.04*
AC	6	0.26	0.47	6.09*	0.71	1.70	0.15
BC	6	0.03	0.09	7.77*	0.12	0.38	0.03
ABC	6	0.01	0.39	0.15	0.27	0.28	0.02
block	11	6.00*	3.29*	6.36*	3.60*	17.73*	5.79*
error	297	0.33	0.73	0.74	0.64	0.59	0.15

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial with Randomized Complete Block Design ขนาด 2x2x7 พบว่าวิธีการแช่เยือกแข็งมีผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของเห็ดแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนวิธีบรรจุมีผลต่อคะแนนความชอบรวม ($p \leq 0.05$) และระยะเวลาการเก็บมีผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้อิทธิพลร่วมของวิธีการบรรจุและระยะเวลาเก็บยังมีผลทำให้คะแนนด้านสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจึงแยกวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการแช่เยือกแข็งต่อลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน เนื้อสัมผัส และความชอบรวม แสดงผลในตารางที่ 5.6.9 สำหรับอิทธิพลของวิธีการบรรจุต่อคะแนนความชอบรวม วิเคราะห์ผลตามตารางที่ 5.6.10 ในส่วนของระยะเวลาเก็บต่อผลของคะแนนด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม แสดงตามตารางที่ 5.6.11 และผลการพิจารณาอิทธิพลร่วมของวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บต่อคะแนนด้านสี

แสดงผลตามตารางที่ 5.6.12 ในส่วนของอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีบรรจุ และระยะเวลาเก็บต่อคะแนนด้านสี ผลแสดงในตารางที่ 5.6.13

ตารางที่ 5.6.9 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลาย เมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง

วิธีแช่เยือกแข็ง	ลักษณะปรากฏ		เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
	ภายนอก (คะแนนเต็ม 15)	ภายใน (คะแนนเต็ม 10)	(คะแนนเต็ม 15)	(คะแนนเต็ม 15)
air blast	$7.43^{b}\pm1.07$	$6.95^{b}\pm0.78$	$10.31^{b}\pm1.42$	$5.99^{b}\pm0.86$
ไครโอจีนิค	$7.65^{a}\pm1.23$	$7.28^{a}\pm0.69$	$11.26^{a}\pm1.69$	$6.92^{a}\pm0.74$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าวิธีการแช่เยือกแข็งมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลายอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยจะพบว่าเห็ดที่แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่าเห็ดที่แช่เยือกแข็งด้วย air blast

ตารางที่ 5.6.10 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลาย เมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีการบรรจุ

วิธีการบรรจุ	ความชอบรวม (คะแนนเต็ม 15)
สุญญากาศ	$6.52^{a}\pm0.76$
ปกติ	$6.39^{b}\pm0.69$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

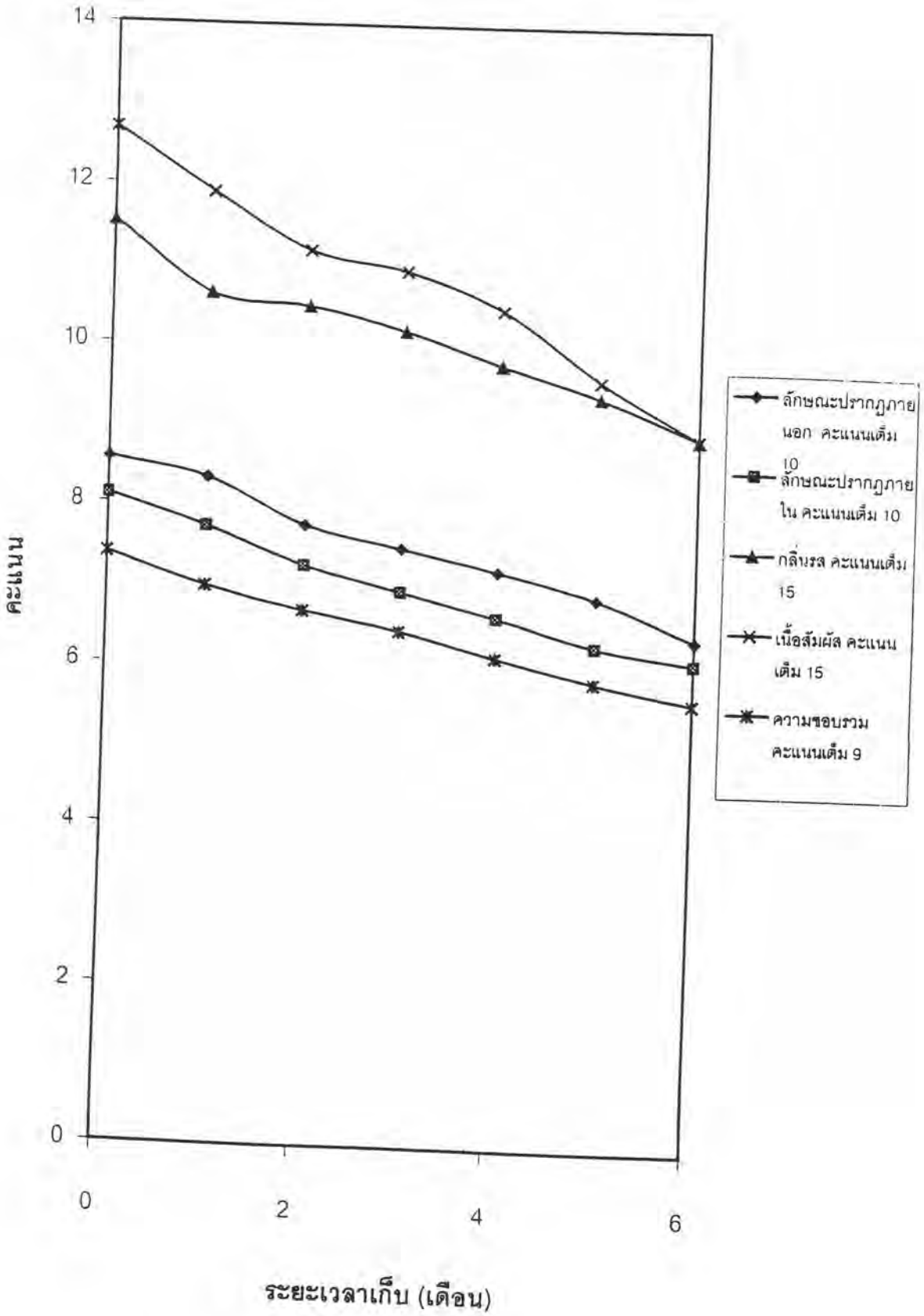
จากผลการทดลองพบว่าวิธีการบรรจุมีผลต่อคะแนนด้านความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเห็ดแช่เยือกแข็งที่บรรจุถุงในสภาวะสุญญากาศมีคะแนนความชอบรวมมากกว่าการบรรจุในสภาวะปกติ

ตารางที่ 5.6.11 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลาย เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ

ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ลักษณะปรากฏ		กลิ่นรส (คะแนนเต็ม 15)	เนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 15)	ความชอบรวม (คะแนนเต็ม 9)
	ภายนอก (คะแนนเต็ม 10)	ภายใน (คะแนนเต็ม 10)			
0	$8.56^{a}\pm1.04$	$8.10^{a}\pm1.07$	$11.52^{a}\pm1.03$	$12.68^{a}\pm1.18$	$7.37^{a}\pm0.72$
1	$8.33^{a}\pm1.07$	$7.72^{b}\pm1.23$	$10.63^{b}\pm1.10$	$11.89^{b}\pm1.02$	$6.98^{b}\pm0.55$
2	$7.76^{b}\pm0.89$	$7.26^{c}\pm1.07$	$10.49^{bc}\pm1.22$	$11.18^{c}\pm1.06$	$6.70^{c}\pm0.64$
3	$7.50^{c}\pm0.67$	$6.96^{d}\pm0.63$	$10.20^{c}\pm1.21$	$10.94^{c}\pm1.20$	$6.47^{d}\pm0.74$
4	$7.24^{d}\pm0.75$	$6.67^{e}\pm0.87$	$9.80^{d}\pm0.87$	$10.48^{d}\pm1.17$	$6.17^{e}\pm0.56$
5	$6.93^{e}\pm0.83$	$6.33^{f}\pm0.79$	$9.43^{e}\pm1.14$	$9.63^{e}\pm1.02$	$5.88^{f}\pm0.47$
6	$6.43^{f}\pm0.66$	$6.14^{g}\pm0.68$	$8.93^{f}\pm1.06$	$8.70^{f}\pm0.91$	$5.65^{g}\pm0.63$

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าระยะเวลาเก็บมีอิทธิพลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลาย ($p \leq 0.05$) โดยเห็ดที่มีระยะเวลาการเก็บนานขึ้นจะมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็ง เมื่อระยะเวลาเก็บต่างกัน

ตารางที่ 5.6.12 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลาย เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ

วิธีแช่เยือกแข็ง	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	สี (คะแนนเต็ม 15)
air blast	0	$13.10^{a} \pm 1.64$
	1	$12.58^{b} \pm 1.58$
	2	$11.98^{c} \pm 1.19$
	3	$11.48^{cd} \pm 1.60$
	4	$10.60^{e} \pm 1.22$
	5	$8.92^{g} \pm 0.95$
	6	$8.06^{g} \pm 1.03$
ไครโอจีนิค	0	$13.29^{a} \pm 1.56$
	1	$12.54^{b} \pm 1.48$
	2	$11.94^{c} \pm 1.32$
	3	$11.50^{cd} \pm 1.26$
	4	$11.17^{d} \pm 1.16$
	5	$10.38^{e} \pm 1.34$
	6	$9.67^{f} \pm 1.06$

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค มีคะแนนด้านสีสูงกว่าการแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast ในบางช่วงของระยะเวลาการเก็บโดยเฉพาะนับจาก 3 เดือนเป็นต้นไป และเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น คะแนนด้านสีของการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธี จะมีค่าลดลง

ตารางที่ 5.6.13 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลาย เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีบรรจุและระยะเวลาเก็บ

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	สี (คะแนนเต็ม 15)
สุญญากาศ	0	$13.44^{a} \pm 1.74$
	1	$12.69^{bc} \pm 1.59$
	2	$12.15^{de} \pm 1.48$
	3	$11.98^{def} \pm 1.63$
	4	$11.52^{f} \pm 1.55$
	5	$10.63^{gh} \pm 1.51$
	6	$10.02^{i} \pm 1.33$
ปกติ	0	$12.96^{ab} \pm 1.64$
	1	$12.44^{cd} \pm 1.48$
	2	$11.77^{ef} \pm 1.58$
	3	$11.00^{g} \pm 1.29$
	4	$10.25^{hi} \pm 1.37$
	5	$8.67^{j} \pm 1.02$
	6	$7.71^{k} \pm 1.00$

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

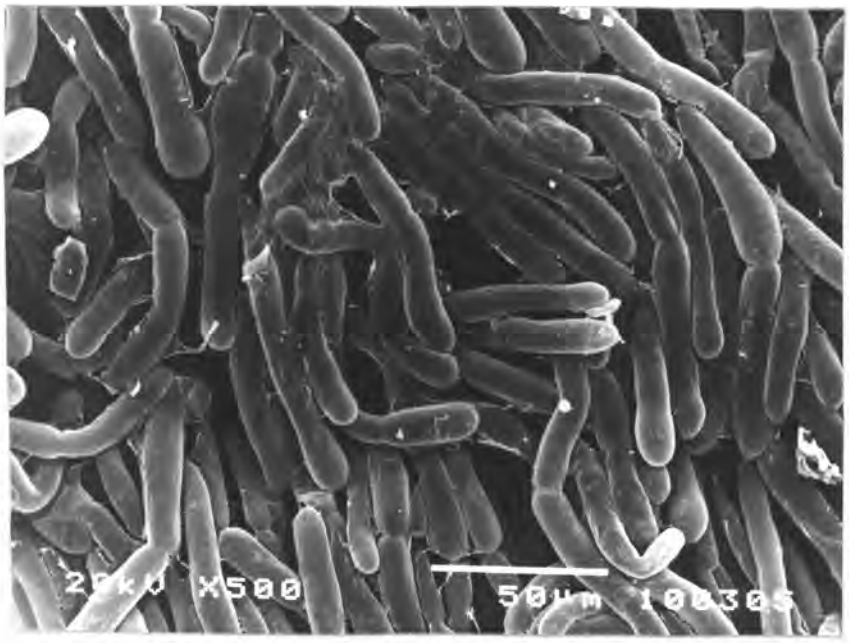
จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการบรรจุและระยะเวลาเก็บ มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีคะแนนด้านสีสูงกว่าการบรรจุแบบปกติในทุกช่วงของระยะเวลาการเก็บ และเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น วิธีการบรรจุตัวอย่างทั้ง 2 สภาวะ มีคะแนนด้านสีลดลง

ตารางที่ 5.6.14 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) ในผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็ง โดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และระยะเวลาเก็บรักษา

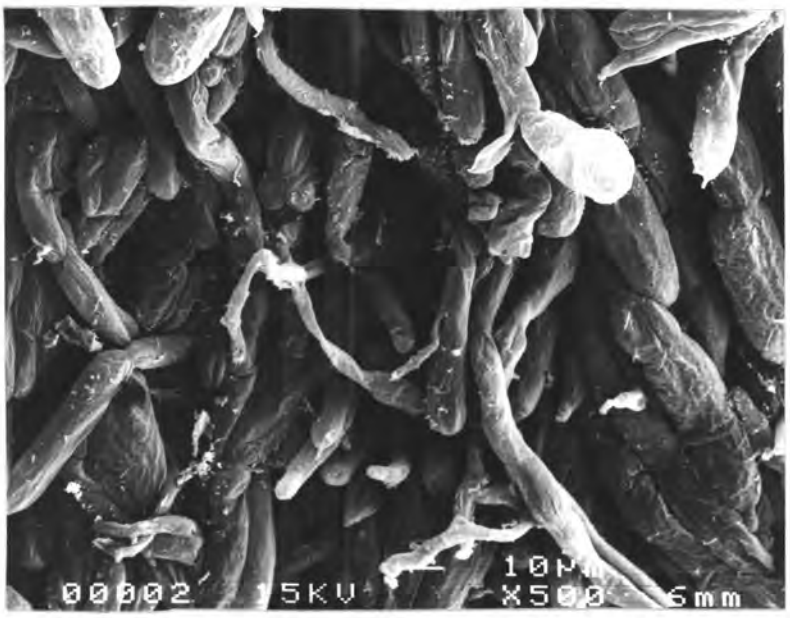
วิธีการแช่แข็ง	วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้หมด (colony/g)	จำนวนยีสต์และรา (colony/g)
ก่อนแช่เยือกแข็ง			3.13×10^4	1.81×10^4
air blast	สุญญากาศ	0	2.65×10^3	6.23×10^2
		1	1.84×10^3	4.50×10^2
		2	8.57×10^2	3.11×10^2
		3	5.42×10^2	< 300
		4	< 300	< 300
		5	< 300	< 300
		6	< 300	< 300
	ปกติ	0	3.08×10^3	1.27×10^3
		1	2.14×10^3	7.50×10^2
		2	1.20×10^3	5.60×10^2
		3	6.40×10^2	3.40×10^2
		4	3.10×10^2	< 300
		5	< 300	< 300
		6	< 300	< 300
ไครโอจีนิค	สุญญากาศ	0	3.82×10^3	7.20×10^2
		1	2.30×10^3	4.90×10^2
		2	9.40×10^2	3.70×10^2
		3	7.80×10^2	< 300
		4	4.90×10^2	< 300
		5	< 300	< 300
		6	< 300	< 300
	ปกติ	0	3.30×10^3	1.27×10^3
		1	2.38×10^3	8.50×10^2
		2	1.65×10^3	6.20×10^2
		3	7.10×10^2	3.90×10^2
		4	4.50×10^2	< 300
		5	< 300	< 300
		6	< 300	< 300

จากตารางที่ 5.6.14 พบว่าเห็ดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจีนิคทั้งที่บรรจุแบบสุญญากาศและแบบปกติจะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และรามากกว่าการแช่เยือกแข็งด้วย air blast ส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธีแบบสุญญากาศจะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราน้อยกว่าการบรรจุแบบปกติในทุกช่วงของระยะเวลาเก็บ แต่ระยะเวลาการเก็บนานขึ้นจะทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราลดลง

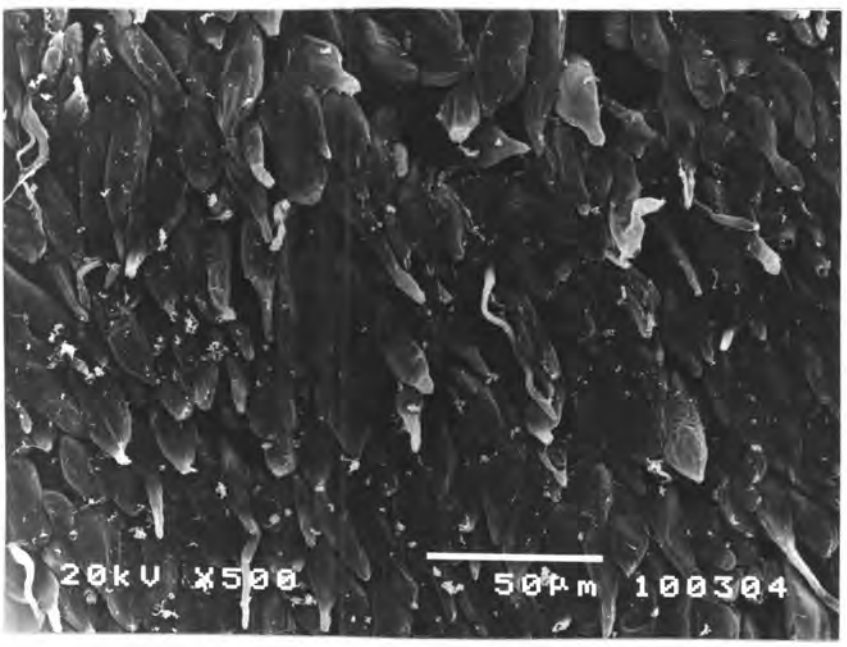
ส่วนผลการศึกษาโครงสร้างภายในบริเวณหมวกดอกเห็ดด้วย SEM ในเห็ดสด เห็ดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วย air blast และ ไครโอจีนิคที่บรรจุแบบสุญญากาศและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 7 วัน และเห็ดแช่เยือกแข็งด้วย air blast และ ไครโอจีนิคที่บรรจุแบบสุญญากาศและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 6 เดือน ผลแสดงในรูปที่ 8-12



รูปที่ 8 โครงสร้างภายในเห็ดสดกำลังขยาย 500 เท่า

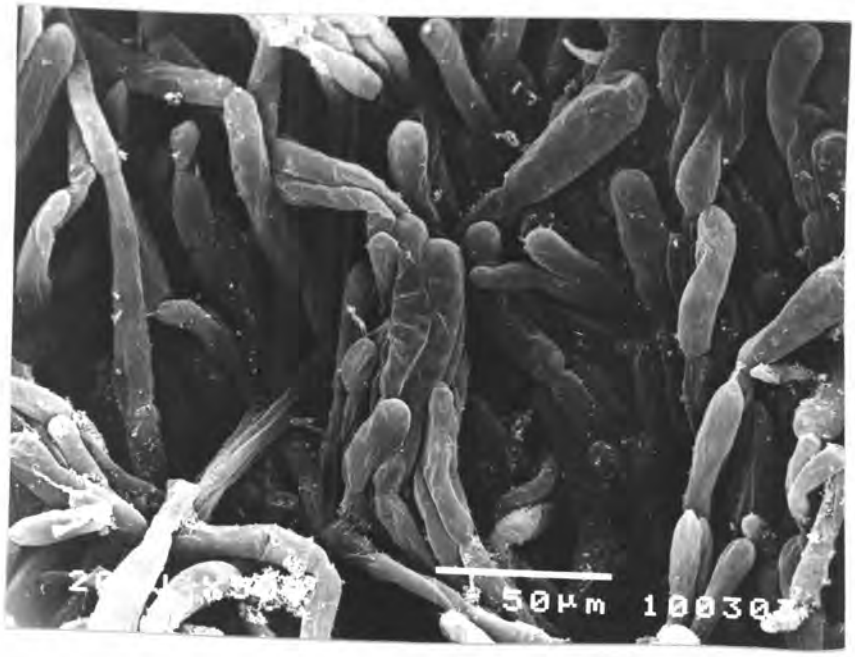


รูปที่ 9 โครงสร้างภายในเห็ดแช่เยือกแข็งด้วย air blast หลังการละลาย กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 10 โครงสร้างภายเห็ดแช่เยือกแข็งด้วย air blast หลังการละลายและเก็บเป็นเวลา 6 เดือน กำลังขยาย 500 เท่า

รูปที่ 11 โครงสร้างภายในเห็ดหลังแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคหลังการละลาย กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 12 โครงสร้างภายในเห็ดหลังแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคหลังการละลายและเก็บเป็นเวลา 6 เดือน กำลังขยาย 500 เท่า

จากผลการศึกษาพบว่า โครงสร้างภายในเห็ดที่แช่เยือกแข็งด้วย air blast มีความเสียหายมากกว่าการแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 6 เดือน พบว่าโครงสร้างภายในเห็ดจะได้รับความเสียหายมากขึ้น

5.7 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมของการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum ร่วมกับ LBG ต่อเนื้อสัมผัสและความสามารถในการอุ้มน้ำของเห็ด

5.7.1 ผลการหาอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลาย xanthan gum และ LBG ที่เหมาะสม

เมื่อแช่เห็ดในสารละลายกัมตามวิธีในข้อ 4.7.1 โดยแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum ก่อนเป็นเวลา 15 นาที แล้วแช่ต่อในสารละลาย LBG เป็นเวลา 15 นาที กำหนดให้ความเข้มข้นของสารละลายทั้ง 2 ชนิด รวมกันเท่ากับ 0.75% โดยแปรอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลาย xanthan gum : LBG เป็น 0.525% : 0.225% , 0.375% : 0.375% และ 0.225% : 0.525% หาค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, thawing loss, %total loss และ วัดค่า shear value ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5.7.1 และ 5.7.2

ตารางที่ 5.7.1 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่สารละลาย xanthan gum และ LBG ในอัตราส่วนความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นของ xanthan gum : LBG	weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing^{ns} loss (%)	thawing^{ns} loss (%)	total loss (%)	shear value^{ns} (N)
0.525% : 0.225%	7.77^{c} ±0.52	12.57^{b} ±0.96	4.61±0.18	13.49 ±0.98	22.86^{a} ± 1.56	15.59 ± 1.56
0.375% : 0.375%	10.92^{a} ± 0.63	8.17^{c} ±0.64	4.54±0.27	12.78 ±0.74	15.17^{c} ± 0.85	14.22 ± 0.71
0.225% : 0.525%	8.89^{b} ± 0.71	9.32^{b} ±0.78	4.54±0.30	12.87 ±0.70	17.94^{b} ± 0.77	15.14 ± 0.59

ns หมายถึง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

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

ตารางที่ 5.7.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่สารละลาย xanthan gum และ LBG ในอัตราส่วนความเข้มข้นต่างกัน

SOV	d.f.	MS					
		weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
ความเข้มข้น xanthan gum : LBG	2	12.79*	25.94*	0.01	0.75	75.73*	2.44
error	12	0.39	0.65	0.06	0.66	1.25	1.09

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design (ตารางที่ 5.7.1 และ 5.7.2) พบว่าอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลาย xanthan gum : LBG มีผลต่อค่า %weight gain, %blanching loss และ %total loss ของเห็ดแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่า %freezing loss, thawing loss และ shear value ของผลิตภัณฑ์ ($p > 0.05$) โดยพบว่าเห็ดที่แช่ในสารละลาย xanthan gum : LBG ความเข้มข้น 0.375% : 0.375% หรืออัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลาย xanthan gum : LBG เท่ากับ 1 : 1 มีค่า %weight gain สูงที่สุด แต่มีค่า %blanching loss และ % total loss ต่ำที่สุด แสดงว่าการแช่เห็ดในอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลายดังกล่าวมีการสูญเสียน้ำหนักของน้ำและของแข็งที่ละลายได้ในน้ำน้อยที่สุด

ดังนั้นจึงเลือกแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum : LBG ในอัตราส่วนความเข้มข้น 1 : 1 เพื่อใช้ศึกษาในขั้นต่อไป

5.7.2 ผลการหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมของการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum ร่วมกับ LBG

แช่เห็ดในสารละลายกัมตามวิธีในข้อ 4.7.2 โดยแปรความเข้มข้นของสารละลาย xanthan gum : LBG เป็น 0.125% : 0.125%, 0.25% : 0.25% และ 0.375% : 0.375% และแปรเวลาของการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum : LBG เป็น 10 นาที : 20 นาที, 15 นาที : 15 นาที และ 20 นาที : 10 นาที หาค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ วัดค่า shear value ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5.7.3 -5.7.6

ตารางที่ 5.7.3 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่สารละลาย xanthan gum ร่วมกับ LBG ในความเข้มข้นและเวลาต่างกัน

ความเข้มข้น xanthan gum : LBG (%)	เวลาในการแช่เห็ด (นาที) xanthan gum : LBG	weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
0.25	10 : 20	16.70 ± 1.52	12.59±0.96	4.62±0.25	15.12 ±1.10	16.22± 1.55	16.62 ± 1.40
	15 : 15	17.36±0.71	12.31±1.05	4.47±0.34	14.83 ±1.13	16.01 ± 1.36	16.26± 1.32
	20 : 10	18.00± 1.54	11.24±0.86	4.36±0.39	14.29 ±1.24	14.97 ± 1.22	15.05 ± 1.27
0.50	10 : 20	15.37± 1.15	8.76±0.36	4.60±0.45	12.13 ±1.00	13.15 ± 1.27	13.78 ± 1.11
	15 : 15	15.47± 1.38	8.40±0.48	4.51±0.22	11.61 ±0.88	12.12 ± 1.19	12.73 ± 0.96
	20 : 10	15.86± 1.22	7.89±0.52	4.53±0.28	11.35 ±0.90	13.10 ± 1.28	11.74 ± 0..89
0.75	10 : 20	10.77± 0.98	8.79±0.76	4.67±0.16	12.77 ±1.08	13.88 ± 1.15	15.93 ± 1.31
	15 : 15	11.87± 0.91	8.57±0.78	4.58±0.32	12.71 ±1.13	13.44 ± 1.14	14.80 ± 1.47
	20 : 10	12.41± 1.01	8.11±0.56	4.64±0.18	14.00 ±1.26	14.48 ± 1.20	15.30 ± 1.23

ตารางที่ 5.7.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่สารละลาย xanthan gum ร่วมกับ gum และ LBG ในความเข้มข้นและเวลาต่างกัน

SOV	d.f.	MS					
		weight gain (%)	blanching loss (%)	freezing loss (%)	thawing loss (%)	total loss (%)	shear value (N)
ความเข้มข้น xanthan gum : LBG (A)	2	50.48*	26.31*	0.03	13.93*	13.21*	48.98*
อัตราส่วนเวลาการแช่ LBG : xanthan gum (B)	2	1.95	1.48	0.03	0.13	0.48	3.00*
AB	4	0.21	0.08	0.01	0.81	0.82	0.52
error	9	0.76	0.46	0.10	0.72	0.64	0.24

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3x3 (ตารางที่ 5.7.3 และ 5.7.4) พบว่าความเข้มข้นของสารละลาย xanthan gum และ LBG มีอิทธิพลต่อค่า %weight gain, %blanching loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงผลการทดลองในตารางที่ 5.7.5 และเวลาในการแช่เห็ดด้วยสารละลาย xanthan gum ร่วมกับ LBG มีอิทธิพลต่อค่า shear value ของผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองตามตารางที่ 5.7.6

ตารางที่ 5.7.5 ผลความเข้มข้นของสารละลาย xanthan gum และ LBG ต่อค่า %weight gain, % blanching loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดแช่เยือกแข็ง

ความเข้มข้นรวม	%weight gain	%blanching loss	% thawing loss	% total loss	shear value (N)
0.125% : 0.125%	17.35^{a}±1.46	12.05^{a}±1.03	14.74^{a}±1.11	15.73^{a}±1.38	15.97^{a}±1.20
0.25% : 0.25%	15.57^{b}±1.21	8.35^{b}±0.80	11.70^{c}±1.10	12.79^{c}±1.06	10.74^{b}±0.93
0.375% : 0.375%	11.68^{c}±0.83	8.49^{b}±0.66	13.16^{b}±1.02	13.93^{b}±0.88	15.34^{a}±1.15

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

จากผลการทดลองพบว่า การแช่เห็ดในสารละลายความเข้มข้น xanthan gum : LBG เท่ากับ 0.25% : 0.25% มีค่า %blanching loss, %thawing loss, %total loss และค่า shear value ต่ำที่สุด หรือเห็ดมีการสูญเสียน้ำและของแข็งที่ละลายได้ในกระบวนการผลิตต่ำที่สุด และผลิตภัณฑ์มีความนุ่มมากที่สุด

ดังนั้นจึงเลือกแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum ความเข้มข้น 0.25% ก่อนแล้วจึงแช่เห็ดต่อในสารละลาย LBG ความเข้มข้น 0.25%

ตารางที่ 5.7.6 ผลของเวลาในการแช่เห็ดด้วยสารละลาย xanthan gum และ LBG ต่อค่า shear value ของเห็ดแช่เยือกแข็ง

เวลาของการแช่เห็ดใน xanthan gum : LBG (นาที)	shear value (N)
10 : 20	14.77^{a}±1.21
15 : 15	13.93^{b}±1.06
20 : 10	13.36^{b}±1.12

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

จากผลการทดลองพบว่า เวลาของการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum : LBG เป็น 15 นาที :15 นาที และ 20 นาที :10 นาที มีค่า shear value ต่ำและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นจึงสามารถแช่เห็ดได้ในทั้ง 2 สภาวะ แต่ในการทดลองนี้จะเลือกแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum

ก่อนเป็นเวลา 20 นาที แล้วแช่ต่อในสารละลาย LBG 10 นาที เพราะมีค่า shear value ต่ำที่สุด แสดงว่าเห็ดมีความนุ่มมากที่สุด

ดังนั้นจึงเลือกแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum 0.25% ก่อนเป็นเวลา 20 นาที แล้วจึงแช่ต่อในสาละลาย LBG 0.25% ต่อเป็นเวลา 10 นาที

5.8 ผลการหาปริมาณ glycine ที่เหมาะสม สำหรับปรับปรุงกลิ่นรสเห็ดแช่เยือกแข็ง

เตรียมเห็ดตามข้อ 4.8 โดยนำเห็ดหลังการลวกมาทำให้เย็นใน cooling water ซึ่งมีการเติม glycine ลงไป โดยแปรระดับความเข้มข้นของสารลละลาย glycine เป็น 0, 0.5 และ 1% แล้วนำไปแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค และละลายตามวิธีที่เหมาะสมตามข้อ 5.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 5.8.1 และ 5.8.2

ตารางที่ 5.8.1 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของเห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลายเมื่อเติม glycine ใน cooling water ปริมาณต่างกัน

ความเข้มข้น glycine (%)	กลิ่นรส (คะแนนเต็ม 6)
0	$4.50^{a} \pm 0.43$
0.50	$3.04^{b} \pm 0.31$
1	$1.92^{c} \pm 0.20$

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

ตารางที่ 5.8.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของเห็ดแช่เยือกแข็งที่แปรปริมาณ glycine ใน cooling water

SOV	d.f.	MS
ความเข้มข้น glycine	2	0.11*
block	11	20.13*
error	22	0.31

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design พบว่าความเข้มข้น glycine ที่ระดับต่างๆมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการลดอุณหภูมิตัวอย่างที่แช่ในน้ำเย็นซึ่งไม่เติม glyciner มีคะแนนด้านกลิ่นรสสูงที่สุด

ดังนั้นสรุปได้ว่าการลดอุณหภูมิเห็ดหลังการลวกในน้ำเย็นที่ไม่เติม glycine ให้เห็ดที่มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสสูงที่สุด