บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (proximate composition) ของมันฝรั่ง

มันฝรั่งพันธุ์ Kennebec ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัย มีน้ำหนัก 60-120 กรัมต่อหัว และมีความถ่วงจำเพาะ 1.070-1.073 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า เส้นใย และน้ำตาลรีดิวซ์ ของมันฝรั่ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่งพันธุ์ Kennebec

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย [a] (%) ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น	76.95 ± 0.25
โปรตีน	2.46 ± 0.10
ไขมัน	0.16 ± 0.01
คาร์โบไฮเดรต*	18.93 ± 1.04
เถ้า	0.92 ± 0.02
เส้นใย	0.58 ± 0.04
น้ำตาลรีดิวซ์	0.47 ± 0.02

[a] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

* หาโดยผลต่างจาก 100%

4.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมมันฝรั่งก่อนนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์และภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์

4.2.1 <u>หาภาวะที่เหมาะสมในการลวกชิ้นมันฝรั่งขนาดต่าง ๆในน้ำร้อน</u>

เตรียมมันฝรั่งตามขั้นตอนที่ระบุในข้อ 3.2.2.1 ไสเป็นเส้นด้วย shredder แปรขนาดรูของ shredder 2 ขนาดคือ 3.9 และ 6.2 มิลลิเมตร แปรอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ลวกเป็น 85 90 และ 95 องศาเซลเซียส และแปรระยะเวลาเป็น 4 ระดับ คือ 1 2 3 และ 4 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว

โดยการแช่น้ำเย็น ที่มีอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ปริมาตร 2 ลิตร นาน 3 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงลวด นาน 10 นาที นำมาทดสอบเปอร์ออกซิเดส แอคติวิตี้ ตามวิธีของ Pearson (1970) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของขนาดรูของ shredder อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ลวก และเวลาที่ใช้ลวกกับแอคติวิตี้ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

ขนาดรูของ shredder (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้ลวก (นาที)			
		1	2	3	4
3.9	85	+	+	+	+
	90	+	+	+	+
	95	+	-	-	-
6.2	85	+	+	+	+
	90	+	+	+	+
	95	+	+	-	-

+ หมายถึง จะเปลี่ยนสีทันทีหรือเปลี่ยนสีภายใน 3.5 นาที แสดงว่าแอคติวิตี้ของเอนไซม์ยังคงอยู่

- หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี หรือมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้นหลังจาก 3.5 นาที แสดงว่าแอคติวิตี้ของเอนไซม์ถูกทำลายลง

จากผลการทดสอบแอคติวิตี้ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่หลังจากการลวก พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการลวกมันฝรั่งที่ไสด้วย shredder ที่มีรูขนาด 3.9 และ 6.2 มิลลิเมตร คือลวกในน้ำที่มีอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 3 นาทีตามลำดับ

4.2.2 <u>ศึกษาผลของขนาดชิ้นมันฝรั่ง อุณหภูมิน้ำมัน และเวลาที่ใช้ทอด ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติระหว่างการทอดในน้ำมันท่วม</u> (deep fat frying)

เตรียมผลิตภัณฑ์ตามขั้นตอนที่ระบุในข้อ 3.2.2.2 โดยแปรขนาดชิ้นมันฝรั่งที่ไสด้วย shredder ที่มีรู 2 ขนาด คือ 3.9 และ 6.2 มิลลิเมตร แปรอุณหภูมิน้ำมันเป็น 180 และ 190 องศาเซลเซียส และแปรเวลาในการทอดเป็น 3 และ 4 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ และสี (L,a,b) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.3 - 4.6 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงในตารางที่ 4.7 - 4.8

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อน โดยแปรขนาดรูของ shredder อุณหภูมิน้ำมัน และ เวลาในการทอด

ขนาดรูของ shredder (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิของน้ำมัน (°C)	เวลาที่ใช้ทอด (นาที)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
			ปริมาณไขมัน(%)	ความแข็ง (N)
3.9	180	3	40.05 ^{b} ± 0.84	10.86 ^{f} ± 0.39
		4	44.84 ^{a} ± 1.21	12.54 ^{d} ± 0.47
	190	3	30.67 ^{f} ± 0.52	13.84 ^{c} ± 0.33
		4	38.50 ^{c} ± 0.93	16.88 ^{a} ± 0.16
6.2	180	3	36.75 ^{d} ± 0.51	9.21 ^{g} ± 0.19
		4	40.59 ^{b} ± 0.46	11.51 ^{e} ± 0.20
	190	3	27.43 ^{g} ± 0.60	10.75 ^{f} ± 0.18
		4	34.68 ^{e} ± 0.89	15.07 ^{b} ± 0.20

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อน โดยแปรขนาดรูของ shredder อุณหภูมิน้ำมัน และเวลาในการทอด

SOV	d.f.	MS	
		ปริมาณไขมัน (%)	ความแข็ง (N)
ขนาดรูของ shredder (A)	1	18.24*	3.92*
อุณหภูมิน้ำมัน (B)	1	358.98*	20.31*
เวลาในการทอด (C)	1	210.87*	0.22*
AB	1	24.89*	53.04
AC	1	13.98*	0.78*
BC	1	15.59*	1.84*
ABC	1	24.08*	1.22*
error	16	0.62	2.17

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 2×2×2 พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลักทั้ง 3 คือ ขนาดรูของ shredder อุณหภูมิน้ำมัน เวลาในการทอด มีผลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ และความแข็ง ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า เมื่อใช้มันฝรั่งที่ไสด้วย shredder ที่มีรูขนาดกว้างขึ้น (6.2 มิลลิเมตร) ทอดในน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น (190°C) และใช้เวลาทอดน้อยลง (3 นาที) จะมีปริมาณไขมันที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ต่ำสุด ส่วนของค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ พบว่า เมื่อใช้มันฝรั่งที่ไสด้วย shredder ที่มีขนาดรูเล็ก (3.9 มิลลิเมตร) ทอดในน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูง (190 °C) เป็นเวลานาน (4 นาที) จะมีค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์สูงที่สุด

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยสี (L,a,b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อน โดยแปรขนาดรูของ shredder อุณหภูมิน้ำมัน และเวลาในการทอด

ขนาดรูของ shredder (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิของน้ำมัน (°C)	เวลาที่ใช้ทอด (นาที)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
			L	a	b ns
3.9	180	3	55.78 b ± 0.54	-3.56 e ± 0.09	+20.63 ± 0.84
		4	45.40 f ± 0.19	-2.35 c ± 0.10	+20.87 ± 0.72
	190	3	51.87 d ± 0.50	-2.86 d ± 0.10	+19.94 ± 0.73
		4	45.59 f ± 0.26	-1.66 a ± 0.11	+20.25 ± 0.97
6.2	180	3	64.20 a ± 1.38	-4.56 f ± 0.12	+20.68 ± 1.95
		4	46.79 e ± 0.35	-2.50 c ± 0.07	+21.19 ± 1.62
	190	3	53.54 c ± 0.33	-2.97 d ± 0.09	+20.30 ± 1.06
		4	46.60 e ± 0.22	-2.00 b ± 0.08	+21.05 ± 1.56

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยสี (L,a,b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อน โดยแปรขนาดรูของ shredder อุณหภูมิน้ำมัน และ เวลาในการทอด

SOV	d.f.	MS		
		L	a	b
ขนาดรูของ shredder (A)	1	58.56*	0.94*	0.87
อุณหภูมิน้ำมัน (B)	1	79.68*	4.52*	1.26
เวลาในการทอด (C)	1	630.68*	11.07*	1.22
AB	1	19.06*	0.19*	0.24
AC	1	22.14*	0.15*	0.19
BC	1	79.53*	0.44*	0.04
ABC	1	15.15*	0.44*	0.01
error	16	0.10	0.01	0.31

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 2×2×2 พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลักทั้ง 3 คือ ขนาดรูของ shredder อุณหภูมิน้ำมัน เวลาในการทอด มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าสีเหลือง (b) ($p > 0.05$)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่าเมื่อใช้มันฝรั่งที่ไสด้วย shredder ที่มีขนาดรูเล็ก (3.9 มิลลิเมตร) อุณหภูมิที่ใช้ทอดสูง (190 °C) เป็นเวลานาน (4 นาที) ผลิตภัณฑ์จะมีค่า L ต่ำที่สุด และค่า a สูงที่สุด แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มที่สุด

ตารางที่ 4.7 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส การอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนโดยแปรขนาดรูของ shredder อุณหภูมิน้ำมัน และ เวลาในการทอด

ขนาดรูของ shredder (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิของน้ำมัน (°C)	เวลาที่ใช้ทอด (นาที)	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
			สี	กลิ่นรส[ns]	การอมน้ำมัน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
3.9	180	3	2.94 ^{c} ± 0.97	7.40 ± 1.08	3.79 ^{f} ± 0.44	3.74 ^{f} ± 0.67	3.14 ^{f} ± 1.06
		4	7.05 ^{b} ± 1.20	7.73 ± 0.93	2.95 ^{g} ± 0.55	6.83 ^{c} ± 0.75	6.98 ^{c} ± 0.90
	190	3	7.48 ^{b} ± 0.99	7.26 ± 0.80	6.25 ^{b} ± 0.73	7.36 ^{b} ± 0.77	6.54 ^{c} ± 0.78
		4	6.48 ^{b} ± 1.29	7.39 ± 0.80	5.52 ^{c} ± 0.66	4.65 ^{e} ± 0.75	5.30 ^{d} ± 0.97
6.2	180	3	2.46 ^{c} ± 0.98	7.08 ± 1.21	4.99 ^{d} ± 0.64	3.05 ^{g} ± 0.73	3.81 ^{e} ± 1.31
		4	7.15 ^{b} ± 1.13	7.10 ± 0.91	4.42 ^{e} ± 0.70	7.84 ^{a} ± 0.84	7.90 ^{b} ± 0.73
	190	3	6.85 ^{b} ± 0.71	7.95 ± 1.13	7.44 ^{a} ± 0.65	8.26 ^{a} ± 0.75	8.52 ^{a} ± 0.66
		4	8.94 ^{a} ± 0.63	7.37 ± 0.96	5.88 ^{bc} ± 0.70	5.58 ^{d} ± 0.86	5.82 ^{d} ± 1.13

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

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนเต็ม 10 คะแนน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อน โดยแปรขนาดรูของ shredder อุณหภูมิน้ำมัน และเวลาในการทอด

SOV	d.f.	MS				
		สี	กลิ่นรส	การอมน้ำมัน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ขนาดรูของ shredder (A)	1	2.21	0.17	33.54*	8.76*	31.50*
อุณหภูมิน้ำมัน (B)	1	206.35*	0.88	149.95*	36.31*	35.45*
เวลาในการทอด (C)	1	196.92*	1.98	25.67*	11.68*	30.00*
AB	1	6.35*	2.02	2.34*	4.31*	1.52
AC	1	20.60*	0.05	0.58	5.66*	2.79*
BC	1	101.79*	0.22	1.51*	330.17*	264.00*
ABC	1	8.71*	1.14	2.23*	5.25*	5.49*
block	14	1.32	2.08*	1.30*	1.62*	2.77*
error	98	0.97	0.82	0.28	0.44	0.67

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Factorial Randomized Complete Block Design พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลักทั้ง 3 คือ ขนาดชิ้นมันฝรั่ง อุณหภูมิน้ำมัน เวลาในการทอด มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยสี การอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยกลิ่นรส ($p > 0.05$)

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี พบว่า ตัวอย่างที่ได้จากมันฝรั่งที่ไสด้วย shredder ที่มีขนาด 6.2 มิลลิเมตร ทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที จะมีคะแนนเฉลี่ยสีสูงสุด ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าตัวอย่างที่ได้จากมันฝรั่งที่ไสด้วย shredder ที่มีขนาด 6.2 มิลลิเมตร ทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที และที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีคะแนนเฉลี่ยลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด และพบว่า ตัวอย่างที่ได้จากมันฝรั่งที่ไสด้วย shredder ที่มีขนาด 6.2 มิลลิเมตร ทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จะมีคะแนนเฉลี่ยการอมน้ำมัน และความชอบรวมสูงสุด

ดังนั้นจึงเลือกภาวะเหมาะสมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่สรุปได้จากเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินทั้งหมด คือ ปริมาณไขมัน และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านการอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม คือ ตัวอย่างที่ได้จากมันฝรั่งที่ไสด้วย shredder ที่มีขนาด 6.2 มิลลิเมตร ทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และมีคะแนนเฉลี่ยสีอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

4.2.3 <u>ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง และเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังแช่เยือกแข็ง</u>

เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก้อนตามขั้นตอนที่ระบุในข้อ 3.2.2.3 โดยแปรเวลาที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์ในกระทะก้นลึกที่อุณหภูมิ 190 ± 10 องศาเซลเซียส ก่อนแช่เยือกแข็งเป็น 1 และ 2 นาที นำมาให้ความร้อนอีกครั้ง โดยแปรเวลาที่ใช้ทอดในกระทะก้นลึกที่อุณหภูมิ 190 ± 10 องศาเซลเซียส เป็น 1 และ 2 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ ค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ และสี (L,a,b) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.9-4.12 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงในตารางที่ 4.13-4.14

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ และค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อน โดยแปรเวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง และเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง

เวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง (นาที)	เวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง (นาที)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		ปริมาณไขมัน (%)	ความแข็ง (N)
1	1	$29.57^{c} \pm 0.58$	$8.70^{d} \pm 0.68$
	2	$33.31^{b} \pm 0.62$	$9.88^{c} \pm 0.24$
2	1	$32.39^{b} \pm 0.76$	$10.81^{b} \pm 0.40$
	2	$38.32^{a} \pm 0.94$	$13.05^{a} \pm 0.57$

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อน โดยแปรเวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง และเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง

SOV	d.f.	MS	
		ปริมาณไขมัน (%)	ความแข็ง (N)
เวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง (A)	1	67.39*	25.93*
เวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง (B)	1	93.61*	13.01*
AB	1	4.82*	0.78*
error	12	6.51	0.20

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 2×2 พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างเวลาที่ใช้ในการทอดก่อนแช่เยือกแข็ง และเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนอีกครั้ง มีผลต่อค่าความแข็งและปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า เมื่อใช้เวลาทอดก่อนแช่เยือกแข็งสูง (2 นาที) และใช้เวลาทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็งสูง (2 นาที) จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมัน และค่าความแข็งสูงที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยสี (L,a,b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อน โดยแปรเวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง และเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง

เวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง (นาที)	เวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง (นาที)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L	a	b[ns]
1	1	73.92[a] ± 1.59	-5.34[c] ± 0.16	+20.61 ± 0.80
	2	58.36[b] ± 1.19	-3.47[b] ± 0.27	+20.41 ± 0.86
2	1	56.67[b] ± 1.17	-3.24[b] ± 0.17	+20.35 ± 1.05
	2	37.59[c] ± 1.25	-2.62[a] ± 0.11	+20.47 ± 0.99

[ns] หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยสี (L,a,b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อน โดยแปรเวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง และเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง

SOV	d.f.	MS		
		L	a	b
เวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง (A)	1	1445.71*	8.67*	0.04
เวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง (B)	1	1200.10*	6.22*	0.01
AB	1	12.30*	1.54*	0.10
error	12	1.51	0.03	0.87

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 2×2 พบว่า มีอิทธิพลร่วมของเวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง และเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนอีกครั้ง ต่อค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลของเวลาที่ใช้ในการทอดก่อนแช่เยือกแข็ง และเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนอีกครั้ง ต่อค่าเฉลี่ยสีเหลือง (b) ($p > 0.05$)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า เมื่อใช้เวลาทอดก่อนแช่เยือกแข็งสูง (2 นาที) และใช้เวลาทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็งสูง (2 นาที) จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างต่ำที่สุด และมีค่าสีแดงสูงที่สุด แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส การอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัส และ ความชอบรวม ของมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง ที่ได้จากการแปรเวลาที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์ก่อนแช่เยือกแข็ง และเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง

เวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง (นาที)	เวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง (นาที)	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
		สี	กลิ่นรส[ns]	การอมน้ำมัน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	1	6.03^{b} ± 0.52	7.73 ± 0.78	6.10^{a} ± 0.66	6.18^{c} ± 0.73	6.34^{c} ± 0.65
	2	6.19^{a} ± 0.67	8.03 ± 0.61	7.23^{b} ± 0.55	8.17^{a} ± 0.57	8.44^{a} ± 0.62
2	1	7.93^{a} ± 0.75	7.99 ± 0.63	7.35^{b} ±0.50	7.02^{b} ± 0.49	7.61^{b} ± 0.60
	2	6.15^{b} ± 0.60	7.92 ± 0.77	7.16^{b} ± 0.43	6.23^{c} ± 0.56	6.65^{c} ± 0.59

[ns] หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

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

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนเต็ม 10 คะแนน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งที่ได้จากการแปรเวลาที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์ก่อนแช่เยือกแข็ง และเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง

SOV	d.f.	MS				
		สี	กลิ่นรส	การอมน้ำมัน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
เวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง (A)	1	0.07	0.09	2.46*	4.54*	0.99
เวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง (B)	1	0.56	0.20	4.21*	5.38*	4.91*
AB	1	58.12*	0.49	1.75*	28.97*	34.95*
block	14	0.61	1.09*	0.07*	0.85*	0.75*
error	42	0.32	0.29	0.19	0.19	0.26

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Factorial Randomized Complete Block Design พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างเวลาที่ใช้ทอดก่อนแช่เยือกแข็ง กับเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสี การอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลของเวลาที่ใช้ทอดก่อนการแช่เยือกแข็ง หรือเวลาที่ใช้ทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง ที่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรส ($p > 0.05$)

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม พบว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาทอดก่อนแช่เยือกแข็ง 1 นาที และใช้เวลาทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง 2 นาที จะมีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงสุด และเมื่อพิจารณาเฉพาะคะแนนเฉลี่ยสี พบว่าตัวอย่างเดียวกันนี้ และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาทอดก่อนแช่เยือกแข็ง 2 นาที และใช้เวลาเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง 1 นาที จะให้คะแนนเฉลี่ยสีไม่แตกต่างกันและมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ส่วนดังนั้นเมื่อพิจารณาโดยรวมทุกด้านสรุปได้ว่ามันฝรั่งทอดแบบก้อนที่ใช้เวลาทอดก่อนแช่เยือกแข็ง 1 นาที และใช้เวลาทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง 2 นาที เป็นภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมตัวอย่างในการทดลองขั้นต่อไป ถึงแม้ว่าจะมีคะแนนเฉลี่ยการอมน้ำมันของตัวอย่างที่ใช้เวลาทอดเพื่อ

ให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง 2 นาที ต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้เวลาทอดเพื่อให้ความร้อนหลังการแช่เยือกแข็ง 1 นาที แต่ยังมีคะแนนเฉลี่ยการอมน้ำมันอยู่ในระดับปานกลาง

4.2.4 ศึกษาปริมาณเกลือที่เหมาะสม สำหรับการปรับปรุงรสเค็มของมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง

เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก้อนตามขั้นตอนที่ระบุในข้อ 3.2.2.4 โดยแปรปริมาณเกลือที่เติมเพื่อปรับรสเค็มของผลิตภัณฑ์ เป็นร้อยละ 0.00 0.25 0.50 0.75 และ1.00 ของน้ำหนักมันฝรั่ง ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็ม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.15-4.16

ตารางที่ 4.15 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็ม ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนที่ผลิตโดยแปรปริมาณเกลือ

ปริมาณเกลือ (%)	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
0.00	$3.60^{d} \pm 0.98$
0.25	$7.00^{c} \pm 0.72$
0.50	$8.48^{a} \pm 0.46$
0.75	$7.71^{b} \pm 1.19$
1.00	$2.25^{e} \pm 0.76$

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนเต็ม 10 คะแนน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนที่ผลิตโดยแปรปริมาณเกลือ

SOV	d.f.	MS
treatment	4	111.53
block	14	0.82
error	56	0.72

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

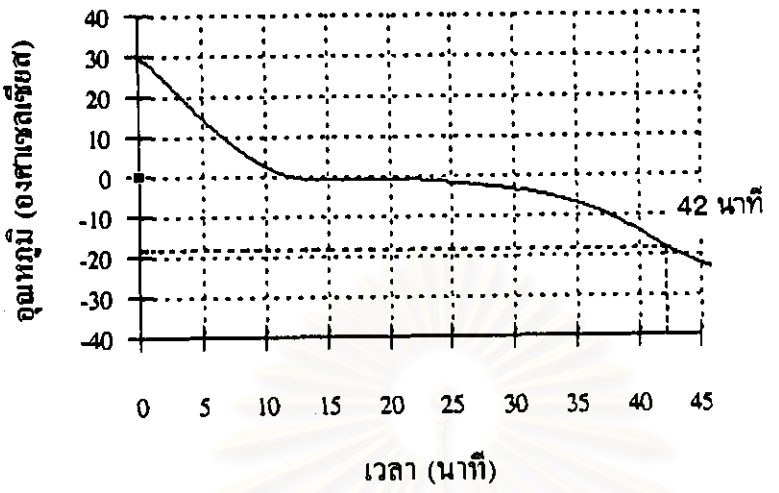
จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design พบว่า ปริมาณเกลือที่ระดับต่างๆ มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านรสเค็มอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่มีปริมาณเกลือร้อยละ 0.50 โดยน้ำหนักมันฝรั่ง จะมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด จึงเลือกปริมาณเกลือร้อยละ 0.50 โดยน้ำหนักมันฝรั่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์นี้ เพื่อนำมาศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.3 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งแบบ air blast และ แบบใช้ liquid nitrogen

4.3.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งแบบ air blast

เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก้อนตามขั้นตอนที่ระบุในข้อ 3.2.3.1 นำไปแช่เยือกแข็งใน air blast freezer โดยใช้ตัวอย่างครั้งละประมาณ 40 ชิ้น อุณหภูมิลมเย็นในตู้ประมาณ -32 องศาเซลเซียส บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อนและเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ -18 องศาเซลเซียส ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งกับอุณหภูมิของใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อน แสดงในรูปที่ 4.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

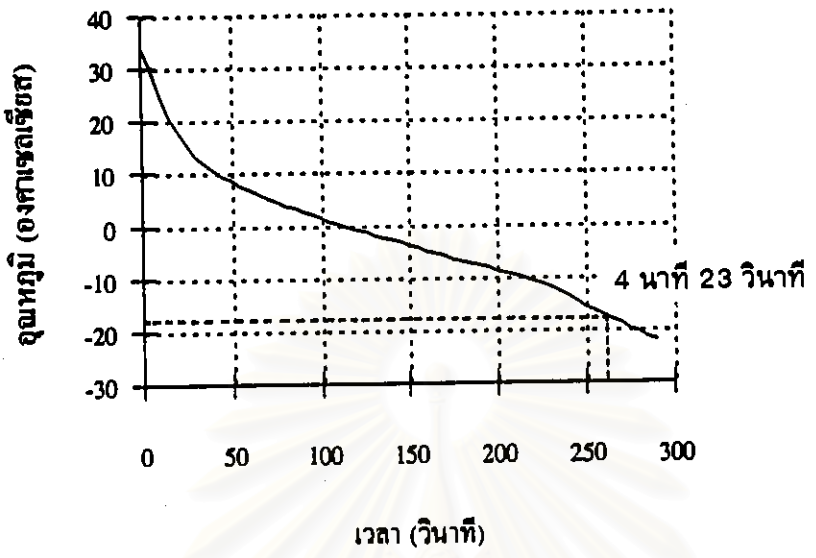


รูปที่ 4.1 Freezing Curve ของการแช่เยือกแข็งมันฝรั่งทอดแบบก้อนด้วย air blast freezer ที่อุณหภูมิ -32 องศาเซลเซียส

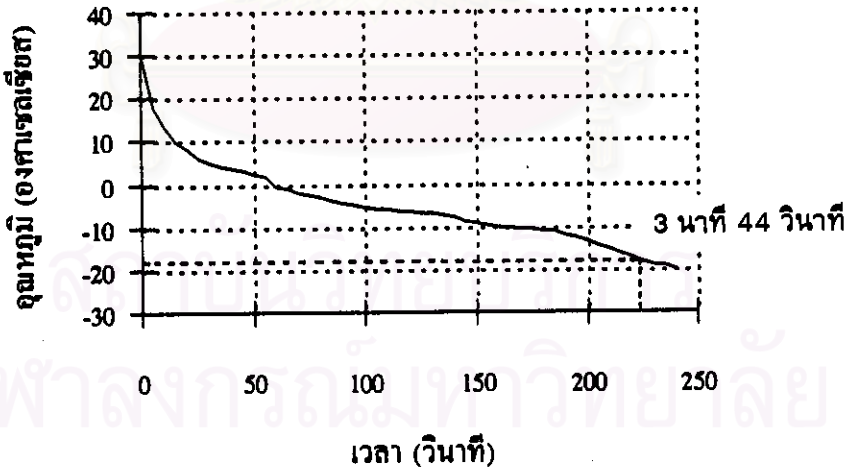
จากรูปที่ 4.1 สามารถหาเวลาในการแช่เยือกแข็งมันฝรั่งทอดแบบก้อนด้วย air blast freezer ที่อุณหภูมิ -32 องศาเซลเซียส ให้ใจกลางก้อนมันฝรั่งทอดแบบก้อนมีอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส คือ 42 นาที

4.3.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งแบบใช้ liquid nitrogen

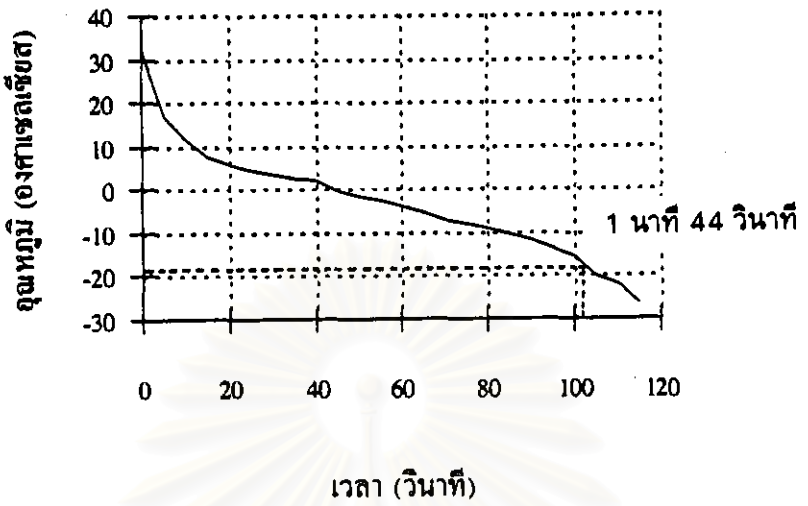
เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก้อนตามขั้นตอนที่ระบุในข้อ 3.2.3.2 นำไปแช่เยือกแข็งใน liquid nitrogen freezer โดยใช้ตัวอย่างครั้งละ 20 ชิ้น ตั้งอุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ 4 ระดับคือ -60, -70, -90 และ -110 องศาเซลเซียส บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อน และเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ -18 องศาเซลเซียส ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งกับอุณหภูมิของใจกลางชิ้นมันฝรั่งทอดแบบก้อน แสดงดังในรูปที่ 4.2-4.5



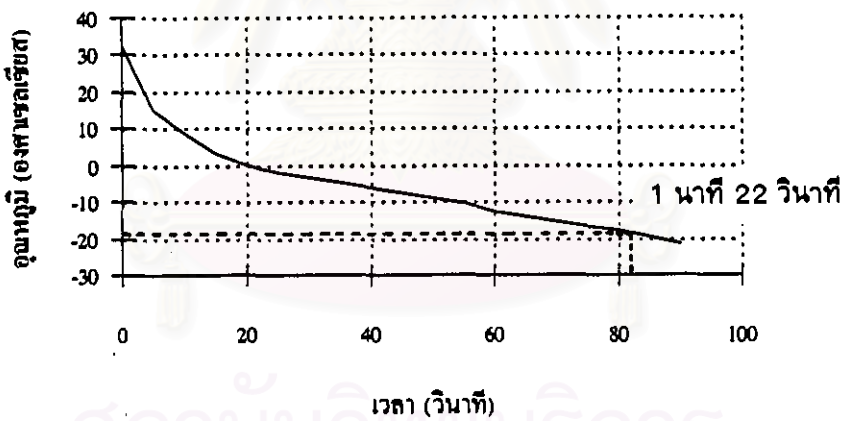
รูปที่ 4.2 Freezing Curve ของการแช่เยือกแข็งมันฝรั่งทอดแบบก้อนด้วย liquid nitrogen ที่อุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.3 Freezing Curve ของการแช่เยือกแข็งมันฝรั่งทอดแบบก้อนด้วย liquid nitrogen ที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.4 Freezing Curve ของการแช่เยือกแข็งมันฝรั่งทอดแบบก้อนด้วย liquid nitrogen ที่อุณหภูมิ -90 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.5 Freezing Curve ของการแช่เยือกแข็งมันฝรั่งทอดแบบก้อนด้วย liquid nitrogen ที่อุณหภูมิ -110 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.2-4.5 สามารถหาเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งมันฝรั่งทอดแบบก้อน ให้ใจกลางก้อนมันฝรั่งทอดแบบก้อนมีอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส คือ 4 นาที 23 วินาที, 3 นาที 44 วินาที, 1 นาที 44 วินาที, 1 นาที 22 วินาที เมื่อใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ -60, -70, -90 และ -110 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

4.3.3 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแช่เยือกแข็งมันฝรั่งทอดแบบก้อนด้วย liquid nitrogen

แช่เยือกแข็งมันฝรั่งทอดแบบก้อนโดยใช้ liquid nitrogen แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น 4 ระดับ คือ -60, -70, -90 และ -110 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนัก (%freezing loss,% heating loss) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.17-4.18 ส่วนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.19-4.20

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ย %freezing loss และ %heating loss ของมันฝรั่งทอดแบบก้อนที่ได้จากการแช่เยือกแข็งโดยใช้ liquid nitrogen ที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิที่ใช้แช่เยือกแข็ง (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย(%) ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	freezing loss ^{ns}	heating loss
-60	1.28 ± 0.07	27.24 ^{b} ± 1.77
-70	1.30 ± 0.08	27.73 ^{b} ± 1.32
-90	1.41 ± 0.10	30.52 ^{a} ± 1.08
-110	1.41 ± 0.07	30.55 ^{a} ± 1.53

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

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย % freezing loss และ % heating loss ของมันฝรั่งทอดแบบก้อนที่ได้จากการแช่เยือกแข็งโดยใช้ liquid nitrogen ที่อุณหภูมิต่างกัน

SOV	d.f.	MS	
		% freezing loss	% heating loss
treatment	3	0.02	12.52 *
error	12	0.01	2.10

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design พบว่าอุณหภูมิที่ใช้แช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังการแช่เยือกแข็ง (%freezing loss) ($p>0.05$) แต่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนอีกครั้ง (%heating loss) ($p\leq0.05$) โดยตัวอย่างที่ใช้

ใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น -110 °C จะทำให้มีค่าเฉลี่ย %heating loss สูงที่สุดและมีค่าไม่แตกกับตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น -90 °C

ตารางที่ 4.19 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส การอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งที่ได้จากการแช่เยือกแข็งโดยใช้ liquid nitrogen ที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิที่ใช้แช่เยือกแข็ง (องศาเซลเซียส)	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	สี[ns]	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส[ns]	การอมน้ำมัน[ns]	ลักษณะเนื้อสัมผัส[ns]	ความชอบรวม
-60	8.27 ± 0.62	8.21[a] ± 0.80	7.29 ± 0.63	8.01 ± 0.78	7.95 ± 0.63	8.38[a] ± 0.52
-70	8.30 ± 0.47	7.71[b] ± 0.70	8.01 ± 0.62	8.06 ± 0.71	7.98 ± 0.49	7.51[b] ± 0.67
-90	8.29 ± 0.47	6.92[c] ± 0.58	8.00 ± 0.61	8.13 ± 0.67	8.06 ± 0.62	6.93[c] ± 0.71
-110	8.25 ± 0.58	6.73[c] ± 0.59	7.99 ± 0.66	8.23 ± 0.85	8.23 ± 0.76	6.79[c] ± 0.68

[ns] หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนเต็ม 10 คะแนน

ตารางที่ 4.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งที่ได้จากการแช่เยือกแข็งโดยใช้ liquid nitrogen ที่อุณหภูมิต่างกัน

SOV	d.f.	MS					
		สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	การอมน้ำมัน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
treatment	3	0.01	7.16*	0.11	0.14	0.24	7.79*
block	14	0.93*	1.35*	0.79*	1.78*	0.78*	1.25*
error	42	0.08	0.15	0.27	0.17	0.27	0.15

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design (ตารางที่ 4.17-4.18) และ Randomized Complete Block Design (ตารางที่ 4.19-4.20) พบว่า การแช่เยือกแข็ง

มันฝรั่งทอดแบบก้อนด้วย liquid nitrogen ที่อุณหภูมิต่างกัน ไม่มีผลต่อค่า % freezing loss, คะแนนเฉลี่ยสี, กลิ่นรส, การอมน้ำมัน และลักษณะเนื้อสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่า % heating loss, คะแนนเฉลี่ยลักษณะปรากฏ และความชอบรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง -60 องศาเซลเซียส ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า % heating loss ต่ำ มีคะแนนเฉลี่ยลักษณะปรากฏ และความชอบรวมสูง นอกจากนี้ได้ทำการทดลองหาปริมาณการใช้ liquid nitrogen เพื่อแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ -60 -70 -90 และ -110 องศาเซลเซียส เพื่อเปรียบเทียบ พบว่า ที่อุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ใช้ liquid nitrogen น้อยที่สุด หรือเป็นอุณหภูมิที่ประหยัดที่สุด ส่วนที่ -70 -90 และ -110 องศาเซลเซียส จะใช้ liquid nitrogen มากขึ้นตามลำดับ ดังแสดงวิธีการทดลองในภาคผนวก ค. ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ -60 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ด้วย liquid nitrogen สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

4.4 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง

เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก้อนตามขั้นตอนที่ระบุในข้อ 3.2.4 โดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง 2 วิธี คือ แบบใช้ liquid nitrogen และแบบ air blast นำมาให้ความร้อนโดยเปรียบเทียบ 2 วิธีคือ ทอดโดยใช้กระทะก้นลึก (deep fat frying) และแบบใช้เตาอบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์ ค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ และสี (L,a,b) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.21-4.23 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงในตารางที่ 4.24-4.26

ตารางที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยความแข็ง และค่าเฉลี่ยสี (L,a,b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง โดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง และวิธีการให้ความร้อน

วิธีการแช่เยือกแข็ง	วิธีการให้ความร้อน	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		ความแข็ง (N)	L	a	b^{ns}
air blast	ทอด	9.29 ± 0.59	58.63 ± 1.63	-3.44 ± 0.09	+21.16 ± 0.51
	อบ	10.17 ± 0.33	62.37 ± 0.90	-3.74 ± 0.10	+20.68 ± 0.40
liquid nitrogen	ทอด	9.45 ± 0.40	59.45 ± 1.49	-3.53 ± 0.12	+21.26 ± 0.77
	อบ	10.01 ± 0.48	62.52 ± 0.80	-3.79 ± 0.15	+20.87 ± 0.25

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

ตารางที่ 4.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยความแข็ง และค่าเฉลี่ยสี (L,a,b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง โดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง และวิธีการให้ความร้อน

SOV	d.f.	MS			
		ความแข็ง (N)	L	a	b
วิธีการแช่เยือกแข็ง (A)	1	0.00	0.93	0.02	0.08
วิธีการให้ความร้อน (B)	1	2.08*	46.44*	0.33*	0.78
AB	1	0.10	0.45	0.00	0.01
error	12	0.21	1.58	0.01	0.27

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 2×2 พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการแช่เยือกแข็ง และวิธีการให้ความร้อน ต่อค่าเฉลี่ยความแข็ง ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b)($p > 0.05$) แต่มีอิทธิพลของวิธีการให้ความร้อน ต่อค่าความแข็ง ค่าความสว่าง และค่าสีแดงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจึงแยกวิเคราะห์ค่าความแข็ง ค่าความสว่าง และค่าสีแดง โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีการให้ความร้อน ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.23

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยความแข็ง ค่าความสว่าง และค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีการให้ความร้อน

วิธีการให้ความร้อน	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ความแข็ง (N)	L	a
ทอด	9.37 ^{b} ± 0.48	59.04 ^{b} ± 1.51	-3.48 ^{a} ± 0.11
อบ	10.09 ^{a} ± 0.39	62.44 ^{a} ± 0.79	-3.76 ^{b} ± 0.12

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าวิธีการให้ความร้อนมีผลต่อค่าความแข็ง ค่าความสว่าง และค่าสีแดง ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ใช้การอบในการให้ความร้อนอีกครั้ง จะมีค่าความแข็ง และค่าความสว่างสูงกว่า และมีค่าสีแดงต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้การทอดในการให้ความร้อนอีกครั้ง

ตารางที่ 4.24 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส การอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัส และ ความชอบรวม ของมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง โดยแปรวิธีการแช่เยือกแข็ง และวิธีการให้ความร้อน

วิธีการแช่เยือกแข็ง	วิธีการให้ความร้อน	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
		สี	กลิ่นรส	การอมน้ำมัน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
air blast	ทอด	7.99 ± 0.80	8.00 ± 0.69	7.50 ± 0.80	7.96 ± 0.75	8.09 ± 0.86
	อบ	6.17 ± 0.63	7.14 ± 0.72	8.16 ± 0.62	6.87 ± 0.75	6.85 ± 0.63
liquid nitrogen	ทอด	8.06 ± 0.83	8.05 ± 0.95	7.47 ± 0.83	7.99 ± 0.54	7.91 ± 0.76
	อบ	6.20 ± 0.70	7.11 ± 0.59	8.02 ± 0.57	6.98 ± 0.67	6.94 ± 0.73

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนเต็ม 10 คะแนน

ตารางที่ 4.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง โดยแปรวิธีการแช่เยือกแข็ง และวิธีการให้ความร้อน

SOV	d.f.	MS				
		สี	กลิ่นรส	การอมน้ำมัน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
วิธีแช่เยือกแข็ง (A)	1	0.03	0.00	0.11	0.07	0.03
วิธีการให้ความร้อน (B)	1	50.77*	12.02*	5.44*	16.59*	18.34*
AB	1	0.00	0.03	0.05	0.02	0.25
block	14	1.08*	1.63*	0.78	1.45*	1.02*
error	42	0.38	0.21	0.42	0.14	0.41

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Factorial Randomized Complete Block Design พบว่า อิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง อิทธิพลร่วมของวิธีแช่เยือกแข็งกับวิธีให้ความร้อน ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสทุกด้าน ($p > 0.05$) แต่อิทธิพลของวิธีการให้ความร้อน มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสโดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีการให้ความร้อน ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส การอมน้ำมัน ลักษณะเนื้อสัมผัส และ ความชอบรวม ของมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีการให้ความร้อน

วิธีให้ความร้อน	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี	กลิ่นรส	การอมน้ำมัน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ทอด	8.02^{a} ± 0.80	8.02^{a} ± 0.82	7.49^{b} ± 0.80	7.98^{a} ± 0.64	8.00^{a} ± 0.80
อบ	6.19^{b} ± 0.66	7.13^{b} ± 0.65	8.09^{a} ± 0.59	6.93^{b} ± 0.70	6.90^{b} ± 0.67

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนเต็ม 10 คะแนน

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม พบว่า มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง ที่ให้ความร้อนด้วยวิธีการทอดโดยใช้กระทะก้นลึก จะมีคะแนนเฉลี่ยด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงกว่ามันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งที่ให้ความร้อนด้วยวิธีการอบในเตาอบ แต่คะแนนด้านการอมน้ำมันต่ำกว่า ดังนั้นเมื่อพิจารณาโดยรวมทุกด้านสรุปได้ว่า มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งที่ให้ความร้อนด้วยวิธีการทอดโดยใช้กระทะก้นลึก เป็นวิธีการให้ความร้อนที่เหมาะสมสำหรับการทดลองขั้นต่อไป

ส่วนอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง พบว่า ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสทุกด้าน ทำให้ไม่สามารถเลือกวิธีการแช่เยือกแข็งมันฝรั่งทอดแบบก้อนที่ดีที่สุดได้ ดังนั้นจึงนำอิทธิพลของวิธีการแช่เยือกแข็งไปทดลอง และศึกษาผลในช่วงการศึกษาสภาวะการเก็บรักษาต่อไป

4.5 ศึกษาปริมาณ sodium acid pyrophosphate (SAPP) ที่เหมาะสม สำหรับการปรับปรุงสีมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง

เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก้อนตามขั้นตอนที่ระบุในข้อ 3.2.5 โดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวกเป็น 0.000 0.025 0.05 0.075 และ 0.100% (W/V) ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณ phosphate ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ (mg P_2O_5 / 100 g sample) และสี (L,a,b) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.27-4.28 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงในตารางที่ 4.29-4.30

ตารางที่ 4.27 ค่าเฉลี่ยปริมาณ phosphate ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ (mg P_2O_5 / 100 g sample) และสี (L,a,b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนโดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก

ปริมาณ SAPP (%W/V)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	ปริมาณ phosphate ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ (mg P_2O_5 / 100 g sample)	L	a ns	b ns
0.000	3.06 ^{e} ± 0.08	65.70 ^{c} ± 0.79	- 5.01 ± 0.05	+17.84 ± 0.39
0.025	4.15 ^{d} ± 0.05	67.15 ^{c} ± 1.41	- 5.03 ± 0.04	+17.65 ± 0.38
0.050	5.27 ^{c} ± 0.07	70.52 ^{b} ± 0.82	- 5.12 ± 0.18	+17.69 ± 0.49
0.075	6.30 ^{b} ± 0.06	73.73 ^{a} ± 1.06	- 5.13 ± 0.09	+17.89 ± 0.22
0.100	8.21 ^{a} ± 0.05	73.93 ^{a} ± 1.06	- 5.16 ± 0.24	+17.89 ± 0.41

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

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

ตารางที่ 4.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณ phosphate ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ (mg P_2O_5 /100 g sample) และสี (L,a,b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนที่ทอดในน้ำมันปาล์มโอเลอินแบบ deep fat frying โดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก

SOV	d.f.	MS			
		ปริมาณ phosphate ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ (mg P_2O_5 / 100 g sample)	L	a	b
treatment	4	11.83*	42.08*	0.01	0.04
error	10	3.79×10^{-3}	1.12	0.02	0.15

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์หลังการละลายก่อนนำมาให้ความร้อนอีกครั้ง พบว่า อิทธิพลของปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก มีผลต่อปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ และค่าความสว่าง (L) ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยสีแดง (a) และสีเหลือง (b) ($p>0.05$) โดยพบว่าปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์สูงขึ้น เมื่อใช้ปริมาณ SAPP สูงขึ้น และเมื่อพิจารณาค่าความสว่างพบว่า ผลิตภัณฑ์จะมีค่าความสว่างสูงขึ้น เมื่อใช้ปริมาณ SAPP สูงขึ้นและค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก 0.075 และ 0.100% (W/V) จะมีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าความสว่างสูงที่สุด ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.29 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง โดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก

ปริมาณ SAPP (%W/V)	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี[ns]	กลิ่นรส[ns]	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส[ns]	ความชอบรวม
0.000	7.94 ± 0.54	8.31 ± 0.58	8.33 [a] ± 0.62	7.85 ± 0.80	7.89 [a] ± 0.73
0.025	7.94 ± 0.62	8.26 ± 0.71	8.44 [a] ± 0.71	8.00 ± 0.52	8.00 [a] ± 0.78
0.050	7.93 ± 0.59	8.29 ± 0.61	8.33 [a] ± 0.68	7.88 ± 0.57	7.82 [a] ± 0.68
0.075	7.82 ± 0.78	8.33 ± 0.49	8.27 [a] ± 0.68	7.97 ± 0.66	7.74 [a] ± 0.64
0.100	8.09 ± 0.62	8.13 ± 0.55	7.03 [b] ± 0.58	7.98 ± 0.74	6.55 [b] ± 0.67

[ns] หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

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

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนเต็ม 10 คะแนน

ตารางที่ 4.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง โดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก

SOV	d.f.	MS				
		สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
treatment	4	0.08	0.09	5.19*	0.06	5.31*
block	14	1.29*	1.08*	1.57*	0.83*	1.09*
error	56	0.20	0.17	0.18	0.35	0.34

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design (ตารางที่ 4.27-4.28) และ Randomized Complete Block Design (ตารางที่ 4.29-4.30) พบว่า ปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวกที่ระดับต่างๆ มีผลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณ phosphate ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ และค่าความสว่าง (L) ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าสีแดง (a) และสีเหลือง (b) ($p > 0.05$) โดยพบว่ามันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่มี SAPP ร้อยละ 0.075 และ 0.100 จะมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันและมีค่าสูงที่สุด ส่วนปริมาณ phosphate ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ พบว่า ตัวอย่างที่ได้จากมันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่มี SAPP ร้อยละ 0.100 จะมีค่าสูงที่สุด แต่มีปริมาณไม่เกินมาตรฐานคือ ไม่เกิน 100 mg/kg sample (Food and

Agriculture Organization of the United Nations, 1982) ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวกที่ระดับต่างๆ มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติและความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ได้จากมันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่มี SAPP ร้อยละ 0.000 0.025 0.050 และ 0.075 มีคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติและความชอบรวมไม่แตกต่างกัน และมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างที่ได้จากมันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่มี SAPP ร้อยละ 0.100

ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างที่ได้จากมันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่มี SAPP ร้อยละ 0.075 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสว่าง และคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติและความชอบรวมสูงไว้เพื่อเปรียบเทียบกับการลวกด้วยน้ำเปล่าสำหรับศึกษาในขั้นต่อไป

4.6 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งและศึกษาผลของปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บแช่เยือกแข็งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี ลักษณะทางประสาทสัมผัส และจุลชีววิทยา ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง

เตรียมมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และเตรียมมันฝรั่งเช่นเดียวกับข้อ 3.2.6 โดยลวกมันฝรั่งในน้ำที่มี SAPP ร้อยละ 0.0 และ 0.075 (W/V) แช่เยือกแข็ง 2 วิธีคือ liquid nitrogen cryogenic freezing และ air blast freezing จับเวลาที่ใช้จนกระทั่งอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของชิ้นมันฝรั่งเป็น -18 องศาเซลเซียส เก็บบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LLDPE ในสภาวะแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 เดือน สุ่มตรวจคุณภาพตัวอย่างเริ่มต้นและหลังจากนั้นทุก 1 เดือน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ แสดงในตารางที่ 4.31 ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก % weight loss, % thawing loss และ % heating loss สี (L,a,b) และค่า TBA แสดงในตารางที่ 4.32-4.41 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.42-4.46 และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ปริมาณยีสต์ และรา (Yeast and Mold) แสดงในตารางที่ 4.47

ตารางที่ 4.31 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย [a] (%) ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น	65.51 ± 0.18
โปรตีน	1.95 ± 0.08
ไขมัน	9.07 ± 0.14
คาร์โบไฮเดรต [b]	21.74 ± 1.13
เถ้า	1.11 ± 0.03
เส้นใย	0.62 ± 0.02

[a] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

[b] หาโดยผลต่างจาก 100%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.32 ค่า % weight loss, % thawing loss และ % heating loss ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง โดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง และ ระยะเวลาเก็บ

ปริมาณSAPP (% W/V)	วิธีแช่เยือกแข็ง	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ค่าเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
			% weight loss	% thawing loss	% heating loss
0	air blast	0	1.29 ± 0.04	5.58 ± 0.31	25.79 ± 1.34
		1	1.30 ± 0.04	5.72 ± 0.33	29.21 ± 1.37
		2	1.32 ± 0.08	5.63 ± 0.30	30.44 ± 1.62
		3	1.34 ± 0.06	5.83 ± 0.17	31.82 ± 1.61
		4	1.37 ± 0.40	5.80 ± 0.60	32.58 ± 1.92
		5	1.35 ± 0.10	5.83 ± 0.17	33.44 ± 2.52
	liquid nitrogen	0	0.65 ± 0.01	2.60 ± 0.14	23.62 ± 1.64
		1	0.64 ± 0.04	2.51 ± 0.22	24.08 ± 1.60
		2	0.67 ± 0.01	2.40 ± 0.09	25.93 ± 1.80
		3	0.68 ± 0.04	2.81 ± 0.13	27.49 ±1.63
		4	0.69 ± 0.04	2.70 ± 0.17	29.47 ± 1.05
		5	0.69 ± 0.06	3.06 ± 0.11	30.04 ± 0.48
0.075	air blast	0	1.27 ± 0.04	5.55 ± 0.27	26.29 ± 1.47
		1	1.28 ± 0.06	5.82 ± 0.25	28.97 ± 1.06
		2	1.32 ± 0.08	5.76 ± 0.34	30.76 ± 1.10
		3	1.36 ± 0.03	5.88 ± 0.37	32.11 ± 1.41
		4	1.35 ± 0.06	5.79 ± 0.13	32.65 ± 1.69
		5	1.37 ± 0.08	5.83 ± 0.17	33.32 ± 1.54
	liquid nitrogen	0	0.64 ± 0.03	2.40 ± 0.14	23.13 ±1.00
		1	0.62 ± 0.06	2.51 ± 0.16	24.25 ±1.40
		2	0.65 ± 0.04	2.51 ± 0.15	26.21 ±1.34
		3	0.68 ± 0.06	2.40 ± 0.14	27.34 ± 0.48
		4	0.67 ± 0.04	2.90 ± 0.17	28.95 ±1.41
		5	0.71 ± 0.04	2.80 ± 0.20	29.80 ±1.15

ตารางที่ 4.33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย % weight loss ,% thawing loss และ % heating loss ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งโดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง ระยะเวลาเก็บ

SOV	d.f.	MS.		
		% weight loss	% thawing loss	% heating loss
ปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก (A)	1	0.00	0.01	0.00
วิธีแช่เยือกแข็ง (B)	1	5.24*	116.84*	184.67*
ระยะเวลาเก็บ (C)	5	0.00	0.14	55.86*
AB	1	0.01	0.05	0.26
AC	5	0.00	0.03	0.07
BC	5	0.00	0.05	1.53
ABC	5	0.00	0.03	0.12
error	24	0.00	0.06	2.14

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2×2×6 พบว่ามีอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง ต่อค่า % weight loss และ % thawing loss ($p \leq 0.05$) และอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บ มีผลต่อค่า % heating loss ($p \leq 0.05$) ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จึงแยกวิเคราะห์ % weight loss และ % thawing loss โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง แสดงผลในตารางที่ 4.34 และ % heating loss พิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.34 -4.35

ตารางที่ 4.34 ค่าเฉลี่ย % thawing loss ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง

วิธีการแช่เยือกแข็ง	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	% weight loss	% thawing loss	% heating loss
air blast	1.33 ^{a} ± 0.07	5.75 ^{a} ± 0.25	30.61 ^{a} ± 2.78
liquid nitrogen	0.67 ^{b} ± 0.03	2.63 ^{b} ± 0.42	26.69 ^{b} ± 2.65

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

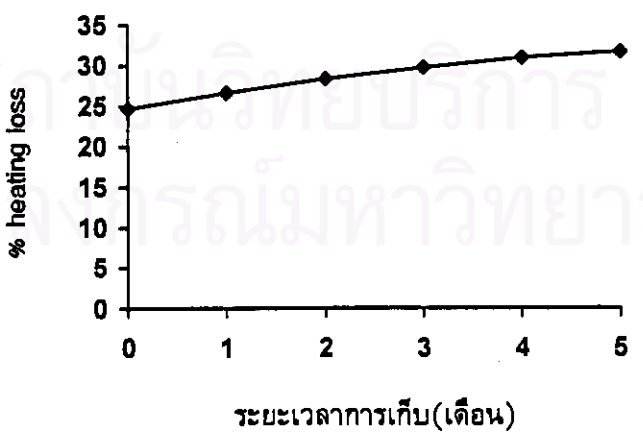
จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าวิธีการแช่เยือกแข็งมีผลต่อค่า % weight loss % thawing loss และ % heating loss ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่แช่เยือกแข็งโดยใช้ air blast จะมีค่า % weight loss % thawing loss และ % heating loss สูงกว่าตัวอย่างที่แช่เยือกแข็งโดยใช้ liquid nitrogen

ตารางที่ 4.35 ค่าเฉลี่ย % heating loss ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ

ระยะเวลาเก็บ	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	$24.71^{e} \pm 2.22$
1	$26.63^{d} \pm 2.43$
2	$28.33^{c} \pm 2.53$
3	$29.69^{bc} \pm 2.32$
4	$30.91^{ab} \pm 0.74$
5	$31.65^{a} \pm 2.69$

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าระยะเวลาเก็บมีผลต่อค่า % heating loss ($p \leq 0.05$) โดยจะพบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บมากขึ้น ค่า % heating loss จะมีค่าสูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ค่า % heating loss ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง เมื่อระยะเวลาเก็บต่างกัน

ตารางที่ 4.36 ค่าเฉลี่ยสี (L, a,b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งโดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บ

ปริมาณSAPP (% W/V)	วิธีแช่เยือกแข็ง	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
			L	a^{ns}	b
0	air blast	0	69.61^{c}±0.67	-5.13±0.13	17.53±0.58
		1	69.52^{c}±1.12	-5.07±0.10	16.58±0.65
		2	67.55^{d}±1.43	-5.09±0.28	16.28±1.02
		3	67.66^{d}±1.44	-5.10±0.32	15.99±0.76
		4	65.84^{e}±0.77	-5.12±0.24	15.24±0.69
		5	64.95^{ef}±1.30	-5.11±0.19	15.22±0.62
	liquid nitrogen	0	70.34^{bc}±0.83	-5.16±0.25	17.80±1.44
		1	70.26^{bc}±0.93	-5.16±0.42	16.87±1.34
		2	69.58^{c}±0.44	-5.14±0.33	16.10±0.66
		3	68.35^{cd}±0.83	-5.13±0.18	15.56±0.45
		4	67.78^{d}±1.12	-5.07±0.33	15.26±0.10
		5	67.13^{d}±1.11	-5.04±0.31	15.14±0.92
0.075	air blast	0	72.33^{ab}±1.59	-5.00±0.28	17.56±0.07
		1	72.21^{ab}±1.47	-5.01±0.41	16.82±0.69
		2	72.24^{ab}±1.47	-5.04±0.30	16.78±0.61
		3	72.06^{ab}±1.29	-5.13±0.28	16.64±0.58
		4	71.14^{b}±1.03	-5.05±0.04	16.75±0.47
		5	71.52^{b}±1.48	-5.07±0.48	16.42±0.71
	liquid nitrogen	0	73.62^{a}±1.45	-5.10±0.20	17.88±1.02
		1	73.18^{a}±1.46	-5.14±0.14	17.49±0.28
		2	73.37^{a}±1.00	-5.08±0.17	17.28±0.48
		3	72.94^{a}±1.04	-5.14±0.21	17.24±0.55
		4	72.02^{ab}±1.44	-5.16±0.06	17.20±1.16
		5	71.83^{b}±0.92	-5.14±0.44	16.94±1.16

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

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

ตารางที่ 4.37 การวิเคราะห์ ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยสี (L, a,b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งโดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บ

SOV	d.f.	MS.		
		L	a	b
ปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก (A)	1	207.38*	0.01	10.89*
วิธีแช่เยือกแข็ง (B)	1	15.84*	0.03	0.73
ระยะเวลาเก็บ (C)	5	9.31*	0.00	3.29*
AB	1	6.34*	0.01	0.84
AC	5	4.84*	0.01	0.81
BC	5	5.28*	0.00	0.04
ABC	5	3.87*	0.00	0.05
error	24	1.42	0.08	0.62

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2×2×6 พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บ ต่อค่าความสว่าง (L) ($p \leq 0.05$) และมีอิทธิพลของปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก และระยะเวลาเก็บ ต่อค่าสีเหลือง (b) ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลของปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บ ต่อค่าสีแดง (a) ($p > 0.05$) ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จึงแยกวิเคราะห์ค่าสีเหลืองโดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก และระยะเวลาเก็บ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.38-4.39

ตารางที่ 4.38 ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งเมื่อพิจารณาอิทธิพลของปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก

ปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก (% W/V)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	$16.13^{b} \pm 0.54$
0.075	$17.08^{a} \pm 0.47$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

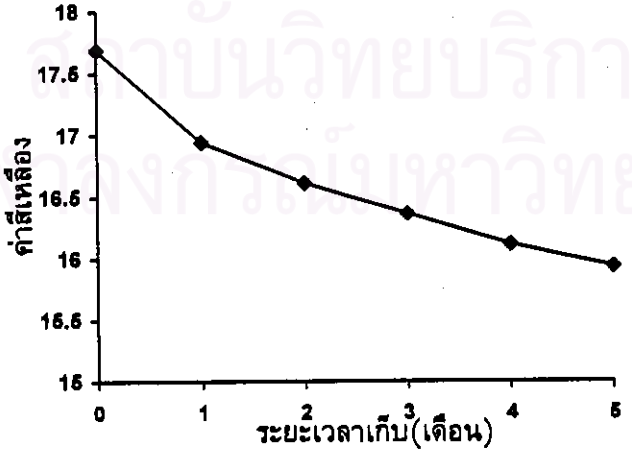
จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณ SAPP มีผลต่อค่าสีเหลือง ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ได้จากมันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่มี SAPP 0.075% มีค่าสีเหลืองสูงกว่าตัวอย่างที่ได้จากมันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่ไม่มี SAPP

ตารางที่ 4.39 ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งเมื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ

ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	$17.69^{a} \pm 0.47$
1	$16.94^{ab} \pm 0.51$
2	$16.61^{bc} \pm 0.39$
3	$16.36^{bc} \pm 0.44$
4	$16.11^{bc} \pm 0.48$
5	$15.93^{c} \pm 0.42$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่าสีเหลืองจะลดลง ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง เมื่อระยะเวลาเก็บต่างกัน

ตารางที่ 4.40 ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง โดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง ระยะเวลาเก็บ

ปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก (% W/V)	วิธีแช่เยือกแข็ง	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	air blast	0	$0.20^{ef} \pm 0.03$
		1	$0.29^{de} \pm 0.03$
		2	$0.34^{d} \pm 0.01$
		3	$0.45^{c} \pm 0.04$
		4	$0.61^{b} \pm 0.01$
		5	$0.82^{a} \pm 0.03$
	liquid nitrogen	0	$0.20^{ef} \pm 0.03$
		1	$0.27^{de} \pm 0.02$
		2	$0.29^{de} \pm 0.01$
		3	$0.35^{d} \pm 0.02$
		4	$0.42^{c} \pm 0.02$
		5	$0.44^{c} \pm 0.03$
0.075	air blast	0	$0.14^{f} \pm 0.02$
		1	$0.16^{f} \pm 0.02$
		2	$0.21^{ef} \pm 0.01$
		3	$0.24^{e} \pm 0.01$
		4	$0.33^{d} \pm 0.02$
		5	$0.38^{cd} \pm 0.01$
	liquid nitrogen	0	$0.18^{f} \pm 0.03$
		1	$0.19^{f} \pm 0.02$
		2	$0.21^{ef} \pm 0.01$
		3	$0.24^{e} \pm 0.02$
		4	$0.28^{de} \pm 0.01$
		5	$0.31^{d} \pm 0.02$

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า TBA ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งโดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง ระยะเวลาเก็บ

SOV	d.f.	MS
ปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก(A)	1	0.28*
วิธีแช่เยือกแข็ง (B)	1	0.05*
ระยะเวลาเก็บ (C)	5	0.11*
AB	1	0.04*
AC	5	0.02*
BC	5	0.02*
ABC	5	0.01*
error	24	0.00

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 2×2×6 พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บ ต่อค่า TBA ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างที่ใช้มันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่มี SAPP ที่ระดับเดียวกัน เมื่อนำมาแช่เยือกแข็งโดยใช้ air blast จะมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า TBA สูงกว่าตัวอย่างที่แช่เยือกแข็งโดยใช้ liquid nitrogen เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ใช้มันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่มี SAPP 0% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และแช่เยือกแข็งโดยใช้ air blast มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของค่า TBA มากที่สุด เมื่อระยะการเก็บเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธีเดียวกัน เมื่อใช้มันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่ไม่มี SAPP จะมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า TBA มากกว่าตัวอย่างที่ใช้มันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่มี SAPP 0.075% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เมื่อระยะเวลาเก็บมากขึ้น ($p \leq 0.05$) และเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่าง จะมีแนวโน้มสูงขึ้น ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.42 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และ ความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง หลังให้ความร้อนอีกครั้งโดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง ระยะเวลาเก็บ

ปริมาณSAPP ในน้ำที่ใช้ลวก (%W/V)	วิธีแช่เยือกแข็ง	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
			สี[ns]	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0	air blast	0	8.53±0.61	8.00±0.64	8.25±0.67	8.10±0.31	7.90±1.04
		1	8.21±1.16	7.75±0.61	8.10±0.53	7.80±0.68	7.53±1.64
		2	8.20±1.24	7.46±0.58	7.95±0.52	7.87±0.39	7.60±0.34
		3	7.94±0.75	7.20±0.57	7.70±0.59	7.83±0.62	7.37±0.71
		4	8.19±1.32	7.07±0.53	7.55±0.79	7.66±0.47	7.21±1.21
		5	7.80±1.31	6.83±0.58	7.19±0.76	7.21±1.08	7.17±0.73
	liquid nitrogen	0	8.14±0.84	8.10±0.62	8.20±1.09	8.36±0.32	8.03±1.15
		1	7.97±0.92	7.98±0.62	8.12±0.48	8.04±0.60	7.87±1.22
		2	7.84±1.21	7.96±0.68	8.05±0.37	8.02±0.33	7.50±1.56
		3	8.20±0.76	7.33±0.71	7.63±0.62	7.85±0.32	7.65±0.67
		4	8.24±1.12	7.17±0.93	7.34±0.47	8.00±0.59	7.57±0.28
		5	7.94±1.31	7.02±1.28	7.22±0.53	7.63±0.46	7.70±0.37
0.075	air blast	0	8.50±0.92	8.12±0.79	8.10±0.80	8.33±0.32	7.82±1.34
		1	7.84±1.12	7.98±0.78	7.85±0.99	8.14±0.42	7.64±1.22
		2	8.40±1.10	7.54±1.02	7.83±0.74	7.97±0.41	7.62±0.31
		3	7.75±0.81	7.56±0.83	7.63±0.92	7.85±0.62	7.44±0.49
		4	8.07±1.32	6.96±1.32	7.53±0.65	7.32±0.49	7.25±1.06
		5	7.87±1.18	6.73±1.19	7.18±0.73	7.27±0.78	7.21±0.97
	liquid nitrogen	0	8.27±1.21	8.24±0.78	8.31±0.48	8.45±0.32	7.93±1.53
		1	7.97±1.01	7.87±1.27	8.15±0.65	8.24±0.60	7.83±1.38
		2	8.04±0.82	7.88±0.97	7.73±0.48	8.11±0.33	7.73±0.70
		3	8.00±1.11	7.27±1.64	7.39±0.61	7.94±0.46	7.57±0.97
		4	8.34±0.88	7.14±1.36	7.45±0.83	7.82±0.40	7.87±0.47
		5	7.70±1.42	7.13±0.87	7.00±0.59	7.44±1.01	7.23±0.70

[ns] หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนเต็ม 10 คะแนน

ตารางที่ 4.43 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งหลังให้ความร้อนอีกครั้งโดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง ระยะเวลาเก็บ

SOV	d.f.	MS				
		สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก(A)	1	0.30	0.19	0.83	0.17	0.00
วิธีแช่เยือกแข็ง (B)	1	0.72	2.23*	0.05	4.08*	4.94*
ระยะเวลาเก็บ (C)	5	0.60	13.24*	9.54*	0.41	2.72*
AB	1	0.14	0.23	0.01	0.06	0.05
AC	5	0.24	0.11	0.14	0.52	0.36
BC	5	0.17	0.47	0.24	0.24	2.42*
ABC	5	0.58	0.23	0.21	0.09	0.24
block	14	1.06*	8.15*	1.23*	1.97*	0.35*
error	322	0.29	0.55	0.44	0.23	16.52

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Factorial Randomized Complete Block Design พบว่าไม่มีอิทธิพลของปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บ ต่อคะแนนสี ($p > 0.05$) แต่มีอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง ต่อคะแนนลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส ($p \leq 0.05$) อิทธิพลของระยะเวลาเก็บ ต่อคะแนนลักษณะปรากฏ และกลิ่นรส ($p \leq 0.05$) และมีอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ ต่อคะแนนความชอบรวม ($p \leq 0.05$) ดังนั้นในการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย จึงแยกวิเคราะห์คะแนนลักษณะปรากฏ โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บ แสดงผลในตารางที่ 4.44-4.45 คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัส พิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง แสดงผลในตารางที่ 4.44 คะแนนกลิ่นรส พิจารณาเฉพาะอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ แสดงผลในตารางที่ 4.45 คะแนนความชอบรวม พิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ แสดงผลในตารางที่ 4.46

ตารางที่ 4.44 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง หลังให้ความร้อนอีกครั้ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง

วิธีแช่เยือกแข็ง	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ลักษณะปรากฏ	ลักษณะเนื้อสัมผัส
air blast	$7.43^{b} \pm 0.91$	$7.78^{b} \pm 0.25$
liquid nitrogen	$7.79^{a} \pm 0.95$	$7.99^{a} \pm 0.43$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

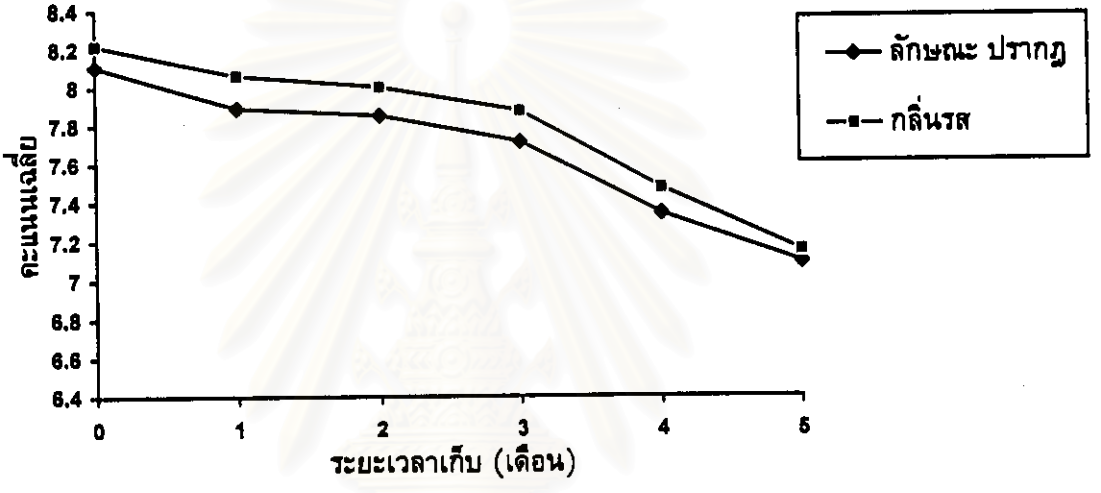
จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าวิธีการแช่เยือกแข็งมีผลต่อคะแนนลักษณะปรากฏ และลักษณะเนื้อสัมผัส ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่แช่เยือกแข็งโดยใช้ liquid nitrogen จะมีคะแนนลักษณะปรากฏ และลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่แช่เยือกแข็งโดยใช้ air blast

ตารางที่ 4.45 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง หลังให้ความร้อนอีกครั้ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ

ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส
0	$8.11^{a} \pm 0.61$	$8.22^{a} \pm 0.53$
1	$7.89^{ab} \pm 0.71$	$8.06^{ab} \pm 0.51$
2	$7.85^{ab} \pm 0.80$	$8.00^{ab} \pm 0.62$
3	$7.71^{b} \pm 1.12$	$7.87^{b} \pm 0.42$
4	$7.34^{c} \pm 0.81$	$7.47^{c} \pm 0.57$
5	$7.09^{cd} \pm 0.63$	$7.15^{d} \pm 0.65$

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าระยะเวลาเก็บมีผลต่อคะแนนลักษณะปรากฏ และกลิ่น-รส ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งก่อนเก็บรักษา ได้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ และกลิ่นรสสูงที่สุด และมีคะแนนไม่แตกต่างกับตัวอย่างที่ใช้ระยะเวลาเก็บ 2 เดือน แต่เมื่อเก็บนาน 3 เดือนขึ้นไป คะแนนเฉลี่ยทั้ง 2 ด้านดังกล่าวจะลดลง และแตกต่างจากก่อนเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง หลังให้ความร้อนอีกครั้ง เมื่อระยะเวลาเก็บต่างกัน

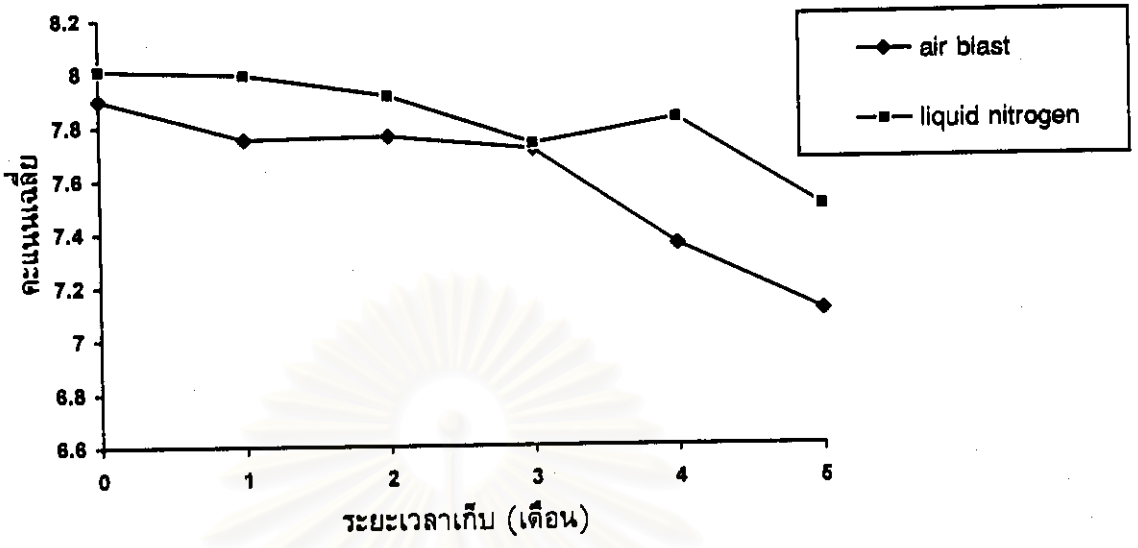
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.46 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง หลังให้ความร้อนอีกครั้ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บ

วิธีแช่เยือกแข็ง	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
air blast	0	$7.90^{ab} \pm 0.80$
	1	$7.75^{abc} \pm 0.75$
	2	$7.76^{abc} \pm 0.80$
	3	$7.71^{abc} \pm 1.02$
	4	$7.35^{cd} \pm 0.83$
	5	$7.10^{de} \pm 0.91$
liquid nitrogen	0	$8.01^{a} \pm 0.72$
	1	$7.99^{a} \pm 0.68$
	2	$7.91^{ab} \pm 0.91$
	3	$7.73^{abc} \pm 0.93$
	4	$7.82^{abc} \pm 0.93$
	5	$7.49^{bcd} \pm 1.05$

a,b,c,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ มีผลต่อคะแนนความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งด้วย air blast จะได้คะแนนความชอบรวมใกล้เคียงกันในช่วงระยะเวลาเก็บ 3 เดือน แต่ที่ระยะเวลาเก็บ 4 เดือน คะแนนเฉลี่ยจะเริ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งด้วย liquid nitrogen จะได้คะแนนความชอบรวมสูงและไม่แตกต่างกันในช่วงระยะเวลาเก็บ 4 เดือน ($p \leq 0.05$) แต่ที่ระยะเวลาเก็บ 5 เดือน คะแนนเฉลี่ยจะเริ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการเก็บรักษา นอกจากนั้น ยังพบว่าคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งด้วย liquid nitrogen สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งด้วย air blast ผลดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง หลังให้ความร้อนอีกครั้ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บ

เมื่อพิจารณาสมบัติทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมโดยการลวกด้วยน้ำที่ไม่มีและมี SAPP (0.075%) แช่เยือกแข็งด้วยวิธีการต่างกัน 2 วิธี และเก็บไว้เป็นระยะเวลา 5 เดือน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.47

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.47 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ปริมาณยีสต์ และรา (Yeast and Mold) ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็งโดยแปรปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก วิธีแช่เยือกแข็ง ระยะเวลาเก็บ

ปริมาณSAPP (%W/V)	วิธีแช่เยือกแข็ง	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ค่าเฉลี่ย	
			TPC	ยีสต์ และรา
0	air blast	0	3.30×10^{3}	1.20×10^{3}
		1	1.67×10^{3}	5.60×10^{2}
		2	8.80×10^{2}	$< 300^{*}$
		3	$< 300^{*}$	$< 300^{*}$
		4	$< 300^{*}$	$< 300^{*}$
		5	$< 300^{*}$	$< 300^{*}$
	liquid nitrogen	0	4.80×10^{3}	1.30×10^{3}
		1	3.70×10^{3}	6.00×10^{2}
		2	1.38×10^{3}	$< 300^{*}$
		3	7.20×10^{2}	$< 300^{*}$
		4	$< 300^{*}$	$< 300^{*}$
		5	$< 300^{*}$	$< 300^{*}$
0.075	air blast	0	3.10×10^{3}	9.00×10^{2}
		1	1.50×10^{3}	$< 300^{*}$
		2	7.00×10^{2}	$< 300^{*}$
		3	$< 300^{*}$	$< 300^{*}$
		4	$< 300^{*}$	$< 300^{*}$
		5	$< 300^{*}$	$< 300^{*}$
	liquid nitrogen	0	4.50×10^{3}	1.10×10^{3}
		1	3.20×10^{3}	4.20×10^{2}
		2	1.20×10^{3}	$< 300^{*}$
		3	6.30×10^{2}	$< 300^{*}$
		4	$< 300^{*}$	$< 300^{*}$
		5	$< 300^{*}$	$< 300^{*}$

* ที่ dilution 10^{-1} พบว่า มีจำนวนโคโลนีน้อยกว่า 30

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) และปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บมากขึ้น เมื่อพิจารณาผลของปริมาณ SAPP ในน้ำที่ใช้ลวก พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่ไม่มี SAPP จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งปริมาณยีสต์และราสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมันฝรั่งที่ลวกในน้ำที่มี SAPP 0.075% เมื่อพิจารณาผลของวิธีการแช่เยือกแข็ง พบว่าก่อนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแบบก้อนที่แช่เยือกแข็งด้วย liquid nitrogen จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมทั้งปริมาณยีสต์และราสูงกว่า ผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณเชื้อที่พบมีแนวโน้มใกล้เคียงกันและมีปริมาณน้อยกว่า 300 โคโลนี/กรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย