

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป ได้แก่ เกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพด วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยหยาบ ผลวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

องค์ประกอบทางเคมี (%wet basis)	ค่าเฉลี่ย ^a ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	เกล็ดมันฝรั่ง	แป้งมันฝรั่ง	แป้งข้าวโพด ^b
ความชื้น (%)	6.80±0.08	18.22±0.57	10.19±0.42
โปรตีน (%)	9.16±0.01	0.10±0.02	1.60±0.18
ไขมัน (%)	1.34±0.34	0.87±0.01	tr**
เส้นใย (%)	0.67±0.04	0.968±0.03	tr**
เถ้า (%)	0.99±0.008	0.14±0.04	0.13±0.01
คาร์โบไฮเดรต (%)**	81.04±0.54	79.71±0.33	87.31±0.26

a ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

b มาจาก จารุวรรณ (2540)

** คำนวณจากผลต่าง 100 เปอร์เซ็นต์กับปริมาณองค์ประกอบอื่น

tr** น้อยมาก

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพด พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และน้ำ โดยเกล็ดมันฝรั่งจะมีโปรตีนสูงสุด ซึ่งโปรตีนจะมีผลต่อการเกิดโครงสร้างของแป้ง ซึ่งเกิดจากการดูดกติน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน ส่วนไขมัน เส้นใยและเถ้ามีปริมาณน้อยมากทั้งในเกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพด

4.2 การปรับปรุงและสร้างอุปกรณ์ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

ขั้นตอนนี้ต้องการปรับปรุงและสร้างอุปกรณ์ที่จำเป็นในการผลิต ได้แก่ การปรับปรุงการผลิตในขั้นตอนการทำแผ่นแป้ง และได้ทดลองสร้างอุปกรณ์ขึ้นรูปแบบต่างๆ ปรากฏว่า การใช้วิธีการผลิตแบบดั้งเดิมให้ลักษณะผลิตภัณฑ์หลังทอดเรียบ เนื้อเนียนสม่ำเสมอ แต่เนื้อสัมผัสแข็งไม่กรอบ ส่วนการใช้เครื่องรีดแผ่นแป้งให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอ ผิวเรียบ มีความสะดวกรวดเร็วในการปฏิบัติมากกว่าการใช้ลูกกลิ้งไม้ เพราะการใช้ลูกกลิ้งไม้รีดแผ่นแป้งให้บางนั้นต้องรีดซ้ำหลายๆ ครั้ง จึงจะได้แผ่นแป้งที่มีลักษณะเรียบเนียนเสมอกัน และได้เลือกการขึ้นรูปแบบใช้แม่พิมพ์ 2 แผ่นมาประกอบกัน เพราะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์หลังทอดที่มีลักษณะเหมือนกันทั้งขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์

4.3 คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป

ผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบโดยแปรปริมาณเกล็ดมันฝรั่งเป็น 60 - 85% แป้งมันฝรั่ง 5-40% แป้งข้าวโพด 5 - 20% ใช้ mixture design ในการพัฒนาสูตร จากพื้นที่ที่เป็นไปตามข้อกำหนด เลือกสูตรสำหรับการทดลองผลิต 6 สูตร

เลือกสูตรมันฝรั่งแผ่นทอดที่ดีที่สุดโดยการวิเคราะห์ ความชื้นก่อนทอด ความชื้นหลังทอด ความแข็ง สีของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6-9 และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ ความกรอบ กลิ่นรส และการยอมรับรวม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 10-11

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยความชื้นก่อนทอด ความชื้นหลังทอด ค่าความแข็งของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่แปรปริมาณ เกล็ดมันฝรั่ง (PF) แป้งมันฝรั่ง (PS) แป้งข้าวโพด (CS)

PF:PS:CS	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ความชื้นก่อนทอด (%)	ความชื้นหลังทอด (%)	ค่าความแข็ง ^{ns} (g- force)
85:5:10	40.37 \pm 0.57 ^a	9.42 \pm 0.07 ^a	578.49 \pm 20.75
60:30:10	31.91 \pm 2.02 ^b	2.89 \pm 0.10 ^c	506.66 \pm 21.11
60:20:20	29.96 \pm 1.42 ^b	2.51 \pm 0.15 ^c	490.13 \pm 25.77
75:5:20	35.98 \pm 1.38 ^b	5.93 \pm 1.00 ^b	468.26 \pm 21.92
70:15:15	34.03 \pm 4.84 ^b	2.73 \pm 0.31 ^c	512.03 \pm 26.02
80:8:12	39.71 \pm 2.55 ^a	6.34 \pm 0.24 ^b	527.60 \pm 25.39

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

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นก่อนทอด ความชื้นหลังทอดและค่าความแข็งของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่แปรปริมาณเกล็ดมันฝรั่ง (PF) แป้งมันฝรั่ง (PS) และแป้งข้าวโพด (CS)

SOV	df	MS		
		ความชื้นก่อนทอด	ความชื้นหลังทอด	ค่าความแข็ง
อัตราส่วนแป้ง	5	114.896 *	21.28 *	4235.167
Error	12	6.374	0.199	2946.286

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design พบว่าอัตราส่วนของเกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่งและแป้งข้าวโพด มีผลต่อความชื้นก่อนทอดและหลังทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าความแข็ง ($p > 0.05$) โดยสูตรที่ประกอบด้วยเกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่งและแป้งข้าวโพดเป็น 85 : 5 : 10 % มีความชื้นก่อนทอดไม่แตกต่างกับ 80 : 8 : 12 % และมีความชื้นหลังทอดสูงสุด

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย (L, a, b) ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่แปรปริมาณ เกล็ดมันฝรั่ง (PF) แป้งมันฝรั่ง (PS) แป้งข้าวโพด (CS)

PF:PS:CS	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a	b
85:5:10	63.82 \pm 0.47 ^d	5.44 \pm 0.41 ^b	27.92 \pm 0.05 ^b
60:30:10	72.76 \pm 4.38 ^{bc}	1.57 \pm 0.71 ^d	22.65 \pm 1.38 ^c
60:20:20	77.97 \pm 0.21 ^a	0.21 \pm 0.09 ^e	20.36 \pm 0.78 ^d
70:5:20	71.49 \pm 0.09 ^c	3.41 \pm 0.10 ^c	27.05 \pm 0.82 ^b
70:15:15	75.19 \pm 0.08 ^{ab}	0.52 \pm 0.04 ^e	20.99 \pm 0.31 ^d
80:8:12	66.74 \pm 0.31 ^d	9.18 \pm 0.19 ^a	30.77 \pm 0.81 ^a

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

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (L, a, b) ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่แปรปริมาณ เกล็ดมันฝรั่ง (PF) แป้งมันฝรั่ง (PS) แป้งข้าวโพด (CS)

SOV	df	MS		
		L	a	b
อัตราส่วนแป้ง	5	83.162 *	39.544 *	53.476 *
Error	12	3.264	0.535	0.646

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design พบว่าอัตราส่วนของเกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่งและแป้งข้าวโพด มีผลต่อค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่แปรปริมาณ เกล็ดมันฝรั่ง (PF) แป้งมันฝรั่ง (PS) แป้งข้าวโพด (CS)

PF : PS : CS	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	ความกรอบ	การยอมรับรวม
85 : 5 : 10	6.86 \pm 1.32 ^a	6.55 \pm 1.14 ^{abc}	6.15 \pm 1.33 ^{bc}	4.42 \pm 1.65 ^b	4.42 \pm 1.73 ^b
60 : 30 : 10	5.75 \pm 1.48 ^{bc}	5.55 \pm 1.33 ^d	7.06 \pm 2.45 ^a	7.71 \pm 0.78 ^a	7.08 \pm 0.92 ^a
60 : 20 : 20	6.51 \pm 1.40 ^{ab}	5.91 \pm 1.22 ^{cd}	6.55 \pm 0.75 ^{abc}	7.38 \pm 1.19 ^a	7.04 \pm 0.91 ^a
75 : 5 : 20	5.02 \pm 1.32 ^c	7.31 \pm 0.66 ^a	6.69 \pm 1.10 ^{ab}	7.00 \pm 0.88 ^a	6.42 \pm 1.19 ^a
70 : 15 : 15	6.66 \pm 0.92 ^a	7.06 \pm 1.20 ^{ab}	6.86 \pm 0.94 ^{ab}	7.49 \pm 0.98 ^a	7.17 \pm 0.79 ^a
80 : 8 : 12	7.00 \pm 1.26 ^a	6.49 \pm 1.01 ^{bc}	5.82 \pm 1.25 ^c	3.60 \pm 1.54 ^b	4.62 \pm 1.20 ^b

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

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความกรอบ และการยอมรับรวมของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่แปรปริมาณเกล็ดมันฝรั่ง (PF) แป้งมันฝรั่ง (PS) แป้งข้าวโพด (CS)

SOV	df	MS				
		สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	ความกรอบ	การยอมรับรวม
อัตราส่วนแป้ง	5	8.751*	6.650 *	3.214 *	47.469 *	24.396 *
Panelist	14	3.778 *	2.404 *	1.545	1.762	2.087
Error	70	1.267	1.011	1.029	1.421	1.215

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design พบว่าอัตราส่วนของเกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่งและแป้งข้าวโพด มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความกรอบ และการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อมีการใช้เกล็ดมันฝรั่ง 70 – 85 % จะมีคะแนนด้านสี ลักษณะปรากฏสูงกว่าสูตรที่มีเกล็ดมันฝรั่ง 60 % ส่วนคะแนนด้านกลิ่นรสจะลดต่ำลงเมื่อมีการใช้เกล็ดมันฝรั่งสูงขึ้นไปถึง 80 และ 85 % (ในตารางที่ 10) จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดสามารถเลือกอัตราส่วนเกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง และแป้งข้าวโพดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบมีค่าความชื้นก่อนและหลังทอดต่ำ ความแข็งต่ำ มีคะแนนกลิ่นรส ความกรอบและการยอมรับรวมสูง สำหรับค่าสีต้องมีค่าสว่างต่ำ ค่าสีเหลืองสูงจึงจะให้ลักษณะผลิตภัณฑ์เป็นสีเหลืองทอง จากเกณฑ์ที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถเลือกอัตราส่วนของแป้งเป็น 70 : 15 : 15 สำหรับศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.4 ศึกษาวิธีเตรียมแผ่นแป้งก่อนทอดสำหรับการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบชั้นรูป

เตรียมมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบชั้นรูป โดยใช้อัตราส่วนเกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพดที่ดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 4.3 มาศึกษาวิธีเตรียมแผ่นแป้งเพื่อให้มีความชื้นก่อนทอดอยู่ระหว่าง 30 – 40 % ได้แก่ การทอดเลย ทั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเวลา 3 ชั่วโมง และการอบที่ 40 °C เวลา 2 ชั่วโมง เลือกวิธีที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์ความชื้นก่อนและหลังทอด ปริมาณไขมัน ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส การอมน้ำมัน ความกรอบและการยอมรับรวมผลการทดลองแสดงในตารางที่ 12-17

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยความชื้นก่อนทอด - หลังทอด ปริมาณไขมัน ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ เมื่อมีการเตรียมแผ่นแป้งก่อนทอดด้วยวิธีที่ต่างกัน

วิธีการ	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ความชื้นก่อนทอด (%)	ความชื้นหลังทอด (%)	ปริมาณไขมัน (%)
เตรียมแผ่นแป้งแล้วทอดทันที	54.21 \pm 0.50 ^a	24.46 \pm 0.45 ^a	32.52 \pm 1.94 ^a
ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง	33.37 \pm 0.44 ^b	9.36 \pm 0.40 ^b	27.25 \pm 1.77 ^b
อบที่ 40 °C เวลา 2 ชั่วโมง	30.15 \pm 0.21 ^c	4.20 \pm 0.09 ^c	25.07 \pm 1.06 ^b

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

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบเมื่อมีการเตรียมแผ่นแป้งก่อนทอดด้วยวิธีที่ต่างกัน

วิธีการ	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a	b
เตรียมแผ่นแป้งแล้วทอดทันที	74.87 \pm 1.08 ^a	-1.46 \pm 0.23 ^c	10.82 \pm 0.30 ^c
ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง	69.19 \pm 2.94 ^b	1.60 \pm 0.05 ^b	20.98 \pm 0.67 ^b
อบที่ 40 °C เวลา 2 ชั่วโมง	64.55 \pm 0.23 ^c	3.92 \pm 0.27 ^a	24.99 \pm 1.06 ^a

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

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นก่อนทอด ความชื้นหลังทอด ปริมาณไขมัน
ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ เมื่อมีการเตรียมแผ่นแป้งก่อนทอดด้วยวิธีที่ต่างกัน

SOV	df	MS		
		ความชื้นก่อนทอด	ความชื้นหลังทอด	ปริมาณไขมัน
วิธีเตรียมแผ่นแป้ง	2	682.072 *	443.421 *	58.674 *
Error	9	0.164	0.125	2.677

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าสี (L, a, b) ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ เมื่อมี
การเตรียมแผ่นแป้งก่อนทอดด้วยวิธีที่ต่างกัน

SOV	df	MS		
		L	a	b
วิธีเตรียมแผ่นแป้ง	2	106.756 *	29.132 *	211.435 *
Error	9	3.282	0.042	0.553

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design พบว่าวิธี
เตรียมแผ่นแป้งก่อนทอดมีผลต่อความชื้นหลังทอด ปริมาณไขมัน ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและ
ค่าสีเหลือง ($P \leq 0.05$) การอบแผ่นแป้งที่ 40 °C เวลา 2 ชั่วโมง มีความชื้นหลังทอด ปริมาณไขมัน
ต่ำสุด การทอดเลยมีค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองต่ำสุด

ตารางที่ 16 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ
เมื่อมีการเตรียมแผ่นแป้งก่อนทอดด้วยวิธีที่ต่างกัน

วิธีการเตรียมแผ่นแป้ง	คะแนนเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	สี	ลักษณะ ปรากฏ	กลิ่นรส	การอมน้ำ มัน	ความกรอบ	การยอมรับ รวม
เตรียมแผ่นแป้งแล้วทอด	3.33 \pm 0.82 ^b	5.67 \pm 1.23 ^b	4.27 \pm 0.88 ^b	2.80 \pm 0.68 ^c	2.13 \pm 0.83 ^c	1.53 \pm 0.40 ^c
ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 3 ชั่วโมง	6.07 \pm 0.96 ^a	7.20 \pm 0.68 ^a	6.66 \pm 0.82 ^a	6.33 \pm 1.05 ^b	4.87 \pm 0.84 ^b	5.40 \pm 1.06 ^b
อบที่ 40 ^o c เวลา 2 ชั่วโมง	6.33 \pm 1.23 ^a	5.60 \pm 1.18 ^b	6.60 \pm 1.12 ^a	7.53 \pm 1.25 ^a	7.00 \pm 1.51 ^a	7.73 \pm 1.13 ^a

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

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะ
ปรากฏ กลิ่นรส การอมน้ำมัน ความกรอบ และการยอมรับรวมของมันฝรั่งแผ่น
ทอดกรอบเมื่อมีการเตรียมแผ่นแป้งก่อนทอดด้วยวิธีที่ต่างกัน

SOV	df	MS					
		สี	ลักษณะ ปรากฏ	กลิ่นรส	การอมน้ำ มัน	ความ กรอบ	การยอมรับ รับรวม
วิธีเตรียมแผ่น แป้ง	2	41.356 *	12.289 *	28.022 *	90.822 *	89.267 *	147.089 *
Panelist	14	0.832	1.422	0.803	1.746 *	1.762	0.984
Error	28	1.141	0.979	0.951	0.679	0.957	0.946

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design พบว่าวิธีเตรียมแผ่นแป้งก่อนทอดมีผลต่อคะแนนสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส การอมน้ำมัน ความกรอบ การยอมรับรวม ($p \leq 0.05$) โดยการอบแผ่นแป้งที่ 40°C เวลา 2 ชั่วโมง มีคะแนนสี กลิ่นรส การอมน้ำมัน ความกรอบและการยอมรับสูงสุด การทิ้งแผ่นแป้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 3 ชั่วโมง มีคะแนนลักษณะปรากฏสูงสุด

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมด สามารถเลือกวิธีเตรียมแผ่นแป้งก่อนทอดที่ดีที่สุด ที่ให้ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ มีความชื้นหลังทอด ปริมาณไขมัน ค่าความสว่างต่ำ ค่าสีเหลืองสูง มีคะแนนกลิ่นรส ความกรอบ และการยอมรับรวมสูงสุด จากเกณฑ์ที่กล่าวมาทั้งหมดจึงเลือกการอบที่ 40°C เวลา 2 ชั่วโมง สำหรับศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.5 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป

ผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูปโดยใช้อัตราส่วนเกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพดที่ดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 4.3 มาศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบที่เหมาะสม โดยแปรภาวะการอบเป็น 35 , 40 และ 45 °C เวลา 90 , 105 และ 120 นาที เลือกภาวะการอบที่ดีที่สุด โดยวิเคราะห์ความชื้น ปริมาณไขมัน ค่าความแข็ง ค่าสี และและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส การอมน้ำมัน ความกรอบ และการยอมรับรวม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 18-23

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยความชื้น ปริมาณไขมัน ค่าความแข็งของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูปที่อุณหภูมิและเวลาในการอบต่างกัน

อุณหภูมิ การอบ (°C)	เวลาการอบ (นาที)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		ความชื้น ก่อนทอด(%)	ความชื้น หลังทอด(%)	ปริมาณไขมัน (%)	ค่าความแข็ง (g-force)
35	90	43.61±1.14 ^a	10.54±1.14 ^a	33.40±0.84 ^a	703.56±11.65 ^a
	105	41.86±1.52 ^{ab}	8.44±0.01 ^b	29.04±0.40 ^b	642.05±46.58 ^b
	120	40.75±0.78 ^b	5.62±0.03 ^c	27.15±0.58 ^{bc}	566.61±24.58 ^c
40	90	34.12±0.58 ^c	3.57±0.05 ^d	26.72±1.44 ^{cd}	467.27±27.68 ^d
	105	30.86±1.43 ^d	2.84±0.03 ^e	24.75±1.15 ^{cde}	474.74±12.29 ^d
	120	29.94±1.18 ^d	2.59±0.14 ^f	25.70±2.98 ^{cde}	453.94±40.83 ^d
45	90	29.45±0.92 ^d	2.58±0.06 ^f	25.31±0.67 ^{cde}	457.19±2.26 ^d
	105	29.61±0.95 ^d	2.20±0.03 ^g	23.73±0.28 ^e	497.71±5.49 ^d
	120	22.46±0.76 ^e	2.23±0.10 ^g	24.58±0.81 ^{de}	491.36±2.83 ^d

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

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้น ปริมาณไขมัน ค่าความแข็งของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูปที่อุณหภูมิและเวลาในการอบต่างกัน

SOV	Df	MS			
		ความชื้น ก่อนทอด	ความชื้น หลังทอด	ปริมาณไขมัน	ความแข็ง
อุณหภูมิการอบ(A)	2	526.282*	92.793 *	70.328 *	87103.669*
เวลาในการอบ (B)	2	50.731*	9.759 *	21.070 *	3377.144 *
AB	4	9.934*	4.711 *	7.267 *	6110.522 *
Error	18	1.143*	0.01	1.576	615.269

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ย (L, a, b) ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูปที่อุณหภูมิและเวลาในการอบต่างกัน

อุณหภูมิ การอบ (°C)	เวลาการอบ (นาที)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L	a	b
35	90	76.48 \pm 0.15 ^a	-1.51 \pm 0.10 ^f	10.44 \pm 0.31 ^e
	105	73.11 \pm 1.42 ^b	1.34 \pm 0.30 ^e	18.99 \pm 0.77 ^d
	120	71.22 \pm 1.19 ^b	1.55 \pm 0.35 ^e	20.84 \pm 1.03 ^c
40	90	67.94 \pm 0.98 ^c	4.51 \pm 0.12 ^d	25.13 \pm 0.72 ^b
	105	61.41 \pm 0.44 ^e	8.88 \pm 0.12 ^c	27.17 \pm 0.50 ^a
	120	64.97 \pm 3.51 ^d	8.77 \pm 0.11 ^c	27.07 \pm 0.33 ^a
45	90	61.82 \pm 1.73 ^e	10.29 \pm 0.93 ^b	27.49 \pm 0.65 ^a
	105	60.50 \pm 1.54 ^e	11.32 \pm 1.20 ^b	26.48 \pm 0.46 ^a
	120	55.53 \pm 1.27 ^f	13.05 \pm 0.92 ^a	26.41 \pm 2.05 ^a

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

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L, a, b) ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบชั้นรูป
ที่อุณหภูมิและเวลาในการอบต่างกัน

SOV	Df	MS		
		L	a	b
อุณหภูมิการอบ (A)	2	470.165 *	282.612 *	292.279 *
เวลาในการอบ (B)	2	57.966 *	28.877 *	36.895 *
AB	4	14.242 *	2.199 *	30.279 *
Error	18	2.653	0.379	0.483

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment Design ขนาด 3x2 ปัจจัยหลักทั้งสองคือ อุณหภูมิการอบและเวลาการอบมีผลต่อค่าเฉลี่ยความชื้น ปริมาณไขมัน ค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 22 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบชิ้นรูปโดยแปรอุณหภูมิและเวลาในการอบ

อุณหภูมิ การอบ (°C)	เวลาการอบ (นาที)	คะแนนเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน					การยอมรับรวม
		สี	ลักษณะ ปรากฏ	กลิ่นรส	การอมน้ำมัน	ความกรอบ	
35	90	3.20 \pm 0.68 ^c	5.60 \pm 1.12 ^b	4.27 \pm 0.88 ^d	5.13 \pm 0.83 ^d	2.27 \pm 0.80 ^d	1.67 \pm 0.62 ^d
	105	4.87 \pm 1.36 ^b	6.20 \pm 1.42 ^b	5.33 \pm 1.30 ^c	4.80 \pm 1.01 ^c	3.33 \pm 0.82 ^c	3.07 \pm 0.88 ^c
	120	6.13 \pm 0.99 ^a	7.40 \pm 0.74 ^a	6.53 \pm 0.92 ^b	6.53 \pm 0.92 ^b	5.40 \pm 0.98 ^b	5.67 \pm 0.82 ^b
40	90	6.27 \pm 1.16 ^a	5.80 \pm 1.15 ^b	6.80 \pm 0.86 ^{ab}	7.27 \pm 1.16 ^a	7.33 \pm 1.54 ^a	7.67 \pm 1.24 ^a
	105	6.53 \pm 1.06 ^a	6.20 \pm 0.94 ^b	6.80 \pm 1.37 ^{ab}	7.33 \pm 0.72 ^a	7.20 \pm 1.01 ^a	7.53 \pm 0.92 ^a
	120	5.00 \pm 0.93 ^b	5.80 \pm 1.01 ^b	6.00 \pm 0.85 ^{bc}	5.93 \pm 0.80 ^b	7.00 \pm 0.76 ^a	7.00 \pm 1.00 ^a
45	90	6.47 \pm 0.92 ^a	7.27 \pm 0.96 ^a	7.40 \pm 1.18 ^a	6.53 \pm 0.83 ^b	7.47 \pm 0.74 ^a	7.60 \pm 1.30 ^a
	105	6.20 \pm 0.86 ^a	6.07 \pm 1.09 ^b	6.40 \pm 0.74 ^b	6.20 \pm 0.86 ^b	7.46 \pm 0.64 ^a	7.33 \pm 1.11 ^a
	120	2.73 \pm 1.03 ^c	4.60 \pm 0.91 ^c	5.40 \pm 0.83 ^c	6.06 \pm 1.03 ^b	7.40 \pm 0.82 ^a	5.80 \pm 1.08 ^a

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

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส การอมน้ำมัน ความกรอบ และการยอมรับรวมของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่อุณหภูมิและเวลาในการอบต่างกัน

SOV	Df	MS					
		สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	การอมน้ำมัน	ความกรอบ	การยอมรับรวม
อุณหภูมิการอบ (A)	2	16.678*	2.965	17.500 *	48.544 *	199.090 *	209.823 *
เวลาในการอบ (B)	4	9.100*	1.611	1.072	1.905	4.778 *	4.031 *
AB	4	44.846*	18.706 *	17.770 *	24.839 *	14.473 *	39.328 *
Panelist	14	1.347	2.115 *	1.143	1.282	1.339	1.686 *
Error	110	1.004	0.990	1.004	0.793	0.831	0.837

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส การอมน้ำมัน ความกรอบและการยอมรับรวม พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 40 °C เวลาที่ใช้ในการอบ 90 นาที จะมีคะแนนเฉลี่ยด้านความกรอบ การยอมรับรวมสูงสุด ส่วนสีและการอมน้ำมัน พบว่า การอบที่อุณหภูมิ 40 °C เวลาที่ใช้ในการอบ 105 นาที มีคะแนนสูงสุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับการอบที่อุณหภูมิ 40 °C เวลาที่ใช้ในการอบ 90 นาที การอบที่อุณหภูมิ 45 °C เวลาที่ใช้ในการอบ 90 นาทีให้คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับการอบที่อุณหภูมิ 40 °C เวลาที่ใช้ในการอบ 90 นาทีและการอบที่อุณหภูมิ 40 °C เวลาที่ใช้ในการอบ 105 นาที

ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิและเวลาการอบที่สรุปได้ตามเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินทั้งหมดคือ สี ปริมาณ ไขมัน ความแข็งและคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านการอมน้ำมัน สี กลิ่นรส ความกรอบและการยอมรับรวม คือตัวอย่างที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 45 °C เวลาที่ใช้ในการอบ 90 นาที และมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะที่ปรากฏอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

4.6 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทอดมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป

ผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูปโดยใช้อัตราส่วนเกล็ดมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพดที่ดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 4.3 อุณหภูมิและเวลาในการอบจากข้อ 4.5 มาศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทอดที่เหมาะสม โดยแปรภาวะในการทอดเป็น 185 และ 190 °C เวลา 10, 12 และ 14 วินาที เลือกภาวะการทอดที่ดีที่สุด โดยวิเคราะห์ความชื้น ปริมาณไขมัน ค่าความแข็ง ค่าสี และและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส การอมน้ำมัน ความกรอบและการยอมรับรวมผลการทดลองแสดงในตารางที่ 24-29

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยความชื้น ปริมาณไขมัน ค่าความแข็งของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูปที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		ความชื้นหลังทอด (%)	ปริมาณไขมัน (%)	ความแข็ง (g-force)
180	10	5.22±0.20 ^a	25.44±0.41 ^c	532.76±3.76
	12	4.73±0.05 ^b	27.86±0.19 ^b	496.73±10.37
	14	3.62±0.12 ^d	32.09±0.66 ^a	487.81±6.58
190	10	4.37±0.06 ^c	24.18±0.95 ^c	494.64±11.92
	12	3.63±0.05 ^d	27.19±0.47 ^b	486.10±3.91
	14	2.09±0.51 ^e	28.50±1.16 ^b	474.38±18.23

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

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้น ปริมาณไขมัน ค่าความแข็งของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูปที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดต่างกัน

SOV	Df	MS		
		ความชื้น	ปริมาณไขมัน	ความแข็ง
อุณหภูมิการทอด (A)	1	6.032 *	15.272 *	1932.969 *
เวลาในการทอด (B)	2	5.895 *	45.074 *	1665.621 *
AB	2	0.170 *	3.564 *	343.321
Error	12	0.01	0.520	109.161

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ย (L, a, b) ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูปที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดต่างกัน

อุณหภูมิ(°C)	เวลา (วินาที)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L	a	b
185	10	71.60 \pm 0.31 ^b	0.29 \pm 0.21 ^e	20.85 \pm 0.14
	12	74.54 \pm 0.10 ^a	2.59 \pm 0.19 ^d	24.16 \pm 0.76
	14	68.88 \pm 0.86 ^d	4.58 \pm 0.43 ^b	26.40 \pm 0.95
190	10	71.36 \pm 0.70 ^b	0.39 \pm 0.03 ^e	20.14 \pm 0.49
	12	70.01 \pm 0.26 ^c	3.77 \pm 0.17 ^c	25.52 \pm 0.09
	14	61.09 \pm 0.39 ^e	8.37 \pm 0.22 ^a	27.07 \pm 1.32

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

ตารางที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L, a, b) ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป
ที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดต่างกัน

SOV	df	MS		
		L	a	b
อุณหภูมิการทอด (A)	1	78.709 *	12.836 *	0.867
เวลาในการทอด (B)	2	96.026 *	56.528 *	61.497 *
AB	2	21.507 *	5.370 *	1.672
Error	12	0.263	0.08	0.582

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment Design ขนาด 2x3 พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการทอด (AB) ต่อค่าเฉลี่ยความแข็ง และค่าสีเหลือง ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่าความชื้น ปริมาณไขมัน ค่าความสว่าง ค่าสีแดง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 28 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาธต์ของมีนสัตว์ของมีนสร้างผ่านทอดกรอบแบบขึ้นรูปโดยแปรรูปอุณหภูมิและเวลาในการทอด

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส ^{ns}	การอมน้ำมัน	ความกรอบ	การยอมรับรวม
185	10	4.60±2.99	6.66±1.71	5.80±1.32	5.33±2.58	4.53±2.23	4.86±2.50
	12	6.00±2.07	7.40±1.30	6.67±1.40	6.26±1.48	7.47±1.46	7.00±1.51
	14	6.40±2.10	7.06±1.37	6.07±1.28	6.53±1.41	7.00±1.81	6.93±1.58
190	10	5.33±2.58	6.53±1.64	5.73±1.49	6.00±1.56	6.13±1.73	6.33±1.40
	12	6.60±1.45	6.13±2.03	6.63±1.65	7.00±1.31	8.13±1.06	7.53±1.13
	14	6.76±2.12	6.33±1.95	6.14±1.91	7.50±1.22	8.64±1.55	7.28±2.36

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส การอมน้ำมัน ความกรอบ และการยอมรับรวมของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดต่างกัน

SOV	df	MS					
		สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	การอมน้ำมัน	ความกรอบ	การยอมรับรวม
อุณหภูมิการทอด (A)	1	2.844	12.100 *	0.711	14.400 *	38.678 *	11.378
เวลาในการทอด (B)	2	17.344 *	0.233	6.744	14.811 *	61.678 *	24.044 *
AB	2	2.211	2.433	0.278	0.233	2.344	1.283
Panelist	14	12.678 *	4.957 *	5.187 *	3.730	2.487	6.511 *
Error	70	3.977	2.258	2.313	2.536	2.649	2.736

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Factorial Randomized Complete Block Design ขนาด 2x3 พบว่า อิทธิพลร่วมของอุณหภูมิการทอดและเวลาในการทอดไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสทุกด้าน ($p > 0.05$) แต่อิทธิพลของอุณหภูมิการทอดมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ การอมน้ำมัน ความกรอบ ($p \leq 0.05$) ส่วนเวลาในการทอดมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านสี การอมน้ำมัน ความกรอบ และการยอมรับรวม ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิการทอดเป็น 190 °C เวลา 12 วินาที ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสี ความกรอบ การอมน้ำมัน และการยอมรับรวมสูงสุด สำหรับใช้เป็นภาวะในการทอดผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป

4.7 ศึกษาการปรับปรุงรสชาติมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป

ในขั้นตอนนี้ได้ผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูปตามสูตรและสภาวะการผลิตที่สรุปได้จากข้อ 3.5.3-3.5.6 เติมสารให้กลิ่นรสชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กลิ่นรสบาร์บีคิว รสตั้มยำ รสผัดกระเพรา รสไก่ ปริมาณ 0.5 % โดยน้ำหนักผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบกับการไม่เติมกลิ่นรส ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 30-31

ตารางที่ 30 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของการปรับปรุงรสชาติด้วยสารให้กลิ่นรสชนิดต่าง ๆ

สารให้กลิ่นรส	คะแนนเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	สี	กลิ่นรส	ความชอบรวม
ไม่เติมกลิ่นรส	7.46 \pm 0.74 ^a	7.06 \pm 0.96 ^a	6.13 \pm 1.19 ^{bc}
รสบาร์บีคิว	7.60 \pm 0.63 ^a	7.06 \pm 1.28 ^a	7.60 \pm 1.30 ^a
รสไก่	3.20 \pm 0.86 ^d	5.60 \pm 1.50 ^b	5.87 \pm 1.55 ^{bc}
รสตั้มยำ	6.33 \pm 0.82 ^b	5.20 \pm 1.55 ^b	5.46 \pm 1.81 ^c
รสผัดกระเพรา	3.87 \pm 1.19 ^c	6.00 \pm 1.31 ^b	6.67 \pm 1.91 ^{ab}

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

ตารางที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส และความชอบรวมของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีปรับปรุงรสชาติด้วยสารให้กลิ่นรสชนิดต่าง ๆ

SOV	df	MS		
		สี	กลิ่นรส	ความชอบรวม
ชนิดของกลิ่นรส	4	62.787 *	10.880 *	10.213 *
Panelist	14	0.739 *	0.613 *	4.813 *
Error	56	0.758	1.809	1.906

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Randomized Completely Block Design พบว่าสารให้กลิ่นรสต่างชนิดกันมีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่นรส และความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่เติมกลิ่นรสบาร์บีคิวได้คะแนนในทุกด้านสูงสุด

4.8 คุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

นำผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบชิ้นรูปรสบาร์บีคิว มาทดสอบคุณภาพด้านต่างๆ ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 32

ตารางที่ 32 คุณภาพของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบชิ้นรูปที่ผลิตได้

ปัจจัยคุณภาพ	ค่าเฉลี่ย *
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่าสี (L, a, b)	69.21, 3.71, 25.86
ค่าความแข็ง (g-force)	476.58
ค่า water activity (a_w)	0.289
คุณภาพทางเคมี (% wet basis)	
ความชื้น	3.72
โปรตีน	11.38
ไขมัน	28.07
เยื่อใย	0.06
เถ้า	0.52
คาร์โบไฮเดรต	56.25
คุณภาพทางจุลินทรีย์ (โคโลนี / กรัม)	
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด	<100
ปริมาณยีสต์และรา	<10

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L), ความเป็นสีแดง (a) และความเป็นสีเหลือง (b) เท่ากับ 69.21, 3.71, 25.86 ตามลำดับ ค่าความแข็งเป็น 476.58 g - force และค่า a_w เท่ากับ 0.289 ส่วนคุณภาพทางเคมี คือ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต คิดเป็น 3.72, 11.38, 28.07 0.06, 0.52 และ 56.25 (% wet basis) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคุณภาพทางจุลินทรีย์ เห็นว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด < 100 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และรา < 10 โคโลนีต่อกรัม

4.9 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและทำนายอายุการเก็บรักษา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง OPP/PE/metallized PET/ CPP เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ อุณหภูมิ 30, 45 และ 55 °C ทำการตรวจสอบคุณภาพทุก 1 สัปดาห์ โดยตรวจสอบคุณภาพที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ คุณภาพทางกายภาพ คือ ค่า a_w ค่าความแข็ง ค่าสี (L, a, b) คุณภาพทางเคมี คือ ปริมาณความชื้น และค่า TBA ควบคู่ไปกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส ความกรอบ การยอมรับรวม ของผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน จากนั้นทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 33 ค่าเฉลี่ย water activity (a_w) ค่าความแข็ง และค่าสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบชิ้นรูปที่อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บต่างกัน

อุณหภูมิ มิ(°C)	ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
		A_w	ค่าความแข็ง ^{ns} (g-force)	L	a	b
30	0	0.289±0.004	476.58±8.15	69.21±2.28	3.71±0.02 ^h	25.86±0.66
	1	0.313±0.104	488.92±2.91	70.53±0.85	4.48±0.16 ^{bc}	23.90±0.14
	2	0.331±0.003	482.46±19.97	71.54±0.05	4.15±0.02 ^{ef}	22.01±1.53
	3	0.350±0.051	478.46±4.17	69.81±1.61	4.18±0.03 ^{de}	23.09±0.98
	4	0.371±0.023	482.63±21.38	71.75±0.58	4.10±0.05 ^{efg}	23.68±0.07
	5	0.395±0.026	486.52±0.56	70.21±0.23	3.73±0.04 ^h	22.39±0.42
45	0	0.289±0.004	476.58±9.97	69.21±2.28	3.71±0.02 ^h	25.86±0.02
	1	0.325±0.002	491.55±6.74	71.51±0.25	4.18±0.05 ^{de}	24.15±0.11
	2	0.341±0.003	484.73±21.96	72.02±0.08	3.95±0.14 ^g	23.10±1.61
	3	0.359±0.010	485.61±8.79	71.40±0.02	4.01±0.10 ^{fg}	22.73±2.88
	4	0.375±0.007	487.41±36.65	71.01±0.07	4.11±0.14 ^{efg}	21.72±0.37
	5	0.383±0.003	485.85±2.62	71.77±0.54	3.98±0.18 ^g	21.65±0.02
55	0	0.289±0.004	476.58±19.63	69.21±2.28	3.71±0.02 ^h	25.86±0.68
	1	0.317±0.005	488.79±45.55	72.09±0.08	4.64±0.03 ^a	23.09±1.34
	2	0.339±0.041	483.93±22.44	72.12±0.17	4.38±0.06 ^{bc}	20.39±0.22
	3	0.348±0.007	487.40±28.36	71.51±0.15	4.53±0.04 ^{ab}	22.50±1.43
	4	0.383±0.010	487.77±41.33	71.03±0.14	4.33±0.05 ^{cd}	22.46±0.11
	5	0.394±0.002	497.54±10.77	72.08±0.07	4.36±0.08 ^c	22.74±0.06

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

ตารางที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่า (a_w) ค่าความแข็ง และ ค่าสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูปที่อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บต่างกัน

SOV	df	MS				
		a_w	ค่าความแข็ง	L	a	b
อุณหภูมิการเก็บ (A)	2	0.00008	88.93	3.434*	0.659*	3.07
ระยะเวลาเก็บ (B)	5	0.01*	219.881	7.824*	0.724*	19.925
AB	10	0.00009	28.76	0.99	0.06*	1.807
Error	36	0.0009	477.611	0.54	0.008	1.075

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 3X6 พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บต่อค่าสีแดง (a) ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่า a_w , ค่าของความแข็ง, ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) ($p > 0.05$) โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่าสีแดงมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จึงแยกวิเคราะห์ ค่าความสว่าง (L), ค่าสีแดง (a) โดยพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิ การเก็บและระยะเวลาเก็บ ส่วนค่า a_w , b พิจารณาเฉพาะระยะเวลาเก็บ

ตารางที่ 35 ค่าเฉลี่ยความสว่าง (L), ค่าสีแดง (a) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิการเก็บ

อุณหภูมิการเก็บ (°C)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	L	a
30	70.50 ± 1.38 ^b	3.98 ± 0.37 ^b
45	71.15 ± 0.99 ^a	4.00 ± 0.18 ^b
55	71.34 ± 1.06 ^a	4.32 ± 0.30 ^a

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า เมื่ออุณหภูมิการเก็บเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างและค่าสีแดง จะเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 36 ค่าเฉลี่ย a_w , ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย+ เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	a_w	L	b
0	0.289±0.008 ^a	69.21±1.18 ^a	25.86±0.47 ^a
1	0.318±0.050 ^d	71.37±0.81 ^{ab}	23.71±0.82 ^b
2	0.337±0.020 ^{cd}	71.89±0.28 ^a	21.83±1.62 ^c
3	0.352±0.027 ^{bc}	70.90±1.51 ^b	22.77±1.70 ^{bc}
4	0.376±0.014 ^{ab}	71.26±0.47 ^{ab}	22.28±1.06 ^c
5	0.390±0.013 ^a	71.35±1.19 ^{ab}	22.26±0.52 ^c

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าระยะเวลาเก็บ มีผลต่อค่า a_w , ค่าความสว่าง(L), และค่าสีเหลือง (b) ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง, ค่า a_w เพิ่มขึ้น แต่ค่าสีเหลืองจะลดลง

ตารางที่ 37 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้น และค่า TBA ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบ ขึ้นรูปที่อุณหภูมิการเก็บและระยะเวลาเก็บต่างกัน

อุณหภูมิการเก็บ(°C)	ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		ปริมาณความชื้น (%)	TBA (mg/kg)
30	0	3.72±0.03	0.974±0.001 ^l
	1	3.82±0.38	1.184±0.001 ^l
	2	3.75±0.14	1.188±0.001 ^{ll}
	3	3.79±0.13	1.194±0.0005 ^k
	4	3.81±0.09	1.251±0.001 ^{ll}
	5	3.77±0.03	1.460±0.004 ^m
45	0	3.72±0.08	0.974±0.002 ^m
	1	3.82±0.04	1.253±0.001 ^{ll}
	2	3.71±0.09	1.248±0.001 ^l
	3	3.81±0.06	1.420±0.01 ^q
	4	3.92±0.09	1.737±0.001 ^c
	5	3.85±0.02	2.117±0.009 ^a
55	0	3.72±0.03	0.974±0.0005 ^m
	1	3.95±0.05	1.258±0.0010 ^l
	2	3.78±0.11	1.380±0.001 ^h
	3	3.79±0.02	1.593±0.001 ^a
	4	3.97±0.03	1.982±0.002 ^b
	5	4.21±0.06	2.124±0.015 ^a

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

ตารางที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความชื้น, ค่าTBA ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ แบบขึ้นรูปที่อุณหภูมิและระยะเวลาเก็บต่างกัน

SOV	df	MS	
		ปริมาณความชื้น	TBA
อุณหภูมิการเก็บ(A)	2	0.078*	0.079*
ระยะเวลาเก็บ(B)	5	0.071*	1.456*
AB	10	0.024	0.012*
Error	36	0.013	0.00005

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด3x6 พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บต่อค่า TBA ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น ($p > 0.05$) โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่าTBA ก็จะมีสูงขึ้นด้วย ส่วนปริมาณความชื้นแยกพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาดังตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิการเก็บ

อุณหภูมิการเก็บ(°C)	ค่าเฉลี่ย+เบี่ยงเบนมาตรฐาน (%)
30	3.77±0.15 ^b
45	3.80±0.09 ^b
55	3.90±0.17 ^a

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เมื่ออุณหภูมิการเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 40 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป เพื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ

ระยะเวลาเก็บ(สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน (%)
0	3.72±0.04 ^c
1	3.86±0.20 ^{ab}
2	3.74±0.10 ^c
3	3.79±0.07 ^c
4	3.90±0.09 ^{ab}
5	3.94±0.24 ^a

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 41 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น หิน ความกรอบ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูปที่อุณหภูมิและระยะเวลาเก็บต่างกัน

อุณหภูมิการเก็บ (°C)	ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		สี	กลิ่น หิน	ความกรอบ	การยอมรับรวม ^{ns}
30	0	7.853±1.12 ^a	7.53±1.18 ^a	7.53±1.45 ^{bc}	7.66±0.89
	1	7.83±0.70 ^a	7.26±0.79 ^a	7.20±0.67 ^{cd}	7.06±0.73
	2	7.40±1.05 ^{ab}	6.93±0.88 ^a	4.73±1.03 ^{efg}	7.33±1.04
	3	7.33±0.72 ^{ab}	4.80±0.91 ^b	4.60±0.98 ^{efg}	6.53±1.64
	4	7.20±0.67 ^{ab}	4.40±0.81 ^{bc}	3.60±1.05 ^h	6.33±1.34
	5	7.53±0.91 ^{ab}	3.66±0.42 ^{cd}	4.60±1.35 ^{efg}	5.73±2.21
45	0	7.86±0.74 ^a	7.60±0.98 ^a	8.66±1.11 ^a	7.46±1.76
	1	7.00±0.75 ^{abc}	6.86±0.83 ^a	6.60±0.73 ^d	6.53±0.51
	2	6.80±1.20 ^{bc}	6.55±1.55 ^{ns}	4.93±1.03 ^{ef}	5.06±1.22
	3	5.40±1.24 ^{de}	4.26±1.27 ^{bc}	3.93±1.43 ^{gh}	4.73±1.03
	4	4.33±1.17 ^g	3.53±0.91 ^{cd}	4.13±1.40 ^{gh}	4.20±1.01
	5	3.06±2.86 ^l	3.20±1.14 ^{de}	4.13±0.99 ^{gh}	4.40±1.84
55	0	7.86±1.30 ^a	7.66±0.81 ^a	8.13±1.06 ^{ab}	7.13±1.12
	1	7.20±0.86 ^{ab}	6.66±0.69 ^a	6.60±0.73 ^b	6.60±0.63
	2	6.20±1.37 ^{cd}	3.26±1.53 ^{de}	5.06±0.79 ^a	3.66±1.63
	3	4.86±1.64 ^{ef}	3.93±1.09 ^{cd}	4.46±0.83 ^{efgh}	3.53±1.84
	4	4.20±0.86 ^{gh}	3.53±0.83 ^{cd}	4.40±0.82 ^{efgh}	3.73±1.27
	5	3.00±0.84 ^l	2.60±0.91 ^e	4.20±1.01 ^{efgh}	4.46±2.77

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

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบชั้นรูปที่อุณหภูมิและระยะเวลาเก็บต่างกัน

SOV	df	MS			
		สี	กลิ่นหืน	ความกรอบ	ยอมรับรวม
อุณหภูมิการเก็บ (A)	2	23.046	9.159*	0.248	12.884*
ระยะเวลาเก็บ (B)	5	153.046*	157.977*	123.373*	94.913*
AB	10	10.670*	27.50*	2.421*	1.804
Panelist	14	1.308	2.761*	1.689	2.660
Error	238	1.505	1.036	1.086	2.154

* แตกต่างโดยมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Asymetric Factorial Randomized Complete Block Design พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิการเก็บและระยะเวลาเก็บ มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นหืน ความกรอบ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับรวม ($p > 0.05$) โดยจะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยด้านสี กลิ่นหืน และความกรอบจะลดลง เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 43 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านการยอมรับรวม เมื่อพิจารณาอุณหภูมิการเก็บ

อุณหภูมิการเก็บ(°C)	คะแนนเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน
30	6.77±1.88 ^a
45	5.23±1.82 ^b
55	4.85±2.20 ^b

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เมื่ออุณหภูมิการเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนการยอมรับรวมจะลดลง ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 44 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแบบขึ้นรูป เพื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ

ระยะเวลาเก็บ(สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	7.42±1.30 ^a
1	6.73±0.65 ^b
2	4.35±1.47 ^c
3	4.26±1.60 ^c
4	4.08±1.22 ^c
5	4.53±2.26 ^c

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนการยอมรับรวมจะลดลง ($p \leq 0.05$)