สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเปลือกมะม่วงทอดกรอบโดยการทอดสุญญากาศ

Optimal Conditions for Frying Mango Peel by Vacuum Frying

พิพรรธ ตั้งใจดี[1] สมชาย จอมดวง[2] นิธิยา รัตนาปนนท์[3]
[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
[3]สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
155 หมู่ 2 ต.แม่เหียะ อ.เมือง เชียงใหม่ 50100 โทร. 053-948283
E-mail address: tangjaidee.pipat@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดเปลือกมะม่วงภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design เพื่อศึกษาผลของปัจจัยอิสระ 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิในการทอด (70-150°C) และระยะเวลาในการทอด (5-35 นาที) ต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ พบว่าได้สภาวะที่เหมาะสมในการทอด 3 สภาวะ และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสภาวะทั้ง 3 ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สภาวะการทอดเปลือกมะม่วงที่อุณหภูมิ 121.3°C เป็นเวลา 5 นาที ได้คะแนนผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการทอดที่อุณหภูมิ 121.3°C เป็นเวลา 5 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทอดเปลือกมะม่วงโดยใช้การทอดแบบสุญญากาศ ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดกรอบประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย เถ้า และความชื้นร้อยละ 2.70, 29.27, 34.69, 24.56, 7.25 และ 1.53 ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำอิสระร้อยละ 0.315 ผลิตภัณฑ์มีค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 48.40±1.00, 7.82±0.39 และ 26.46±1.30 ตามลำดับ และมีค่าแรงกดแตก 6.49±0.78 นิวตัน

คำสำคัญ : เปลือกมะม่วง, สารประกอบฟีนอล, การทอดแบบสุญญากาศ

Abstract

This research aimed to study the optimal conditions for frying mango peels by vacuum frying. The Central Composite Design experiment was applied to examine the effect of frying temperature (70-150°C) and frying time (5-35 min) on physical and chemical quality of the products. There are 3 optimal conditions for vacuum frying of mango peels. The optimal condition at 121.3°C for 5 min showed the highest scores in sensory evaluation than the others so the condition that fried at 121.3°C for 5 min was chosen as the best condition for vacuum frying mango peels. The chemical compositions of vacuum frying mango peels contained protein, lipid, carbohydrate, crude fiber ash and moisture content were 2.70%, 29.27%, 34.69%, 24.56%, 7.25% and 1.53%, respectively and water activity was 0.315. The L*, a* and b* values were 48.40±1.00, 7.82±0.39, 26.46±1.30, respectively and hardness was 6.49±0.78N.

Keywords: mango peels, phenolic compounds, vacuum frying

1. บทนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L. Anacardiacea) เป็นไม้ผลที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งมีการปลูกมะม่วงอย่างกว้างขวางในเกือบทุกพื้นที่ของประเทศ มีพื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 2 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 2.5 ล้านตันต่อปี พันธุ์มะม่วงที่นิยมปลูกมาก ได้แก่ น้ำดอกไม้ แก้ว โชคอนันต์ เขียวเสวย แรด และฟ้าลั่น เป็นต้น เนื่องจากปริมาณผลผลิตต่อปีที่สูงจึงมีการนำผลมะม่วงมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น มะม่วงแช่อิ่ม มะม่วงอบแห้ง มะม่วงกวน และเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็ง โดยเฉพาะเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถส่งออกและทำรายได้ให้ประเทศเป็นจำนวนมาก [1] ในกระบวนการแปรรูปผลมะม่วงสุกนั้นมีเศษเหลือทิ้ง ได้แก่ เปลือกและเมล็ด ในส่วนของเปลือกมีรายงานว่าอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) แค-โรทีนอยด์ (carotenoids) วิตามินซี (vitamin C) วิตามินอี (vitamin E) และเส้นใยอาหาร (dietary fiber) นอกจากนี้เปลือกมะม่วงยังมีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน [2], [3], [4], [5]

กระบวนการแปรรูปอาหารโดยการทอดแบบสุญญากาศเป็นการทอดในระบบปิดภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ โดยใช้น้ำมันเป็นตัวกลางในการพาความร้อนไปยังอาหาร ซึ่งส่งผลให้จุดเดือดของน้ำลดลงต่ำกว่า 100°C น้ำในอาหารจึงระเหยออกไปได้อย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันสูงถึงจุดเดือดของน้ำ [6] การทอดแบบสุญญากาศสามารถลดการดูดซับไขมัน ช่วยรักษาสีและกลิ่นให้คงธรรมชาติได้มากกว่าการทอดแบบปกติ [7] การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการทอดคือ การเกิดเจลของสตาร์ช

การเกิดเปลือกแข็ง การระเหยของน้ำ และการเกิดกลิ่นรส การทอดสุญญากาศสามารถใช้ในการทอดผักและผลไม้ที่มีส่วนประกอบเป็นสตาร์ช เช่น กล้วย ขนุน มะละกอ และมะม่วง เป็นต้น ผลการศึกษาการทอดสุญญากาศในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นพบว่า การทอดที่อุณหภูมิ 144°C ความดัน 3.1 kPa ผลิตภัณฑ์หดตัวน้อยลง การดูดซึมน้ำมันลดลง สี และเนื้อสัมผัสดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดณ สภาวะบรรยากาศที่อุณหภูมิ 165°C [8]

อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการแปรรูปผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอด โดยใช้การทอดแบบสุญญากาศ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดเปลือกมะม่วงโดยการทอดแบบสุญญากาศ และศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดกรอบ

2. วัตถุประสงค์

2.1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเปลือกมะม่วงทอดกรอบภายใต้สภาวะสุญญากาศ

2.2 เพื่อศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดกรอบภายใต้สภาวะสุญญากาศ

3. วิธีดำเนินงาน

นำเปลือกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 115 วัน ซึ่งเป็นของเหลือจากโรงงานแปรรูปเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็ง นำมาล้างน้ำ ตัดเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2 นิ้ว และตัดส่วนที่มีตำหนิหรือจุดดำทิ้ง นำไปต้มในน้ำเกลือความเข้มข้น 2% ขณะเดือด เป็นเวลา 11 นาที เพื่อลดความขม [8] นำเปลือกมะม่วงไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้น จากนั้นนำไปทอดในน้ำมันปาล์มภายใต้สภาวะสุญญากาศ ความดันอยู่ในช่วง 700-750 mmHg วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial Experiment in Central Composite Design ได้กำหนดปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ และเวลาในการทอด โดยกำหนดค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของอุณหภูมิในการทอดคือ 70°C และ 150°C ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของเวลาในการทอดคือ 5 นาทีและ 35 นาที ตามลำดับ [9] ซึ่งได้สภาวะในการทดลองทั้งหมด 13 สภาวะ ทำการผลิต 13 สภาวะและนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราห์คุณภาพดังนี้

การวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่

- วัดค่าความแข็งเนื้อสัมผัส (hardness) โดยเครื่อง Texture Profile Analysis หัววัด P/0.25S วัดค่าแรงสูงสุดที่กดทำให้เปลือกมะม่วงทอดกรอบแตกหน่วยนิวตัน [10]
- วัดค่าสี ระบบ Hunter Lab

การวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่

- ไขมัน โดยใช้ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) [11]
- ค่า water activity โดยใช้เครื่อง water activity analyzer [11]
- ปริมาณความชื้น โดยใช้ตู้อบลมร้อน [11]

จากข้อมูลคุณภาพที่ได้ นำไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert 6.0 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต และหาสมการถดถอย จากนั้นเลือกสมการถดถอยที่มีค่า R^2 (coefficient of determination) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 หาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert โดยเกณฑ์ในการสภาวะที่เหมาะสมคือได้ค่าสี L* สูง ค่าแรงกดแตกผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแรงกดแตกต่ำแสดงว่ามีการพองตัวมาก [10] ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันต่ำ ค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเป็นค่าวิกฤติที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ [12]

หาสถาวะการทอดที่เหมาะสมจากโปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert ทำการทอดเปลือกมะม่วงจากทั้ง 3 สภาวะ นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการลองแบบ Randomized complete Block Design (RCBD) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คนด้วยวิธี 9-Poing Hedonic Scale เพื่อเลือกสภาวะที่ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดเพียงสภาวะเดียวเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต

นำผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดกรอบที่ทอดโดยใช้สภาวะการผลิตที่เหมาะสมไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์

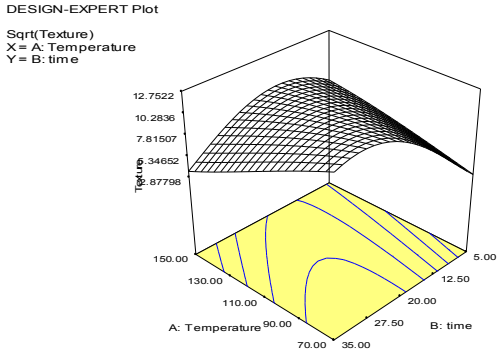
4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้พบว่า อุณหภูมิและเวลาในการทอดเปลือกมะม่วงภายใต้สภาวะสุญญากาศมีผลต่อค่าสี L* ซึ่งอยู่ในช่วง 45.52 ± 2.87 ถึง 54.99 ± 1.48 ค่าสี a* อยู่ในช่วง 4.96 ± 0.21 ถึง 9.93 ± 0.23 ค่าสี b* อยู่ในช่วง 14.87 ± 1.61 ถึง 25.35 ± 2.27 ความชื้นของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 0.39 ± 0.09 ถึง 37.26 ± 2.80 % และค่า a_w อยู่ในช่วง 0.273 ± 0.05 ถึง 0.957 ± 0.01 (ตารางที่ 1)

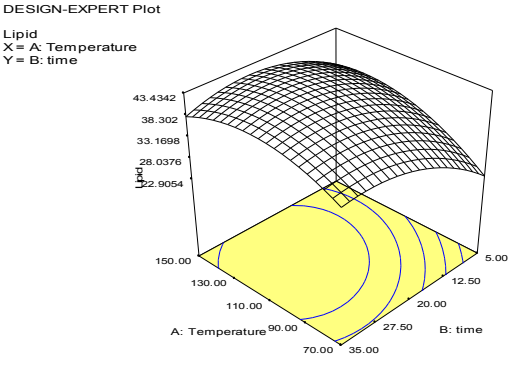
เกณฑ์ในการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดกรอบภายใต้สภาวะสุญญากาศคือ สภาวะที่มีค่าแรงกดแตกของผลิตภัณฑ์ต่ำ ปริมาณไขมัน และปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ต่ำ ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ต้องต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเป็นสภาวะที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ [12] มีค่าสี L* และ b* สูง เมื่อพิจารณาสมการถดถอยจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Design Expert 6.0 (ตารางที่ 2) จะได้สภาวะที่เหมาะสมในการทอดมา 3 สภาวะ คือ การทอดที่อุณหภูมิ 121.3°C เป็นเวลา 5 นาที การทอดที่อุณหภูมิ 99.7°C เป็นเวลา 21 นาที และการทอดที่อุณหภูมิ 70.0°C เป็นเวลา 27 นาที

ตารางที่ 1 ผลของสภาวะที่ใช้ทอดต่อสมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงทอดโดยใช้การทอดแบบสุญญากาศ

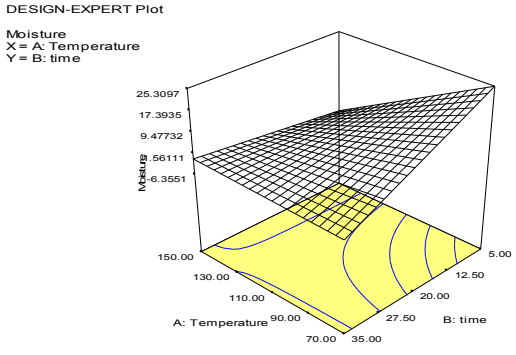
สภาวะที่	สภาวะในการผลิต		สมบัติทางกายภาพ				ส่วนประกอบทางเคมี		
	อุณหภูมิในการทอด (°C)	เวลาในการทอด (นาที)	สี: ความสว่าง (L*)	สี: ค่าสีแดง (a*)	สี: ค่าสีเหลือง (b*)	แรงกดแตก (N)	aw	ความชื้น (%)	ปริมาณไขมัน (%)
1	110	35	48.48 ± 1.95	6.53 ± 1.58	19.62 ± 0.47	7.96 ± 2.09	0.317 ± 0.02	1.04 ± 0.13	40.48 ± 0.74
2	110	20	51.97 ± 0.65	4.96 ± 0.21	18.47 ± 3.40	10.10 ± 0.50	0.401 ± 0.04	0.82 ± 0.11	41.46 ± 0.17
3	70	5	54.99 ± 1.48	8.36 ± 0.28	25.35 ± 2.27	1.55 ± 0.17	0.957 ± 0.01	37.26 ± 2.80	22.99 ± 4.78
4	110	20	51.49 ± 2.63	7.4 ± 0.86	20.09 ± 1.10	11.47 ± 0.23	0.352 ± 0.01	0.47 ± 0.15	42.72 ± 1.89
5	150	35	45.61 ± 2.04	9.93 ± 0.23	16.83 ± 2.27	4.16 ± 0.98	0.273 ± 0.05	0.39 ± 0.09	39.27 ± 0.89
6	150	5	53.89 ± 0.84	7.05 ± 2.02	25.04 ± 1.23	6.09 ± 0.06	0.301 ± 0.10	1.06 ± 0.33	36.47 ± 0.60
7	110	20	45.52 ± 2.87	6.83 ± 1.16	14.87 ± 1.61	8.98 ± 0.06	0.357 ± 0.09	0.46 ± 0.03	43.38 ± 4.61
8	110	5	53.82 ± 1.23	5.25 ± 1.83	22.70 ± 0.79	8.06 ± 0.17	0.384 ± 0.02	1.05 ± 0.05	31.64 ± 0.18
9	110	20	48.15 ± 4.31	5.27 ± 2.67	18.09 ± 5.10	7.80 ± 0.11	0.328 ± 0.04	0.55 ± 0.02	44.94 ± 0.27
10	70	20	51.36 ± 1.01	7.05 ± 1.04	19.19 ± 3.57	15.33 ± 0.34	0.451 ± 0.12	4.37 ± 0.58	34.29 ± 0.83
11	150	20	46.79 ± 3.32	7.9 ± 1.20	16.85 ± 1.45	8.44 ± 0.11	0.319 ± 0.07	0.46 ± 0.12	38.09 ± 3.30
12	70	35	50.76 ± 0.41	6.48 ± 0.29	15.38 ± 5.29	10.92 ± 0.39	0.445± 0.06	3.94 ± 0.07	35.58 ± 0.83
13	110	20	49.23 ± 0.98	6.15 ± 0.65	17.01 ± 1.47	10.32 ± 0.23	0.342 ± 0.02	0.60 ± 0.01	41.42 ± 1.92



รูปที่ 1 พื้นที่ตอบสนองของแรงกดแตก (N) ของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2 ปริมาณไขมัน (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3 ค่าปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์

จากสภาวะการทอดทั้ง 3 สภาวะ เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 5) พบว่า สภาวะการทอดผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 121.3°C เป็นเวลา 5 นาที เป็นสภาวะที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 99.7°C เป็นเวลา 21 นาที (P>0.05) ได้คะแนน 6.08±1.00 และ 6.22±0.94 ตามลำดับ และสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 70.0°C เป็นเวลา 27 นาที ซึ่งได้คะแนน 4.83 ± 0.58 จากการสภาวะการผลิตผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศที่เหมาะสมพบว่า ค่าตอบสนองที่ได้จากการคำนวนมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองจริง (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าสมการมีความเหมาะสมในการทำนายค่าตอบสนองภายใต้ช่วงสภาวะที่ทำการทดลอง

ตารางที่ 2 สมการถดถอยของสภาวะการผลิตต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

สมการถดถอย	R2
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่าสี L* = 49.25 - 1.8(A)$^{\#}$ -2.92(B)$^{\#}$ -0.11(A^2) +2.14(B^2) -1.01(AB)	0.7551
ค่าสี a* = 6.02 + 0.5(A) + 0.38(B) +1.7(A$^{2,\#}$) + 0.11(B^2) + 1.19(AB)$^{\#}$	0.7895
ค่าสี b* = 17.82 - 0.2(A) - 3.54(B)$^{\#}$ - 0.084(A^2) + 3.06(B$^{2,\#}$) + 0.44(AB)	0.7776
แรงกดแตก (นิวตัน) = 1.03 - 0.056(A) + 0.086(B) - 0.038(A$^{2,\#}$) - 0.022(B$^{2,\#}$) - 0.2(AB)	0.7581
คุณภาพทางเคมี	
ความชื้น (%) = -0.46 - 7.43(A)$^{\#}$ - 5.51(B)$^{\#}$ + 5.48(A^2) + 4.11(B^2) + 8.4(AB)	0.8199
a_w = 0.34 - 0.16(A)$^{\#}$ - 0.1(B)$^{\#}$ + 0.084(A^2) + 0.05(B^2) + 0.12(AB)	0.8575
ไขมัน (%) = 42.23 + 3.42(A)$^{\#}$ + 4.11(B)$^{\#}$ - 4.66(A$^{2,\#}$) + 4.79(B$^{2,\#}$) - 2.34(AB)	0.9358

หมายเหตุ: A หมายถึง อุณหภูมิในการทอด (°C)
B หมายถึง เวลาในการทอด (นาที)
หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าตอบสนองของผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดที่อุณหภูมิ 121.3°C เป็นเวลา 5 นาทีภายใต้สภาวะสุญญากาศจากการทดลองและการทำนาย

ค่าตอบสนอง	ค่าจากการทำนาย	ค่าจากการทดลอง	ค่าความคลาดเคลื่อน
ค่าสี L*	52.59	48.40±1.00	-0.09
ค่าสี a*	5.69	7.82±0.39	0.27
ค่าสี b*	22.67	26.46±1.30	0.14
แรงกดแตก (นิวตัน)	5.59	6.49±0.78	0.14
ปริมาณความชื้น (%)	4.99	1.53±0.12	-2.26
a_w	0.423	0.315±1.05	-0.34
ปริมาณไขมัน (%)	34.58	30.51±1.06	-0.13

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดกรอบที่อุณหภูมิ 121.3°C เป็นเวลา 5 นาที ภายใต้สภาวะสุญญากาศประกอบด้วย โปรตีน 2.70±0.16% ปริมาณไขมัน 29.27±1.53% ปริมาณเส้นใย 24.56±0.03% ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 34.69±1.60% ปริมาณเถ้า 7.25±0.15% ปริมาณความชื้น 1.53±0.12% ดังตารางที่ 3 ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w อยู่ที่ 0.315±0.018

ตารางที่ 4 คุณภาพทางเคมีของเปลือกมะม่วงทอดกรอบภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 121.3°C เป็นเวลา 5 นาที

คุณภาพทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
โปรตีน	2.70±0.16
ไขมัน	29.27±1.53
คาร์โบไฮเดรต	34.69±1.60
เส้นใย	24.56±0.03
ความชื้น	1.53±0.12
เถ้า	7.25±0.15

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

5. การอภิปรายผลการทดลอง

จากสภาวะการทอดที่เหมาะสมซึ่งได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันแต่เป็นสภาวะะการทอดผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 121.3°C เป็นเวลา 5 นาที เป็นสภาวะที่ใช้ระยะเวลาในการทอดน้อยกว่า การทอดที่อุณหภูมิ 99.7°C เป็นเวลา 21 นาที การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์และน้ำมันที่ใช้ในการทอดจะเกิดน้อยกว่าสภาวะที่ใช้ระยะเวลาในการทอดนาน [12] ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการทอดผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 121.3°C เป็นเวลา 5 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์มีค่าอยู่ที่ประมาณ 0.3 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมาก ทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน เนื่องจากค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์และการเจริญของจุลินทรีย์จะถูกยับยั้งเมื่อค่า a_w ต่ำกว่า 0.85 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่อาศัยเอนไซม์เป็นอีกปฏิกิริยาที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร โดยปฏิกิริยาจะเกิดได้สูงสุดในช่วง a_w ประมาณ 0.6-0.8 รวมถึงจุลินทรีย์จะหยุดการเจริญที่ a_w ต่ำกว่า 0.6 [12]

6. สรุปผลการทดลอง

สภาวะที่เหมาะสมในการทอดเปลือกมะม่วงโดยใช้การทอดแบบสุญญากาศ คือที่อุณหภูมิ 121.3°C เป็นเวลา 5 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าแรงกดแตก 6.49±0.78 นิวตัน มีปริมาณความชื้น 1.53 ±0.12% และมีค่า a_w 0.315±1.05 และเป็นสภาวะที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบสูงที่สุด และคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน คาร์โบเดรต เส้นใย เถ้า และความชื้น 2.70±0.16% 29.27±1.53% 34.69 ± 1.60% 24.56±0.03% 7.25 ± 0.15% 1.53 ± 0.12% และมีค่า a_w อยู่ที่ 0.315 ± 0.018

ตารางที่ 5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงทอดกรอบภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่สภาวะการผลิตต่างๆ

สภาวะที่	สภาวะในการผลิต		คุณภาพทางประสาทสัมผัส						
	อุณหภูมิการทอด (°C)	เวลาการทอด (นาที)	สี	ลักษณะปรากฏ	ความกรอบ	กลิ่น	รสชาติ	ความชุ่ม^{NS}	การยอมรับโดยรวม
1	121.31	5	6.33^{a} ± 1.23	5.92^{a} ± 1.24	6.75^{a} ± 0.62	5.75^{ab} ± 0.87	6.33^{a} ± 1.15	6.08 ± 1.24	6.08^{a} ± 1.00
2	99.73	21.43	6.25^{a} ± 1.36	6.17^{a} ± 1.27	6.50^{a} ± 0.90	6.25^{a} ± 1.22	5.50^{ab} ± 1.00	6.17 ± 1.27	6.22^{a} ± 0.94
3	70	26.54	4.50^{b} ± 0.80	4.75^{b} ± 0.75	4.42^{b} ± 1.38	5.08^{b} ± 0.79	4.67^{b} ± 0.98	5.33 ± 1.15	4.83^{b} ± 0.58

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ
ข้อมูลที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)
NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอแสดงความขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และบริษัท เต็ดตร้า แพ้ค (ประเทศไทย) จำกัด สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัย และขอขอบคุณบริษัท ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด สำหรับการสนับสนุนวัตถุดิบในงานวิจัย

8. การอ้างอิง

[1] สมาคมสวนมะม่วงไทย. (2553). แหล่งที่มา http://www.thaimangogrowers.com

[2] Ajila CM, Bhat SG and Prasada Rao UJS (2007). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*., 102: 1006-1011.

[3] Block G and Langseth L. (1994). Antioxidant, vitamins and disease prevention.*Food Technology*., 48: 80-84.

[4] Hertog MG, Hertog MG, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB and Kromhout D. (1993). Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *The Lancet*., 342(8878): 1007-1011.

[5] Kim HJY, Moon H, Kim D, Lee M, Cho H, Choi YS, Kim A, Mosaddik and Cho SK. (2010). Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangiferaindica* L.) fresh and peel. *Food Chemistry*., 121: 429-436.

[6] Garayo J, Moreial R. (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering.*, 55(2): 181-191.

[7] Shyu SL, Hau LB and Hwang LS. (1998). Effect of vacuum frying on the oxidative stability of oils.*Journal of the American Oil Chemistry Society*., 75: 1393-1398.

[8] นิธิยา รัตนาปนนท์ กิตติคุณ พอพล สิริฉัตร ชนะดัง และพิพรรธ ตั้งใจดี. (2555). รายงานโครงการคูปองนวัฒกรรม เรื่องการพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากเปลือกมะม่วง

[9] กวีพร ศานติสุนทร และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. (2554). ผลของอุณหภูมิ และเวลาในการทอดแบบสุญญากาศต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และปริมาณสารฟีนอลิกของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง. *การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 22*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[10] อรนุช สีหามาลา. (2545). การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[11] AOAC. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international*. 17 thed. Verginia, USA, Association of Official Analysis Chemists.

[12] นิธิยา รัตนาปนนท์. (2539). *เคมีอาหาร*. เชียงใหม่ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : 21-24.