

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีน สรุปลผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

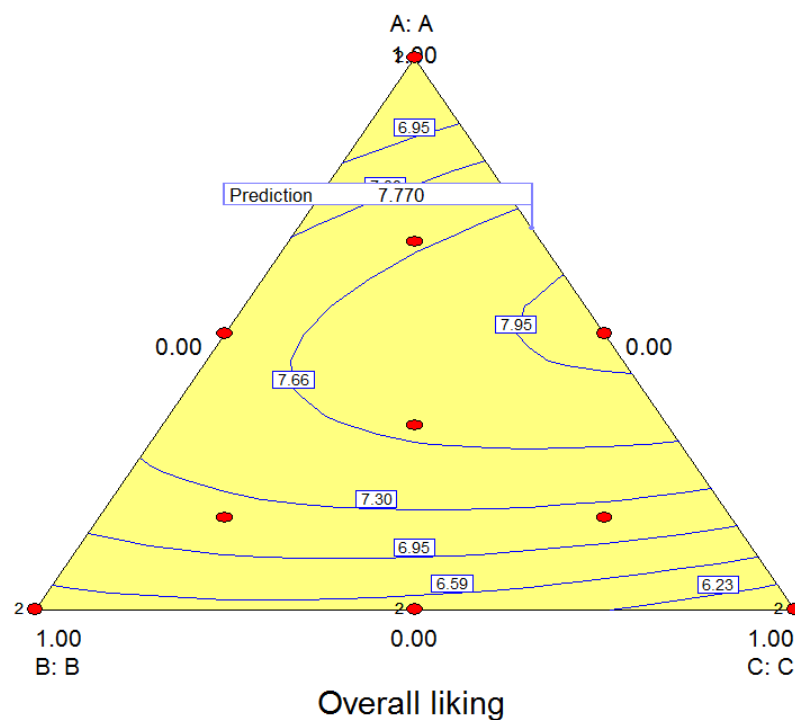
การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีน

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีน โดยใช้ปริมาณของกระเจี๊ยบเขียวร้อยละ 60-90 ปริมาณโปรตีนจากจิ้งหรีดทองแดงลายร้อยละ 0-40 และปริมาณสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 0-10 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนจากจิ้งหรีดทองแดงลายและลดปริมาณกระเจี๊ยบเขียวจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชอบโดยรวมสูงขึ้น ส่วนการเติมปริมาณสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบเพิ่มขึ้น เห็นได้จากค่าความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสที่มีค่าสูงเมื่อเติม ปริมาณสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัว สอดคล้องกับวิลาสินี ดีปัญญา (2555) ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่น้ำแผ่น ผลการศึกษาพบว่าเมื่อมีการเติมสารยัดเกาะเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความกรอบเพิ่มมากขึ้น

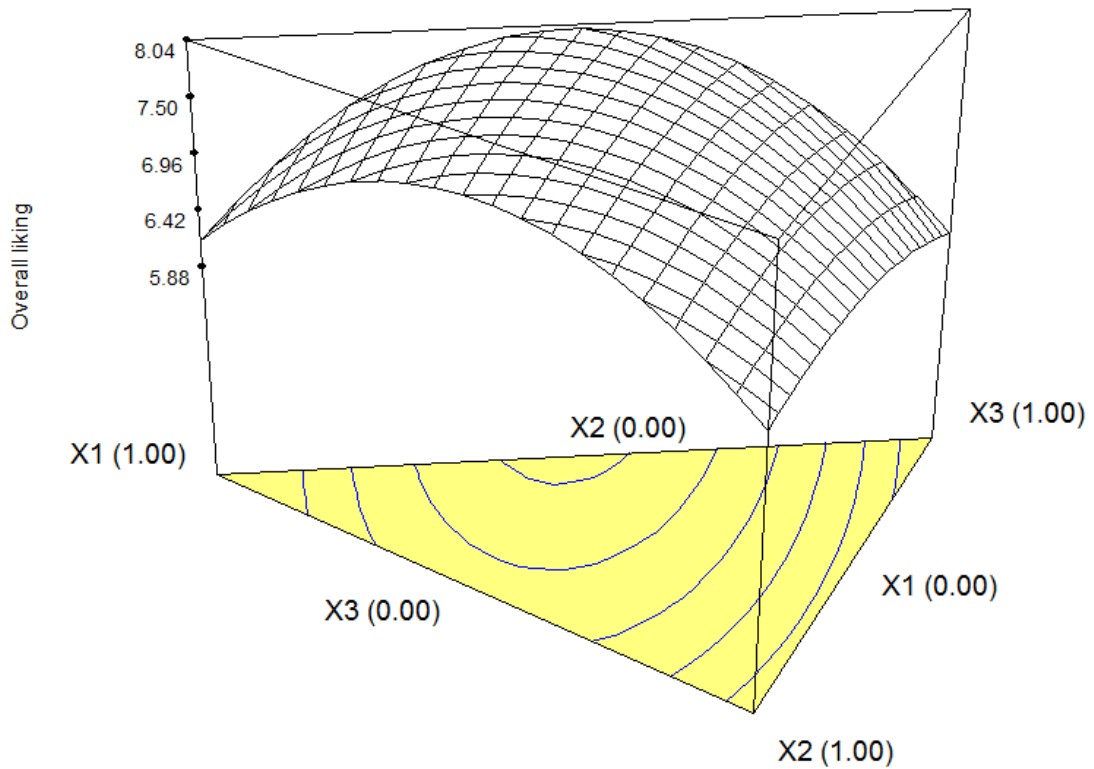
เมื่อพิจารณาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีน (ตารางที่ 4.1) โดยใช้แผนภูมิ Contour plot และ Response surface ในการพิจารณาสูตรที่เหมาะสมเพื่อนำไปผลิตต่อไป ดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ปริมาณของกระเจี๊ยบเขียวร้อยละ 87.60 ปริมาณโปรตีนจากจิ้งหรีดทองแดงลายร้อยละ 5.40 และปริมาณสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 3.10 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.77

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีน

Formula	Natural-variable levels			Liking				
	X ₁ (Okra, %)	X ₂ (Cricket, %)	X ₃ (Binder, %)	Flavor	Odor	Taste	Texture	Overall
1	60.00	20.00	5.00	7.45	7.86	8.14	7.82	6.32
2	90.00	0.00	0.00	6.92	7.12	7.95	7.94	6.04
3	60.00	0.00	10.00	6.85	7.35	8.28	7.50	5.84
4	80.10	6.80	1.70	8.52	8.10	7.92	8.10	8.10
5	75.00	0.00	5.00	8.10	7.94	8.30	8.24	7.94
6	65.10	6.80	6.70	7.86	7.50	6.45	8.25	7.10
7	69.90	13.20	3.30	8.01	7.56	7.62	8.20	7.52
8	90.00	0.00	0.00	6.94	7.12	7.95	8.05	6.08
9	60.00	0.00	10.00	7.20	7.15	7.80	7.64	5.94
10	75.00	20.00	0.00	7.80	8.07	8.06	7.82	7.48
11	60.00	40.00	0.00	6.98	7.24	7.25	8.04	6.42
12	60.00	20.00	5.00	7.15	8.04	7.80	7.94	6.75
13	65.10	26.80	1.70	7.46	7.58	8.10	7.90	6.94
14	60.00	40.00	0.00	7.38	7.92	7.94	7.96	6.45



ภาพที่ 4.1 Contour plot ของค่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีน



ภาพที่ 4.2 Response surface ของค่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีน

การวิเคราะห์โมเดล

การวิเคราะห์สัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลง เพื่อให้ได้ค่าความชอบรวมจากผู้บริโภคสูงสุด จากส่วนผสม 3 องค์ประกอบ ได้แก่ กระเจี๊ยบเขียว (X_1) ปริมาณโปรตีนจากจิ้งหรีดทองแดงลาย (X_2) และปริมาณสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัว (X_3) เพื่อให้ได้ค่าความชอบรวมจากผู้บริโภคสูงสุด โดยใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณทำนายรูปแบบพหุนามกำลังสองสำหรับค่าความชอบรวมของผู้บริโภค แสดงดังตารางที่ 4.2 สัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณสำหรับทำนายปริมาณค่าความชอบรวมของผู้บริโภค ได้สมการทำนายสูตรที่เหมาะสม ดังนี้

$$Y = 6.14 Z_1 + 6.40 Z_2 + 5.88 Z_3 + 4.92 Z_{12} + 8.01 Z_{13} + 1.25 Z_{23}$$

ตารางที่ 4.2 สัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณทำนายรูปแบบพหุนามกำลังสองของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีน

Variables	Coefficient (β)
	Y
Intercept	-
<i>Linear</i>	
Z ₁	6.14*
Z ₂	6.40*
Z ₃	5.88
<i>Interaction</i>	
Z ₁₂	4.92**
Z ₁₃	8.01**
Z ₂₃	1.25
R ²	0.90

หมายเหตุ :

Y คือ ค่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีน

**P < 0.01 highly significant, *P < 0.05 significant, no asterisk P > 0.05 not significant

การหาสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีน

จากการทดลองใช้ 3 ปัจจัย (องค์ประกอบ 3 ชนิด) ในการหาพื้นผิวตอบสนองของสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนสูงสุด แสดงดังภาพ 4.1 ภายใต้งจุดสูงสุดของแกนในการทำนายค่าสูงสุดค่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนได้สูงสุดเท่ากับ 7.77 โดยใช้ปริมาณของกระเจี๊ยบเขียวร้อยละ 87.60 ปริมาณโปรตีนจากจิ้งหรีดทองแดงลายร้อยละ 5.40 และปริมาณสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 3.90 ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่ใช้ในการทำนายมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการทำนายสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนสูงสุด โดยผลจากการตรวจสอบสมการสามารถยืนยันได้จากค่าจากการทดลองที่มีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จากสมการทำนาย แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 Predicted and observed values for response variable in experiment of okra snack

Response variable	Critical values of independent variables			Stationary point	Predicted value (%)	Observed value ^a (%)
	Okra content (%)	Cricket content (%)	Binder (%)			
Overall liking	87.60	5.40	3.90	Maximum	7.77	7.72

^a Mean values \pm standard deviation of determinations for triplicate samples

คุณภาพทางกายภาพ เคมี และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากสูตรที่เหมาะสมคือ ปริมาณของกระเจี๊ยบเขียวร้อยละ 87.60 ปริมาณโปรตีนจากจิ้งหรีดทองแดงลายร้อยละ 5.40 และปริมาณสารยึดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 3.90 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนมีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 39.26 ค่า a* เท่ากับ -2.39 และค่า b* เท่ากับ 14.27 ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่าความสว่างและค่าสีเขียวลดลงเมื่อเทียบกับผลสด ส่วนคุณภาพทางเคมีพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพทางเคมี ดังนี้ โปรตีน 16.37 กรัมต่อ 100 กรัม ไขมัน 0.36 กรัมต่อ 100 กรัม เถ้า 6.24 กรัมต่อ 100 กรัม คาร์โบไฮเดรต 40.14 กรัมต่อ 100 กรัม โยอาหาร 26.79 กรัมต่อ 100 กรัม และวิตามินเอ 236.41 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ในขณะที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging เท่ากับ 75.62

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีน

คุณภาพทางกายภาพ เคมี และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ	ปริมาณ
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่าสี	
L	39.26±0.37
a*	-2.39±0.06
b*	14.27±0.25
คุณภาพทางเคมี	
โปรตีน (g/100g)	16.37±0.72
ไขมัน (g/100g)	0.36±0.01
เถ้า (g/100g)	6.24±0.30
คาร์โบไฮเดรต (g/100g)	40.14±1.18
ใยอาหาร (g/100g)	26.79±1.05
วิตามินเอ (μg/100g)	236.41±2.42
ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ	
DPPH radical scavenging (%)	75.62±0.86