บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

ตอนที่ 1.1 การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ (Product profile)

ในการสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธี Ideal Ratio Profile Test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 13 คน มีการกำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญ โดยใช้แบบทดสอบชิมดังภาคผนวก มีผลการสำรวจดังต่อไปนี้

ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา ได้แก่

1. ลักษณะปรากฏภายนอก	ผู้บริโภค 13 คน บอกว่าควรเป็น สีปรากฏ (ความเข้มสี)
	ผู้บริโภค 7 คน บอกว่าควรเป็น การกระจายตัวของส่วนผสม
	ผู้บริโภค 1 คน บอกว่าควรเป็น ปริมาณใยอาหาร
	ผู้บริโภค 1 คน บอกว่าควรเป็น ความหนาของชิ้นตัวอย่าง
2. กลิ่นและรสชาติ	ผู้บริโภค 9 คน บอกว่าควรเป็น กลิ่นปลา
	ผู้บริโภค 10 คน บอกว่าควรเป็น รสเค็ม
	ผู้บริโภค 11 คน บอกว่าควรเป็น กลิ่นรสสมุนไพร
	ผู้บริโภค 3 คน บอกว่าควรเป็น รสหวาน
	ผู้บริโภค 4 คน บอกว่าควรเป็น กลิ่นเครื่องเทศ
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส	ผู้บริโภค 10 คน บอกว่าควรเป็น ความแน่นเนื้อ
	ผู้บริโภค 10 คน บอกว่าควรเป็น ความฉ่ำน้ำ
	ผู้บริโภค 2 คน บอกว่าควรเป็น ความนุ่มเนื้อ
	ผู้บริโภค 3 คน บอกว่าควรเป็น ความเป็นเนื้อเดียวกัน
4. การยอมรับโดยรวม	ผู้บริโภค 13 คน บอกถึงการยอมรับโดยรวม

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

จากข้อมูลข้างต้นแสดงว่าลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ ได้แก่

1. สีปรากฏ
2. การกระจายตัวของส่วนผสม
3. กลิ่นปลา
4. รสเค็ม
5. กลิ่นรสสมุนไพร
6. ความแน่นเนื้อ
7. ความฉ่ำน้ำ
8. การยอมรับโดยรวม

ส่วนลักษณะอื่น ๆ นั้นไม่ถือว่าเป็นลักษณะที่สำคัญ เนื่องจากผู้บริโภคน้อยกว่าร้อยละ 50 ที่ให้ความสำคัญ

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเค้าโครงสัดส่วน (Ratio profile test) ทำได้โดยการวัดความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดตำแหน่งของตัวอย่าง (Sample) แล้วนำมาหารด้วยค่าความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดแสดงตำแหน่งที่เหมาะสม (Ideal) จึงนำค่าสัดส่วนที่ได้ของผู้ชิมแต่ละคนในลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยที่ได้นำมา สร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่าง ๆ ให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนสามารถบอกความต้องการของผู้บริโภคในเชิงปริมาณได้

ความหมายของค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ถ้าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ถ้าสัดส่วนมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้น ๆ มีความจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้น ๆ ลง

ถ้าสัดส่วนน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้น ๆ มีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้น ๆ ขึ้น

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นตรงกัน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันบ้าง

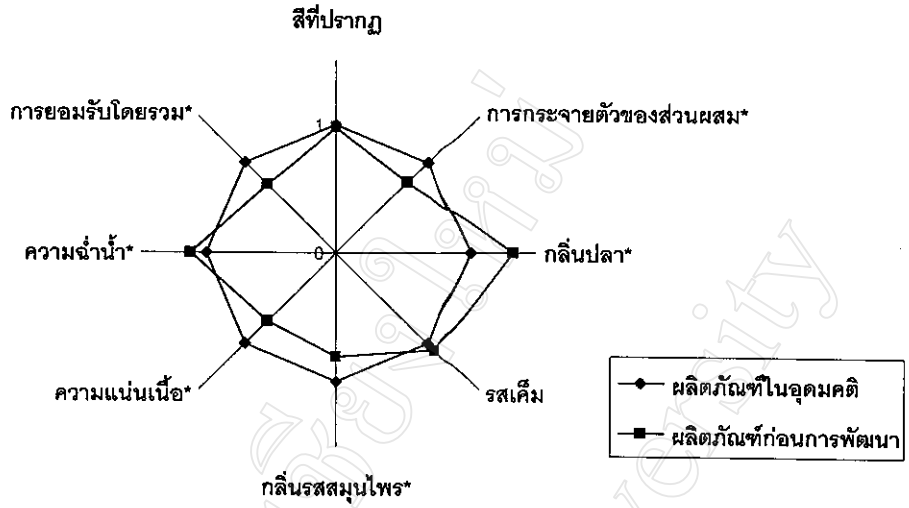
ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันมาก ในกรณีนี้จะต้องพิจารณาด้วยความรอบคอบ ต้องมีเหตุผลอื่นประกอบก่อนที่จะตัดสินใจดำเนินการต่อไป

ข้อมูลจากการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เมื่อนำมาหาค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ค่าดังตารางที่ 4.1 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะและค่าสัดส่วนอุดมคติจะถูกนำมาสร้างเป็นแผนภาพเค้าโครง (Profile) ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม แสดงดังภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 : ค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์

ลักษณะสำคัญ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. สีปรากฏ	0.98	0.13
2. การกระจายตัวของส่วนผสม	0.79*	0.21
3. กลิ่นปลา	1.33*	0.40
4. รสเค็ม	1.06	0.18
5. กลิ่นรสสมุนไพร	0.81*	0.17
6. ความแน่นเนื้อ	0.75*	0.13
7. ความฉ่ำน้ำ	1.12*	0.15
8. การยอมรับโดยรวม	0.76*	0.08

หมายเหตุ * แสดงถึงค่า Ideal ratio score มีความแตกต่างจากค่า Ideal (1.00) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.1 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรต้นแบบ

ภาพที่ 4.1 แสดงให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร มีลักษณะสำคัญ 8 ลักษณะที่ต้องพัฒนาไปในแนวทางดังนี้

สีปรากฏ หมายถึงสีโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีความอ่อนหรือเข้ม พบว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีคะแนนความชอบด้านสีปรากฏใกล้เคียงในอุดมคติแล้ว

การกระจายตัวของส่วนผสมทั้งหมด หมายถึงการกระจายตัวของส่วนผสมทั้งหมดที่สังเกตได้จากภายนอก พบว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีการกระจายตัวของส่วนผสมต่ำกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงต้องพัฒนาให้มีกระจายตัวของส่วนผสมมากขึ้น

กลิ่นปลา หมายถึง กลิ่นของเนื้อปลาที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีกลิ่นปลาสูงกว่ากว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงต้องพัฒนาโดยการลดกลิ่นปลาลง

รสเค็ม หมายถึงรสเค็มของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีรสเค็มใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติดีแล้ว

กลิ่นรสสมุนไพร หมายถึงกลิ่นและรสชาติของสมุนไพรโดยรวมที่ผสมในผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีกลิ่นรสสมุนไพรต่ำกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงต้องพัฒนาให้มีกลิ่นรสสมุนไพรเพิ่มขึ้น

ความแน่นเนื้อ หมายถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีความแน่น ไม่ยุ่ยเละ พบว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีความแน่นเนื้อต่ำกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงต้องพัฒนาเพิ่มความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์

ความฉ่ำน้ำ หมายถึงปริมาณน้ำที่มีในผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีความฉ่ำน้ำสูงกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการลดความฉ่ำน้ำในผลิตภัณฑ์

การยอมรับโดยรวม หมายถึงการยอมรับในทุก ๆ ด้านของผลิตภัณฑ์ พบว่าคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีค่าต่ำกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงขึ้น

จากการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในครั้งแรก จะสามารถกำหนดค่าอุดมคติถาวร (Fixed ideals) ของแต่ละลักษณะได้ โดยการนำค่าอุดมคติของลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจุดอุดมคติถาวรนี้จะนำไปใช้ตลอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในครั้งนี้

ตอนที่ 1.2 การหาอัตราส่วนผสมหลักที่เหมาะสม

ปัจจัยหลักที่เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอีมัลชั่นมี 4 ปัจจัย ได้แก่ เนื้อปลา มันหมู น้ำแข็ง และสารทดแทนไขมัน (โปรตีนถั่วเหลืองกับคาร์ราจีแนน อัตราส่วน 3:1) วางแผนการทดลองแบบ Mixture design ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 10 สิ่งทดลอง และเมื่อนำสูตรการผลิตทั้ง 10 สูตรไปทำการผลิตโดยกำหนดให้ปัจจัยอื่น ๆ เป็นปัจจัยคงที่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear Regression) ระหว่างตัวแปร และใช้โปรแกรม POM ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) เพื่อหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของส่วนผสมหลัก ทั้งนี้อัตราส่วนดังกล่าวจะต้องอยู่ในข้อจำกัด (Constrains) ที่ตั้งไว้โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Lag range ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส แสดงดังตาราง 4.2, 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมหลัก

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเฉือน
	L	a	b	(N)
1	67.64 ± 0.54	-0.80 ± 0.14	15.02 ± 0.24	4.18 ± 0.43
2	66.96 ± 0.16	-0.54 ± 0.12	16.15 ± 0.16	2.96 ± 0.25
3	70.28 ± 0.38	-0.44 ± 0.09	16.24 ± 0.19	3.20 ± 0.12
4	66.92 ± 1.13	-0.89 ± 0.03	16.44 ± 0.19	5.05 ± 0.36
5	66.52 ± 0.52	-0.25 ± 0.13	16.43 ± 0.21	4.71 ± 0.50
6	70.48 ± 0.87	-0.40 ± 0.06	16.65 ± 0.38	4.51 ± 0.27
7	65.67 ± 1.08	0.33 ± 0.03	12.54 ± 0.52	2.86 ± 0.49
8	67.28 ± 0.63	0.58 ± 0.03	14.01 ± 0.47	4.88 ± 0.23
9	68.61 ± 0.41	-0.01 ± 0.14	14.48 ± 0.19	3.05 ± 0.07
10	68.40 ± 0.45	-0.06 ± 0.07	15.25 ± 0.24	6.57 ± 1.06

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร พบว่าการผันแปรอัตราส่วนผสมหลักมีผลโดยตรงกับค่าสี L (ความสว่าง) จากการทดลองผลิตภัณฑ์มีค่าสี L อยู่ในช่วง 65.67 ถึง 70.48 โดยสิ่งทดลองที่ 6 มีค่า สี L สูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณไขมันและสารทดแทนไขมันระดับสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากทั้งไขมันและสารทดแทนไขมันมีสีขาว โดยเฉพาะไขมันจะมีลักษณะมันวาวมีความสว่างมาก ด้านค่าสี a (สีแดง) อยู่ในช่วง -0.89 ถึง 0.58 และค่าสี b (สีเหลือง) อยู่ในช่วง 12.54 ถึง 16.65 จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการกระจายตัวของส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ แม้ว่าในส่วนผสมทั้งหมดมีปริมาณเส้นใยอาหารและสมุนไพร ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ให้สีแดงและสีเหลือง โดยเพิ่มในปริมาณที่เท่ากันในแต่ละสิ่งทดลอง

ด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แสดงผลจากค่าแรงเฉือน ซึ่งถ้าผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่แน่น ไม่เละ จะมีค่าแรงเฉือนสูง จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมหลักที่ผันแปรทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไป พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันและไขมันในระดับสูงขึ้นทำให้เนื้อสัมผัสมีความแน่นขึ้นโดยพิจารณาจากค่าแรงเฉือนที่สูงขึ้น ทั้งนี้เพราะไขมันให้คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส เช่น ความแน่นเนื้อแก่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้สารทดแทนไขมันที่ใช้ คือ คาร์ราจีแนนและโปรตีนถั่วเหลือง มีคุณสมบัติในการเกิดเจล (Gelation) สามารถจับตัวกับน้ำ (Water binding) ได้ดี เพราะมีคุณสมบัติ Hydrophillic สูงมาก และเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) (Pietrasik and Duda, 2000 ; Cofrades *et al.*, 2000) จึงทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีลักษณะอีมัลชั่นที่ดี มีความแน่นเนื้อ และมีลักษณะเหนียวหนืด จากการศึกษาการใช้คาร์ราจีแนนในไส้กรอกเนื้อวัวไขมันต่ำ พบว่าคาร์ราจีแนนช่วยเพิ่ม Cooking yield ความแข็งของเนื้อสัมผัส (Hardness) ได้ดีกว่าสารทดแทนไขมันชนิดอื่น (Xiong *et al.*, 1999) นอกจากนี้ผลการวัดเนื้อสัมผัสมีความสัมพันธ์กับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นเนื้อ อีกทั้งน้ำแข็งยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มเละ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองใช้โปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับคาร์ราจีแนนอัตราส่วน 3:1 เพื่อทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูลดไขมัน พบว่าไขมันและสารทดแทนไขมันที่ใช้ในส่วนผสมช่วยทำให้เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์มีความแน่นเพิ่มขึ้น ถ้าลดไขมันลงทำให้เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์นุ่ม ไม่เกิดลักษณะอีมัลชั่นที่ดีและคงตัว (Pietrasik and Duda, 2000)

ตารางที่ 4.3 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมหลัก

สิ่งทดลอง	ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	ค่าปริมาณน้ำ (ร้อยละ)
1	6.63 ± 0.06	0.88 ± 0.03	74.32 ± 0.09
2	6.23 ± 0.02	0.87 ± 0.03	74.12 ± 0.42
3	6.44 ± 0.05	0.88 ± 0.03	66.86 ± 0.22
4	6.24 ± 0.03	0.85 ± 0.03	68.12 ± 0.50
5	6.18 ± 0.01	0.86 ± 0.03	71.44 ± 0.14
6	5.68 ± 0.02	0.90 ± 0.03	68.39 ± 0.07
7	5.75 ± 0.02	0.88 ± 0.03	70.15 ± 0.36
8	5.66 ± 0.27	0.89 ± 0.03	66.37 ± 0.37
9	5.88 ± 0.07	0.86 ± 0.03	69.25 ± 0.17
10	6.64 ± 0.02	0.87 ± 0.03	63.71 ± 0.21

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

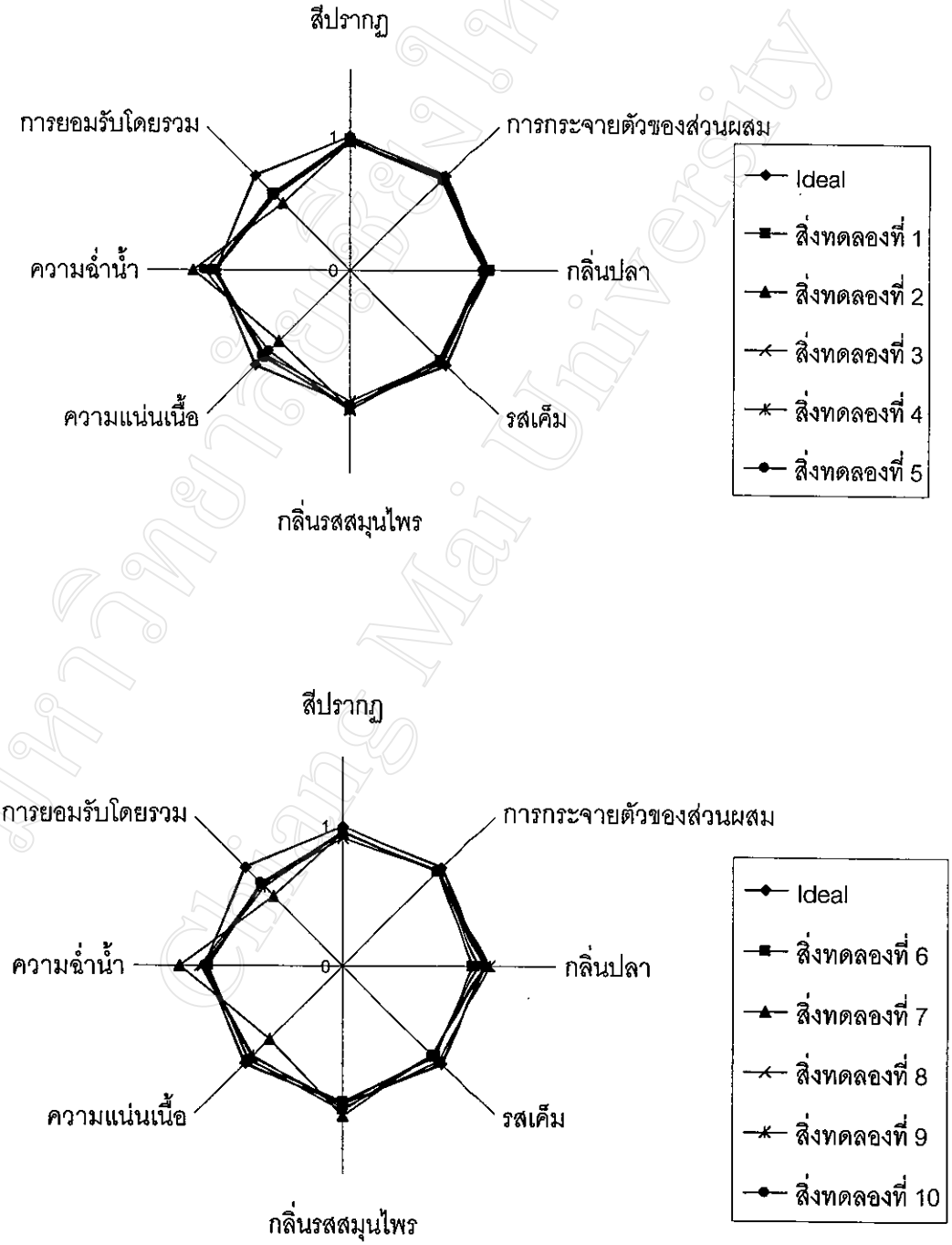
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร ทั้ง 10 สิ่งทดลอง ที่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลอง ค่าปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ อยู่ในช่วงร้อยละ 63.71 ถึง 74.32 โดยจะเห็นได้ค่าปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์จากสิ่งทดลองที่ 10 มีค่าต่ำที่สุด ทั้งนี้เพราะมีองค์ประกอบที่เป็นแหล่งของน้ำคือ น้ำแข็ง และเนื้อปลาในสูตรการผลิตในปริมาณต่ำ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันกล่าวคือ ค่าที่ได้อยู่ในช่วง 5.66 ถึง 6.64 และช่วง 0.85 ถึง 0.90 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมหลัก

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัวของส่วนผสม	กลิ่นปลา	รสเค็ม
1	0.98 ± 0.06	0.96 ± 0.07	1.00 ± 0.20	1.01 ± 0.09
2	0.96 ± 0.09	0.96 ± 0.07	0.98 ± 0.11	1.03 ± 0.09
3	0.95 ± 0.09	0.98 ± 0.03	0.97 ± 0.22	1.04 ± 0.14
4	0.96 ± 0.08	0.95 ± 0.07	0.96 ± 0.10	0.97 ± 0.06
5	0.97 ± 0.06	0.98 ± 0.09	0.96 ± 0.10	1.04 ± 0.08
6	0.96 ± 0.09	0.95 ± 0.07	0.93 ± 0.10	0.98 ± 0.05
7	0.95 ± 0.07	0.96 ± 0.03	1.01 ± 0.15	1.08 ± 0.11
8	0.92 ± 0.08	0.96 ± 0.05	0.95 ± 0.16	1.00 ± 0.05
9	0.95 ± 0.09	0.97 ± 0.06	1.03 ± 0.19	1.03 ± 0.09
10	0.95 ± 0.07	0.95 ± 0.06	0.99 ± 0.19	1.05 ± 0.12
สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	กลิ่นรสสมุนไพร	ความแน่นเนื้อ	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับโดยรวม
1	0.94 ± 0.09	0.92 ± 0.13	1.02 ± 0.09	0.81 ± 0.11
2	0.96 ± 0.15	0.75 ± 0.19	1.17 ± 0.20	0.71 ± 0.13
3	0.93 ± 0.11	0.90 ± 0.13	1.00 ± 0.14	0.79 ± 0.10
4	0.95 ± 0.08	0.89 ± 0.18	1.00 ± 0.14	0.80 ± 0.07
5	0.94 ± 0.10	0.85 ± 0.17	1.08 ± 0.15	0.79 ± 0.09
6	0.93 ± 0.17	0.97 ± 0.10	0.97 ± 0.11	0.82 ± 0.10
7	0.90 ± 0.16	0.74 ± 0.15	1.18 ± 0.18	0.71 ± 0.09
8	0.92 ± 0.14	0.93 ± 0.12	1.03 ± 0.09	0.82 ± 0.07
9	0.96 ± 0.13	0.92 ± 0.12	1.01 ± 0.14	0.80 ± 0.08
10	0.90 ± 0.14	0.95 ± 0.08	0.99 ± 0.11	0.83 ± 0.09

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสิ่งทดลองจะนำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม แสดงได้ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมหลัก

ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะแตกต่างกันบ้าง แต่ในภาพรวมมีทิศทางคล้ายคลึงกันกล่าวคือ สิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา รสเค็ม ใกล้เคียงค่าในอุดมคติ แต่พบว่าสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรต่ำกว่าค่าในอุดมคติ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสสมุนไพรอ่อนกว่าระดับที่ผู้บริโภคต้องการ ดังนั้นควรเพิ่มปริมาณส่วนผสมสมุนไพรและพริกไทยเพิ่มขึ้นในการทดลองขั้นต่อไป เมื่อพิจารณาความชอบด้านความแน่นเนื้อ พบว่าสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อต่ำกว่าค่าในอุดมคติ แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีลักษณะนิ่ม และ ไม่มีลักษณะอีมัลชั่นที่ดี โดยอัตราส่วนผสมหลักมีผลต่อลักษณะด้านเนื้อสัมผัสอย่างมากแต่ไม่สามารถปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมหลักได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดในปริมาณการใช้ จึงควรพัฒนาด้านกระบวนการผลิตให้เหมาะสมและดีที่สุด นอกจากนี้พบว่าคะแนนความชอบด้านความฉ่ำน้ำ มีค่าใกล้เคียงค่าในอุดมคติ แต่มีเพียง 2 สิ่งทดลองเท่านั้นที่มีค่าสูงกว่าค่าในอุดมคติมาก ทั้งนี้เพราะ 2 สิ่งทดลองนี้มีปริมาณน้ำแข็งในสูตรสูงกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ ด้านการยอมรับโดยรวมแสดงผลเช่นเดียวกับด้านความฉ่ำน้ำ สามารถอธิบายได้ว่าการยอมรับโดยรวมผันแปรตามความชอบด้านความฉ่ำน้ำ ดังนั้นถ้าสามารถพัฒนาความชอบด้านความฉ่ำน้ำได้ ผลิตภัณฑ์จะได้รับการยอมรับเพิ่มมากขึ้น

ในการวิเคราะห์หาอัตราส่วนผสมหลักที่เหมาะสมนั้นทำได้โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ค่า Mean ideal ratio) ในแต่ละสิ่งทดลองมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างอัตราส่วนของปัจจัยหลักที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองกับลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา หาความสัมพันธ์ (Regress) ของลักษณะนั้นกับอัตราส่วนของส่วนผสมหลัก 4 ปัจจัย ทีละคู่ รวมถึงอิทธิพลร่วม (Interaction) ของอัตราส่วนดังกล่าวด้วย อัตราส่วนผสมหลักที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองและอิทธิพลร่วม (Interaction) แสดงดังตารางที่ ง.1 ในภาคผนวก ง

สมการเชิงเส้น (Linear regression) ที่ได้จะนำมาทำ Partial derivatives และใช้เทคนิค Lag range จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์เพื่อหาอัตราส่วนของปัจจัยหลักที่เหมาะสมต่อลักษณะนั้น ๆ ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (POM) ตัวอย่างการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมแสดงได้ดังตัวอย่างที่ ง.1 ในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.5 : อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

ลักษณะสำคัญ	อัตราส่วนผสมหลัก (ร้อยละ)			
	เนื้อปลา	ไขมัน	น้ำแข็ง	สารทดแทนไขมัน
สีปรากฏ	73.83	9.11	14.44	2.62
การกระจายตัวของส่วนผสม	74.17	9.17	14.05	2.61
กลิ่นปลา	73.53	9.22	14.69	2.58
รสเค็ม	74.00	9.16	14.30	2.54
กลิ่นรสสมุนไพร	71.90	11.87	13.26	3.00
ความแน่นเนื้อ	70.88	11.60	14.82	2.72
ความฉ่ำน้ำ	71.27	11.00	14.94	2.82
การยอมรับโดยรวม	76.50	9.12	11.74	2.64
ค่าเฉลี่ย (Mean)	73.30	10.00	14.00	2.70
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	1.84	1.23	1.07	0.15

ตารางที่ 4.5 สามารถอธิบายได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลัก ขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้าน สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม เมื่อนำค่าของอัตราส่วนของ เนื้อปลา : ไขมัน : น้ำแข็ง : สารทดแทนไขมัน ของลักษณะทั้งหมดในตารางที่ 4.5 มาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมดังนี้

เนื้อปลา	ร้อยละ 73.30 ± 1.84
ไขมัน	ร้อยละ 10.00 ± 1.23
น้ำแข็ง	ร้อยละ 14.00 ± 1.07
สารทดแทนไขมัน	ร้อยละ 2.70 ± 0.15

ตอนที่ 1.3 การหาอัตราส่วนของส่วนผสมสมุนไพรที่เหมาะสม

ส่วนผสมสมุนไพรที่ทำการศึกษาคือ เสจ กะเพรา เลมอนบาล์ม ในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมทำได้โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2539) ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง เมื่อนำสูตรการผลิตทั้ง 6 สูตรไปทำการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยใช้อัตราส่วนผสมของส่วนผสมหลักที่ได้จากการทดลอง 1.2 และกำหนดให้ปัจจัยอื่น ๆ เป็นปัจจัยคงที่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear Regression) ระหว่างตัวแปรและใช้โปรแกรม POM ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) เพื่อหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของส่วนผสมสมุนไพร ทั้งนี้อัตราส่วนดังกล่าวจะต้องอยู่ในข้อจำกัด (Constrains) ที่ตั้งไว้โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Lag range ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.6, 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.6 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมสมุนไพร

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเฉือน
	L	a	b	(N)
1	65.24 ± 0.35	1.33 ± 0.13	16.66 ± 0.24	5.07 ± 0.06
2	67.38 ± 0.71	1.33 ± 0.06	17.40 ± 0.30	5.03 ± 0.01
3	67.80 ± 0.54	0.96 ± 0.06	17.40 ± 0.15	5.17 ± 0.04
4	62.49 ± 0.40	1.58 ± 0.10	16.76 ± 0.22	5.69 ± 0.12
5	65.01 ± 0.77	1.30 ± 0.03	16.59 ± 0.32	5.07 ± 0.04
6	69.47 ± 0.80	1.22 ± 0.16	17.99 ± 0.31	5.04 ± 0.03

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 สิ่งทดลอง ได้แก่ ค่าสี L, a, b และค่าแรงเฉือน โดยค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 62.49 ถึง 69.76 ส่วนค่าสี a (สีแดง-เขียว) อยู่ในช่วง 0.96 ถึง 1.58 และค่าสี b (สีเหลือง-น้ำเงิน) อยู่ในช่วง 16.59 ถึง

17.99 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 สิ่งทดลอง มีค่าสี L, a และ b ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะส่วนผสมสมุนไพรทุกชนิด ได้แก่ เสจ เลมอนบาล์ม และกะเพราที่ในสูตรการผลิตแต่ละสิ่งทดลองให้สีเขียวเหมือนกัน ถึงแม้จะใส่สมุนไพรแต่ละชนิดแตกต่างกันในส่วนผสม แต่ปริมาณส่วนผสมรวมในแต่ละสิ่งทดลองใช้ในปริมาณที่เท่ากัน นอกจากนี้ทุกสูตรมีส่วนผสมของเส้นใยอาหารที่เท่ากัน สำหรับด้านเนื้อสัมผัสพิจารณาจากค่าแรงเฉือนต่อผลิตภัณฑ์พบว่าแต่ละสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.03 ถึง 5.69 นิวตัน

ตารางที่ 4.7 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมสมุนไพร

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	ค่าปริมาณน้ำ (ร้อยละ)
1	6.59 ± 0.01	0.89 ± 0.03	63.20 ± 0.08
2	6.56 ± 0.01	0.86 ± 0.03	61.13 ± 0.01
3	6.52 ± 0.01	0.88 ± 0.04	61.58 ± 0.09
4	6.54 ± 0.03	0.86 ± 0.03	62.29 ± 0.23
5	6.52 ± 0.04	0.85 ± 0.05	61.81 ± 0.01
6	6.51 ± 0.01	0.86 ± 0.04	62.17 ± 0.12

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร ทั้ง 6 สิ่งทดลอง โดยมีค่าค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) อยู่ในช่วง 0.85 ถึง 0.89 ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ อยู่ในช่วง 61.13 ถึง 63.20 และความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันคือ อยู่ในช่วง 6.51 ถึง 6.59

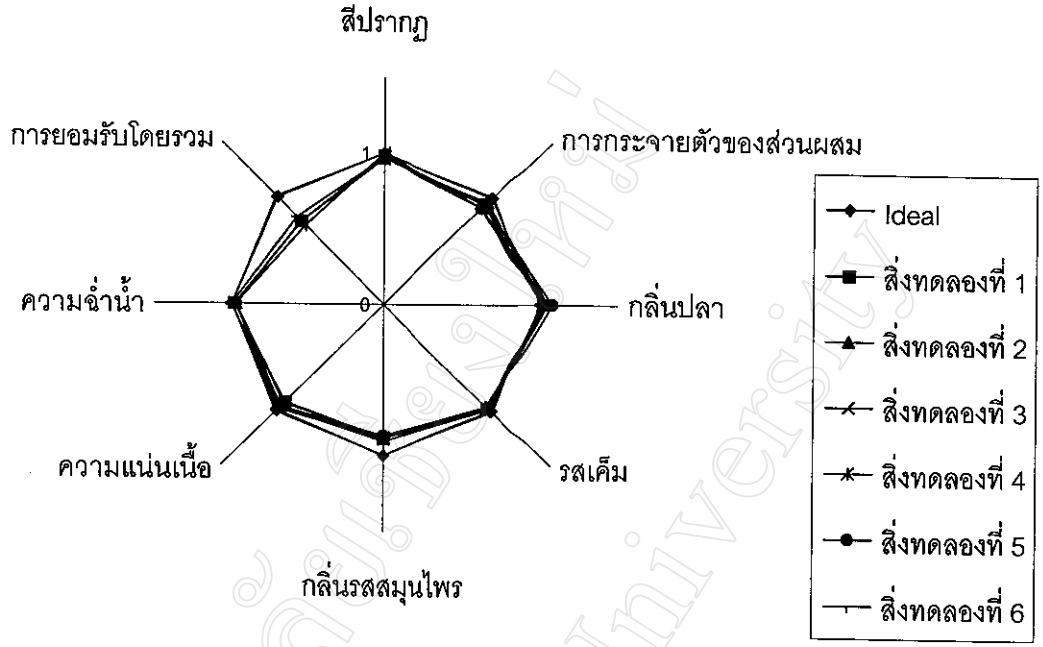
ตารางที่ 4.8 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมสมุนไพร

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัวของส่วนผสม	กลิ่นปลา	รสเค็ม
1	0.98 ± 0.16	0.94 ± 0.05	1.02 ± 0.11	0.97 ± 0.06
2	0.96 ± 0.11	0.95 ± 0.05	1.05 ± 0.15	0.95 ± 0.08
3	0.98 ± 0.14	0.90 ± 0.12	1.04 ± 0.17	0.97 ± 0.08
4	1.00 ± 0.14	0.91 ± 0.09	1.01 ± 0.18	0.98 ± 0.06
5	0.97 ± 0.10	0.91 ± 0.12	1.07 ± 0.18	0.96 ± 0.07
6	0.97 ± 0.06	0.93 ± 0.09	1.03 ± 0.14	0.98 ± 0.10

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	กลิ่นรสสมุนไพร	ความแน่นเนื้อ	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับโดยรวม
1	0.89 ± 0.14	0.92 ± 0.14	0.98 ± 0.07	0.78 ± 0.10
2	0.88 ± 0.13	0.95 ± 0.15	0.97 ± 0.09	0.78 ± 0.09
3	0.89 ± 0.15	0.98 ± 0.09	0.97 ± 0.07	0.77 ± 0.10
4	0.88 ± 0.12	0.93 ± 0.14	0.97 ± 0.12	0.73 ± 0.10
5	0.87 ± 0.09	0.97 ± 0.11	0.97 ± 0.07	0.77 ± 0.09
6	0.91 ± 0.08	0.97 ± 0.07	1.00 ± 0.06	0.81 ± 0.09

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสิ่งทดลองจะนำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม แสดงได้ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรเมื่อใช้อัตราส่วนของส่วนผสมสมุนไพรต่างกัน

ตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะแตกต่างกันบ้าง แต่ในภาพรวมมีทิศทางคล้ายคลึงกันดังนี้คือ สิ่งทดลองที่มีคะแนนความชอบด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา รสเค็ม ความแน่นเนื้อ และความฉ่ำน้ำใกล้เคียงค่าในอุดมคติ แต่พบว่าสิ่งทดลองที่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรต่ำกว่าค่าในอุดมคติ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสสมุนไพรอ่อนกว่าระดับที่ผู้บริโภคต้องการ ดังนั้นควรเพิ่มปริมาณส่วนผสมสมุนไพรและพริกไทยเพิ่มขึ้นในการทดลองขั้นต่อไป

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนผสมสมุนไพรที่เหมาะสม นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ค่า Mean ideal ratio) ในแต่ละสิ่งทดลองมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างอัตราส่วนผสมสมุนไพรที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองกับลักษณะต่าง ๆ (Attribute) ที่ศึกษา โดยทำการหาความสัมพันธ์ (Regress) ค่าของลักษณะนั้นกับอัตราส่วนผสมสมุนไพร 3 ปัจจัย ทีละคู่ รวมถึงอิทธิพลร่วม (Interaction) ของอัตราส่วนดังกล่าวด้วยสมการเชิงเส้น (Linear regression) ที่ได้จะนำมาทำ Partial derivatives และใช้เทคนิค Lag range จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์เพื่อหาอัตราส่วนผสมสมุนไพรที่เหมาะสมต่อลักษณะนั้น ๆ ด้วย

โปรแกรมเชิงเส้น (POM) ตัวอย่างการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมแสดงได้ดังตัวอย่างที่ ง.1 ในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.9 : อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมสมุนไพรที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

ลักษณะสำคัญ	อัตราส่วนผสมสมุนไพร (ร้อยละ)		
	เสจ	กะเพรา	เลมอนบาล์ม
สีปรากฏ	39.33	30.32	30.36
การกระจายตัวของส่วนผสม	40.30	30.00	29.68
กลิ่นปลา	38.03	29.48	32.49
รสเค็ม	39.53	30.41	30.07
กลิ่นรสสมุนไพร	39.75	30.56	29.69
ความแน่นเนื้อ	39.64	30.12	30.24
ความฉ่ำน้ำ	39.80	30.42	29.81
การยอมรับโดยรวม	40.31	30.42	29.07
ค่าเฉลี่ย (Mean)	39.59	30.22	30.19
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	0.72	0.34	1.02

ตารางที่ 4.9 สามารถอธิบายได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมสมุนไพร ขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้าน สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม เมื่อนำค่าของอัตราส่วนของเสจ : เลมอนบาล์ม : กะเพรา ของลักษณะทั้งหมดในตารางที่ 4.9 มาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมดังนี้

เสจ	ร้อยละ 39.59 $\pm$ 0.72
เลมอนบาล์ม	ร้อยละ 30.22 $\pm$ 0.34
กะเพรา	ร้อยละ 30.19 $\pm$ 1.02

ตอนที่ 1.4 การหาอัตราส่วนของส่วนผสมเส้นใยอาหารที่เหมาะสม

ส่วนเส้นใยอาหารที่ทำการศึกษาคือ แครอท เห็ดหอม และสาหร่ายทะเล ทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 5 สิ่งทดลอง และเมื่อนำสูตรการผลิตทั้ง 5 สูตรไปทำการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยใช้อัตราส่วนผสมหลักที่ได้จากการทดลอง 1.2 และใช้อัตราส่วนผสมสมุนไพรที่ได้จากการทดลอง 1.3 กำหนดให้ปัจจัยอื่น ๆ เป็นปัจจัยคงที่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear Regression) ระหว่างตัวแปรและใช้โปรแกรม POM ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) เพื่อหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดส่วนผสมเส้นใยอาหาร ทั้งนี้อัตราส่วนดังกล่าวจะต้องอยู่ในข้อจำกัด (Constrains) ที่ตั้งไว้โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Lag range ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.10, 4.11 และ 4.12

ตารางที่ 4.10 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหาร

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเฉือน
	L	a	b	(N)
1	63.81 ± 0.40	2.13 ± 0.20	18.35 ± 0.10	5.01 ± 0.01
2	63.31 ± 0.28	2.39 ± 0.08	18.04 ± 0.19	4.46 ± 0.03
3	57.78 ± 0.26	2.12 ± 0.02	18.87 ± 0.05	5.11 ± 0.11
4	61.88 ± 0.94	1.78 ± 0.14	17.75 ± 0.25	5.94 ± 0.10
5	55.41 ± 0.02	2.37 ± 0.10	18.06 ± 0.06	6.64 ± 0.12

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.10 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสูตรทั้ง 5 มีค่าสี L, a และ b ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนประกอบของเส้นใยอาหารในแต่ละสูตร โดยค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 55.41 ถึง 63.81 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ค่าสี L ต่ำโดยแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่นคือ สิ่งทดลอง

ที่ 3 และ 5 เนื่องจากสิ่งทดลองที่ 3 และ 5 มีองค์ประกอบของสาหร่ายทะเลระดับสูงกว่าสิ่งทดลองอื่นและสาหร่ายทะเลมีสีเขียวเข้ม ส่วนค่าสี a (สีแดง-เขียว) อยู่ในช่วง 1.78 ถึง 2.39 และค่าสี b (สีเหลือง-น้ำเงิน) อยู่ในช่วง 17.75 ถึง 18.87 พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สิ่งทดลองมีค่าสี a และ b ไม่ค่อยแตกต่างกัน ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าสี a และ b ต่ำกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ เนื่องจากสิ่งทดลองที่ 4 มีแครอทเป็นส่วนประกอบที่ระดับต่ำสุด และยังมีส่วนผสมของสาหร่ายทะเลและเห็ดหอมที่ระดับสูง สำหรับค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 4.46 ถึง 6.64

ตารางที่ 4.11 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหาร

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	ค่าปริมาณน้ำ (ร้อยละ)
1	6.58 $\pm$ 0.08	0.88 $\pm$ 0.03	62.37 $\pm$ 0.22
2	6.78 $\pm$ 0.01	0.91 $\pm$ 0.02	62.49 $\pm$ 0.13
3	6.82 $\pm$ 0.02	0.89 $\pm$ 0.02	60.19 $\pm$ 0.16
4	6.85 $\pm$ 0.03	0.88 $\pm$ 0.03	64.22 $\pm$ 0.32
5	6.81 $\pm$ 0.01	0.90 $\pm$ 0.03	62.20 $\pm$ 0.15

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

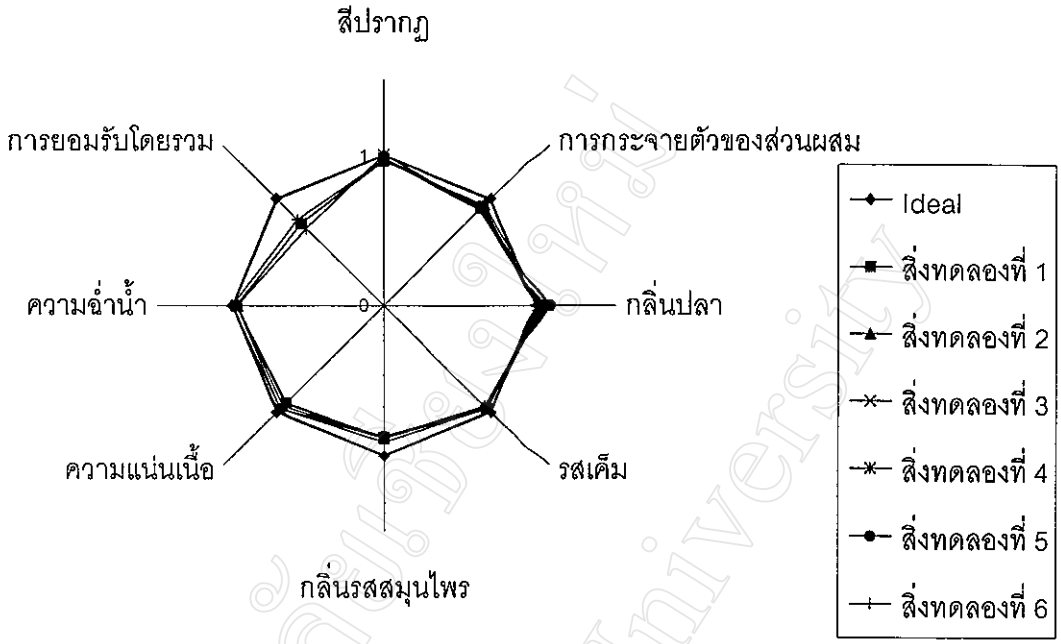
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร ทั้ง 5 สิ่งทดลองดังนี้ ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) อยู่ในช่วง 0.88 ถึง 0.91 จะเห็นได้ว่าค่า Aw นั้นมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ซึ่งอยู่ในช่วง 60.19 ถึง 64.22 มีความแตกต่างกันกล่าวคือ สิ่งทดลอง 4 มีปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์สูง ทั้งนี้เนื่องจากมีเห็ดหอมในส่วนผสมในปริมาณที่สูง และเห็ดหอมมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ส่วนความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์แต่ละสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.58 ถึง 6.85

ตารางที่ 4.12 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหาร

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัวของส่วนผสม	กลิ่นปลา	รสเค็ม
1	0.99 ± 0.07	0.97 ± 0.05	0.97 ± 0.08	1.07 ± 0.12
2	0.97 ± 0.08	0.88 ± 0.16	0.97 ± 0.12	1.04 ± 0.11
3	0.88 ± 0.16	0.94 ± 0.10	0.99 ± 0.08	1.06 ± 0.16
4	0.87 ± 0.09	0.95 ± 0.08	1.02 ± 0.14	1.00 ± 0.08
5	0.79 ± 0.18	0.91 ± 0.13	0.96 ± 0.13	1.04 ± 0.10
สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	กลิ่นรสสมุนไพร	ความแน่นเนื้อ	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับโดยรวม
1	0.87 ± 0.14	0.98 ± 0.07	0.96 ± 0.06	0.81 ± 0.08
2	0.86 ± 0.14	0.98 ± 0.11	0.96 ± 0.11	0.80 ± 0.08
3	0.88 ± 0.15	1.02 ± 0.13	0.91 ± 0.11	0.76 ± 0.07
4	0.92 ± 0.15	1.01 ± 0.08	0.92 ± 0.07	0.79 ± 0.08
5	0.93 ± 0.15	1.10 ± 0.11	0.82 ± 0.10	0.70 ± 0.10

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสูตรจะนำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม แสดงได้ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เมื่อใช้อัตราส่วนของเส้นใยอาหารต่างกัน

ตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะแตกต่างกันอยู่บ้าง แต่โดยรวมเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ แต่ละสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นปลา รสเค็ม ความแน่นเนื้อ และความฉ่ำน้ำ ใกล้เคียงค่าในอุดมคติ นอกจากนี้สิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นรสสมุนไพร ต่ำกว่าค่าในอุดมคติ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสสมุนไพรอ่อนกว่าระดับที่ผู้บริโภคต้องการ ดังนั้นควรเพิ่มปริมาณส่วนผสมสมุนไพรและพริกไทยเพิ่มขึ้นในการทดลองขั้นต่อไป และควรพัฒนากระบวนการผลิตขั้นตอนการสับนวด เพื่อเพิ่มการกระจายตัวของส่วนผสม

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหารที่เหมาะสมนั้น นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ค่า Mean ideal ratio) ในแต่ละสิ่งทดลองมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหารที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองกับลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา โดยทำการหาความสัมพันธ์ (Regress) ค่าของลักษณะนั้นกับอัตราส่วนของส่วนผสมเส้นใยอาหาร 3 ปัจจัย ทีละคู่ รวมถึงอิทธิพลร่วม (Interaction) ของอัตราส่วนดังกล่าวด้วย สมการเชิงเส้นที่ได้จะนำมาทำ Partial derivatives และใช้เทคนิค

Lag range จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์เพื่อหาอัตราส่วนของปัจจัยหลักที่เหมาะสมต่อลักษณะนั้น ๆ ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (POM) ตัวอย่างการหาอัตราส่วนที่เหมาะแสดงได้ดังตัวอย่างที่ ง.1 ในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.13 : อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมเส้นใยอาหารที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

ลักษณะสำคัญ	แครอท (ร้อยละ)	เห็ดหอม (ร้อยละ)	สาหร่ายทะเล (ร้อยละ)
สีปรากฏ	47.56	41.67	10.77
การกระจายตัวของส่วนผสม	49.66	38.55	11.80
กลิ่นปลา	50.70	38.05	11.24
กลิ่นรสสมุนไพร	49.83	38.20	11.93
ความแน่นเนื้อ	42.26	47.52	10.23
ค่าเฉลี่ย (Mean)	48.00	40.80	11.20
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	3.41	4.04	0.71

ตารางที่ 4.13 สามารถอธิบายได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมเส้นใยอาหารขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร และความแน่นเนื้อ เมื่อนำค่าของอัตราส่วนของ แครอท : เห็ดหอม : สาหร่ายทะเล ของลักษณะทั้งหมดในตารางที่ 4.13 มาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมดังนี้

แครอท	ร้อยละ 48.00 ± 3.41
เห็ดหอม	ร้อยละ 40.80 ± 4.04
สาหร่ายทะเล	ร้อยละ 11.20 ± 0.71

ตอนที่ 1.5 ผลการกลั่นกรองปัจจัยทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่ผลิตนี้ นอกจากมีส่วนผสมหลักที่ถือว่าเป็นองค์ประกอบหลักแล้ว ยังประกอบด้วย เกลือ น้ำตาล ผงชูรส พริกไทย โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โพแทสเซียมซอร์เบท ส่วนผสมสมุนไพร และส่วนผสมเส้นใยอาหาร ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นปัจจัยที่ต้องทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสม การทดลองนี้จึงเป็นการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ว่ามีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์อย่างไรบ้าง แล้วจึงทำการกลั่นกรองให้ได้เฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman ซึ่งประกอบด้วยสิ่งทดลองทั้งหมด 12 สิ่งทดลอง ผลการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.14 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ จากการกลั่นกรองปัจจัยทดลอง

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเฉือน
	L	a	b	(N)
1	69.19 ± 0.44	-0.40 ± 0.09	15.76 ± 0.31	2.94 ± 0.10
2	68.56 ± 1.27	0.90 ± 0.15	17.56 ± 0.41	3.68 ± 0.06
3	62.65 ± 0.22	-0.14 ± 0.11	19.73 ± 0.46	4.30 ± 0.14
4	65.13 ± 2.62	0.39 ± 0.08	17.18 ± 0.52	4.64 ± 0.38
5	68.07 ± 0.68	-0.62 ± 0.05	19.50 ± 0.11	3.30 ± 0.22
6	64.73 ± 0.46	-0.45 ± 0.04	18.39 ± 0.65	3.70 ± 0.20
7	72.05 ± 0.63	-0.57 ± 0.01	16.34 ± 0.32	4.40 ± 0.14
8	68.94 ± 0.77	0.39 ± 0.18	18.77 ± 0.36	5.12 ± 0.49
9	69.74 ± 0.30	-0.59 ± 0.07	18.62 ± 0.27	3.34 ± 0.29
10	63.44 ± 1.10	-0.05 ± 0.06	18.69 ± 0.29	3.65 ± 0.18
11	63.09 ± 1.62	0.42 ± 0.07	17.03 ± 0.26	4.19 ± 0.16
12	71.50 ± 0.51	-0.17 ± 0.20	16.53 ± 0.07	3.20 ± 0.13

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.15 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ จากการกลั่นกรองปัจจัยทดลอง

สิ่งทดลอง	ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	ค่าปริมาณน้ำ (ร้อยละ)
1	6.52 ± 0.15	0.86 ± 0.04	66.90 ± 0.05
2	6.70 ± 0.03	0.88 ± 0.04	67.90 ± 0.07
3	6.73 ± 0.02	0.88 ± 0.04	66.71 ± 0.04
4	6.71 ± 0.01	0.89 ± 0.04	66.25 ± 0.05
5	6.72 ± 0.01	0.86 ± 0.05	68.64 ± 0.13
6	6.67 ± 0.04	0.88 ± 0.04	67.09 ± 0.04
7	6.79 ± 0.01	0.89 ± 0.04	68.89 ± 0.04
8	6.73 ± 0.02	0.89 ± 0.04	68.11 ± 0.08
9	6.79 ± 0.03	0.89 ± 0.04	66.85 ± 0.10
10	6.66 ± 0.02	0.87 ± 0.04	65.87 ± 0.01
11	6.71 ± 0.06	0.88 ± 0.04	65.67 ± 0.07
12	6.79 ± 0.01	0.87 ± 0.03	68.86 ± 0.37

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 4.16 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากการกลั่นกรองปัจจัยทดลอง

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัวของส่วนผสม	กลิ่นปลา	รสเค็ม
1	1.06 ± 0.14	0.90 ± 0.15	1.02 ± 0.10	1.06 ± 0.16
2	0.97 ± 0.05	0.91 ± 0.11	0.97 ± 0.15	1.21 ± 0.20
3	0.94 ± 0.08	0.96 ± 0.10	0.95 ± 0.17	0.81 ± 0.13
4	0.94 ± 0.10	0.99 ± 0.04	0.93 ± 0.15	0.99 ± 0.20
5	1.01 ± 0.10	0.92 ± 0.13	0.98 ± 0.08	1.09 ± 0.17
6	0.93 ± 0.13	0.93 ± 0.12	1.01 ± 0.09	1.14 ± 0.15
7	0.98 ± 0.12	0.94 ± 0.07	1.00 ± 0.15	0.86 ± 0.15
8	0.96 ± 0.10	0.94 ± 0.10	0.95 ± 0.22	0.86 ± 0.14
9	0.95 ± 0.08	0.94 ± 0.11	1.04 ± 0.15	0.81 ± 0.14
10	0.83 ± 0.30	0.97 ± 0.11	0.89 ± 0.17	1.34 ± 0.27
11	0.93 ± 0.15	0.97 ± 0.05	0.97 ± 0.17	0.87 ± 0.16
12	1.07 ± 0.15	0.92 ± 0.13	1.02 ± 0.13	0.85 ± 0.15

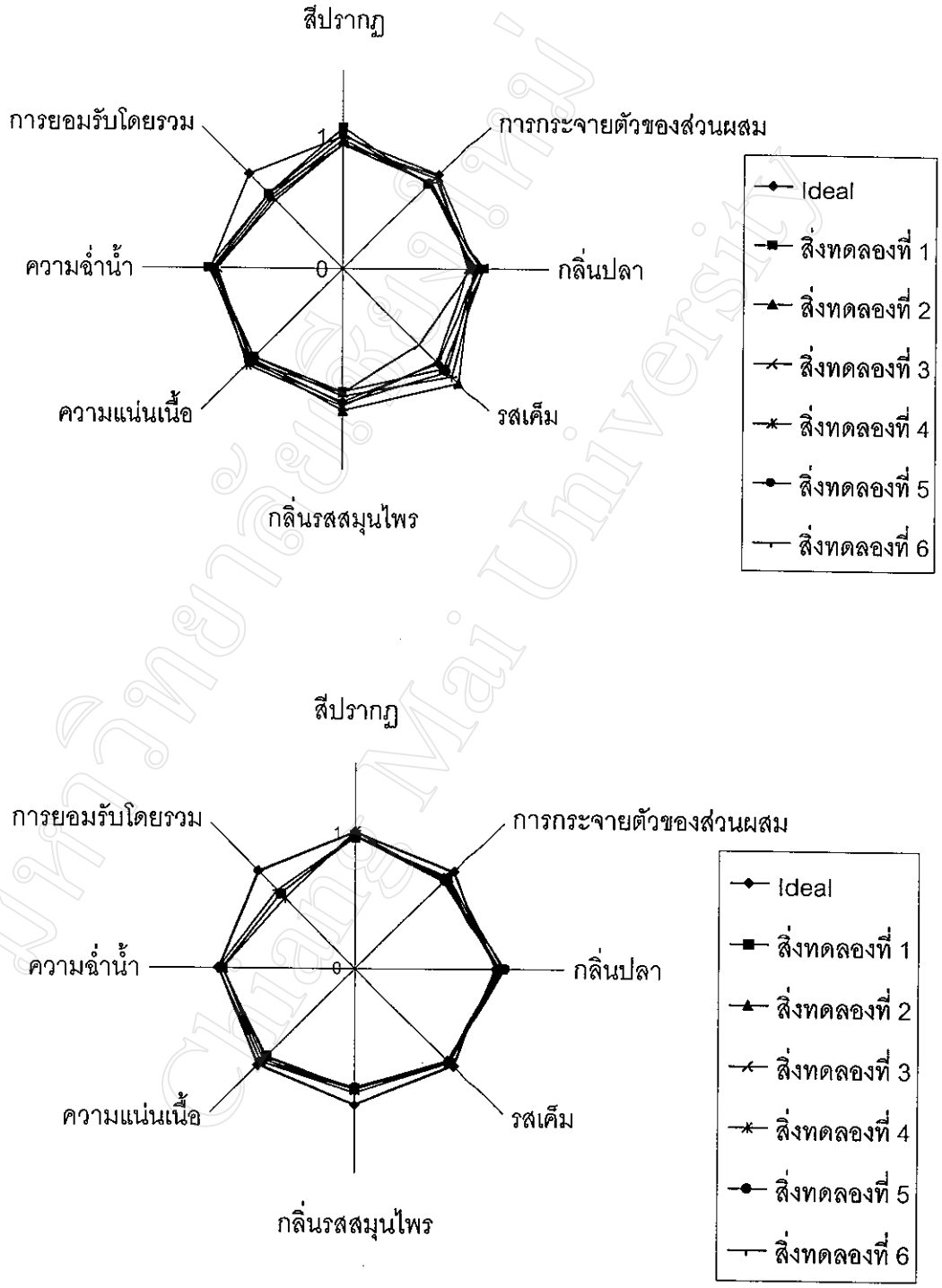
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 4.16 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากการกลั่นกรองปัจจัยทดลอง (ต่อ)

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	กลิ่นรสสมุนไพร	ความแน่นเนื้อ	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับโดยรวม
1	0.92 ± 0.09	0.95 ± 0.10	1.01 ± 0.04	0.79 ± 0.12
2	1.07 ± 0.21	0.98 ± 0.07	0.96 ± 0.04	0.77 ± 0.14
3	0.93 ± 0.13	0.99 ± 0.02	0.95 ± 0.05	0.72 ± 0.06
4	1.03 ± 0.10	1.02 ± 0.06	0.95 ± 0.05	0.74 ± 0.10
5	1.01 ± 0.12	0.96 ± 0.09	0.98 ± 0.04	0.79 ± 0.15
6	0.96 ± 0.07	0.95 ± 0.05	0.98 ± 0.07	0.79 ± 0.07
7	1.02 ± 0.11	1.026 ± 0.06	0.95 ± 0.06	0.78 ± 0.09
8	1.10 ± 0.21	1.02 ± 0.05	0.91 ± 0.07	0.71 ± 0.13
9	0.97 ± 0.04	0.97 ± 0.04	0.96 ± 0.06	0.79 ± 0.06
10	1.12 ± 0.15	1.01 ± 0.06	0.98 ± 0.08	0.69 ± 0.10
11	1.11 ± 0.16	0.98 ± 0.11	0.95 ± 0.12	0.67 ± 0.11
12	0.92 ± 0.11	0.98 ± 0.07	0.97 ± 0.04	0.76 ± 0.11

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสูตรจะนำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม ดังแสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการกลั่นกรองปัจจัยทดลอง

ผลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มากน้อยต่างกัน ทำให้สามารถแบ่งประเภทของปัจจัยทดลองออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ ปัจจัยหลัก (Major factors) คือปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ และปัจจัยรอง (Minor factors) คือปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เล็กน้อย เกณฑ์ในการพิจารณาขึ้นอยู่กับแต่ละปัจจัยทดลองมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากน้อยเพียงไร

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยคุณภาพแต่ละลักษณะของสิ่งทดลองจะนำมาหาผล (Effect) ของปัจจัยทดลองที่มีต่อลักษณะนั้น ๆ ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ผลของปัจจัย} = \frac{\text{ผลตอบสนองเมื่อใช้ที่ระดับสูง}}{\text{จำนวนสิ่งทดลองที่ใช้ระดับสูง}} - \frac{\text{ผลตอบสนองเมื่อใช้ที่ระดับต่ำ}}{\text{จำนวนสิ่งทดลองที่ใช้ระดับต่ำ}}$$

ผลของ Dummy (Effect of Dummy) จะถูกนำมารวมกันเพื่อประมาณค่าความแปรปรวนของผลจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

$$\text{ความแปรปรวน (Varience of effect)} = \frac{(\text{ผลรวมของ Dummy})^2}{\text{จำนวนของ Dummy}}$$

ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจากผลของ Dummy คำนวณได้ดังนี้

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน} = (\text{ความแปรปรวน})^{1/2}$$

ความแตกต่างทางสถิติของแต่ละปัจจัยสามารถคำนวณได้โดยใช้ t-test

$$\text{t-value} = \frac{\text{ผลของปัจจัยแต่ละปัจจัย}}{\text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน}}$$

การทดสอบความแตกต่างทางสถิติทำได้โดยนำค่า t-value ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับ ตารางค่า t-test ที่มีค่า Degree of freedom เท่ากับจำนวนของ Dummy ในการทดลอง

และมีระดับความเชื่อมั่นของการทดสอบคือร้อยละ 85 หรือ $p \leq 0.15$ เหตุที่ใช้ระดับความเชื่อมั่นต่ำก็เพื่อลดการมองข้ามปัจจัยที่น่าจะมีความสำคัญด้วย

ปัจจัยที่มีความสำคัญคือปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลาย ๆ ด้าน นอกจากนี้การคำนวณผลของปัจจัยซึ่งมีค่าบวกหรือลบ ยังแสดงให้เห็นว่าการใช้ปัจจัยระดับต่ำหรือสูงให้ผลอย่างไรต่อผลิตภัณฑ์ ทำให้ทราบแนวโน้มว่าควรใช้ระดับของปัจจัยสูงหรือต่ำจึงจะทำให้คุณภาพผลิตภัณฑ์เป็นไปตามความต้องการมากที่สุด ข้อพึงระวังในการพิจารณาคือแผนการทดลองนี้เป็นการศึกษาผลของปัจจัยโดยคำนึงถึงอิทธิพลหลัก (Main effect) เท่านั้น ไม่สามารถอธิบายอิทธิพลร่วม (Interaction effect) ของปัจจัยได้ (ไพโรจน์, 2539)

ตารางที่ 4.17 : อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

ปัจจัยทดลอง	สีปรากฏ		การกระจายตัวของส่วนผสม		กลิ่นปลา		รสเค็ม	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
เกลือ	-0.015	-1.800	-0.008	-1.987[a]	-0.022	-6.789[c]	0.295	5.901[c]
น้ำตาล	0.015	1.800	0.012	2.782[b]	0.008	2.611[b]	-0.105	-2.100[a]
พริกไทย	-0.072	-8.600[c]	0.032	7.550[c]	-0.068	-21.41[c]	0.045	0.900
ผงชูรส	-0.018	-2.200[a]	-0.008	-1.987[a]	0.002	0.522	0.048	0.967
STPP	0.005	0.600	-0.018	-4.371[c]	0.032	9.922[c]	0.002	0.033
โพแทสเซียม-ซอร์เบท	-0.005	-0.600	-0.002	-0.397	-0.018	-5.745[c]	0.045	0.900
ส่วนผสมสมุนไพร	-0.075	-9.000[c]	0.032	7.550[c]	-0.008	-2.611[b]	0.022	0.433
ส่วนผสมเส้นใยอาหาร	-0.055	-6.600[c]	0.005	1.192	-0.015	-4.700[c]	0.035	0.700

ตารางที่ 4.17 : อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร (ต่อ)

ปัจจัยทดลอง	กลิ่นรสสมุนไพร		ความแน่นเนื้อ		ความฉ่ำน้ำ		การยอมรับโดยรวม	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
เกลือ	0.010	0.304	-0.015	-1.053	0.028	2.109[a]	0.023	1.382
น้ำตาล	-0.037	-1.115	-0.015	-1.053	0.008	0.620	0.000	0.000
พริกไทย	0.093	2.838[b]	0.028	1.990[a]	-0.025	-1.861	-0.067	-3.948[c]
ผงชูรส	-0.017	-0.507	0.002	0.117	0.012	0.868	0.013	0.790
STPP	0.017	0.507	-0.022	-1.522	-0.002	-0.124	0.007	0.395
โพแทสเซียม-ซอร์เบท	0.067	2.027[a]	0.008	0.585	0.002	0.124	-0.023	-1.382
ส่วนผสมสมุนไพร	0.043	1.318	0.012	0.819	-0.002	-0.124	-0.013	-0.790
ส่วนผสมเส้นใยอาหาร	0.003	0.101	-0.005	-0.351	-0.005	-0.372	-0.003	-0.197

ตารางที่ 4.18 : อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

ปัจจัยทดลอง	ค่าสี L		ค่าสี a		ค่าสี b		แรงเฉือน (N)	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
เกลือ	-1.475	-0.766	0.072	0.774	0.060	0.159	-0.440	-1.005
น้ำตาล	-1.892	-0.983	-0.165	-1.782	0.207	0.547	-0.173	-0.396
พริกไทย	-3.912	-2.032[a]	0.785	8.478[c]	0.587	1.554	0.783	1.789
ผงชูรส	0.695	0.361	-0.135	-1.458	-0.167	-0.441	-0.307	-0.700
STPP	0.235	0.122	0.238	2.574[b]	-0.257	-0.680	-0.087	-0.198
โพแทสเซียม-ซอร์เบท	0.412	0.214	-0.128	-1.386	-0.370	-0.980	0.123	0.282
ส่วนผสมสมุนไพร	-1.788	-0.929	-0.135	-1.458	-0.217	-0.574	0.230	0.525
ส่วนผสมเส้นใยอาหาร	-1.992	-1.035	-0.338	-3.654[c]	2.267	6.004[c]	0.060	0.137

ตารางที่ 4.19 : อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

ปัจจัยทดลอง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)		ค่าปริมาณน้ำ (ร้อยละ)	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
เกลือ	-0.093[a]	-2.211	-0.011	-1.282	-0.407	-0.715
น้ำตาล	-0.027	-0.632	-0.001	-0.120	-0.950	-1.670
พริกไทย	-0.007	-0.158	0.007	0.801	-1.120	-1.969[a]
ผงชูรส	-0.023	-0.553	0.001	0.080	-0.250	-0.439
STPP	-0.047	-1.106	0.004	0.441	-0.450	-0.791
โพแทสเซียมซอร์เบท	-0.043	-1.027	-0.007	-0.841	0.070	0.123
ส่วนผสมสมุนไพร	0.023	0.553	0.009	1.122	-1.083	-1.904
ส่วนผสมเส้นใยอาหาร	0.013	0.316	-0.003	-0.361	-0.200	-0.352

หมายเหตุ ค่า Degree of freedom เท่ากับ 3

ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงระดับความมีนัยสำคัญดังนี้

a หมายถึงมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 มีค่า t-table เท่ากับ 1.924

b หมายถึงมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 มีค่า t-table เท่ากับ 2.353

c หมายถึงมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่า t-table เท่ากับ 3.182

ผลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร อธิบายได้ดังต่อไปนี้

เกลือ มีผลต่อคุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ พบว่าการเพิ่มปริมาณเกลือทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.15$) และเมื่อพิจารณาผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสพบว่า การเพิ่มปริมาณเกลือทำให้คะแนนความชอบด้านรสเค็มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และความฉ่ำน้ำเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.15$) ในทางตรงข้ามมีแนวโน้มทำให้ความชอบด้านกลิ่นปลาลดลง ($p \leq 0.05$) และการกระจายตัวของส่วนผสมลดลง ($p \leq 0.15$) จะเห็นได้ว่าการใช้เกลือในระดับสูงทำให้เกิดผลดีต่อผลิตภัณฑ์มากกว่า จึงควรทำการทดลองหาปริมาณเกลือที่

เหมาะสมโดยผันแปรปริมาณเกลือให้สูงขึ้น แต่ไม่ควรสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้ร้อยละ 2.5 เนื่องจากสิ่งทดลองที่ใช้เกลือระดับสูงมีคะแนนความชอบด้านรสเค็มสูงกว่าค่าในอุดมคติ (I=1.00)

น้ำตาล มีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส กล่าวคือการเพิ่มปริมาณน้ำตาลทำให้ความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมและกลิ่นปลาเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.10$) แต่ทำให้ความชอบด้านรสเค็มลดลง ($p \leq 0.15$) จะเห็นได้ว่าการใช้น้ำตาลที่ระดับสูงให้ผลดีต่อผลิตภัณฑ์เนื่องจากช่วยลดรสเค็มของผลิตภัณฑ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบด้านรสเค็มสูงกว่าค่าในอุดมคติ และช่วยทำให้ความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมและกลิ่นปลาเพิ่มขึ้น ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้ปริมาณน้ำตาลที่ระดับสูง

พริกไทย มีผลต่อคุณภาพด้านเคมีและกายภาพดังนี้คือ การเพิ่มปริมาณพริกไทยทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) และปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง ($p \leq 0.15$) แต่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสี a (สีแดง) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าพริกไทยมีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสดังนี้คือ ระดับพริกไทยที่สูงขึ้นทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพร ($p \leq 0.10$) การกระจายตัวของส่วนผสม ($p \leq 0.05$) และความแน่นเนื้อสูงขึ้น ($p \leq 0.15$) แต่ทำให้คะแนนความชอบด้านสีปรากฏและกลิ่นปลาลดลง ($p \leq 0.05$) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้พริกไทยระดับสูงให้ผลดีต่อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงควรทำการทดลองหาปริมาณที่เหมาะสมของพริกไทยโดยผันแปรปริมาณพริกไทยให้สูงขึ้น แต่ไม่ควรสูงเกินไปเนื่องจากพริกไทยมีข้อจำกัดด้านความเผ็ด

ผงชูรส มีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส กล่าวคือการเพิ่มปริมาณผงชูรสทำให้ความชอบด้านสีปรากฏและการกระจายตัวของส่วนผสมลดลง ($p \leq 0.15$) จะเห็นได้ว่าการใช้ผงชูรสที่ระดับต่ำให้ผลดีต่อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้ปริมาณผงชูรสที่ระดับต่ำ

โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต มีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสดังนี้คือ การเพิ่มปริมาณโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตทำให้คะแนนความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมลดลง ($p \leq 0.05$) แต่ทำให้ความชอบด้านกลิ่นปลาเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าการใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่ระดับต่ำให้ผลดีต่อผลิตภัณฑ์เนื่องจากช่วยเพิ่มการกระจายตัวของส่วนผสมและทำให้กลิ่นปลาลดลง ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้ปริมาณโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่ระดับต่ำ

โพแทสเซียมซอร์เบท มีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส กล่าวคือการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบททำให้ความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.15$) แต่ทำให้ความชอบด้านกลิ่นปลาลดลง ($p \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าการใช้โพแทสเซียมซอร์เบทที่ระดับสูงให้ผลดีต่อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้ปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบทที่ระดับสูง

ส่วนผสมสมุนไพร มีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส กล่าวคือการเพิ่มปริมาณส่วนผสมสมุนไพรทำให้ความชอบด้านสีปรากฏ ($p \leq 0.15$) และกลิ่นปลาลดลง ($p \leq 0.10$) แต่ทำให้ความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.15$) จะเห็นได้ว่าการใช้ส่วนผสมสมุนไพรที่ระดับต่ำให้ผลดีต่อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้ปริมาณส่วนผสมสมุนไพรที่ระดับต่ำ

ส่วนผสมใยอาหาร มีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส กล่าวคือการเพิ่มปริมาณส่วนผสมใยอาหารทำให้ความชอบด้านสีปรากฏและกลิ่นปลาลดลง ($p \leq 0.15$) จะเห็นได้ว่าการใช้ส่วนผสมใยอาหารที่ระดับต่ำให้ผลดีต่อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้ปริมาณส่วนผสมใยอาหารที่ระดับต่ำ

จากผลการทดลองสามารถแบ่งปัจจัยได้ 2 แบบ คือ

1. ปัจจัยรอง (Minor factors) เป็นปัจจัยที่มีผลน้อยต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สามารถกำหนดระดับการใช้ได้ดังนี้

- น้ำตาล ใช้ระดับสูง คือร้อยละ 3.0
- ผงชูรส ใช้ระดับต่ำ คือร้อยละ 0.5
- โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ใช้ระดับต่ำ คือร้อยละ 0.1
- โพแทสเซียมซอร์เบท ใช้ระดับสูง คือร้อยละ 0.1
- ส่วนผสมสมุนไพร ใช้ระดับต่ำ คือร้อยละ 0.2
- ส่วนผสมเส้นใยอาหาร ใช้ระดับต่ำ คือร้อยละ 4.0

2. ปัจจัยที่มีผลมากที่สุดต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นตั้งแต่ร้อยละ 85 ขึ้นไป ($p \leq 0.15$) เรียกว่า ปัจจัยหลัก (Major factors) ซึ่งมี 2 ปัจจัยได้แก่ เกลือ และพริกไทย

ปัจจัยหลักจะทำการทดลองหาระดับที่เหมาะสมต่อไป โดยผันแปรช่วงระดับที่ทดลองเป็นดังนี้

- เกลือ ช่วงระดับที่ทดลองเดิมคือร้อยละ 1 – 2.5
  กำหนดใหม่เป็นร้อยละ 1.5 - 2.5
- พริกไทย ช่วงระดับที่ทดลองเดิมคือร้อยละ 0.5 – 2.0
  กำหนดใหม่เป็นร้อยละ 1.5 - 2.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตอนที่ 1.6 ผลการทดลองหาระดับที่เหมาะสมของเกลือและพริกไทย

ผลการกลั่นกรองปัจจัยทดลองทำให้ทราบว่ามีปัจจัยทดลองหลัก 2 ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรได้แก่ เกลือและพริกไทย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาระดับที่เหมาะสมโดยทำการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment (Central composite design,CCD) ซึ่งค่า α คำนวณได้ดังนี้

$$\alpha = 2^{(k-p)/4}$$

เมื่อ α = Length of star Point

k = 2 (Number of factor)

p = 0 (Fractionalization element)

ดังนั้น $\alpha = 2^{(2-0)/4}$

$= 1.414$

ค่า α ที่ได้จะนำมากำหนดระดับปัจจัยโดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ระดับสูงสุดได้แก่ $+\alpha$ หรือ +1.414 และระดับต่ำสุดคือ $-\alpha$ หรือ -1.414 จากนั้นคำนวณระดับการใช้ที่ระดับ –1 และ +1 จากสูตร

$$(+1/-1) = \text{จุดกึ่งกลาง (ระดับ 0)} \pm \frac{\text{ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางถึงจุดสูงสุด } (+\alpha) \text{ หรือจุดต่ำสุด } (-\alpha)}{\alpha}$$

ตัวอย่างเช่น เมื่อ จุดสูงสุดของเกลือเท่ากับร้อยละ 2.5

จุดต่ำสุดของเกลือเท่ากับร้อยละ 1.5

จุดกึ่งกลางของเกลือเท่ากับร้อยละ 2

ระดับ +1 คำนวณได้จาก $2 + \frac{(2.5 - 2)}{1.414} = 2.35$

ระดับ -1 คำนวณได้จาก $2 - \frac{(2 - 1.5)}{1.414} = 1.65$

ตารางที่ 4.20 : แสดงปริมาณการใช้เกลือและพริกไทยแต่ละสิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	รหัส	เกลือ (A)		พริกไทย (B)	
		ระดับ	ปริมาณการใช้ (ร้อยละ)	ระดับ	ปริมาณการใช้ (ร้อยละ)
1	(1)	-1	1.65	-1	1.65
2	a	+1	2.35	-1	1.65
3	b	-1	1.65	+1	2.35
4	ab	+1	2.35	+1	2.35
5	$-\alpha$a	$-\alpha$	1.5	0	2
6	$+\alpha$a	$+\alpha$	2.5	0	2
7	$-\alpha$b	0	2	$-\alpha$	1.5
8	$+\alpha$b	0	2	$+\alpha$	2.5
9	cp1	0	2	0	2
10	cp2	0	2	0	2

ดังนั้นการทดลองหาระดับที่เหมาะสมของเกลือและพริกไทย มีจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 10 สิ่งทดลอง ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส และแสดงในตารางที่ 4.21 4.22 และ 4.23

ตารางที่ 4.21 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณเกลือและพริกไทย

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเฉือน
	L	a	b	(N)
1	64.79 ± 0.78	0.24 ± 0.07	15.52 ± 0.28	3.70 ± 0.23
2	65.72 ± 1.48	0.62 ± 0.09	15.44 ± 0.31	2.97 ± 0.09
3	63.51 ± 1.64	-0.12 ± 0.09	17.40 ± 0.31	3.36 ± 0.34
4	63.45 ± 1.59	0.01 ± 0.11	16.73 ± 0.52	3.13 ± 0.32
5	65.36 ± 1.17	0.18 ± 0.25	16.06 ± 0.44	3.17 ± 0.25
6	65.01 ± 1.17	0.24 ± 0.03	16.98 ± 0.33	3.20 ± 0.21
7	68.30 ± 0.86	0.56 ± 0.09	16.36 ± 0.23	3.21 ± 0.22
8	62.84 ± 2.62	0.12 ± 0.08	16.65 ± 0.74	3.51 ± 0.24
9	63.68 ± 2.34	0.40 ± 0.10	15.71 ± 0.42	3.46 ± 0.40
10	62.71 ± 0.76	0.31 ± 0.09	16.35 ± 0.02	3.74 ± 0.20

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ 4.22 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณเกลือและพริกไทย

สิ่งทดลอง	ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	ค่าปริมาณน้ำ (ร้อยละ)
1	6.67 ± 0.16	0.87 ± 0.04	68.29 ± 0.15
2	6.88 ± 0.03	0.91 ± 0.04	69.74 ± 0.14
3	6.89 ± 0.02	0.87 ± 0.05	64.16 ± 0.11
4	6.81 ± 0.10	0.88 ± 0.05	68.45 ± 0.21
5	6.91 ± 0.01	0.86 ± 0.04	68.64 ± 0.08
6	6.87 ± 0.01	0.88 ± 0.04	64.39 ± 0.13
7	6.89 ± 0.01	0.87 ± 0.05	67.97 ± 0.15
8	6.85 ± 0.01	0.88 ± 0.05	68.21 ± 0.26
9	6.93 ± 0.01	0.89 ± 0.04	68.77 ± 0.22
10	6.93 ± 0.01	0.89 ± 0.04	68.43 ± 0.14

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

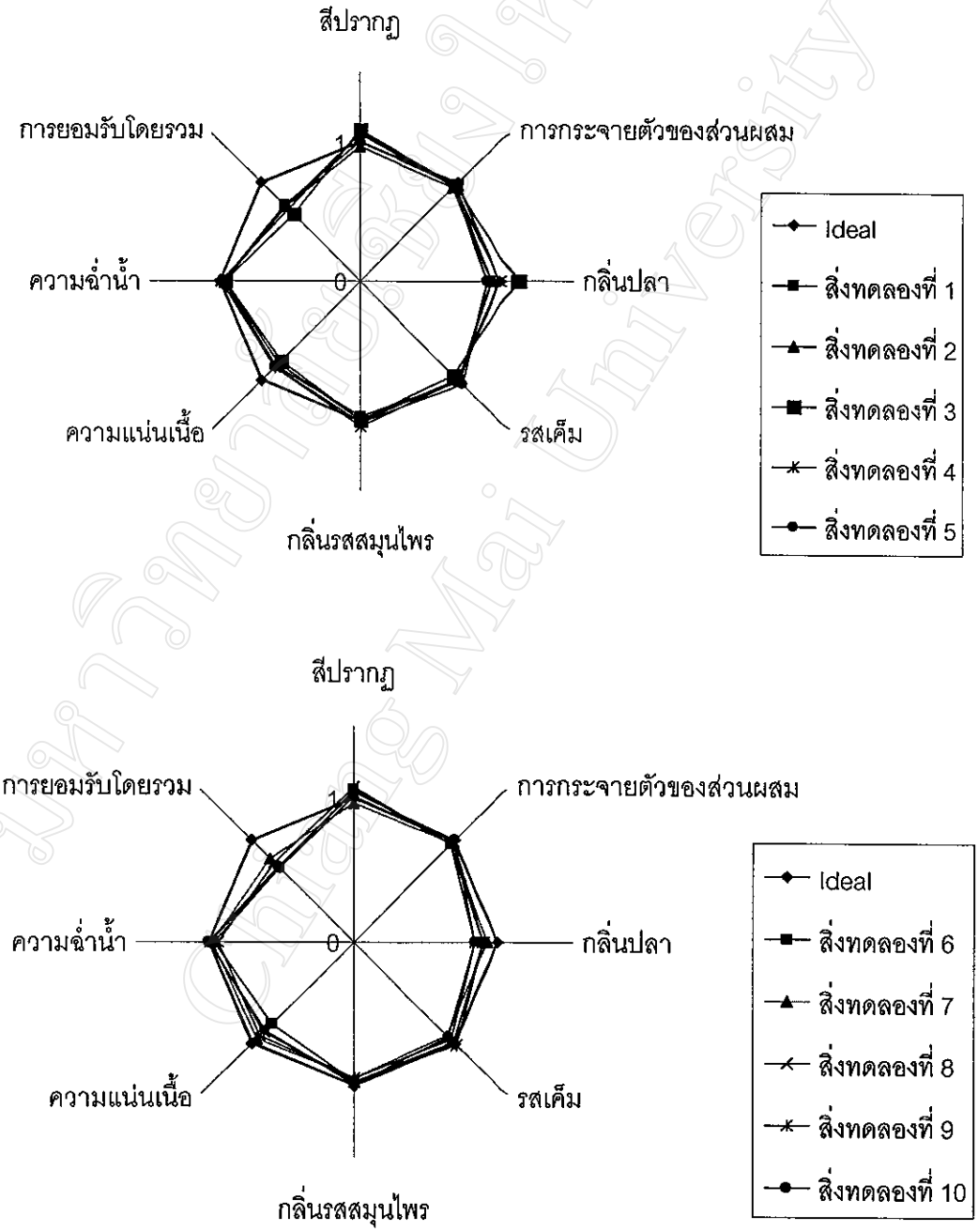
ตารางที่ 4.23 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณเกลือและพริกไทย

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัวของส่วนผสม	กลิ่นปลา	รสเค็ม
1	1.00 ± 0.15	0.98 ± 0.05	0.94 ± 0.13	1.02 ± 0.24
2	0.97 ± 0.19	0.95 ± 0.07	0.94 ± 0.24	1.00 ± 0.25
3	1.09 ± 0.12	0.98 ± 0.05	1.11 ± 0.31	0.95 ± 0.25
4	1.07 ± 0.13	0.97 ± 0.04	1.00 ± 0.20	1.00 ± 0.22
5	1.06 ± 0.13	0.97 ± 0.09	0.91 ± 0.17	1.04 ± 0.19
6	1.06 ± 0.13	0.97 ± 0.05	0.90 ± 0.24	0.99 ± 0.19
7	0.97 ± 0.15	0.98 ± 0.08	0.93 ± 0.17	0.93 ± 0.20
8	1.08 ± 0.13	0.97± 0.05	0.85 ± 0.21	0.97 ± 0.24
9	1.01 ± 0.10	0.99 ± 0.06	0.90 ± 0.22	1.01 ± 0.25
10	1.04 ± 0.11	1.00 ± 0.06	0.85 ± 0.20	0.94 ± 0.20

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	กลิ่นรสสมุนไพร	ความแน่นเนื้อ	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับโดยรวม
1	0.97 ± 0.11	0.86 ± 0.19	0.98 ± 0.14	0.76 ± 0.14
2	0.99 ± 0.15	0.84 ± 0.17	0.97 ± 0.14	0.75 ± 0.15
3	0.99 ± 0.09	0.81 ± 0.25	0.97 ± 0.24	0.68 ± 0.20
4	1.04 ± 0.11	0.87 ± 0.19	0.99 ± 0.16	0.73 ± 0.14
5	1.01 ± 0.13	0.87 ± 0.19	0.97 ± 0.13	0.75 ± 0.14
6	0.98 ± 0.12	0.80 ± 0.24	0.97 ± 0.17	0.73 ± 0.16
7	0.95 ± 0.12	0.95 ± 0.09	0.98 ± 0.13	0.82 ± 0.16
8	0.95 ± 0.14	0.92 ± 0.11	0.94 ± 0.13	0.78 ± 0.15
9	0.98 ± 0.10	0.88 ± 0.09	0.99 ± 0.15	0.73 ± 0.18
10	0.99 ± 0.13	0.87 ± 0.10	1.00 ± 0.16	0.74 ± 0.15

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสูตรจะนำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม แสดงได้ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรเมื่อผันแปรปริมาณเกลือและพริกไทย

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ที่ได้ แล้วนำไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) และหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระหลายตัว (ได้แก่เกลือและพริกไทย) กับตัวแปรตาม (ได้แก่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านต่าง ๆ) โดยเลือกตัวแปรอิสระทั้งสองเข้ามาในโมเดลของสมการ แต่การสร้างสมการด้วย Stepwise regression จะคัดเลือกเฉพาะตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น และตัวที่ไม่มีผลต่อตัวแปรตามจะถูกตัดออก เพื่อให้ได้สมการที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้อย่างถูกต้อง (อนันต์, 2536)

ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยด้วยโปรแกรม SPSS version 10.0 โดยใช้ความสัมพันธ์แบบ Polynomial ลำดับสองหรือกำลังสอง (Quadratic regression model) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) พบว่าเกลือและน้ำตาลมีผลต่อคุณภาพต่าง ๆ ดังสมการ (Coded equation) ต่อไปนี้

ลักษณะทางประสาทสัมผัส

สีปรากฏ	$= 1.022 + 0.0423(P) + 0.01607(S)^2$	$R^2 = 0.9170$
ความแน่นเนื้อ	$= 0.898 - 0.03858(S)^2$	$R^2 = 0.4530$

ลักษณะทางกายภาพและเคมี

ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	$= 0.878 + 0.01212(S)$	$R^2 = 0.4530$
ค่าสี L	$= 64.537 - 1.409(P)$	$R^2 = 0.6180$
ค่าสี a	$= 0.256 - 0.199(P)$	$R^2 = 0.6670$
ค่าสี b	$= 16.32 - 0.448(P)$	$R^2 = 0.4290$

เมื่อ S หมายถึง ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)

P หมายถึง ปริมาณพริกไทย (ร้อยละ)

R^2 คือ Coefficient of determination

สมการที่ได้อยู่ในรูปที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equation) จึงต้องทำการถอดรหัสของปัจจัยเพื่อให้ได้สมการที่ถอดรหัส (Decoded equation) จากการทดลองเลือกเฉพาะที่มี R^2 สูงมากกว่าหรือเท่ากับ 0.8000 ซึ่งแสดงว่าสมการนั้นใช้อธิบายความสัมพันธ์ได้ดีและสามารถใช้เป็นสมการทำนาย (Predict equation) ได้

การถอดรหัสแสดงในสมการดังนี้

$$\text{ค่าที่ถอดรหัสแล้วของแต่ละปัจจัย} = \frac{\text{ค่าจริง} - [(\text{ค่าที่ระดับสูง} + \text{ค่าที่ระดับต่ำ})/2]}{[(\text{ค่าที่ระดับสูง} - \text{ค่าที่ระดับต่ำ})/2]}$$

สมการที่ถอดรหัสแล้ว (Decoded equation) แสดงได้ดังนี้

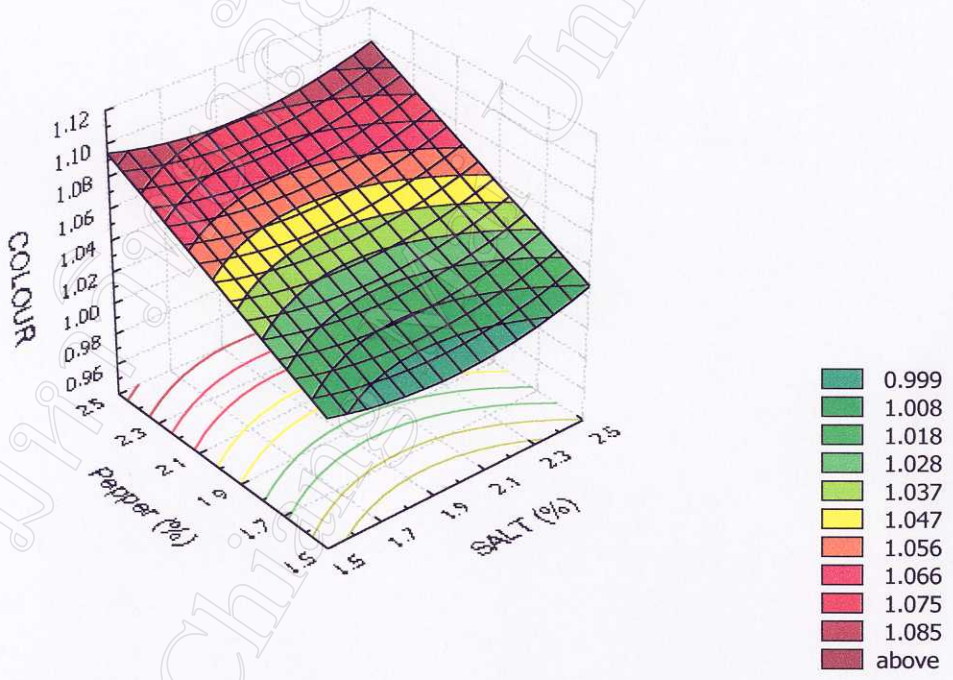
$$\text{สีปรากฏ} = 1.106 + 0.0864(P) - 0.2517(S) + 0.06428(S)^2 \qquad R^2 = 0.9170$$

สมการของคุณภาพด้านประสาทสัมผัสนั้น สามารถนำมาหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยทดลองคือ เกลือ และพริกไทยได้ โดยมีหลักเกณฑ์คือ เลือกระดับของปัจจัยทดลองที่ทำให้คะแนนความชอบเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุด จากสมการข้างต้นเมื่อแทนค่าปริมาณเกลือและพริกไทยในช่วงของการทดลอง จะทำให้สามารถทำนายคะแนนความชอบด้านสีปรากฏได้ดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 : การทำนายคะแนนความชอบด้านสีปรากฏ จากการผันแปรปริมาณเกลือและพริกไทย

ปริมาณส่วนผสม (ร้อยละ)		คะแนนความชอบ
เกลือ	พริกไทย	ด้านสีปรากฏ
1.6	1.5	0.99
1.8	1.5	0.99
2.0	1.6	0.99
2.0	1.5	0.98
2.2	1.6	1.00
2.2	1.8	1.02
2.3	1.6	1.01

การสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนองของลักษณะด้านสีปรากฏที่เกิดจากปัจจัยทดลองหรือ Response Surface Methodology (RSM) มีประโยชน์ทำให้สามารถหาจุดที่เหมาะสมของปัจจัยทดลองได้ดังภาพ 4.7 เป็นกราฟพื้นผิวตอบสนองของความชอบด้านสีปรากฏที่เกิดจากปัจจัยทดลองคือ เกลือ และพริกไทย อธิบายได้ว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีปรากฏมีความสัมพันธ์กับปริมาณเกลือและพริกไทยที่ใช้ รวมถึงความสัมพันธ์ร่วม (Interaction) ระหว่างปริมาณเกลือและพริกไทย ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการถดถอยในรูปสมการยกกำลังสอง (Quadratic equation) จากภาพที่ 4.7 และตารางที่ 4.24 ทำให้สามารถสรุปได้ว่าควรใช้ปริมาณเกลือและพริกไทยดังนี้คือ เกลือปริมาณร้อยละ 2.2 และพริกไทยปริมาณร้อยละ 1.6 ซึ่งจะทำให้ความชอบด้านสีปรากฏเท่ากับ 1.00 ซึ่งถือว่าเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุด



ภาพที่ 4.7 : กราฟพื้นผิวตอบสนองของคะแนนความชอบด้านสีปรากฏ เมื่อผันแปรปริมาณเกลือและพริกไทย

ตอนที่ 2.1 ผลการทดลองหากระบวนการสับนวดที่เหมาะสม

ในการศึกษากระบวนการสับนวด โดยทำการศึกษา 2 ปัจจัยทดลองคือ อัตราเร็วและระยะเวลาในการสับนวด วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment รวมกับการทดลองที่จุดกึ่งกลาง (ไพโรจน์, 2539) แสดงผลค่าทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 4.25, 4.26 และ 4.27 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.25 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอัตราเร็วและเวลาในการสับนวด

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเฉือน
	L	a	b	(N)
1	68.35 ± 1.77	0.34 ± 0.43	14.17 ± 0.55	3.51 ± 0.98
2	68.64 ± 1.91	-0.02 ± 0.48	14.79 ± 0.91	2.84 ± 0.25
3	65.23 ± 1.14	0.11 ± 0.22	14.46 ± 0.64	2.92 ± 0.20
4	68.80 ± 0.57	-0.27 ± 0.21	15.27 ± 0.28	2.60 ± 0.38
5	68.68 ± 2.19	-0.07 ± 0.50	15.67 ± 1.04	2.91 ± 0.42

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.26 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอัตราเร็วและเวลาในการสับนวด

สิ่งทดลอง	ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	ค่าปริมาณน้ำ (ร้อยละ)
1	6.79 ± 0.02	0.89 ± 0.04	64.78 ± 0.08
2	6.83 ± 0.05	0.90 ± 0.04	65.05 ± 0.16
3	6.81 ± 0.06	0.90 ± 0.05	65.50 ± 0.09
4	6.80 ± 0.04	0.90 ± 0.05	64.93 ± 0.71
5	6.76 ± 0.02	0.91 ± 0.04	63.63 ± 1.56

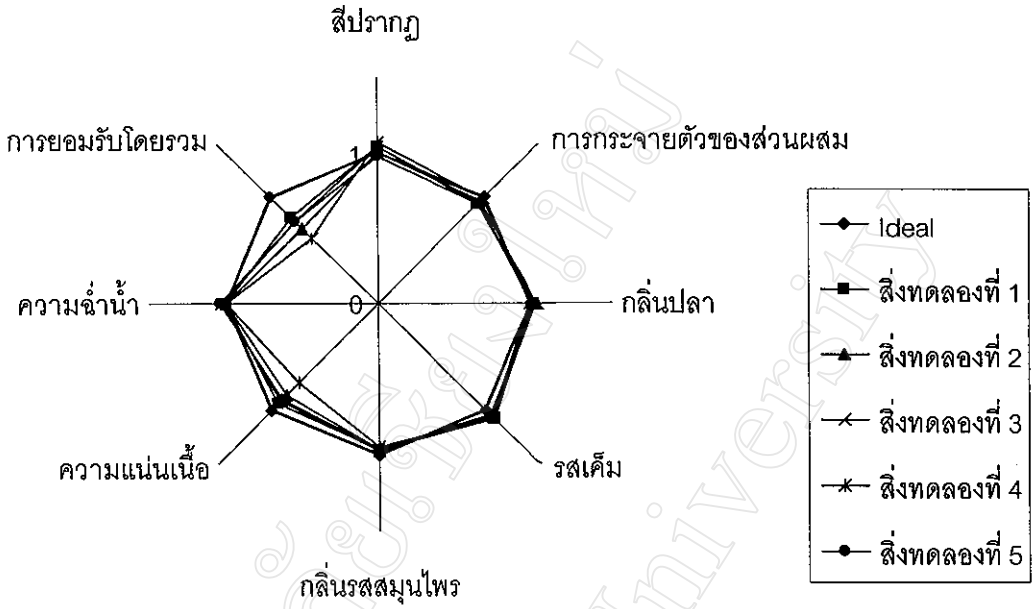
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.27 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอัตราเร็วและเวลาในการสับนวด

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัวของส่วนผสม	กลิ่นปลา	รสเค็ม
1	1.04 ± 0.07	0.94 ± 0.09	1.02 ± 0.15	1.08 ± 0.13
2	1.00 ± 0.11	0.97 ± 0.10	1.04 ± 0.14	1.04 ± 0.15
3	1.04 ± 0.07	0.95 ± 0.08	1.01 ± 0.11	1.06 ± 0.13
4	1.06 ± 0.10	0.98 ± 0.18	1.00 ± 0.15	1.07 ± 0.11
5	0.98 ± 0.08	0.94 ± 0.11	1.03 ± 0.17	1.07 ± 0.16
สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	กลิ่นรสสมุนไพร	ความแน่นเนื้อ	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับโดยรวม
1	0.96 ± 0.11	0.94 ± 0.09^{a*}	1.00 ± 0.09	0.81 ± 0.08^{a}
2	0.96 ± 0.16	0.87 ± 0.13^{a}	1.01 ± 0.14	0.71 ± 0.11^{b}
3	0.98 ± 0.09	0.91 ± 0.13^{a}	1.03 ± 0.12	0.77 ± 0.08^{ab}
4	0.91 ± 0.18	0.73 ± 0.25^{b}	1.00 ± 0.19	0.60 ± 0.17^{c}
5	0.97 ± 0.12	0.90 ± 0.12^{a}	1.04 ± 0.13	0.77 ± 0.09^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสูตรจะนำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม แสดงได้ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรจากการศึกษาอัตราเร็วและเวลาในการสับนวด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ดังตารางที่ 4.25 แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วและเวลาในการสับนวดไม่มีผลทำให้คุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์แต่ละสิ่งทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยผลิตภัณฑ์มีค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 65.23 – 68.80 ค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) อยู่ในช่วง -0.27 – 0.34 ค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) อยู่ในช่วง 14.17 – 15.67 และค่าแรงเฉือน อยู่ในช่วง 2.60 – 3.51 นิวตัน

ตารางที่ 4.27 และภาพที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วและเวลาในการสับนวดผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม และความฉ่ำน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบด้านสีปรากฏ อยู่ในช่วง 0.98 – 1.04 การกระจายตัวของส่วนผสม อยู่ในช่วง 0.94 – 0.98 กลิ่นปลาอยู่ในช่วง 1.00 – 1.04 รสเค็ม อยู่ในช่วง 1.04 – 1.08 กลิ่นรสสมุนไพร อยู่ในช่วง 0.91 – 0.98 และความฉ่ำน้ำอยู่ในช่วง 1.00 – 1.04 แต่พบว่าอัตราเร็วและเวลาในการสับนวดผลิตภัณฑ์มีผลทำให้ความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) จะเห็นได้ว่าการใช้อัตราเร็วสูง

และเวลาในการสับนวดนาน ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นุ่ม เละ ไม่แน่นเนื้อ ทั้งนี้เพราะการสับนวดนานเกินไป (Over chopping) เป็นผลให้เม็ดไขมันถูกตัดแบ่งเป็นเม็ดเล็ก ๆ ไขมันมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กลงและผิวหน้าของเม็ดไขมันเพิ่มขึ้น จนกระทั่งผิวของไขมันมีความมันสดใสมากจนสารละลายโปรตีนไม่สามารถหุ้มไว้ได้ อีมัลชั่นจึงไม่เกาะตัว (Pearson and Gillett, 1999) เมื่อพิจารณาที่ความชอบด้านความแน่นเนื้อนั้น พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 ได้รับความชอบด้านความแน่นเนื้อมากที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.94 ถือว่าเข้าใกล้ 1 มาก นอกจากนี้การยอมรับโดยรวมของสิ่งทดลองที่ 1 ได้รับการยอมรับมากที่สุดด้วย โดยมีคะแนนเท่ากับ 0.81 ดังนั้นเมื่อพิจารณาลักษณะที่มีความแตกต่างกัน 2 ด้านคือ ความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมนั้นจะเห็นได้ว่าสิ่งทดลองที่ 1 เป็นสิ่งทดลองที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด นอกจากนี้แล้วลักษณะสำคัญด้านอื่น ๆ ก็ได้รับคะแนนเข้าใกล้ 1 ดังนี้ ด้านการกระจายตัวของส่วนผสม 0.94 ด้านกลิ่นปลา 1.02 ด้านกลิ่นรสสมุนไพร 0.96 ด้านรสเค็ม 1.08 และด้านความฉ่ำน้ำ 1.00

กระบวนการสับนวดที่เหมาะสมในการผลิตปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรนั้นขึ้นอยู่กับอัตราเร็วและเวลาในการสับนวด ซึ่งส่งผลต่อคุณลักษณะด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวม โดยอัตราเร็วและเวลาในการสับนวดที่เหมาะสมที่ดีที่สุดคือ สิ่งทดลองที่ 1 คือใช้อัตราเร็ว 1273 rpm เวลาทั้งหมด 8 นาที

ตอนที่ 2.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

การศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment รวมกับการทดลองที่จุดกึ่งกลาง แสดงผลค่าทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 4.28, 4.29 และ 4.30 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.28 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้ม

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเฉือน
	L	a	b	(N)
1	69.87 ± 0.86	-0.01 ± 0.11	14.59 ± 0.37	3.51 ± 0.30
2	65.45 ± 0.24	0.05 ± 0.02	16.53 ± 0.30	3.33 ± 0.30
3	68.00 ± 0.46	0.26 ± 0.10	15.99 ± 0.29	2.79 ± 0.18
4	67.13 ± 0.37	0.25 ± 0.09	18.81 ± 0.09	3.37 ± 0.14
5	60.91 ± 1.79	0.34 ± 0.09	17.31 ± 0.56	3.66 ± 0.31
6	68.78 ± 3.15	-0.15 ± 0.06	17.14 ± 0.54	3.69 ± 0.27

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.29 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้ม

สิ่งทดลอง	ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	ค่าปริมาณน้ำ (ร้อยละ)
1	6.67 ± 0.16	0.90 ± 0.03	65.55 ± 0.11
2	6.88 ± 0.03	0.88 ± 0.04	67.45 ± 0.08
3	6.89 ± 0.02	0.88 ± 0.04	65.33 ± 0.14
4	6.81 ± 0.10	0.89 ± 0.03	65.63 ± 0.34
5	6.93 ± 0.01	0.88 ± 0.04	67.45 ± 0.04
6	6.93 ± 0.01	0.87 ± 0.04	69.57 ± 0.10

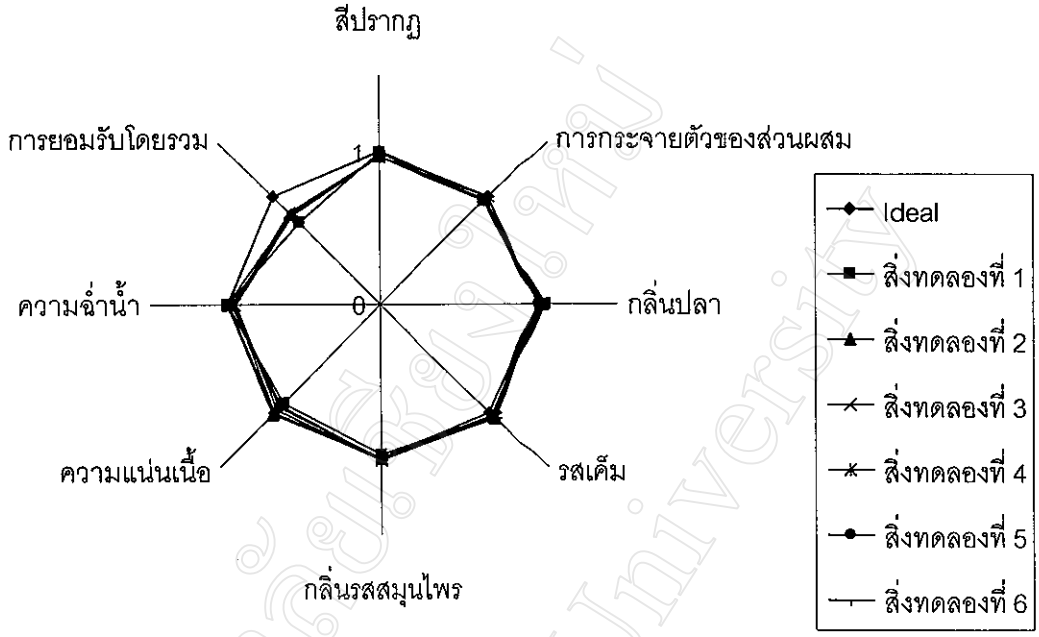
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.30 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้ม

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัวของส่วนผสม	กลิ่นปลา	รสเค็ม
1	0.99 ± 0.11	0.96 ± 0.08	1.04 ± 0.09	1.03 ± 0.05
2	0.97 ± 0.10	0.97 ± 0.08	1.02 ± 0.04	1.05 ± 0.08
3	0.97 ± 0.10	1.00 ± 0.01	1.01 ± 0.06	1.05 ± 0.08
4	0.97 ± 0.10	0.96 ± 0.08	1.02 ± 0.08	1.03 ± 0.05
5	0.97 ± 0.10	0.96 ± 0.08	1.00 ± 0.06	1.02 ± 0.08
6	0.97 ± 0.10	0.98 ± 0.04	1.01 ± 0.03	1.05 ± 0.08
สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	กลิ่นรสสมุนไพร	ความแน่นเนื้อ	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับโดยรวม
1	0.98 ± 0.09	0.90 ± 0.13	1.00 ± 0.07	0.76 ± 0.08
2	1.00 ± 0.05	1.01 ± 0.08	1.00 ± 0.05	0.83 ± 0.07
3	1.01 ± 0.05	0.99 ± 0.06	0.96 ± 0.10	0.85 ± 0.07
4	1.01 ± 0.05	0.93 ± 0.10	0.98 ± 0.11	0.81 ± 0.09
5	1.00 ± 0.05	0.95 ± 0.08	0.98 ± 0.05	0.82 ± 0.11
6	1.01 ± 0.05	0.97 ± 0.09	0.95 ± 0.10	0.82 ± 0.10

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสูตรจะนำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม แสดงได้ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้ม

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เมื่อนำค่าเฉลี่ยคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) และหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระหลายตัว (ได้แก่ อุณหภูมิและเวลา) กับตัวแปรตาม (ได้แก่ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านต่าง ๆ) โดยเลือกตัวแปรอิสระทั้งสองเข้ามาในโมเดลของสมการ แต่การสร้างสมการด้วย Stepwise regression จะคัดเลือกเฉพาะตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น ตัวที่ไม่มีผลต่อตัวแปรตามจะถูกตัดออก เพื่อให้ได้สมการที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้อย่างถูกต้อง (อนันต์, 2536)

ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยด้วยโปรแกรม SPSS version 10.0 โดยใช้ความสัมพันธ์แบบ Polynomial ลำดับสองหรือกำลังสอง (Quadratic regression model) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) พบว่าเกลือและน้ำตาลมีผลต่อคุณภาพต่าง ๆ ดังสมการ (Coded equation) ต่อไปนี้

ลักษณะทางประสาทสัมผัส

ความแน่นเนื้อ = 0.958 – 0.0425(T*M) R^2 = 0.8940

การยอมรับโดยรวม = 0.815 - 0.0275(T*M) + 0.0175(M) R^2 = 0.9340

เมื่อ T หมายถึง อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

M หมายถึง เวลา (นาที)

R^2 คือ Coefficient of determination

สมการที่ได้อยู่ในรูปที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equation) จึงต้องทำการถอดรหัสของปัจจัยเพื่อให้ได้สมการที่ถอดรหัส (Decoded equation) จากการทดลองเลือกเฉพาะที่มี R^2 สูงมากกว่าหรือเท่ากับ 0.8000 โดยการถอดรหัสแสดงดังตัวอย่างการทดลองที่ 1.6

สมการที่ถอดรหัสแล้ว (Decoded equation) แสดงได้ดังนี้

ความแน่นเนื้อ = $-1.471 – 8.673*10^{-4}$(T*M) + 0.0304(T) + 0.0694(M) R^2 = 0.8940

การยอมรับโดยรวม = $-0.8439 – 5.612*10^{-4}$(T*M) + 0.0196(T) + 0.0474(M) R^2 = 0.9340

เมื่อ T หมายถึง อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

M หมายถึง เวลา (นาที)

R^2 คือ Coefficient of determination

เมื่อนำสมการถดถอยมาสร้างกราฟพื้นที่ตอบสนองเพื่อหาระดับอุณหภูมิและเวลาต้มที่ทำให้ค่าความชอบด้านเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ พบว่าความชอบด้านความแน่นเนื้อมีค่าใกล้เคียงกับ 1 เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาที่ระดับสูงหรือต่ำ โดยที่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงควรใช้เวลาน้อยในการต้ม ในขณะที่ถ้าเลือกใช้อุณหภูมิต่ำควรเลือกใช้เวลานาน เมื่อพิจารณาด้านการยอมรับโดยรวมจากกราฟพื้นที่ตอบสนองพบว่า ผลิตภัณฑ์จะได้รับการยอมรับมากที่สุดถ้าใช้อุณหภูมิต่ำและเวลานานในการต้ม

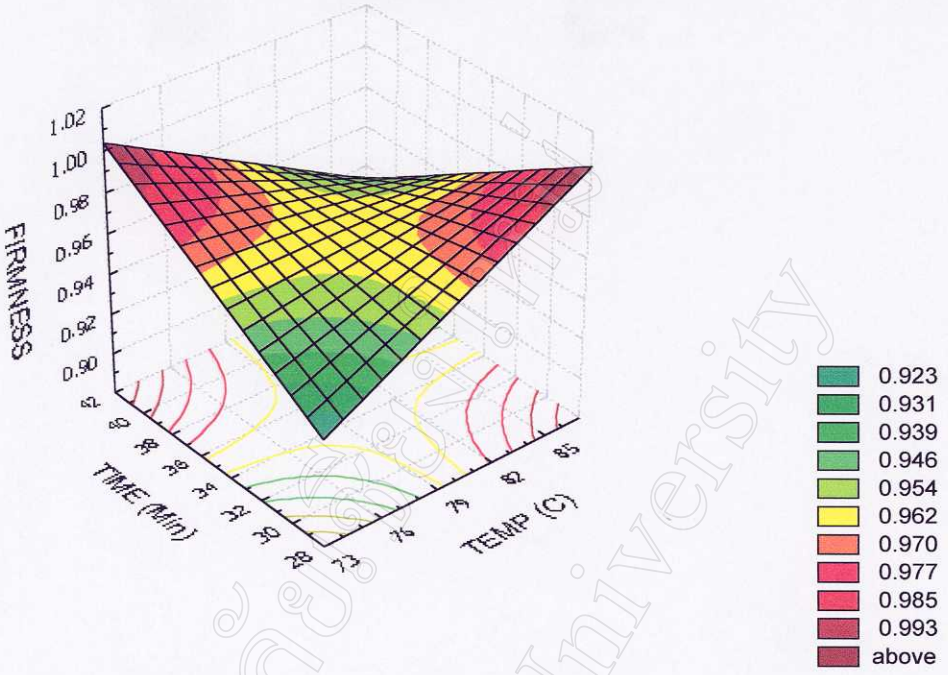
ผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับความชอบด้านความแน่นเนื้อ ดังนั้นเมื่อแปรผันอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ สามารถทำนายคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมได้ดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 : การทำนายคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมเมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์

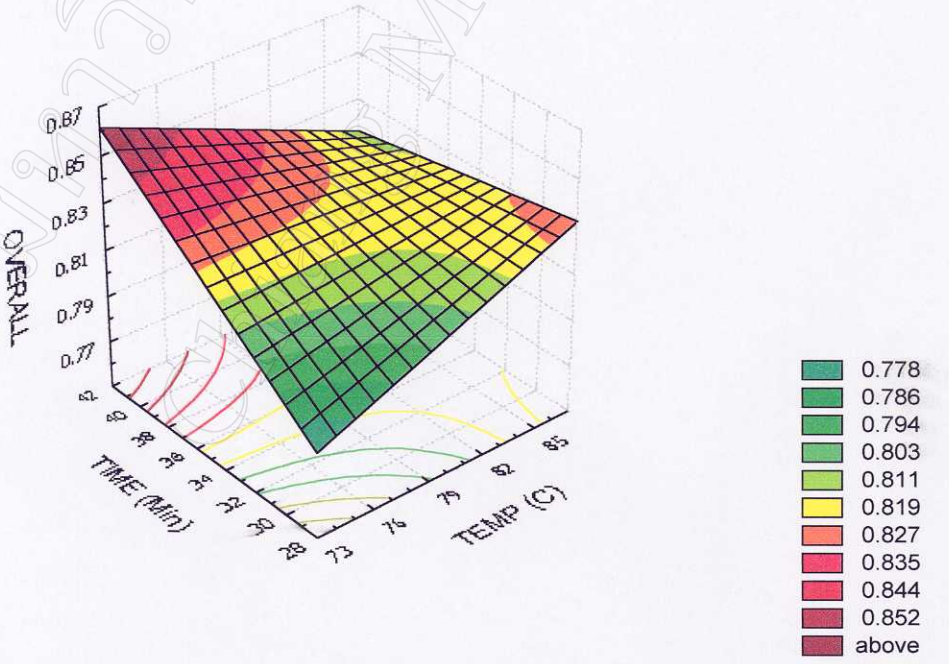
กระบวนการต้ม		คะแนนความชอบ	
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความแน่นเนื้อ	การยอมรับโดยรวม
73	40	0.99	0.85
73	41	0.99	0.85
73	42	1.00	0.86
87	28	1.00	0.83
86	29	0.99	0.82

ตารางที่ 4.31 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการต้ม 73 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 42 นาที จะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมเข้าใกล้ 1 มากที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อ เท่ากับ 1.00 และได้รับการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 0.86 ดังนั้นจึงถือเป็นอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.10 : กราฟพื้นผิวตอบสนองของคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อ เมื่อผันแปรปริมาณอุณหภูมิและเวลาในการต้ม



ภาพที่ 4.11 : กราฟพื้นผิวตอบสนองของคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวม เมื่อผันแปรปริมาณอุณหภูมิและเวลาในการต้ม

ตอนที่ 3 การผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรจากสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม

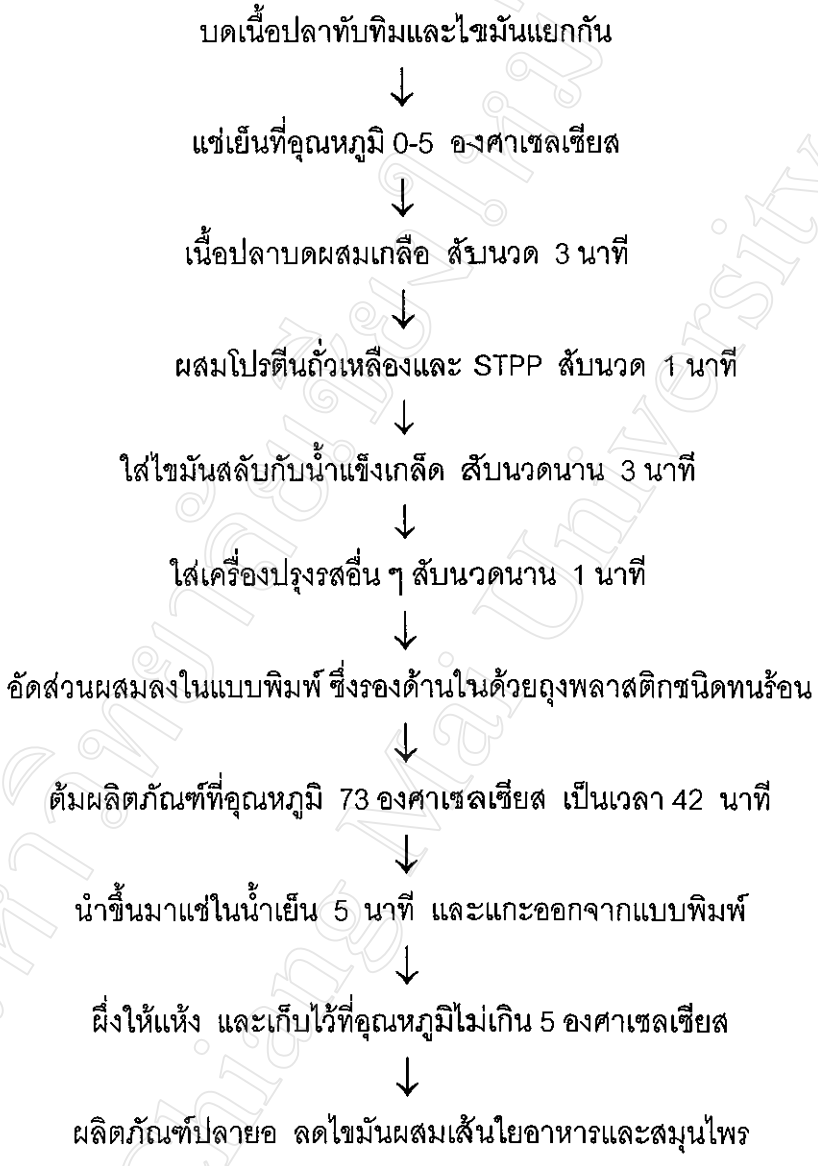
การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์จากสูตรและกระบวนการผลิตที่ได้ทำการศึกษามาแล้ว พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัส

สูตรการผลิต

- **ส่วนผสมหลัก**
  - เนื้อปลา ร้อยละ 73.30
  - ไขมัน ร้อยละ 10.00
  - น้ำแข็ง ร้อยละ 14.00
  - สารทดแทนไขมัน ร้อยละ 2.70

  (ประกอบด้วยโปรตีนถั่วเหลืองกับคาร์ราจีแแนน อัตราส่วน 3:1)
- **ส่วนผสมสมุนไพร** ร้อยละ 0.20 ของส่วนผสมหลัก ประกอบด้วย
  - เสจ ร้อยละ 39.59
  - เลมอนบาล์ม ร้อยละ 30.22
  - กะเพรา ร้อยละ 30.19
- **ส่วนผสมเส้นใยอาหาร** ร้อยละ 4.00 ของส่วนผสมหลัก ประกอบด้วย
  - แครอท ร้อยละ 48.00
  - เห็ดหอม ร้อยละ 40.80
  - สาหร่ายทะเล ร้อยละ 11.20
- **ส่วนประกอบอื่น ๆ**
  - เกลือ ร้อยละ 2.20 ของส่วนผสมหลัก
  - น้ำตาล ร้อยละ 3.00 ของส่วนผสมหลัก
  - พริกไทย ร้อยละ 1.60 ของส่วนผสมหลัก
  - ผงชูรส ร้อยละ 0.20 ของส่วนผสมหลัก
  - โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ร้อยละ 0.10 ของส่วนผสมหลัก
  - โพแทสเซียมซอร์เบท ร้อยละ 0.10 ของส่วนผสมหลัก

กระบวนการผลิต แสดงได้ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 : กระบวนการผลิตปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ เคมีและทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมแสดงดังต่อไปนี้

คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

สีปรากฏ	1.01 ± 0.02
การกระจายตัวของส่วนผสม	1.00 ± 0.01
กลิ่นปลา	1.01 ± 0.02
รสเค็ม	1.00 ± 0.01
กลิ่นรสสมุนไพร	0.97 ± 0.05
ความแน่นเนื้อ	0.94 ± 0.04
ความฉ่ำน้ำ	1.04 ± 0.05*
การยอมรับโดยรวม	0.92 ± 0.08*

คุณภาพด้านกายภาพ

ค่าสี L (ความสว่าง)	69.19 ± 0.49
ค่าสี a (สีแดง – เขียว)	0.31 ± 0.07
ค่าสี b (สีเหลือง – น้ำเงิน)	15.04 ± 0.39
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	6.06 ± 0.12

คุณภาพด้านเคมี

ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	0.90 ± 0.03
ปริมาณน้ำ (ร้อยละ)	69.20 ± 0.15
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	6.85 ± 0.01
ปริมาณเถ้าทั้งหมด (ร้อยละ)	2.73 ± 0.12
ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)	26.29 ± 0.07
ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	7.87 ± 0.03
ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)	2.34 ± 0.31
ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)	1.85 ± 0.12
ค่า Thiobarbituric acid number	0.51 ± 0.02

ปริมาณกรดซอร์บิค	280.27 ± 2.34

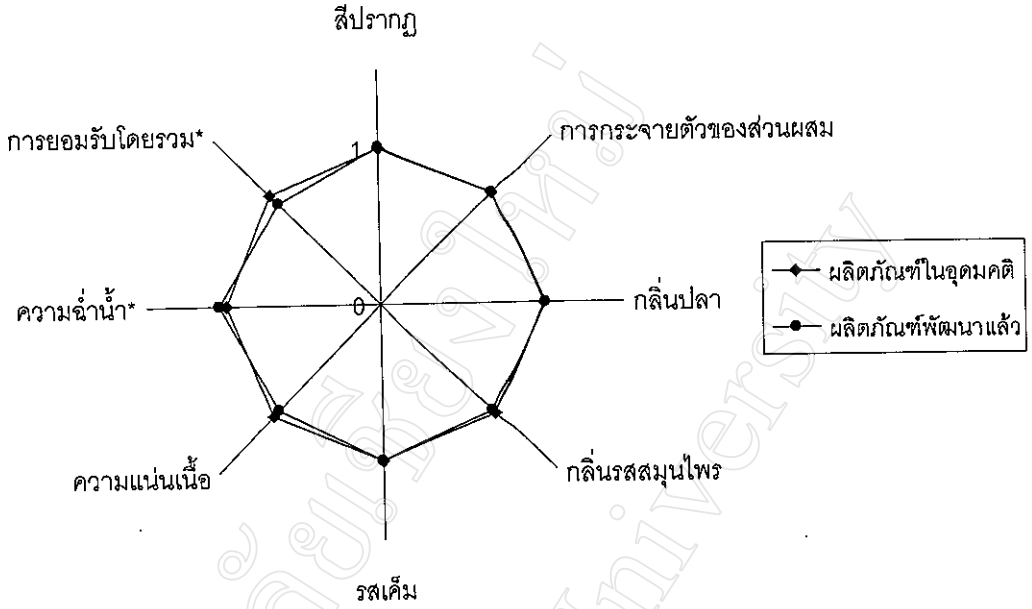
คุณภาพด้านจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	< 30 โคโลนี/กรัม
ยีสต์และรา	ไม่พบ
Escherichia coli.	ไม่พบ

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
*แสดงค่าสัดส่วนเฉลี่ยมีความแตกต่างกับค่าสัดส่วนอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา พบว่าผลิตภัณฑ์มีระดับโปรตีนค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 26.29 ทั้งนี้เพราะผลิตภัณฑ์มีโปรตีนจากเนื้อปลาและโปรตีนถั่วเหลืองที่ใช้ในสูตรการผลิตเพื่อทดแทนไขมัน ส่วนปริมาณไขมันเพียงร้อยละ 7.87 ซึ่งเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้ออีมัลชั่นตามท้องตลาดซึ่งมีไขมันในปริมาณร้อยละ 20 – 30 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนานี้มีปริมาณไขมันต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดถึงร้อยละ 60.65 – 73.76 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดตามเงื่อนไขการกล่าวอ้างด้านโภชนาการในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 เรื่องฉลากโภชนาการ กำหนดให้อาหารที่สามารถกล่าวอ้างว่ามีการลดไขมันนั้นต้องมีปริมาณไขมันต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เทียบเคียงตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องกับกฎหมายอาหารของสหรัฐอเมริกา (Pearson and Gillett, 1999) ส่วนด้านคุณภาพในด้านจุลินทรีย์ซึ่งชี้บ่งถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคนั้น อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ประเภทอาหารปรุงสุกทั่วไปตามประกาศของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กล่าวไว้ว่าผลิตภัณฑ์ปลายอจัดเป็นอาหารประเภทปรุงสุกทั่วไป มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน $1*10^6$ cfu/กรัม ไม่พบยีสต์และรา โคลิฟอร์มโดยวิธี MPN น้อยกว่า 500 cfu/กรัม และ *E. coli* น้อยกว่า 3 cfu/กรัม

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ideal ratio profile technique ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม นำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรแสดงดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่ได้หลังการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิต

กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม พบว่า ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวมมีค่าใกล้เคียงกับค่าสัดส่วนอุดมคติมาก คือมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะด้านสีปรากฏ 1.01 $\pm$ 0.02 การกระจายตัวของส่วนผสม 1.00 $\pm$ 0.01 กลิ่นปลา 1.01 $\pm$ 0.02 รสเค็ม 1.00 $\pm$ 0.01 กลิ่นรสสมุนไพร 0.97 $\pm$ 0.05 ความแน่นเนื้อ 0.94 $\pm$ 0.04 ความฉ่ำน้ำ 1.04 $\pm$ 0.05 และการยอมรับโดยรวม 0.92 $\pm$ 0.08 จากการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าสัดส่วนอุดมคติของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ พบว่าค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร และความแน่นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนด้านความฉ่ำน้ำนั้นมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยสูงกว่าค่าสัดส่วนอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) แต่ด้านการยอมรับโดยรวมนั้นค่าสัดส่วนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าสัดส่วนอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาหาความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับโดยรวมกับลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ Multiple regession ผลการวิเคราะห์ได้สมการความสัมพันธ์ คือ

การยอมรับโดยรวม = 0.297 + 1.643(กลิ่นรสสมุนไพร) – 0.781 (สีปรากฏ) $R^2 = 0.9990$
– 0.182(ความฉ่ำน้ำ)

ในสมการแสดงให้เห็นว่าการตัดสินใจยอมรับผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่ทำการพัฒนาแล้วนั้น ผู้บริโภคพิจารณาทั้งลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏรวมถึงกลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยลักษณะปรากฏที่พิจารณาได้แก่ สีปรากฏ ด้านกลิ่นและรสชาติผู้บริโภคจะพิจารณาลักษณะกลิ่นรสสมุนไพร ด้านเนื้อสัมผัสผู้บริโภคพิจารณาด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตอนที่ 4 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

ผลของการผลิตปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรตามสูตรและกระบวนการที่สรุปได้จากการทดลองตอนที่ 1 และ 2 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ศึกษาอุณหภูมิในการเก็บรักษา 5 อุณหภูมิ ได้แก่ 1, 5, 10, 20 และ 30 องศาเซลเซียส บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงรองแบบพิมพ์ชนิด Polypropylene (PP) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่กำหนด แล้วสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในวันเริ่มต้น และช่วงที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน รวมเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

ผลสรุปการศึกษาอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

ผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำและค่าน้ำที่เป็นประโยชน์สูง ดังนั้นจึงเสื่อมเสียได้ง่ายจากจุลินทรีย์ นอกจากนี้แสงและอุณหภูมิยังเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ต้องการ เช่น การเปลี่ยนแปลงสี การเหม็นหืน การเกิด Syneresis เป็นต้น

ผลการทดลองการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 20 และ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเปลี่ยนแปลงด้านสีปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และเกิดการเสื่อมเสียในลักษณะที่ไม่สามารถบริโภคได้ ตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา ดังนั้นผลการทดลองการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จึงไม่มีข้อมูลที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 20 และ 30 องศาเซลเซียส

การศึกษาอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 1, 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัส ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงแรงเฉือน (Shear force) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.32 และภาพที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าค่าแรงเฉือนลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นเป็น 6.06 และมีค่าลดลงจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาการเก็บตั้งแต่ 7 วัน อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ค่าแรงเฉือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์มีลักษณะไม่เป็นแนวโน้มเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอในการวัดแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ เกิดจากเส้นใยอาหารที่เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ซึ่งมีลักษณะเป็นชิ้นและไม่เป็นเนื้อเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ ทำให้ถ้าการวัดครั้งใดใบมีดสัมผัสกับชิ้นเส้นใยอาหารผลการวัดค่าแรงเฉือนจะมีค่าสูง เพราะต้องใช้แรงในการตัดผลิตภัณฑ์สูงกว่าชิ้นตัวอย่างที่ตัดแล้วไม่สัมผัสกับชิ้นเส้นใยอาหาร แม้จะสุ่มจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์แท่งเดียวกันก็ตาม

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

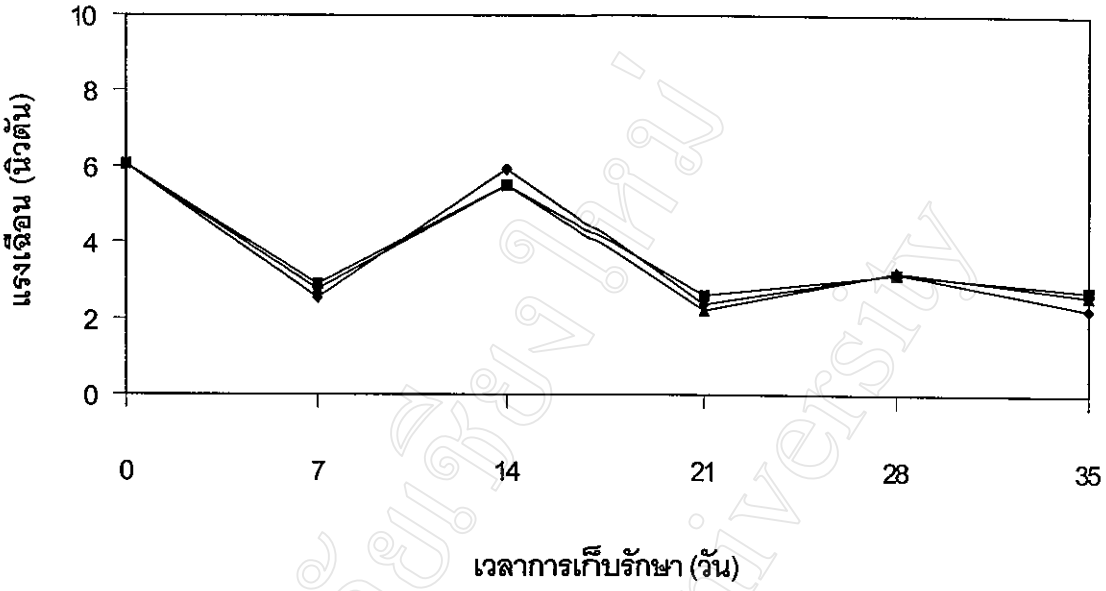
การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.32 และภาพที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่าค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงการเก็บรักษาเพราะทุก ๆ ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์มีค่าสี L (ความสว่าง) ไม่แตกต่างที่เวลาเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้แล้วอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก็ไม่มีผลทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.32 : การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน และค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

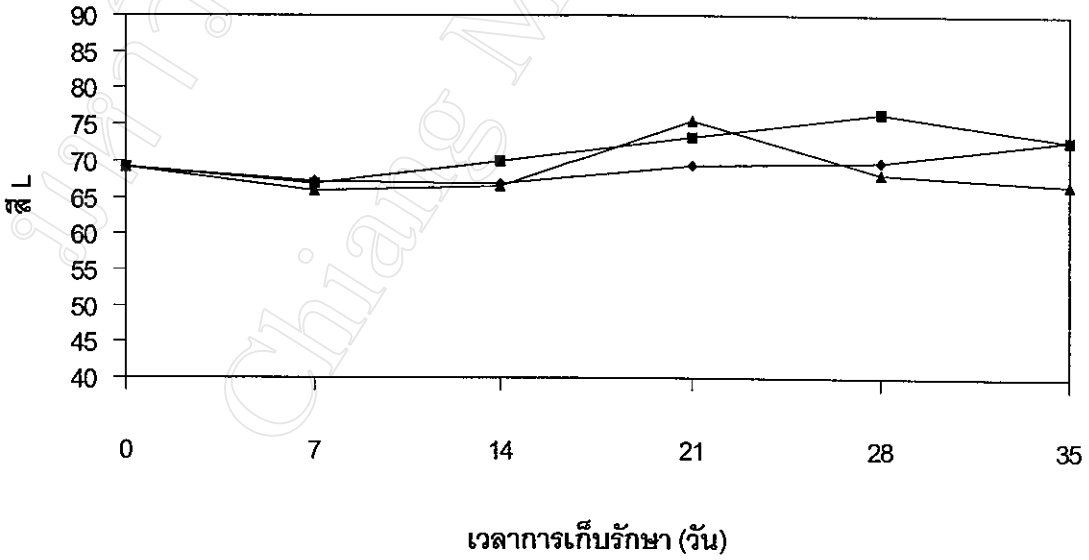
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**แรงเฉือน (นิวตัน)**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	6.06 ± 0.12	2.53 ± 0.14	5.92 ± 0.16	2.38 ± 0.11	3.19 ± 0.16	2.26 ± 0.17	**3.72 ± 1.79**
5	6.06 ± 0.12	2.90 ± 0.47	5.49 ± 0.31	2.59 ± 0.44	3.15 ± 0.09	2.73 ± 0.17	**3.82 ± 1.54**
10	6.06 ± 0.12	2.76 ± 0.30	5.49 ± 0.21	2.23 ± 0.14	3.23 ± 0.28	2.60 ± 0.14	**3.73 ± 1.63**
เฉลี่ย*	**6.06 ± 0.01^{d*}**	**2.73 ± 0.19^{a}**	**5.63 ± 0.24^{c}**	**2.40 ± 0.18^{a}**	**3.19 ± 0.04^{b}**	**2.53 ± 0.24^{a}**	
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**ค่าสี L (ความสว่าง)**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	69.19 ± 0.49	67.28 ± 0.31	66.80 ± 0.55	69.37 ± 1.24	69.76 ± 0.47	72.96 ± 2.28	**69.23 ± 2.19**
5	69.19 ± 0.49	66.85 ± 0.16	70.00 ± 0.18	73.25 ± 1.49	76.55 ± 0.83	72.67 ± 0.32	**71.42 ± 3.44**
10	69.19 ± 0.49	65.85 ± 0.18	66.53 ± 0.75	75.50 ± 0.43	68.15 ± 0.90	66.71 ± 0.45	**68.88 ± 3.56**
เฉลี่ย*	**69.19 ± 0.01^{ab*}**	**66.67 ± 0.71^{a}**	**67.78 ± 1.93^{ab}**	**72.71 ± 3.10^{b}**	**71.49 ± 4.45^{ab}**	**70.78 ± 3.52^{ab}**	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$



ภาพที่ 4.14 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแรงเฉือน (Shear force) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4.15 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าสี L (ความสว่าง) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.33 และภาพที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่าค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อวันเริ่มต้นเป็น 0.31 และมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาการเก็บรักษา 28 และ 35 วัน แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

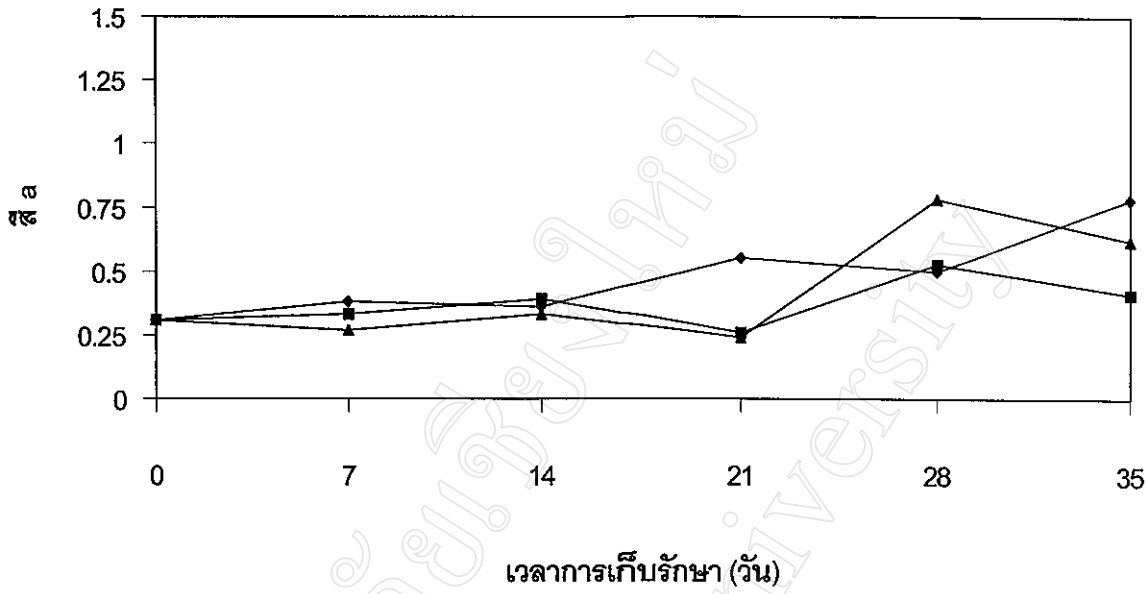
การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.33 และภาพที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่าทั้งอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.33 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) และค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

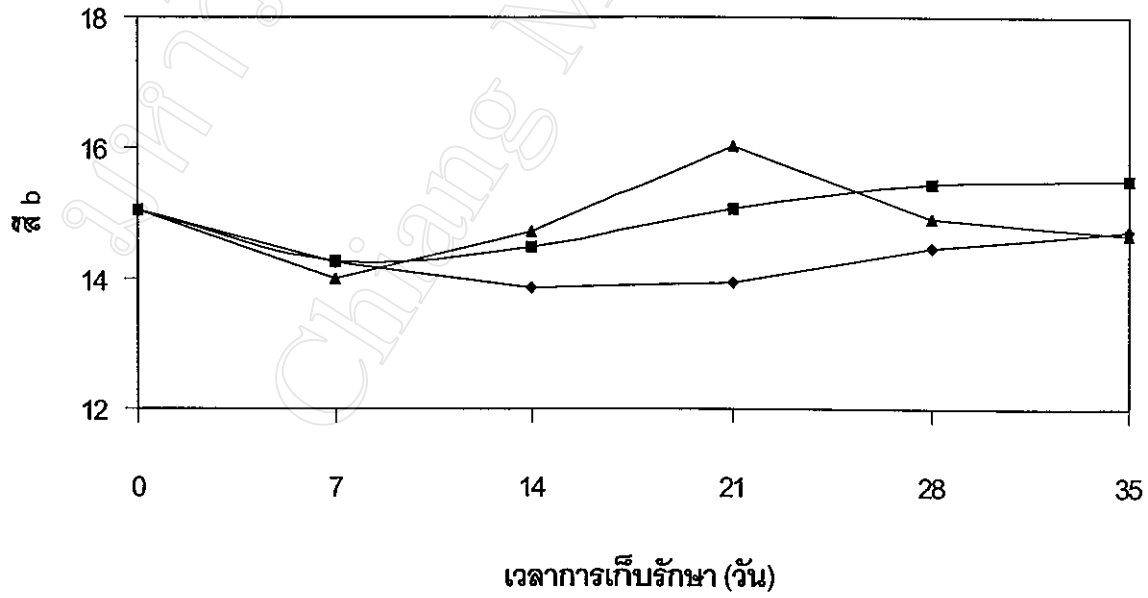
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**ค่าสี a (สีแดง-สีเขียว)**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	0.31 ± 0.07	0.38 ± 0.06	0.36 ± 0.10	0.55 ± 0.14	0.50 ± 0.09	0.78 ± 0.23	**0.48 ± 0.17**
5	0.31 ± 0.07	0.33 ± 0.14	0.39 ± 0.07	0.26 ± 0.16	0.53 ± 0.22	0.41 ± 0.05	**0.37 ± 0.09**
10	0.31± 0.07	0.27 ± 0.09	0.33 ± 0.10	0.24 ± 0.14	0.78 ± 0.09	0.62 ± 0.25	**0.43 ± 0.22**
เฉลี่ย*	**0.31± 0.01^{a*}**	**0.33 ± 0.05^{a}**	**0.36 ± 0.03^{a}**	**0.35 ± 0.17^{a}**	**0.60 ± 0.15^{b}**	**0.60 ± 0.19***	
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**ค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน)**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	15.04 ± 0.39	14.25 ± 0.19	13.86 ± 0.16	13.94 ± 0.35	14.47 ± 0.38	14.71 ± 0.29	**14.38 ± 0.45**
5	15.04 ± 0.39	14.26 ± 0.26	14.40 ± 0.13	15.06 ± 0.04	15.43 ± 0.16	15.49 ± 0.33	**14.95 ± 0.51**
10	15.04 ± 0.39	14.00 ± 0.34	14.53 ± 0.17	16.02 ± 0.20	14.92 ± 0.20	14.65 ± 0.57	**14.86 ± 0.67**
เฉลี่ย*	**15.04 ± 0.01**	**14.17 ± 0.14**	**14.26 ± 0.36**	**15.01 ± 1.04**	**14.94 ± 0.48**	**14.95 ± 0.47**	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพที่ 4.16 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4.17 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.34 และภาพที่ 4.18 แสดงว่าปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อวันเริ่มต้นเป็น 69.20 และมีค่าสูงสุดที่อายุการเก็บรักษา 35 วัน นอกจากนี้แล้วปริมาณน้ำยังเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 7 วันขึ้นไป แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

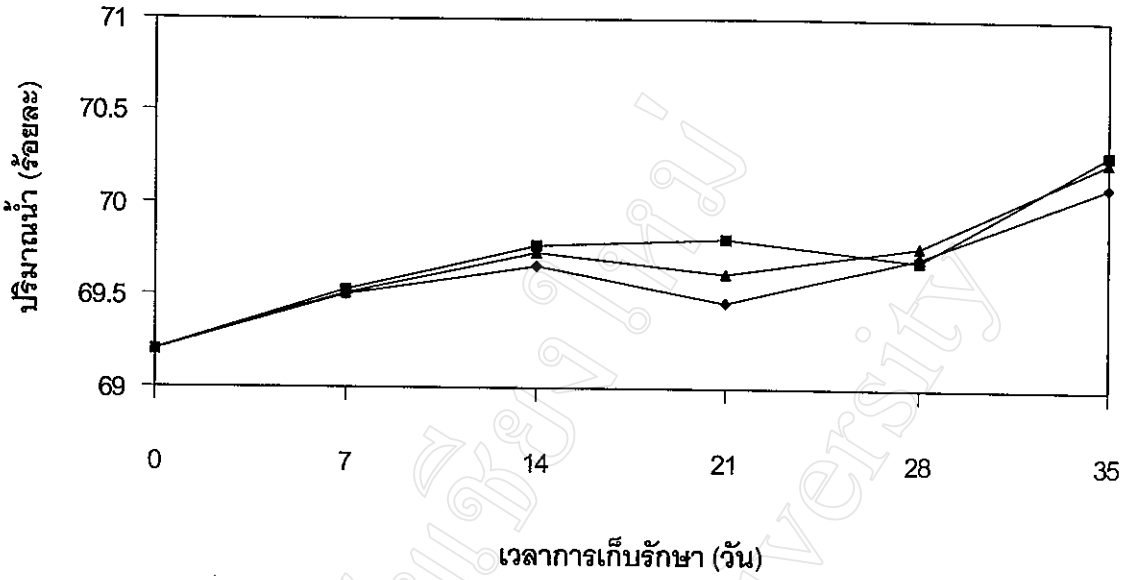
การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.34 และภาพที่ 4.19 แสดงให้เห็นว่าทั้งอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.34 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์และค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

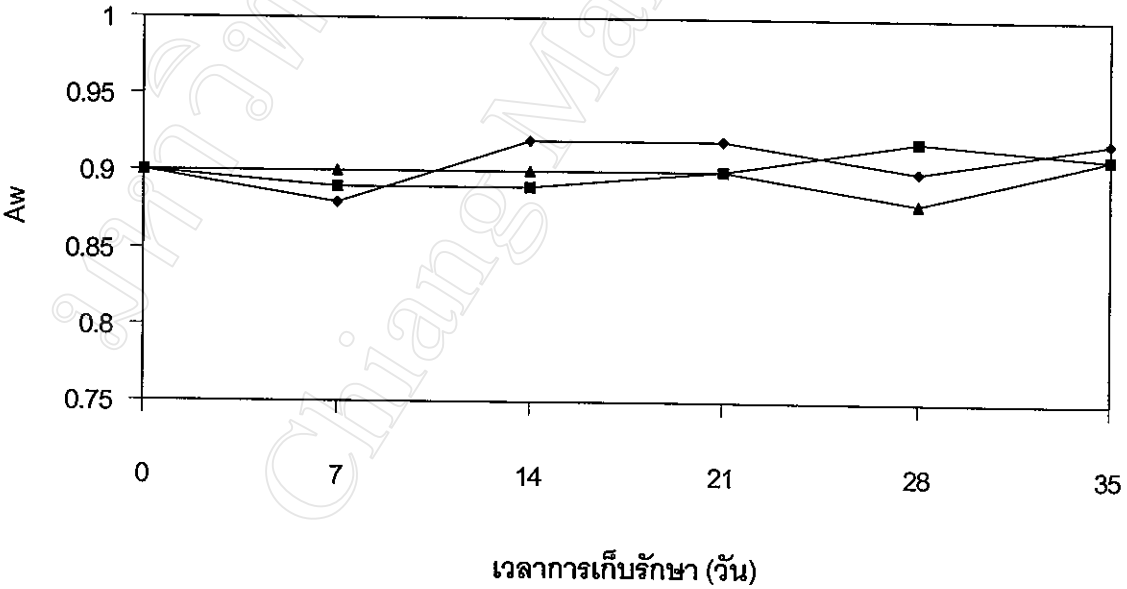
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ)**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	69.20 ± 0.15	69.50 ± 0.11	69.66 ± 0.11	69.46 ± 0.12	69.71 ± 0.04	70.10 ± 0.29	**69.61 ± 0.30**
5	69.20 ± 0.15	69.53 ± 0.09	69.77 ± 0.12	69.81 ± 0.24	69.69 ± 0.08	70.28 ± 0.22	**69.71 ± 0.35**
10	69.20 ± 0.15	70.17 ± 0.16	69.73 ± 0.05	69.62 ± 0.01	69.77 ± 0.07	70.24 ± 0.09	**69.67 ± 0.34**
เฉลี่ย*	**69.20 ± 0.01^{a*}**	**69.51 ± 0.01^{b}**	**69.72 ± 0.05^{c}**	**69.63 ± 0.18^{bc}**	**69.70 ± 0.01^{c}**	**70.21 ± 0.09^{d}**	
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	0.90 ± 0.03	0.88 ± 0.01	0.92 ± 0.02	0.92 ± 0.02	0.90 ± 0.04	0.92 ± 0.02	**0.91 ± 0.16**
5	0.90 ± 0.03	0.89 ± 0.05	0.89 ± 0.06	0.90 ± 0.03	0.92 ± 0.04	0.91 ± 0.03	**0.90 ± 0.12**
10	0.90 ± 0.03	0.90 ± 0.04	0.90 ± 0.02	0.90 ± 0.03	0.88 ± 0.05	0.91 ± 0.04	**0.90 ± 0.01**
เฉลี่ย*	**0.90 ± 0.01**	**0.89 ± 0.01**	**0.90 ± 0.02**	**0.91 ± 0.01**	**0.90 ± 0.02**	**0.91 ± 0.01**	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$



ภาพที่ 4.18 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4.19 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.35 และภาพที่ 4.20 แสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นวันที่ 7 และวันที่ 21 ของการเก็บรักษาเท่ากับ 6.85 และมีค่าต่ำสุดที่อายุการเก็บรักษา 14 วัน แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงค่า Thiobarbituric acid number ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

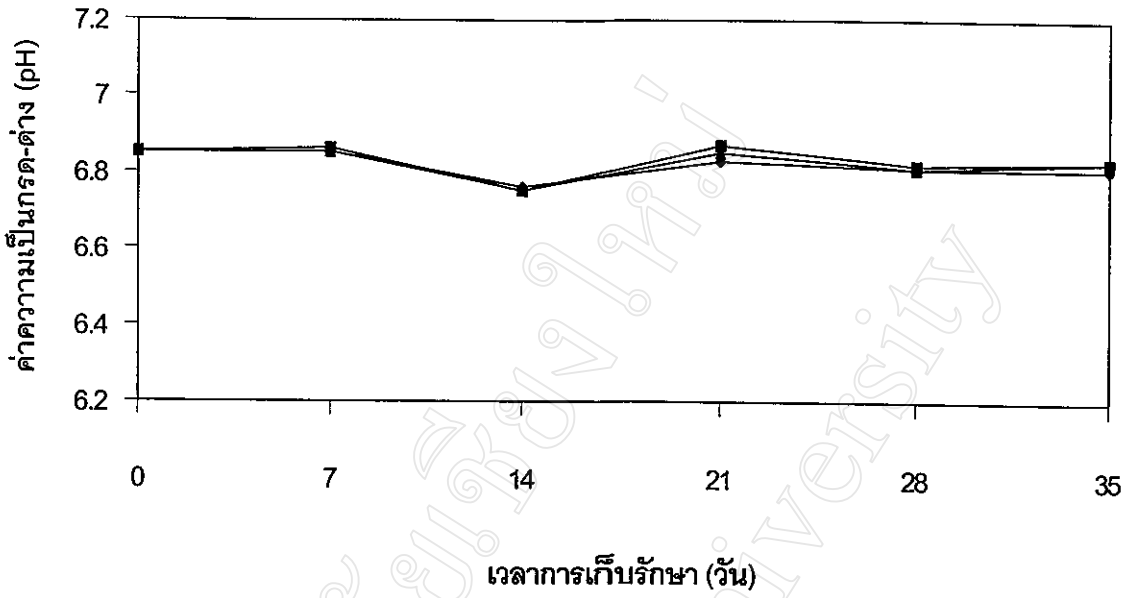
การเปลี่ยนแปลงค่า Thiobarbituric acid number ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.35 และภาพที่ 4.21 แสดงให้เห็นว่าทั้งอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ค่า Thiobarbituric acid number ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจาก ค่า Thiobarbituric acid number แสดงถึงการเกิด Lipid oxidation ในอาหาร ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าองค์ประกอบที่เป็นไขมันในผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการ Oxidation ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร มีองค์ประกอบของไขมันต่ำเพียงร้อยละ 7.87

ตารางที่ 4.35 : การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่า Thiobarbituric acid number ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

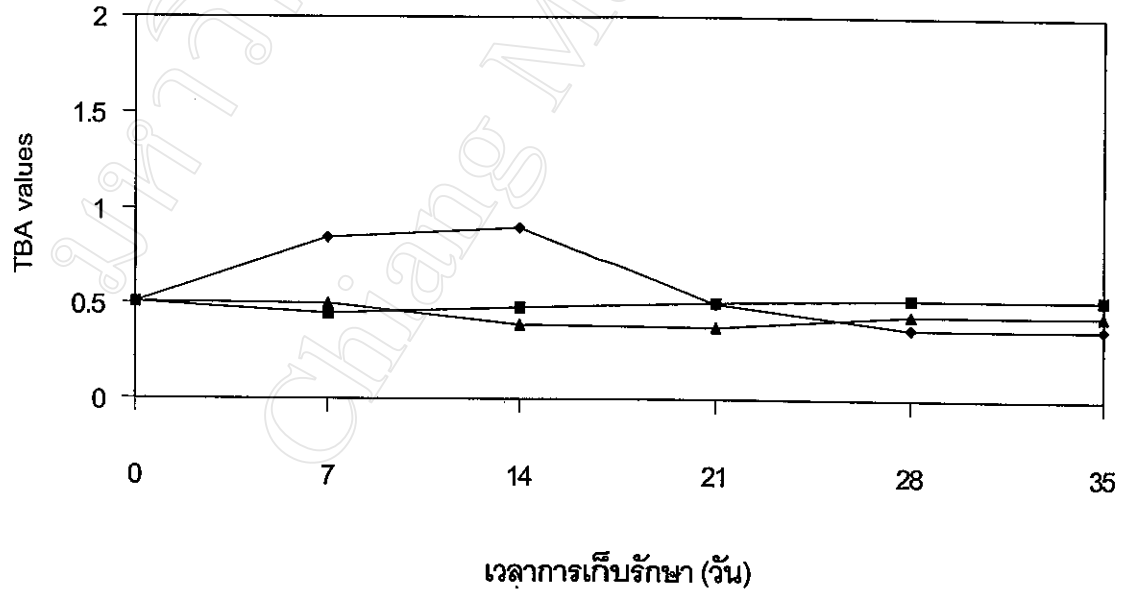
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	6.85 ± 0.01	6.85 ± 0.01	6.76 ± 0.01	6.83 ± 0.02	6.81 ± 0.01	6.81 ± 0.02	**6.85 ± 0.01**
5	6.85 ± 0.01	6.86 ± 0.01	6.75 ± 0.01	6.87 ± 0.01	6.82 ± 0.01	6.83 ± 0.02	**6.85 ± 0.01**
10	6.85 ± 0.01	6.85 ± 0.01	6.75 ± 0.01	6.85 ± 0.01	6.81 ± 0.01	6.83 ± 0.01	**6.85 ± 0.01**
เฉลี่ย*	**6.85 ± 0.01^{c*}**	**6.85 ± 0.01^{c}**	**6.75 ± 0.01^{a}**	**6.85 ± 0.02^{c}**	**6.81 ± 0.01^{b}**	**6.82 ± 0.01^{b}**	
	ค่า Thiobarbituric acid number (TBA)						
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	0.51 ± 0.02	0.85 ± 0.01	0.49 ± 0.01	0.50 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.37 ± 0.01	**0.52 ± 0.18**
5	0.51 ± 0.02	0.45 ± 0.01	0.48 ± 0.01	0.51 ± 0.01	0.53 ± 0.02	0.53 ± 0.02	**0.50 ± 0.03**
10	0.511± 0.02	0.50 ± 0.01	0.39 ± 0.01	0.38 ± 0.01	0.44 ± 0.01	0.44 ± 0.01	**0.44 ± 0.05**
เฉลี่ย*	**0.51± 0.01**	**0.60 ± 0.22**	**0.45 ± 0.05**	**0.46 ± 0.07**	**0.47 ± 0.08**	**0.47 ± 0.08**	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$



ภาพที่ 4.20 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4.21 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่า Thiobarbituric acid number ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีที่ปรากฏ ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.36 และภาพที่ 4.22 แสดงให้เห็นว่าความชอบด้านสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์นั้นได้รับการยอมรับใกล้เคียงกัน แต่พบว่าที่ระยะการเก็บรักษา 7 วัน ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือ 0.98 ซึ่งมีความแตกต่างกับระยะการเก็บรักษาอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านสีที่ปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

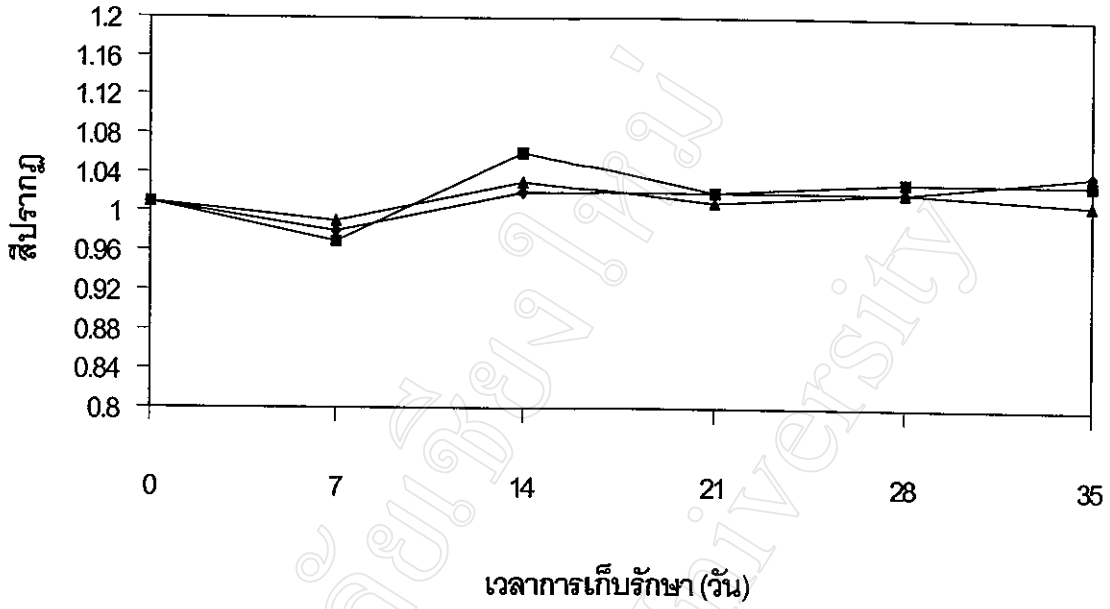
การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.36 และภาพที่ 4.23 แสดงให้เห็นว่าทั้งอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.36 : การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีที่ปรากฏ และการกระจายตัวของส่วนผสม ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

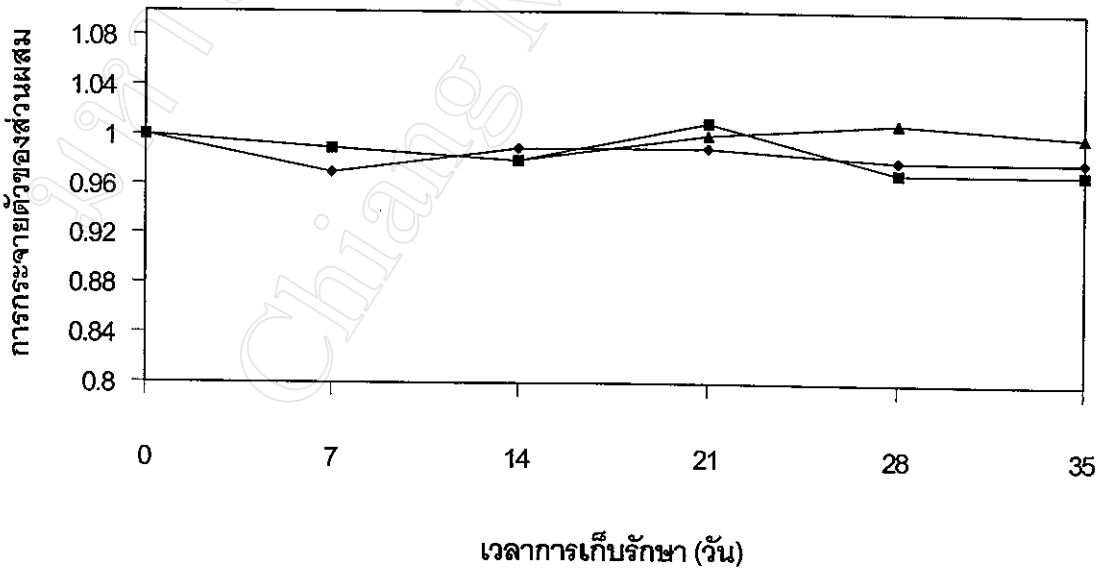
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**สีที่ปรากฏ**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	1.01 ± 0.02	0.98 ± 0.08	1.02 ± 0.06	1.02 ± 0.04	1.02 ± 0.13	1.04 ± 0.18	**1.01 ± 0.08**
5	1.01 ± 0.02	0.97 ± 0.11	1.06 ± 0.08	1.02 ± 0.02	1.03 ± 0.06	1.03 ± 0.08	**1.03 ± 0.07**
10	1.01 ± 0.02	0.99 ± 0.07	1.03 ± 0.05	1.01 ± 0.02	1.02 ± 0.03	1.01 ± 0.06	**1.01 ± 0.04**
เฉลี่ย*	**1.01 ± 0.01^{a*}**	**0.98 ± 0.08^{b}**	**1.03 ± 0.06^{a}**	**1.01 ± 0.02^{a}**	**1.01 ± 0.06^{a}**	**1.02 ± 0.08^{a}**	
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**การกระจายตัวของส่วนผสม**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	1.00 ± 0.01	0.97 ± 0.06	0.99 ± 0.02	0.99 ± 0.01	0.98 ± 0.03	0.98 ± 0.04	**0.99 ± 0.03**
5	1.00 ± 0.01	0.99 ± 0.14	0.98 ± 0.04	1.01 ± 0.01	0.97 ± 0.07	0.97 ± 0.05	**0.99 ± 0.04**
10	1.00 ± 0.01	0.99 ± 0.09	0.98 ± 0.04	1.00 ± 0.01	1.01 ± 0.04	1.00 ± 0.06	**1.00 ± 0.04**
เฉลี่ย*	**1.00 ± 0.01**	**0.99 ± 0.05**	**0.98 ± 0.03**	**1.00 ± 0.01**	**0.99 ± 0.05**	**0.99 ± 0.05**	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$



ภาพที่ 4.22 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4.23 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านกลิ่นปลาของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านกลิ่นปลาของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.37 และภาพที่ 4.24 แสดงให้เห็นว่าทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านกลิ่นปลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

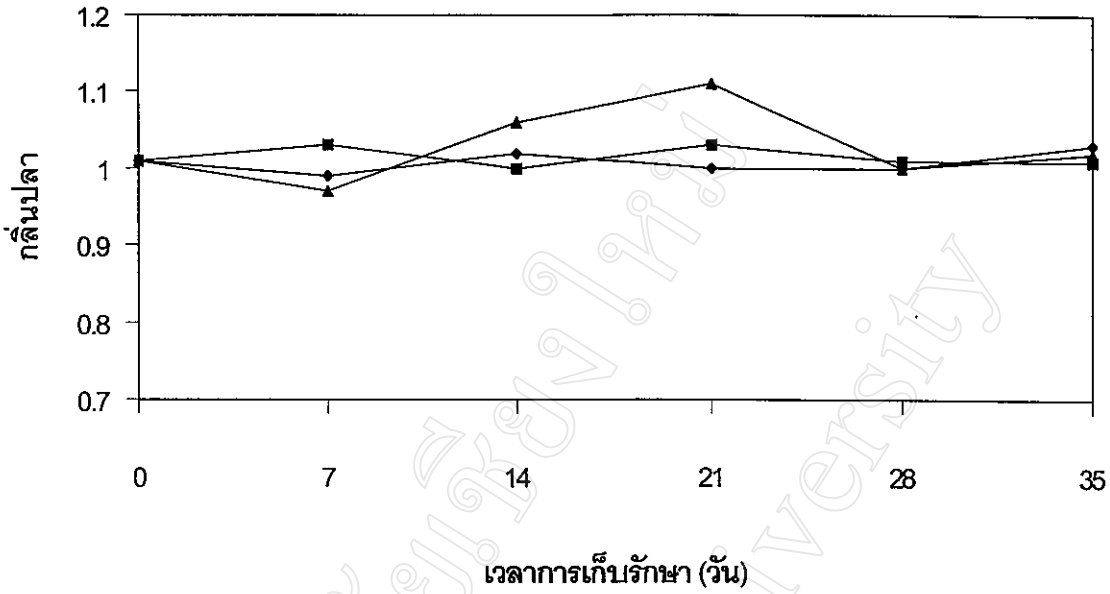
การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.37 และภาพที่ 4.25 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานาน 28 และ 35 วัน โดยที่เวลาการเก็บรักษา 35 วันมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรต่ำที่สุดคือ 0.93 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.37 : การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านกลิ่นปลา และกลิ่นรสสมุนไพรของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

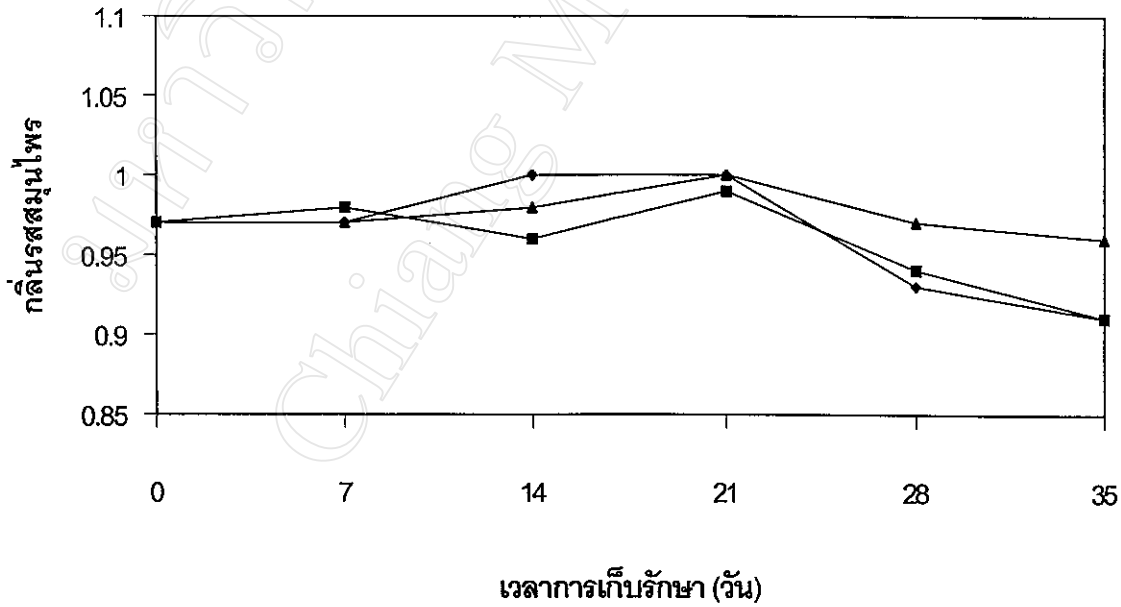
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	กลิ่นปลา						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	1.01 ± 0.02	0.99 ± 0.11	1.02 ± 0.10	1.00 ± 0.01	1.00 ± 0.08	1.03 ± 0.12	**1.00 ± 0.08**
5	1.01 ± 0.02	1.03 ± 0.07	1.00 ± 0.10	1.03 ± 0.08	1.01 ± 0.07	1.02 ± 0.08	**1.01 ± 0.07**
10	1.01 ± 0.02	0.97 ± 0.12	1.06 ± 0.10	1.11 ± 0.10	1.00 ± 0.06	1.02 ± 0.08	**1.03 ± 0.09**
เฉลี่ย*	**1.01 ± 0.02**	**1.00 ± 0.10**	**1.02 ± 0.09**	**1.04 ± 0.08**	**1.00 ± 0.07**	**1.02 ± 0.09**	
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**กลิ่นรสสมุนไพร**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	0.97 ± 0.05	0.97 ± 0.08	1.00 ± 0.01	1.00 ± 0.01	0.93 ± 0.07	0.91 ± 0.07	**0.97 ± 0.06**
5	0.97 ± 0.05	0.98 ± 0.04	0.96 ± 0.06	0.99 ± 0.02	0.94 ± 0.08	0.91 ± 0.08	**0.96 ± 0.06**
10	0.97 ± 0.05	0.97 ± 0.08	0.98 ± 0.06	1.00 ± 0.03	0.97 ± 0.08	0.96 ± 0.06	**0.97 ± 0.06**
เฉลี่ย*	**0.97 ± 0.05^{a*}**	**0.98 ± 0.06^{a}**	**0.98 ± 0.05^{a}**	**1.00 ± 0.05^{a}**	**0.95 ± 0.07^{b}**	**0.93 ± 0.07^{b}**	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$



ภาพที่ 4.24 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านกลิ่นปลาของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4.25 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.38 และภาพที่ 4.26 แสดงให้เห็นว่าความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่เริ่มต้นของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้รับความชอบด้านรสเค็มมากที่สุดคือ 1.00 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านรสเค็มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

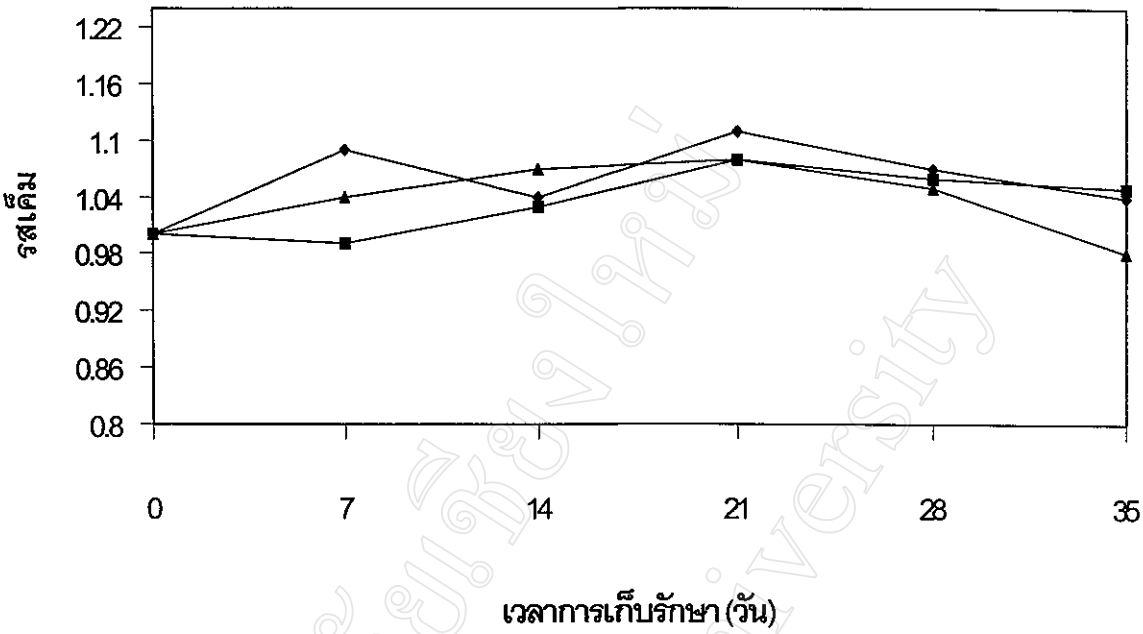
การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.38 และภาพที่ 4.27 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความชอบด้านความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ที่เวลาการเก็บรักษา 35 วันมีคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อต่ำที่สุดคือ 0.85 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.38 : การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเค็ม และความแน่นเนื้อ ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

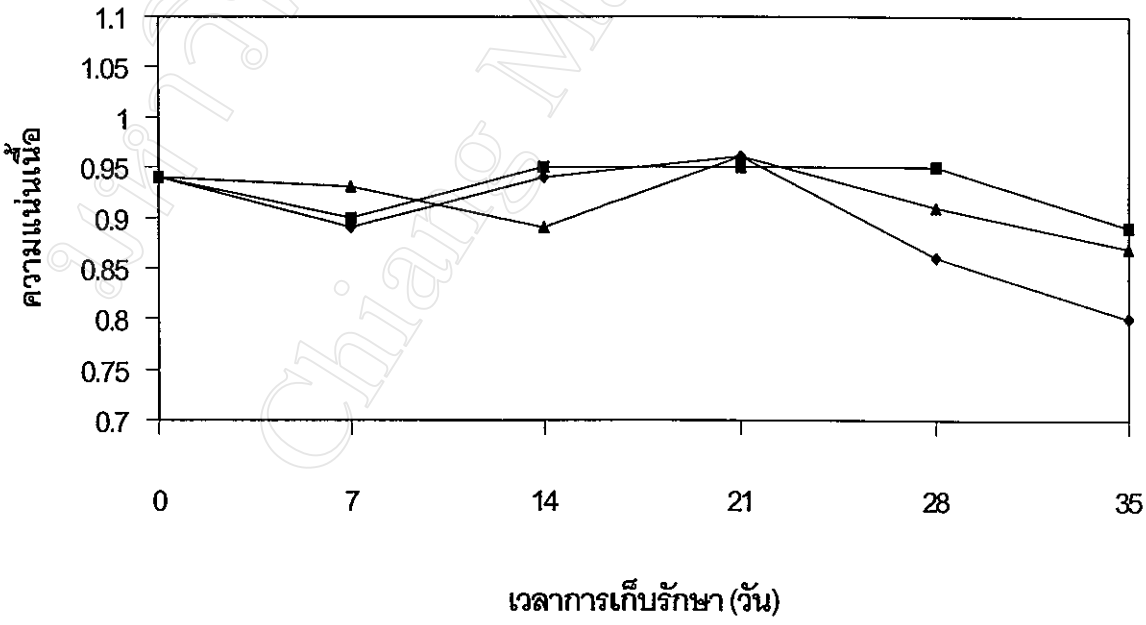
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**รสเค็ม**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	1.00 ± 0.01	0.99 ± 0.07	1.03 ± 0.06	1.08 ± 0.10	1.06 ± 0.12	1.05 ± 0.11	**1.03 ± 0.09**
5	1.00 ± 0.01	1.04 ± 0.12	1.07 ± 0.11	1.08 ± 0.08	1.05 ± 0.10	0.98 ± 0.04	**1.04 ± 0.09**
10	1.00 ± 0.01	1.09 ± 0.14	1.04 ± 0.08	1.11 ± 0.10	1.07 ± 0.11	1.04 ± 0.10	**1.06 ± 0.10**
เฉลี่ย*	**1.00 ± 0.01^{a*}**	**1.04 ± 0.12^{ab}**	**1.04 ± 0.09^{abc}**	**1.09 ± 0.09^{c}**	**1.06 ± 0.11^{bc}**	**1.02 ± 0.09^{ab}**	
สภาวะการเก็บ	**ความแน่นเนื้อ**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	0.94 ± 0.04	0.89 ± 0.11	0.94 ± 0.06	0.96 ± 0.06	0.86 ± 0.16	0.80 ± 0.13	**0.90 ± 0.11**
5	0.94 ± 0.04	0.90 ± 0.07	0.95 ± 0.05	0.95 ± 0.05	0.95 ± 0.07	0.89 ± 0.08	**0.93 ± 0.06**
10	0.94 ± 0.04	0.93 ± 0.08	0.89 ± 0.07	0.96 ± 0.03	0.91 ± 0.07	0.87 ± 0.09	**0.92 ± 0.07**
เฉลี่ย*	**0.94 ± 0.04^{ab*}**	**0.91 ± 0.09^{a}**	**0.93 ± 0.06^{ab}**	**0.95 ± 0.04^{b}**	**0.91 ± 0.11^{a}**	**0.85 ± 0.11^{c}**	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$



ภาพที่ 4.26 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4.27 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.39 และภาพที่ 4.28 แสดงให้เห็นว่าความชอบด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่เวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 28 วันได้รับความชอบด้านความฉ่ำน้ำดีที่สุดคือ 0.99 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านความฉ่ำน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

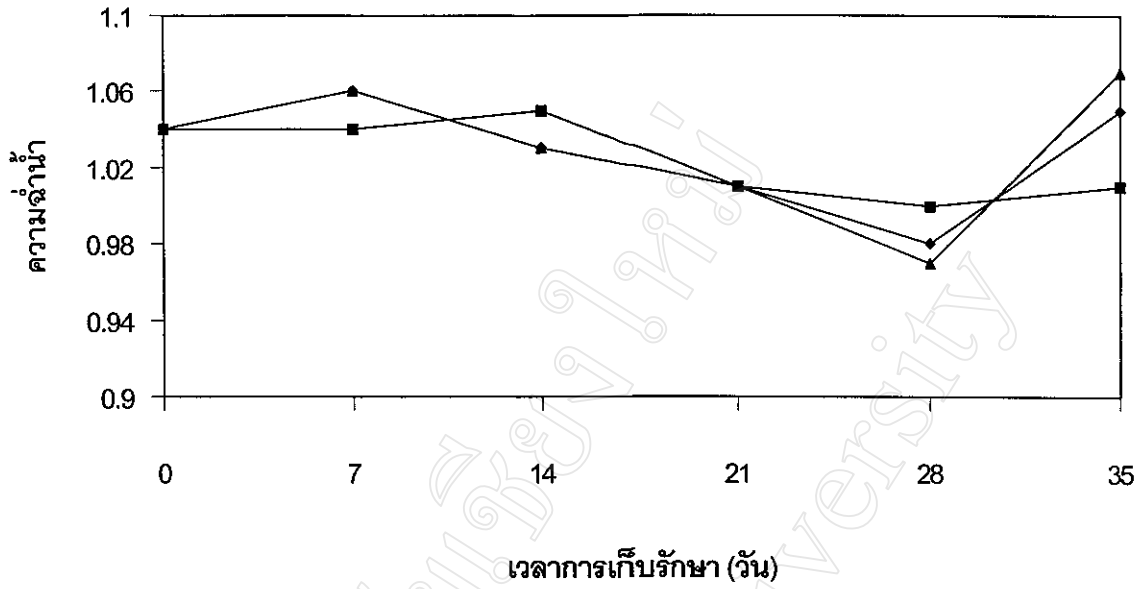
การเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แสดงใน ตารางที่ 4.39 และภาพที่ 4.29 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่เริ่มต้นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับโดยรวมมากที่สุดคือ 0.92 และที่การเก็บรักษา 7 วันเริ่มได้รับการยอมรับโดยรวมลดลงและลดลงเรื่อย ๆ ตามการเก็บรักษา ที่เวลาการเก็บรักษา 35 วัน ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับโดยรวมต่ำที่สุดคือ 0.66 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการยอมรับโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.39 : การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

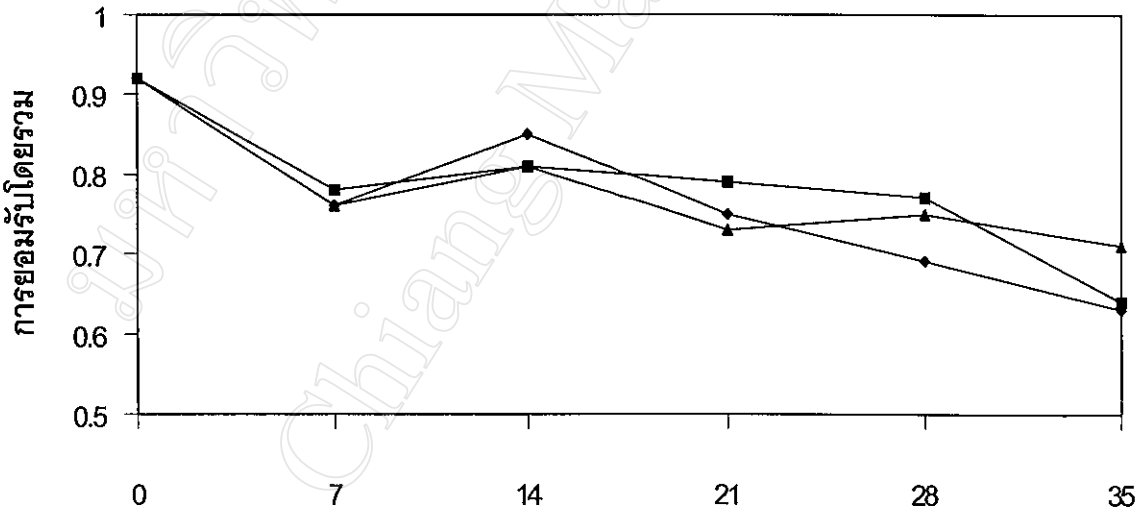
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**ความฉ่ำน้ำ**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1 °C	1.04 ± 0.05	1.06 ± 0.13	1.03 ± 0.04	1.01 ± 0.08	0.98 ± 0.11	1.05 ± 0.02	**1.03 ± 0.09**
5 °C	1.04 ± 0.05	1.04 ± 0.10	1.05 ± 0.06	1.01 ± 0.03	1.00 ± 0.02	1.01 ± 0.03	**1.03 ± 0.05**
10 °C	1.04 ± 0.05	1.067 ± 0.14	1.03 ± 0.06	1.01 ± 0.04	0.97 ± 0.08	1.07 ± 0.10	**1.03 ± 0.09**
เฉลี่ย*	**1.04 ± 0.05^{a*}**	**1.05 ± 0.12^{a}**	**1.04 ± 0.05^{a}**	**1.01 ± 0.05^{ab}**	**0.99 ± 0.08^{b}**	**1.04 ± 0.07^{a}**	
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**การยอมรับโดยรวม**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	0.92 ± 0.08	0.76 ± 0.10	0.85 ± 0.09	0.75 ± 0.16	0.69 ± 0.12	0.63 ± 0.10	**0.77 ± 0.14**
5	0.92 ± 0.08	0.78 ± 0.12	0.81 ± 0.11	0.79 ± 0.12	0.77 ± 0.09	0.64 ± 0.09	**0.78 ± 0.13**
10	0.92 ± 0.08	0.76 ± 0.11	0.81 ± 0.12	0.73 ± 0.13	0.75 ± 0.09	0.71 ± 0.10	**0.78 ± 0.12**
เฉลี่ย*	**0.92 ± 0.08^{a*}**	**0.77 ± 0.11^{c}**	**0.82 ± 0.10^{b}**	**0.75 ± 0.14^{c}**	**0.74 ± 0.11^{c}**	**0.66 ± 0.09^{d}**	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$



ภาพที่ 4.28 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4.29 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total count) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.40 และภาพที่ 4.30 แสดงให้เห็นว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่เวลาการเก็บรักษา 21 วัน ผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่เวลาการเก็บรักษา 35 วัน ผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

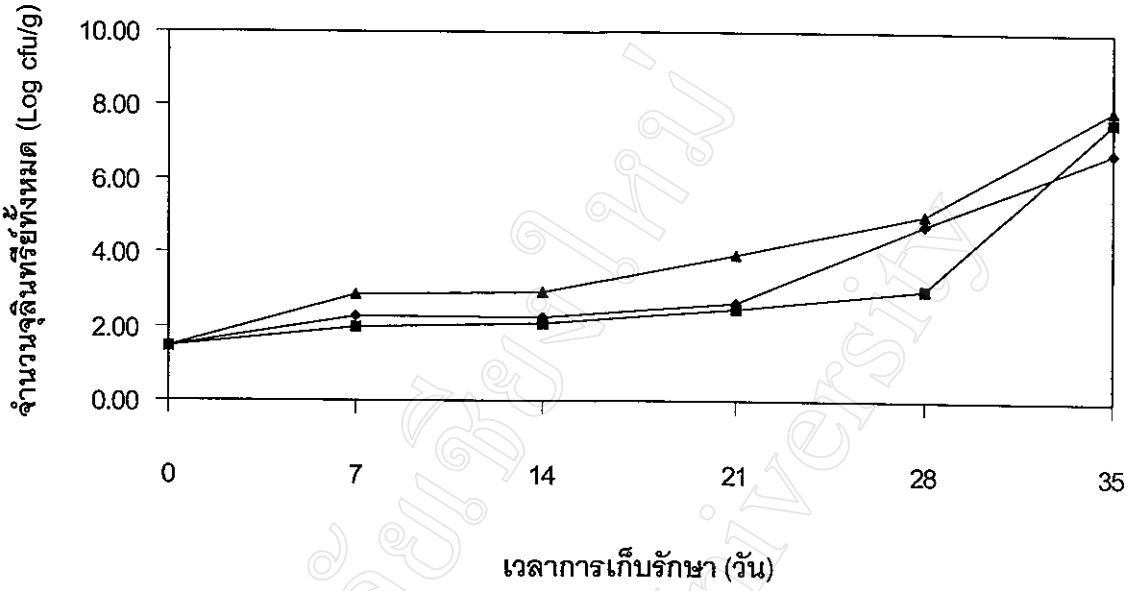
ตารางที่ 4.40 : การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log cfu/g)**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	**เฉลี่ย****
1	1.48 ± 0.01	2.28 ± 0.06	2.24 ± 0.34	2.63 ± 0.46	4.76 ± 0.59	6.76 ± 0.15	**2.25 ± 0.98**
5	1.48 ± 0.01	2.00 ± 0.01	2.10 ± 0.02	2.48 ± 0.01	3.00 ± 0.06	7.60 ± 0.11	**3.32 ± 1.27**
10	1.48 ± 0.01	2.87 ± 0.03	2.92 ± 0.11	3.94 ± 0.14	5.02 ± 0.34	7.91 ± 0.10	**4.92 ± 2.78**
เฉลี่ย*	**1.48 ± 0.01^{a*}**	**2.380 ± 0.44^{ab}**	**2.42 ± 0.44^{ab}**	**3.02 ± 0.80^{b}**	**4.26 ± 1.10^{c}**	**7.42 ± 0.59^{d}**	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.30 : การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

—◆— อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส —■— อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส —▲— อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา พบว่าคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยามีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจนกระทั่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ตามหัวข้ออาหารปรุงสุกทั่วไป โดยกำหนดให้มีจุลินทรีย์รวมได้ไม่เกิน 6 Log cfu/กรัมอาหาร ที่ระยะเวลาการเก็บ 35 วัน ที่อุณหภูมิ 1, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์รวมเกินเกณฑ์กำหนด ดังนั้นจึงถือว่าคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา ซึ่งพิจารณาที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ทำได้โดยศึกษาอัตราเร็วและอันดับของปฏิกิริยา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมีขององค์ประกอบของอาหารมีชนิดของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง คือ มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลาเป็นแบบ Logarithmic ดังนั้นจึงสามารถหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณจุลินทรีย์

ทั้งหมด หรือค่า k ได้จากสมการของ Arrhenius (ดังแสดงในภาคผนวก ง) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.41

ตารางที่ 4.41 : อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่สภาวะการเก็บรักษาต่าง ๆ

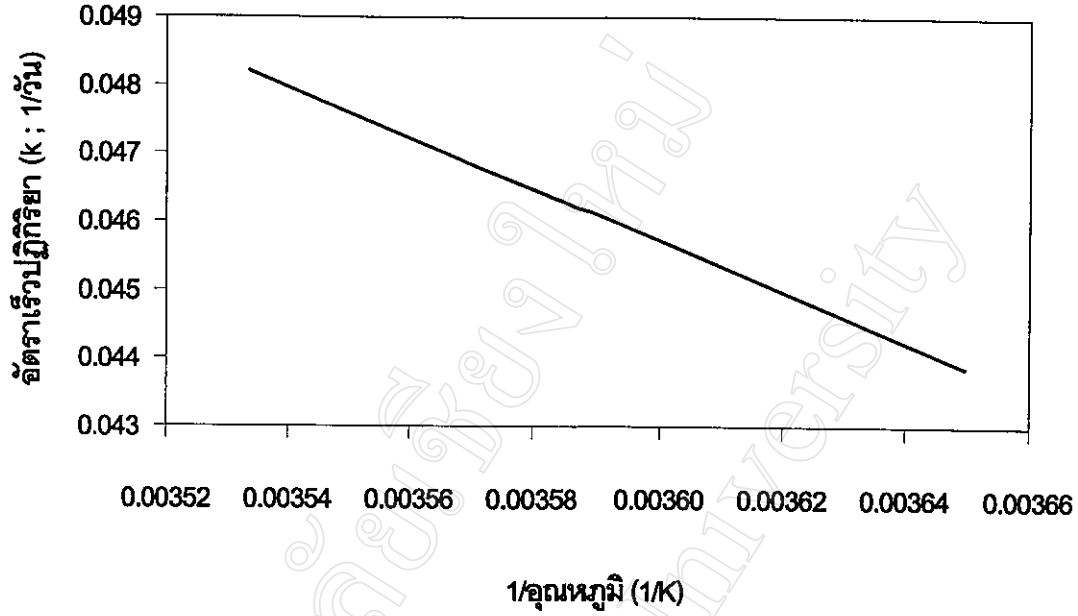
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราเร็วของปฏิกิริยา (k ; 1/วัน)
1	0.0434
5	0.0467
10	0.0478

ตารางที่ 4.41 แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยา (k) มีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น จากค่า k ที่ได้ เมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า k และอุณหภูมิ$^{-1}$ ดังภาพที่ 4.31 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วของปฏิกิริยา (k) การเปลี่ยนแปลงด้านจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่า k จะเพิ่มขึ้น และเมื่อสร้างสมการถดถอย (Linear regression) เพื่อใช้คาดคะเนอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้สมการดังนี้

$k = 0.18 - 37.196\ (1/T)$ $\qquad R^2 = 0.8910$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิ (องศาเคลวิน)

สมการถดถอยที่ได้ สามารถนำมาหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยการหาค่า k ที่อุณหภูมิใด ๆ ที่ต้องการทราบอายุการเก็บรักษาจากสมการ จากนั้นแทนค่าลงใน สมการของ Arrhenius เพื่อหาอายุการเก็บรักษา เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นและความเข้มข้นสุดท้ายของดัชนีการเสื่อมเสียเป็น 1.48 และ 6.76 Log cfu/กรัม



ภาพที่ 4.31 : กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิของการเก็บรักษา

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แต่ละอุณหภูมินั้นมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นานประมาณ 34 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 32 วัน และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 31 วัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คือ 1 องศาเซลเซียส

ต้นทุนในการผลิต

1. ค่าวัตถุดิบ ทำการประมาณค่าวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต ตามสูตรที่ใช้จริงดังนี้

ตารางที่ 4.42 : ต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

ส่วนประกอบ	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต 1 batch 5 กก. (หน่วยกรัม)	ราคาวัตถุดิบ / กก. (บาท)	ราคาวัตถุดิบ / 1 batch (บาท)
เนื้อปลา	9162.50	70.00	641.38
มันแข็ง	500.00	45.00	22.50
น้ำแข็ง	700.00	2.00	1.40
โปรตีนถั่วเหลือง	101.25	180.00	18.23
คาร์ราจีแนน	33.75	1100.00	37.13
เสจ	3.96	900.00	3.56
กะเพรา	3.02	388.00	1.17
เลมอนบาล์ม	3.02	800.00	2.42
แครอท	96.00	30.00	2.88
เห็ดหอม	81.60	150.00	12.24
สาหร่ายทะเล	22.40	320.00	7.17
เกลือ	110.00	10.00	1.10
น้ำตาล	150.00	14.00	2.10
พริกไทย	80.00	130.00	10.40
ผงชูรส	10.00	100.00	1.00
STPP	5.00	800.00	4.00
Potassium Sorbate	5.00	1000.00	5.00
ต้นทุนวัตถุดิบรวมต่อ 1 batch (บาท)			773.66
ต้นทุนวัตถุดิบต่อผลิตภัณฑ์ 1 แท่ง (1 batch ผลิตได้ 35 แท่ง) น้ำหนักผลิตภัณฑ์แท่งละ 135 กรัม (บาท)			22.10

2. ค่าภาชนะบรรจุ ประมาณ 0.25 บาท/แท่ง
3. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในกระบวนการ ค่าโสหุ้ย ค่าแรงงาน โดยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 30 ของค่าวัตถุดิบและค่าภาชนะบรรจุ ดังนั้นคิดเป็นเงิน 6.71 บาท/แท่ง
4. ค่าต้นทุนการผลิตทั้งหมด

- ค่าวัตถุดิบ	22.10	บาท/แท่ง
- ค่าภาชนะบรรจุ	0.25	บาท/แท่ง
- ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	6.71	บาท/แท่ง
รวม	29.06	บาท/แท่ง (135 กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University