

รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาอ  
ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

Development of Reduced-Fat Fish Emulsion  
Mixed with Fiber and Herbs (First Phase)

รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี  
นางสาวสุภาพร พุทธิไศภิชญ์

ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนผลิตภัณฑ์  
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2545

### กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการพัฒนามล็ดภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากมูลนิธิโครงการหลวง โดยได้รับการสนับสนุนต่อเนื่อง 2 ปี คือ ปีงบประมาณ 2544 - 2545 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในการให้การสนับสนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคล เจ้าหน้าที่ในองค์กรต่าง ๆ ของหน่วยราชการต่าง ๆ ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้มาโดยตลอดดังนี้

- ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนามล็ดภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่านที่ให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดทั้งโครงการ ซึ่งทำให้โครงการดำเนินการไปได้ด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ แนวความคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งปวง คณะผู้วิจัยขอน้อมรับและจะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำงานในอนาคต องค์ความรู้ที่เกิดจากโครงการวิจัยนี้ขอให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติโดยรวมต่อไป

คณะผู้จัดทำ

### บทคัดย่อ

การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร พบว่าอัตราส่วนผสมหลักที่เหมาะสมคือ เนื้อปลาร้อยละ 73.3 ไขมันร้อยละ 10.0 น้ำแข็งร้อยละ 14.0 และสารทดแทนไขมัน (โปรตีนถั่วเหลืองกับคาร์ราจีแนน อัตราส่วน 3:1) ร้อยละ 2.7 ในการศึกษาส่วนผสมสมุนไพร 3 ชนิดที่ใช้ในสูตรการผลิต พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ เสจร้อยละ 39.59 เลมอนบาล์มร้อยละ 30.22 และกะเพราร้อยละ 30.19 และปริมาณการใช้คือร้อยละ 0.2 ของส่วนผสมหลัก ในการศึกษาส่วนผสมเส้นใยอาหาร 3 ชนิดที่ใช้ในสูตรการผลิต พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ แครอทร้อยละ 48.0 เห็ดหอมร้อยละ 40.8 และสาหร่ายทะเลร้อยละ 11.2 โดยมีปริมาณการใช้คือร้อยละ 4.0 ของส่วนผสมหลัก นอกจากนี้ส่วนประกอบและเครื่องปรุงรสอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละของส่วนผสมหลักประกอบด้วย เกลือร้อยละ 2.2 น้ำตาลร้อยละ 3.0 พริกไทยร้อยละ 1.6 ผงชูรสร้อยละ 0.2 โซเดียมไตรฟอสเฟตร้อยละ 0.1 และโพแทสเซียมซอร์เบทร้อยละ 0.1

การศึกษาระบวนการสับขนาดของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร พบว่า การเพิ่มอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาดทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) และควรใช้อัตราเร็วในการสับขนาดต่ำสุดคือ 1273 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสม เนื่องจากทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมสูงสุด และมีค่าเข้าใกล้ค่าในอุดมคติ การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการต้มมีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยที่การต้มด้วยอุณหภูมิที่ 73 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 42 นาที ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ให้ผลดีต่อความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวม

ผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่มีการยอมรับที่ดีจากผู้บริโภคทั้งในด้านลักษณะสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม โดยมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ในลักษณะดังกล่าวเท่ากับ 1.01 1.00 1.01 1.00 0.97 0.94 1.04 และ 0.92 ตามลำดับ

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมมาศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาและคาดคะเนอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สภาวะการเก็บต่าง ๆ พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาคือที่

1 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิที่ 5 และ 10 องศาเซลเซียสนั้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเร็วกว่า สำหรับผลการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง Polypropylene สามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิ 1 5 และ 10 องศาเซลเซียส ได้นาน 34 32 และ 31 วันตามลำดับ



## Abstract

The optimized formulation of the reduced-fat fish emulsion mixed with fiber and herbs was studied. It was found that the suitable proportion of base system was 73.3% fish, 10.0% lard, 14.0% ice and 2.7% fat replacement (soy protein and carrageenan 3:1 ratio). For the study of herbal system in the formulation, the best proportion of the herbal system were 39.59% sage, 30.22% lemonbalm and 30.19% holy basil. These have been used at 0.2% of the base system. The optimum proportion of the three kinds of fiber used in the formula were 48.0% carrot, 40.8% black-mushroom and 11.2% seaweed. These have been used at 4 % of the base system. Moreover, the optimal ingredients for the formulation were 0.22% salt, 0.3% sugar, 1.6% pepper, 0.2% MSG, 0.1% sodium tripolyphosphate and 0.1% potassium sorbate.

The study of suitable process for chopping the reduced-fat fish emulsion mixed with fiber and herbs was also determined and found that the increasing both of speed and time of chopping would appear to decrease score of firmness and overall acceptability ( $p \leq 0.05$ ). The speed of chopping to be used was at the low speed at 1273 rpm for 8 minutes which was the optimum since it gave the highest scores of firmness and overall acceptabilities. The study of temperature together with time for cooking, they had effects to firmness and overall acceptabilities. The optimum conditions were at 73 °C for 42 min.

The panelists accepted the final product with mean ideal ratio scores of colour, dispersion of ingredients, fish favour, salty, favour of herb, firmness, juiciness and overall acceptability by the scores of 1.01 1.00 1.01 1.00 0.97 0.94 1.04 and 0.92 respectively.

The reduced-fat fish emulsion mixed with fiber and herbs was produced using suitable formula and processing. The product was subjected to investigate the effect of temperature on quality changes during storage time. Shelf-life of the reduced-fat fish emulsion mixed with fiber and herbs in various storage

conditions were also investigated. The suitable storage temperature was 1 °C whereas 5 °C and 10 °C caused more rapid quality changes. For the prediction of shelf-life, it had been found that the products kept in polypropylene at 1 °C, 5 °C and 10 °C had shelf-life of 34, 32 and 31 days respectively.



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 จุดมุ่งหมายในการวิจัย	29
บทที่ 4 การวางแผนการทดลอง	30
บทที่ 5 ผลการทดลองและอภิปรายผล	44
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
- สรุปผลการทดลอง	135
- ข้อเสนอแนะ	140
เอกสารอ้างอิง	141
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รูปภาพ	145
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	150
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพ	153
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการวิเคราะห์ทางสถิติ	174

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
4.1	ค่าของระดับต่ำและระดับสูงของอัตราส่วนผสมหลัก	33
4.2	สิ่งทดลองของ Mixture design ที่ผันแปรปริมาณส่วนผสมหลัก	34
4.3	ค่าของระดับต่ำและระดับสูงของอัตราส่วนผสมสมุนไพร	36
4.4	สิ่งทดลองของ Mixture design ที่ผันแปรปริมาณส่วนผสมสมุนไพร	36
4.5	ค่าของระดับต่ำและระดับสูงของอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหาร	37
4.6	สิ่งทดลองของ Mixture design ที่ผันแปรปริมาณส่วนเส้นใยอาหาร	37
4.7	แสดงแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design	39
4.8	แสดงแผนการทดลองแบบ $2^2$ Factorial experiment	40
4.9	แสดงแผนการทดลองแบบ $2^2$ Factorial experiment with 2 center points	41
5.1	ค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	46
5.2	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมหลัก	49
5.3	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมหลัก	51
5.4	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมหลัก	52
5.5	อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น	55
5.6	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมสมุนไพร	56
5.7	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมสมุนไพร	57
5.8	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมสมุนไพร	58
5.9	อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมสมุนไพรที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น	60
5.10	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมเส้นใยอาหาร	61



ตาราง	หน้า
5.11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสม เส้นใยอาหาร	62
5.12 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณ ส่วนผสมเส้นใยอาหาร	63
5.13 อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมเส้นใยอาหารที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย โปรแกรมเชิงเส้น	65
5.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากการกลั่นกรองปัจจัย ทดลอง	66
5.15 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ จากการกลั่นกรองปัจจัยทดลอง	67
5.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากการกลั่นกรองปัจจัย ทดลอง	68
5.17 อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	72
5.18 อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	73
5.19 อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	74
5.20 แสดงปริมาณการใช้เกลือและพริกไทยแต่ละสิ่งทดลอง	79
5.21 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณเกลือและ พริกไทย	80
5.22 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณเกลือและ พริกไทย	81
5.23 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณ เกลือและพริกไทย	82
5.24 การคาดคะเนคะแนนความชอบด้านสีปรากฏเมื่อผันแปรปริมาณเกลือและพริกไทย	85
5.25 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาอัตราเร็วและ เวลาในการสับขนาด	87

ตาราง	หน้า
5.26 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาด	87
5.27 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาด	88
5.28 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้ม	91
5.29 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้ม	91
5.30 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้ม	92
5.31 การทำนายคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวม เมื่อแปรผันอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์	95
5.32 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน และค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลา 5 สัปดาห์	105
5.33 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) และค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลา 5 สัปดาห์	108
5.34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ และค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ ( $A_w$ ) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลา 5 สัปดาห์	111
5.35 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่า Thiobarbituric acid number ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลา 5 สัปดาห์	114
5.36 การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านสีปรากฏ และการกระจายตัวของส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลา 5 สัปดาห์	117

ตาราง	หน้า
5.37 การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านกลิ่นปลา และกลิ่นรสสมุนไพรของผลิตภัณฑ์ปลาเยลลี่ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษา ระยะเวลา 5 สัปดาห์	120
5.38 การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านรสเค็มและความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ปลาเยลลี่ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลา 5 สัปดาห์	123
5.39 การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ปลาเยลลี่ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลา 5 สัปดาห์	126
5.40 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลาเยลลี่ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลา 5 สัปดาห์	129
5.41 อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลาเยลลี่ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่สภาวะการเก็บรักษาต่าง ๆ	130
5.42 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาเยลลี่ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	133
ค.1 ตารางแมคคราดี	172
ง.1 อัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองและ interaction	175

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1	5
ลักษณะการเกิดอิมัลชันของผลิตภัณฑ์ปลายอ แสดงโปรตีนละลายและห่อหุ้ม อนุภาคของไขมัน	
2.2	22
ลักษณะอิมัลชันที่เกิดจากความไม่สมดุลของเนื้อ	
2.3	23
ลักษณะอิมัลชันที่เกิดจากการสับขนาดมากเกินไป	
2.4	23
ลักษณะอิมัลชันที่เกิดจากการให้ความร้อนสูงเกินไป	
5.1	47
กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรต้นแบบ	
5.2	53
กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมหลัก	
5.3	59
กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เมื่อผันแปรอัตราส่วนสมุนไพร	
5.4	64
กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหาร	
5.5	70
กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการกลั่นกรองปัจจัยทดลอง	
5.6	83
กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เมื่อผันแปรปริมาณเกลือและพริกไทย	
5.7	86
กราฟพื้นผิวตอบสนองของคะแนนความชอบด้านสีปรากฏ เมื่อผันแปรปริมาณ เกลือและพริกไทย	
5.8	89
กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จาก การศึกษาอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาด	
5.9	93
กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จาก การศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้ม	
5.10	96
กราฟพื้นผิวตอบสนองของคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อ เมื่อผันแปร ปริมาณอุณหภูมิและเวลาในการต้ม	
5.11	96
กราฟพื้นผิวตอบสนองของคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวม เมื่อผันแปร ปริมาณอุณหภูมิและเวลาในการต้ม	

ภาพ	หน้า
5.12 ขบวนการผลิตปลายอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	98
5.13 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่ได้หลัง การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิต	101
5.14 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแรงเคื่อน ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	106
5.15 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าสี L (ความสว่าง) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	106
5.16 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ระหว่างการเก็บรักษาเป็น เวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	109
5.17 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ระหว่างการเก็บรักษาเป็น เวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	109
5.18 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็น เวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	112
5.19 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ระหว่างการเก็บรักษา เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	112
5.20 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่างการเก็บรักษา เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	115
5.21 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่า Thiobarbituric acid number ระหว่างการ เก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	115
5.22 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความชอบด้านสีปรากฏ ระหว่างการเก็บรักษาเป็น เวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	118
5.23 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสม ระหว่าง การเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์การ	118
5.24 เปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความชอบด้านกลิ่นปลา ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	121
5.25 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพร ระหว่างการเก็บ รักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	121

ภาพ	หน้า
5.26 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความชอบด้านรสเค็ม ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	124
5.27 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความชอบด้านความแน่นเนื้อ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	124
5.28 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความชอบด้านความฉ่ำน้ำ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	127
5.29 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านการยอมรับโดยรวม ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	127
5.30 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	130
5.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิบัติการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิของการเก็บรักษา	130
ก-1 ปลา <i>Oreochromis niloticus</i> Linn. พันธุ์ทับทิม หรือปลาทับทิม	146
ก-2 ส่วนผสมหลักของการผลิตปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	146
ก-3 ส่วนผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรของการผลิตปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	147
ก-4 ส่วนประกอบอื่น ๆ ของการผลิตปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	147
ก-5 แบบพิมพ์ในการบรรจุปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	148
ก-6 เครื่องสับขนาดที่ใช้ในการผลิตปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	148
ก-7 เครื่องอัดบรรจุปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	149
ก-8 ผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร	149

## บทที่ 1

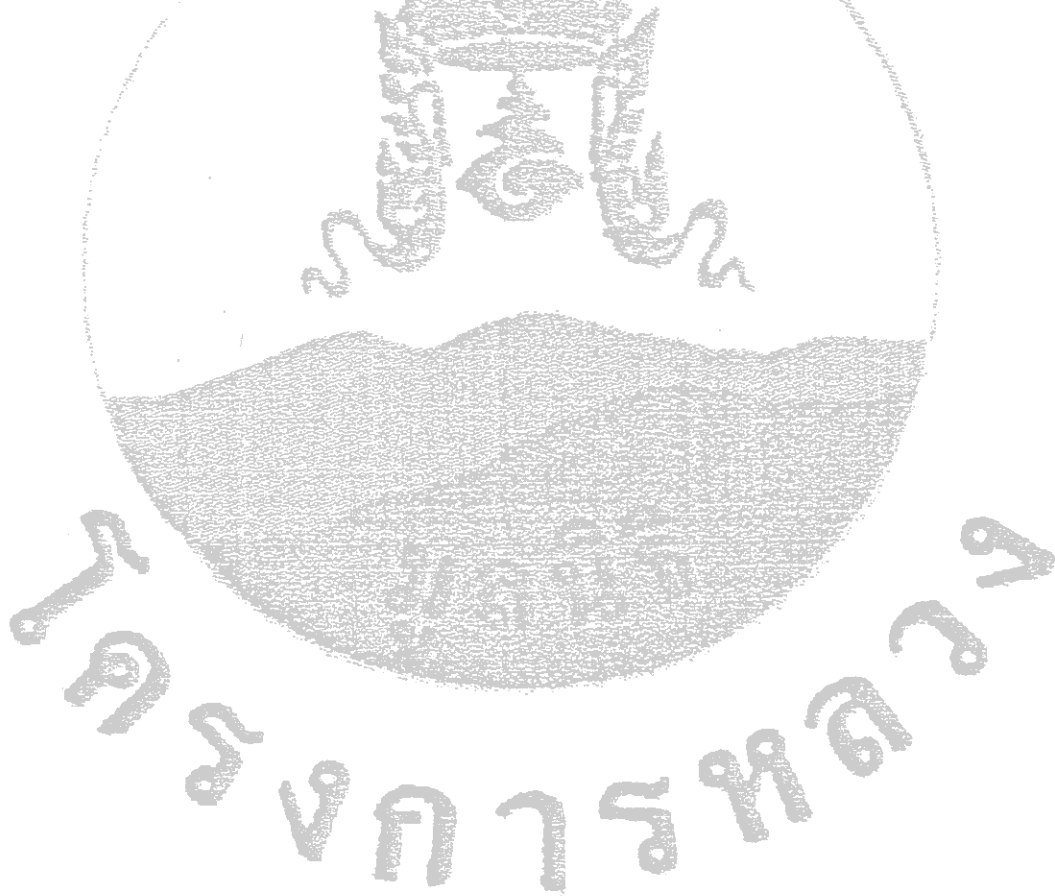
### บทนำ

---

ปัจจุบันอาหารประเภทเนื้อสัตว์แปรรูป (Processed meat product) ประเภทผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชัน เช่น ไส้กรอก หมูยอ และไก่ยอ ได้มีการขยายการผลิตสู่อุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น และในประเทศไทยมีผู้บริโภคเพิ่มขึ้นด้วย เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่หาซื้อได้ง่าย สะดวกต่อการบริโภค มีรสชาติดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเหมาะสมต่อภาวะสังคมที่มีความเร่งรีบในปัจจุบัน ส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์แปรรูปที่จำหน่ายในท้องตลาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจาก เนื้อหมู เนื้อไก่ และเนื้อวัว ซึ่งมีผู้บริโภคบางกลุ่มไม่นิยมบริโภคอาหารดังกล่าวหรืออาจมีข้อห้ามทางศาสนา ดังนั้นจึงมีผู้ให้ความสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันจากเนื้อปลา (Fish emulsion) ขึ้นมาหลายชนิดได้แก่ ปลาเยล ลูกชิ้นปลา และซูริมิ ทั้งนี้เพราะเนื้อปลามีความนุ่มย่อยง่ายกว่าเนื้อสัตว์ประเภทอื่น นอกจากนี้โปรตีนจากเนื้อปลาเป็นโปรตีนชนิดที่ร่างกายมนุษย์สามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว และยังมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 20 มีไขมันต่ำเพียงร้อยละ 0.1 เนื้อปลายังเป็นแหล่งของวิตามินบีต่าง ๆ เช่นวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินบี 6 (ปราณิศ และคณะ, 2543; Amy, 2000)

อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันเหล่านี้มีไขมันเป็นส่วนประกอบสูงถึงร้อยละ 20 - 40 และมีปริมาณเส้นใยอาหารต่ำ (Dietary fiber) ดังนั้นการบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในปริมาณมากและเป็นประจำอาจก่อให้เกิดโรคอ้วน และทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้น (อดิศักดิ์, 2542) ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันลดไขมันหรือไขมันต่ำกันมากขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์นั้นต้องได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค (Chin *et al.*, 2000) ซึ่งการลดไขมันในผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่พบปัญหาด้านเนื้อสัมผัส ทั้งนี้เพราะไขมันจะทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีเป็นที่ยอมรับ โดยให้ความนุ่มเนื้อ ความชุ่มน้ำ ความยืดหยุ่นและให้รสชาติที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชัน (Porcella *et al.*, 2001) อย่างไรก็ตามสามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ได้โดยใช้สารทดแทนไขมันชนิดต่าง ๆ โดยมีคุณสมบัติที่รวมตัวได้กับน้ำ (Water binding) และให้ลักษณะคล้ายไขมัน (Fat-like characteristic) สามารถนำมาใช้เลียนแบบสมบัติทางประสาทสัมผัสแทนไขมันจากสัตว์ได้ เช่น โปรตีนถั่วเหลือง คาร์ราจีแนน หรือกัมชนิดต่าง ๆ เป็นต้น (Paul *et al.*, 1999 ; Yang *et al.*, 2001)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จึงน่าจะเป็นการสนองความต้องการของผู้บริโภคที่สนใจบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้ออีมัลชันจากเนื้อปลาและห่วงใยสุขภาพ นอกจากการลดไขมันในผลิตภัณฑ์แล้วยังมีการเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารจากพืชผักชนิดต่างๆ รวมทั้งเพิ่มสมุนไพรที่ให้กลิ่นรสเฉพาะแก่ผลิตภัณฑ์ และยังเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ยิ่งขึ้น เพราะเส้นใยอาหารมีผลต่อระบบสรีรวิทยาของร่างกายหลายด้าน เช่น ลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดมีผลต่อระดับน้ำตาล ลดอัตราเสี่ยงการเป็นโรคหัวใจ ลดความอ้วน ป้องกันมะเร็ง ปรับปรุงหน้าที่ของลำไส้ใหญ่ และลดระดับการนำไปใช้ประโยชน์ของสารอาหาร (วิญเพ็ญ, 2541)





## บทที่ 2

### ตรวจเอกสาร

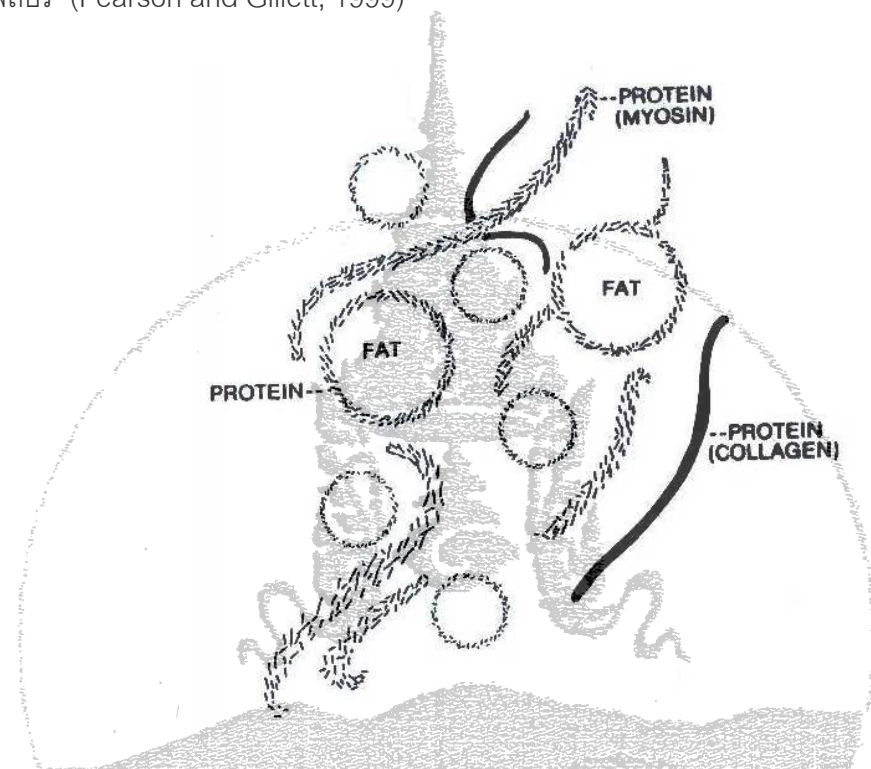
#### ผลิตภัณฑ์เนื้ออีมัลชัน

ปลายขอเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้วิธีผลิตแบบ “การเตรียมส่วนผสมแบบอีมัลชัน” แต่เดิมมีการผลิตโดยใช้หมูเป็นวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งมีมานานโดยชาวญวนอพยพที่มาจากอยู่ในประเทศไทย ปัจจุบันก็มีการผลิตอยู่ทั่วไปในหลาย ๆ จังหวัดที่เรียกว่า “หมูยอ” ดังนั้นการผลิต จึงคล้ายกับการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้ออีมัลชันโดยเปลี่ยนจากเนื้อหมู เนื้อวัว มาเป็นเนื้อปลา (ไพโรจน์, 2544)

อีมัลชัน (Emulsion) หมายถึง การผสมและอยู่ร่วมกันของของเหลว 2 ชนิดที่ไม่อาจผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยของเหลวชนิดหนึ่งกระจายอยู่โดยทั่วไปในส่วนผสมในรูปของหยดเล็กเลียด (Droplets) ของเหลวที่กล่าวถึงนี้เป็น Dispersed phase ส่วนของเหลวอีกส่วนหนึ่งที่ Dispersed phase กระจายตัวอยู่เรียกว่า Continuous phase ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหยดเล็กเลียดนั้น ประมาณ 0.1 – 0.5 ไมโครเมตร (สัจชัย, 2543)

ลักษณะการเกิดอีมัลชันในผลิตภัณฑ์เนื้อ เป็นประเภท Oil-in-water emulsion โดยมีน้ำทำหน้าที่เป็น Continuous phase มีไขมันเป็น Dispersed phase และมี Myofibrillar protein ซึ่งเป็นโปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อสัตว์ที่ประกอบด้วย Myosin และ Actin และสามารถละลายได้ในน้ำเกลือที่มีค่า pH และค่า Ionic strength ที่เหมาะสม ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) ซึ่งช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับไขมัน ทำให้น้ำกับไขมันอยู่รวมตัวกันเป็นเนื้อเดียวกันได้ทำให้ลักษณะอีมัลชัน (Emulsion) ที่เกิดขึ้นมีความเสถียร เนื่องจาก Myofibrillar protein มีส่วนที่จับกับน้ำได้ดี (Hydrophilic) และส่วนที่จับกับสารอื่นที่ไม่รวมตัวกับน้ำ (Hydrophobic) เช่น ไขมัน ในระหว่างกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้ออีมัลชัน ไขมันจะถูกสับลดขนาดจนเป็นไขมันหยดเล็ก ๆ และ Myofibrillar protein โดยเฉพาะโปรตีน Myosin จะจับตัวเป็นตาข่ายหุ้มและล้อมรอบหยดไขมัน (ดาวริน และคณะ, 2539) ส่วนโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันนั้น ไม่สามารถทำหน้าที่ดังกล่าวได้ จึงลอยตัวอยู่ในลักษณะอิสระและไม่มีผลใด ๆ ต่อความเป็นอีมัลชัน (Emulsion) เลย เมื่อนำส่วนผสมที่ได้ไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 57 – 68 องศาเซลเซียส โปรตีน myosin ที่อยู่ล้อมรอบหยดไขมันจะเกิดการรวมตัว (Coagulate) รอบ ๆ หุ้มหยดไขมันไว้ ทำให้ได้หยดไขมันเล็ก ๆ ที่กระจายอยู่ทั่วส่วนผสมไม่รวม

เป็นหยดไขมันขนาดใหญ่ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันที่มีลักษณะดี และเป็นอิมัลชันที่มีความเสถียร (Pearson and Gillett, 1999)



ภาพที่ 2.1 : ลักษณะการเกิดอิมัลชันของผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชัน แสดงโปรตีนละลายและห่อหุ้มอนุภาคของไขมัน

ที่มา : Pearson and Gillett (1999)

ส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตปลายอดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

ปลาทับทิม

ปลา *Oreochromis niloticus* Linn. พันธุ์ทับทิม หรือปลาทับทิม ซึ่งเป็นชื่อที่ได้รับพระราชทานจากพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวนั้น ได้รับการปรับปรุงสายพันธุ์จากปลานิลจิตรลดา ที่มกุฎราชกุมารแห่งประเทศไทยได้ทูลเกล้าฯ ถวายแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเมื่อปีพ.ศ. 2508 และปลานิลสายพันธุ์จากอเมริกา อิสราเอล และได้หวั่น โดยนำมาผสมข้ามสายพันธุ์กันเพื่อคัดเลือกลักษณะเด่นของแต่ละสายพันธุ์มาผสมผสานให้เป็นปลาที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูง (สุทธิพงษ์, 2544)

ลักษณะเด่นของปลาทับทิม 9 ประการ คือ

1. อัตราเจริญเติบโตเร็วมาก
2. ปริมาณกล้ามเนื้อบริโภคต่อน้ำหนักสูงถึงร้อยละ 40 และมีสันหนามาก
3. ส่วนหัวเล็ก โครงกระดูกเล็กและก้างน้อย
4. เส้นใยกล้ามเนื้อละเอียดแน่นจึงมีรสชาติดี
5. ปราศจากกลิ่นที่เกิดจากไขมันในปลา
6. สามารถเลี้ยงในกระชังความหนาแน่นสูงโดยไม่มีผลเสียต่อปลา ให้ผลผลิตเฉลี่ย 40 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
7. กินอาหารเก่ง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี และมีความต้านทานต่อโรคสัตว์น้ำต่าง ๆ ได้ดี
8. ผิวมีสีแดงส้มชมพู เนื้อทุกส่วนมีสีขาว ทำให้น่ารับประทาน (ชิงชัย, 2542)

นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ Proximate analysis พบว่าปลาทับทิมเป็นปลาที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงถึงร้อยละ 19.05 และมีไขมันต่ำเพียงร้อยละ 0.95 (เพิ่มพูน, 2531)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาสวนที่บริโภคได้ จะแตกต่างกันตามรูปร่าง ขนาด อายุ และช่วงเวลาของการจับปลาว่าเป็นช่วงก่อนหรือหลังฤดูการวางไข่ โดยทั่วไปพบว่าส่วนที่นำมาบริโภคได้คิดเป็นร้อยละ 45 - 50 ของน้ำหนักปลาทั้งตัว (ดาวริน และคณะ, 2539) องค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อปลาประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตในรูปของไกลโคเจน (Glycogen) ร้อยละ 1 - 3 โปรตีนร้อยละ 18 - 20 ไขมันร้อยละ 0.1 - 2.2 น้ำร้อยละ 66 - 84 และสารอนินทรีย์ร้อยละ 0.8 - 2.0 (คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก) นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของวิตามินที่สำคัญได้แก่ วิตามินบีต่าง ๆ คือ Thiamin (B<sub>1</sub>), Riboflavin (B<sub>2</sub>) และ Niacin (B<sub>6</sub>) อีกด้วย (Amy, 2000)

สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้ออีมัลชัน โปรตีนในเนื้อปลาถือว่าเป็นส่วนสำคัญในการทำให้เกิดลักษณะอีมัลชัน เพราะโปรตีนในเนื้อปลาทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) องค์ประกอบของโปรตีนในเนื้อปลา ประกอบด้วยโปรตีน 3 ชนิดคือ

1. Sarcoplasmic protein อยู่ใน Muscle plasma ประกอบด้วยโปรตีนที่ละลายน้ำหลายชนิดเรียก Myogen ได้มาโดยวิธีการง่าย ๆ จากการบีบเนื้อปลา หรือสกัดด้วย

สารละลายเกลือ ที่มี Ionic strength ต่ำ ปริมาณของ Sarcoplasmic protein ในเนื้อปลา ขึ้นกับชนิดของปลา

2. Myofibrillar protein เป็นโปรตีนที่รวมตัวกันเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อฝอย (Myofibril) มีอยู่ร้อยละ 66 - 77 ของโปรตีนทั้งหมดในเนื้อปลา และมีบทบาทสำคัญในการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อปลา นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการตกตะกอนและการเกิดเจลเมื่อเนื้อปลาถูกนำไปแปรรูป ปริมาณ Myofibrillar protein ในเนื้อปลาเมื่อคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วพบมากกว่าในกล้ามเนื้อของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

Myofibrillar protein ประกอบด้วยโปรตีน 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

- Myosin เป็นโปรตีนที่มีรูปร่างไม่สมมาตร ประกอบด้วยส่วนหัวที่มีรูปร่างกลมที่มีปฏิกิริยา ATPase activity และเป็นส่วนที่เกิดพันธะกับ Actin ส่วนหางเป็นเส้นใยโปรตีนที่เป็นโครงสร้างของ  $\alpha$ -helix myosin เป็นโปรตีนที่เมื่ออบจะเกิดความเหนียว และอุ้มน้ำได้ดี แต่เปลี่ยนแปลงง่ายเมื่อถูกความร้อน ตกตะกอนง่าย ปลาแต่ละชนิดมีปริมาณ Myosin แตกต่างกัน ปลาที่มีเนื้อสีเข้มมีปริมาณ Myosin น้อยกว่าปลาที่มีเนื้อสีอ่อน ปลาที่จับได้ใหม่ ๆ จะมีปริมาณ Myosin สูงที่สุดและลดลงเป็นลำดับเมื่อระยะเวลาผ่านไปพร้อมกับมีการเสียดสภาพของโปรตีนด้วยความยืดหยุ่นของเนื้อปลาจะขึ้นกับปริมาณ Myosin

- Actin มีหน้าที่ช่วยในการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อร่วมกับ Myosin เมื่อรวมกับ Myosin จะได้สารประกอบ Actomyosin ที่ละลายน้ำได้สกัดได้จากส่วนเหลือจากการสกัด Myosin ในรูป Acetonedried powder ซึ่งเมื่อนำไปสกัดด้วยน้ำจะได้ Crude G-actin ซึ่งเป็น Globular type เมื่อผสมกับเกลือจะ Polymerization เป็น F-actin ซึ่งเป็น Fibrous type เมื่อ Myofibrillar protein ถูกสกัดด้วยสารละลายเกลือจากกล้ามเนื้อปลา Actin และ Myosin จะถูกสกัดออกมาและเกิด Actomyosin ระหว่างการสกัด

- Regulating protein ได้แก่ Tropomyosin, Troponin และ Actinin เป็นส่วนประกอบที่ช่วยในการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ มีบทบาทสำคัญมากในการศึกษาชีวเคมีของกล้ามเนื้อ เนื่องจากมีความคงทนต่อความร้อนมากที่สุดและทำให้บริสุทธิ์ง่าย แต่มีบทบาทในด้านการแปรรูปอาหารน้อยเนื่องจากมีปริมาณน้อยมากในกล้ามเนื้อ

3. Stroma protein เป็นโปรตีนที่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) พบน้อยมากในสัตว์น้ำ มีปริมาณร้อยละ 3 ในปลากระดูกแข็ง และปริมาณร้อยละ 10 ในปลากระดูกอ่อน ดังนั้นเนื้อปลาจึงนุ่มย่อยง่าย ไม่เหมือนเนื้อของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม Stroma protein ไม่สามารถสกัดได้ด้วยสารละลายกรดหรือด่าง สารละลายเกลือที่เป็นกลางที่มีความเข้มข้น 0.01 - 0.1 M. แต่ละลายได้ด้วยความร้อน องค์ประกอบของ Stroma protein จะเป็น Collagen หรือ Elastin หรือทั้ง 2 อย่าง ถ้า Connective tissue ประกอบด้วย Collagen จำนวนมากเมื่อนำไปต้มเป็นเวลานาน Collagen จะเปลี่ยนเป็น Gelatin ที่ละลายน้ำได้ในขณะเดียวกัน Connective tissue ส่วนใหญ่ก็จะหายไป (วารงคณา, 2538)

หน้าที่ของเนื้อปลาในการทำผลิตภัณฑ์เนื้ออีมัลชัน คือ

1. ให้คุณค่าทางอาหาร ทั้งนี้เพราะมีองค์ประกอบของโปรตีนอยู่ถึงร้อยละ 19.05 และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน
2. ให้ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) เนื่องจากโปรตีนจะจับตัวเป็นก้อน (Coagulate) เมื่อถูกความร้อนเป็นลักษณะกึ่งแข็งและเกร็ง โปรตีนที่ละลายได้จะทำหน้าที่ห่อหุ้มไขมันและตริงน้ำในส่วนผสมไม่ให้ออกออกจากกันทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อน ซึ่งเป็นเนื้อสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เนื้ออีมัลชัน (ผาณิต, 2536)

### ไขมัน (Fat)

โดยทั่วไปไขมันที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เนื้ออีมัลชันจะเป็นมันหมูแข็งจากด้านหลัง (Pork backfat) ไขมันแข็งประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) ที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมสูง จึงมีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง แตกต่างจากไขมันเปลว (Kidney fat) ซึ่งกรดไขมันอิ่มตัวส่วนใหญ่เป็นประเภทที่มีจำนวน Carbon atom ต่ำ จึงมีลักษณะเหลวกว่า นอกจากนี้ไขมันแข็งยังมีลักษณะเป็นผลึก (Crystal) แบบตาข่าย 3 มิติ เกาะตัวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเป็นแรงดึงดูดอ่อน ๆ ดังนั้นการนวดหรือการตี จึงสามารถแยกพันธะออกจากกันได้ง่าย พันธะบางส่วนอาจรวมตัวกันใหม่ได้อีก จึงต้องมี Emulsifier เพื่อจับอนุภาคไขมันเล็ก ๆ ที่ถูกทำให้แยกออกเพื่อไม่ให้กลับมารวมกันอีก ไขมันแข็งจึงมีความเหมาะสมในการใช้ทำผลิตภัณฑ์เนื้ออีมัลชันมากกว่าไขมันเปลว เนื่องจากไขมันแข็งมีจุดหลอมเหลวสูง ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้ออีมัลชัน ต้องควบคุมให้มีการหลอมเหลวของไขมันในส่วนผสมให้น้อย เพื่อป้องกันการเยิ้มหรือซึมออกมาของน้ำมันจากผลิตภัณฑ์ซึ่งถือว่าเป็นตำหนิของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไป

ผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันมักจะใช้ไขมันไม่เกินร้อยละ 30 ของน้ำหนักทั้งหมด (ดาวริน และคณะ, 2539)

หน้าที่ของไขมันในการทำผลิตภัณฑ์ปลายอ มีดังนี้

1. ไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันทำหน้าที่เป็น Dispersed phase ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดอิมัลชัน
2. ไขมันช่วยลดความกระด้างในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มชุ่มน้ำ มีรสชาติที่ดีขึ้น
3. ไขมันช่วยลดต้นทุนในการผลิต เนื่องจากการลดปริมาณการใช้เนื้อ
4. เป็นแหล่งของพลังงานที่สำคัญ (พิชญ, 2535)

น้ำ (Water)

น้ำเป็นส่วนผสมที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชัน และเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่ง การเพิ่มน้ำมีความสำคัญในการทำผลิตภัณฑ์ให้เกิดลักษณะเป็นสารแขวนลอย (Emulsion) โดยส่วนใหญ่แล้วจะเติมในส่วนผสมในรูปน้ำแข็ง (Ice) โดยส่วนใหญ่สามารถใช้น้ำแข็งได้ในปริมาณสูงถึงร้อยละ 20 - 30

วัตถุประสงค์ของการใส่น้ำแข็งในผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันมีดังนี้

1. ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายและกระจายองค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบโดยเฉพาะโปรตีนที่เป็น Emulsifier
2. เป็นตัวกลาง (Continuous phase) ในระบบอิมัลชัน (Emulsion) ที่ไขมันเป็น Dispersed phase และมีฟิล์มของโปรตีนล้อมรอบอนุภาคไขมันเหล่านั้นให้กระจายอยู่ในตัวกลางอย่างคงตัว
3. ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความนุ่มและมีคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส
4. ช่วยทดแทนการสูญเสียไอน้ำระหว่างการผลิตและการให้ความร้อน
5. น้ำแข็งจะช่วยควบคุมและรักษาอุณหภูมิของส่วนผสมระหว่างดับผสม ไม่ให้สูงเกิน 15 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาความคงตัวของ Emulsion (ลักขณา, 2533 ; Pearson and Gillett, 1999)

## เกลือแกง (Salt)

เกลือแกงเป็นเครื่องปรุงพื้นฐานที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชัน โดยทั่วไปแล้วมีการใช้เกลือประมาณร้อยละ 1-3 เพื่อเสริมรสชาติของผลิตภัณฑ์ ปริมาณเกลือร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวที่สุด เพราะจะทำให้ความเข้มข้นของเกลือในเนื้อที่มีปริมาณมากพอที่จะทำให้ Myosin ละลายได้ดีที่สุด แต่ถ้าใช้เกลือปริมาณสูงเกินไปจะเกิด Salting out คือ โปรตีนตกตะกอนออกมา เพราะเกลือไปแย่งน้ำซึ่งละลายโปรตีนอยู่มาละลายตัวเอง ทำให้โปรตีนไม่ละลายในน้ำเกลือและไม่เกิดอิมัลชัน

เกลือที่ใช้ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ปลาขอ ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ดังนี้

1. เกลือช่วยให้เกิดรสชาติ (Taste) หรือช่วยเพิ่ม Basic taste characteristic นอกจากเกลือให้รสเค็มแล้ว ยังพบว่าเกลือยังช่วยลดความเปรี้ยวของกรดและเพิ่มความหวานของน้ำตาลได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงกลิ่นรสของเนื้อปลาและส่วนผสมอื่น ๆ ให้ดีขึ้น
2. ช่วยในการละลายและสกัดเอาโปรตีน Myofibrilla protein ได้แก่โปรตีน Actin และ Myosin ออกจากเนื้อปลา ซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะมีบทบาทที่สำคัญในการห่อหุ้มไขมันและตรึงน้ำ ทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสแก่ผลิตภัณฑ์
3. ช่วยรักษาความชุ่มฉ่ำ (Juiciness) ของเนื้อ ทั้งนี้เนื่องจากการเกิด Complex network ของ Actin และ Myosin ที่เกลือสกัดออกมา ดังนั้นภายหลังจากการต้ม (Cooking) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชุ่มฉ่ำและยืดหยุ่น นอกจากนี้เกลือยังสามารถจับกับน้ำอิสระเอาไว้ ทำให้น้ำดังกล่าวไม่สูญเสียไประหว่างการทำให้สุก (Su *et al.*, 2000)
4. ใช้เป็น Preservative เนื่องจากเกลือทำให้ Osmotic pressure ของส่วนผสมสูง ซึ่งทำให้ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์แพร่ออกมา เซลล์ของจุลินทรีย์จึงเกิดการสูญเสียน้ำ (Dehydration) ดังนั้นเกลือจึงมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ชะลอการเน่าเสีย (Spoilage) ของอาหารได้ และทำให้อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ยาวขึ้น
5. การเติมเกลือจะช่วยลดอัตราการละลายของออกซิเจน จึงช่วยลดการเกิด Oxidation ของไขมันจึงสามารถป้องกันการเกิดกลิ่นหืน (ดาวริน และคณะ, 2539 ; Pearson and Gillett , 1999)

## สารประกอบฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP)

สารประกอบฟอสเฟตที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันเป็นสารกลุ่มประเภท Sequestrant ซึ่งสารประกอบฟอสเฟตสามารถใช้ได้หลายกลุ่มด้วยกัน เช่น Sodium tripolyphosphate, Sodium hexametaphosphate และ Tetrasodium pyrophosphate เป็นต้น การใช้สารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาช่วยลดการเกิดเจริญเติบโตของเชื้อ *Bacillus pantothenicus* ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสื่อมเสียของไส้กรอกปลา (Softening spoilage) (Georg, 1965)

สารประกอบฟอสเฟตถือว่าเป็นส่วนผสมที่สำคัญมาก เพราะช่วยในการปรับปรุงคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ดังต่อไปนี้

1. ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Water-holding capacity, WHC) โดยที่สารประกอบฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับ Organic polyelectrolyte ได้แก่โปรตีนที่ยังไม่เปลี่ยนแปลง เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน Protein-phosphate-salt complexes ทำให้โมเลกุลของโปรตีนประสานกันเป็นตาข่าย (Network) จึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำหรือกักน้ำไม่ให้ซึมออกมาได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สูญเสียน้ำหนักมากเกินไปเมื่อทำให้สุก (Cooked) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงนุ่ม ชุ่มน้ำ และมีลักษณะน่ารับประทาน นอกจากนี้ยังป้องกันการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการละลายของเนื้อที่แช่แข็ง การใช้สารพวก Polyphosphate ใสในผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชัน นอกจากจะช่วยในด้านการละลายของโปรตีนแล้ว พวก Pyrophosphate และ Tripolyphosphate ยังช่วยลดการเจริญของเชื้อ *Bacillus pantothenicus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเสียแบบ Softening ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาได้อีกด้วย
2. เพิ่มรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตทำให้โมเลกุลของเนื้อประสานกันเป็นตาข่าย สามารถกักน้ำไม่ให้เลือดและของเหลวในเนื้อแยกตัวออกมา ผลิตภัณฑ์จึงมีรสชาติดีขึ้น
3. ช่วยให้เนื้อนุ่ม เนื่องจากในขณะที่เนื้อเกิด Rigor mortis กล้ามเนื้อ (Muscle fiber) จะหดสั้นเข้าเนื่องจาก Contractile muscleprotein เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่คงตัวมาก (Actomyosin) ทำให้เนื้อมีลักษณะเหนียว การเติมสารพวกฟอสเฟตจะทำให้ Actomyosin แยกออกเป็น Actin และ Myosin ซึ่งทำให้เนื้อนุ่ม นอกจากนี้ยังพบว่าสารพวกฟอสเฟตเมื่อรวมกับ Magnesium ion ในเนื้อจะช่วยให้ Muscle fiber ยึดตัวออก



4. ช่วยป้องกันหรือลดการเกิด Oxidation ของ Unsaturated fatty acid ในผลิตภัณฑ์ ทำให้ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน (Rancidity) (Kuo-Wei and Shu-Ni, 2002) ทั้งนี้เนื่องจากสารพวกฟอสเฟตจะรวมตัวกับไอออนของโลหะ เช่น Ca, Mg, Fe และ Cu (Complex formation) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งไอออนของโลหะจะเร่งการเกิดปฏิกิริยา Oxidation ของไขมัน ดังนั้นสารพวกฟอสเฟตจึงช่วยป้องกันการเกิด Oxidation และกลิ่นหืนได้

5. เพิ่มความสามารถของเกลือในการสกัดโปรตีนออกมาได้ดีขึ้น ทำให้ความสามารถในการห่อหุ้มไขมันและtringน้ำไว้ในส่วนผสม ได้ลักษณะอิมัลชันที่มีความเสถียร

พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 อนุญาตให้ใช้สารประกอบฟอสเฟตทุกชนิดได้ไม่เกิน 3,000 มก./กก. (ศิวาพร, 2529 ; ดารวริน และคณะ, 2539 ; Pearson and Gillett, 1999)

#### **สารเคมีกันเสีย (Potassium sorbate)**

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันเป็นอาหารที่มีการเน่าเสียง่าย จึงได้มีการใช้สารกันเสียเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยเฉพาะ Potassium sorbate นิยมนำมาใช้มาก เนื่องจากเป็นสารประกอบที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และที่สำคัญคือไม่ทำให้กลิ่น และรสของอาหารเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถถูก Metabolized ได้แบบเดียวกับกรดไขมันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ฉะนั้นอันตรายที่จะได้รับจากวัตถุกันเสียชนิดนี้จึงค่อนข้างน้อย

ปฏิกิริยาการยับยั้งจุลินทรีย์ของกรดซอร์บิกหรือเกลือซอร์เบท ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของอาหาร เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ ปริมาณเชื้อเริ่มต้น สารเคมีเจือปนที่ใช้คุณสมบัติการเก็บรักษา ปริมาณก๊าซในอากาศ และชนิดของภาชนะบรรจุ ปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของซอร์เบท คือ ความเป็นกรด-ด่าง เนื่องจากประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์จะสูงเมื่ออยู่ในสภาพที่ไม่แตกตัว กล่าวคือความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า หรือเท่ากับ 6.5 โดยที่สภาพไม่แตกตัวมีประสิทธิภาพดีกว่าในสภาพแตกตัว 10 – 100 เท่า และจากการทดลองแสดงให้เห็นว่ากรดซอร์บิก และเกลือซอร์เบท สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลาย จุลินทรีย์พวกยีสต์และราได้ดีกว่าพวกแบคทีเรีย นอกจากนี้การเติมเกลือและน้ำตาลจะช่วยให้ประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียชนิดนี้ (Joseph and Anthony, 1995)

วิธีการใช้วัตถุกันเสียชนิดนี้ในอาหาร อาจทำได้โดยการใส่ลงไปโดยตรงในอาหารหรือ พบบริเวณผิวรอบนอกของผลิตภัณฑ์ หรือเอาผลิตภัณฑ์แช่ในสารละลายของวัตถุกันเสียชนิดนี้ หรือจะใช้เคลือบผิวภาชนะบรรจุ เช่น เคลือบกระดาษที่ใช้ห่อผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นต้น โดยทั่วไปนิยมใช้วัตถุกันเสียชนิดนี้ในรูปของเกลือมากกว่ากรดเนื่องจากละลายได้ดีกว่า

สำหรับปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารนั้น ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้ Sorbic acid หรือ Calcium sorbate หรือ Potassium sorbate หรือ Sodium sorbate ได้ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 2,000 มก./กก. โดยอาจจะใช้เพียงอย่างเดียวหรือรวมกับ Benzoate หรือใช้ร่วมกับ Paraben ก็ได้ (ศิวาพร, 2529)

### น้ำตาล (Sugar)

สามารถใช้น้ำตาลเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันได้หลายแบบ เช่น น้ำตาล ซุกโครส Corn syrup น้ำตาลเดกซ์โทรส และอนุพันธ์ของน้ำตาล เช่น Sorbitol เป็นต้น แต่นิยมใช้น้ำตาลซุกโครสมากกว่า เพราะจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสามารถใช้น้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสได้ โดยส่วนใหญ่ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนักเนื้อ

วัตถุประสงค์ของการใช้น้ำตาลคือ

1. เพิ่มรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์ และช่วยปรับสมดุลของรสเค็มให้กับผลิตภัณฑ์
2. ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้
3. ทำให้ผลิตภัณฑ์อ่อนนุ่ม ไม่กระด้าง โดยป้องกันการสูญเสียความชื้น
4. น้ำตาลทำปฏิกิริยากับ Amino acid protein ในระหว่างการทำให้สุกแล้วเกิด Browning product ซึ่งจะให้รสชาติแก่เนื้อ ( คณิงนิจ และ วนิดา, 2535 ; Pearson and Gillett, 1999 )

### ผงชูรส (Monosodium-L-glutamate, MSG)

ผงชูรส (MSG) เป็นเกลือโซเดียมของกลูตาเมต ซึ่งประกอบด้วย กลูตาเมต น้ำ และ โซเดียม จัดเป็นสารประเภทวัตถุปรุงแต่งรสอาหาร ใช้ในส่วนผสมเพียงเล็กน้อยเพื่อปรับปรุงรสชาติ โดยจะช่วยลดความขม ลดกลิ่นคาว และช่วยเสริมรสที่มีอยู่ตามธรรมชาติให้เด่นชัดขึ้น

ในผลิตภัณฑ์อาหาร (สุภัทร์, 2545) อย่างไรก็ตามสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของโปรตีนสูงนั้น ผงชูรสช่วยเพิ่มกลิ่นรสน้อยมาก แต่จะช่วยปรับปรุงกลิ่นรสได้ดีสำหรับ ผลิตภัณฑ์ที่ถูกจำกัด ปริมาณโปรตีนในส่วนผสม (Pearson and Gillett, 1999) ผงชูรสถูกใช้เป็นสารเพิ่มกลิ่นรสใน อาหารด้วยความนิยมมานาน แม้ว่าจะมีข้อโต้แย้งถึงอันตรายในการบริโภคว่าก่อให้เกิดการแพ้ใน ลักษณะต่าง ๆ อย่างไรก็ตามมีข้อแนะนำในการบริโภคไม่ให้เกินวันละ 120 มก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก.

ผงชูรสที่ใช้ควรมีเกลือโซเดียมบริสุทธิ์ของกรดกลูตามิกถึงร้อยละ 99 และได้จากโปรตีน จากพืช เช่น จากถั่วเหลือง ข้าวสาลี ข้าวโพด และ Sugar beet ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ด้วยกรดหรือด่าง แล้วแยกกรดกลูตามิกออกเพื่อไปทำให้บริสุทธิ์ (ลักษณะ, 2533)

### พริกไทย (Pepper)

พริกไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Piper nigrum* Linn.

พริกไทยเป็นเครื่องเทศที่ใช้เพิ่มกลิ่น ตบกลิ่นความของเนื้อ และให้รสชาติเผ็ดร้อน มักใช้ กับไส้กรอก ตับบด ผลิตภัณฑ์เนื้อต่าง ๆ อาหารหมักดอง ซอสมะเขือเทศ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ ผลิตภัณฑ์มีความน่ารับประทาน เพิ่มคุณลักษณะทางด้านรสชาติ นอกจากนี้ยังสามารถกระตุ้น ปุ่มรับรสที่ลิ้นซึ่งยังผลให้กระเพาะอาหารหลั่งน้ำย่อยเพิ่มขึ้น

พริกไทยนอกจากจะช่วยเพิ่มรสชาติให้กับอาหารแล้ว พริกไทยยังมีคุณประโยชน์ทางด้าน ยาหลายด้านด้วยกันคือ ระวังอาการปวดท้อง แก้ไข้มาลาเรีย แก้หวัด โรค แก้อาการชัก ใช้ เป็นยาธาตุและยาขับลม เพราะสามารถขับเหงื่อ ขับลม และขับปัสสาวะได้ เป็นต้น (รุ่งรัตน์, 2540)

### สมุนไพรร

#### เลมอนบาล์ม (Lemon Balm)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Melissa Officinalis*

ด้านอาหารนิยมใช้บาล์มสกัดและน้ำมันในเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ และเครื่องดื่มที่ไม่มี แอลกอฮอล์ ของหวานที่ทำจากผลิตภัณฑ์นมแช่แข็ง ลูกอม ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เจลาตินและ พุดดิ้ง ปริมาณสูงสุดที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อยู่ในระดับ ร้อยละ 0.5 นอกจากนี้ยังใช้เป็น

อาหารเพื่อสุขภาพและชาสมุนไพร โดยใช้ในรูปของสมุนไพรผงโดยการตัดและร่อนด้วยตะแกรง สกัดให้อยู่ในรูปของเหลวและผงเพื่อใช้เป็นยานอนหลับอย่างอ่อน

ส่วนสารสกัดจากบาล์มด้วยน้ำร้อนจะมีคุณสมบัติในการยับยั้งไวรัส ต่อด้านโรคนิวคาสเซิล (Newcastle disease), คางทูม, งูสวัด และไวรัสอื่น ๆ สำหรับสารสกัดจากบาล์มที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะมีคุณสมบัติเป็น Antithyrotropic และ Antigonadotropic activity และน้ำมันบาล์มมีผลในการยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย โดยเฉพาะ *Mycobacterium phlei* และ *Streptococcus hemolytica* ได้ดีเท่ากับการมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา ใช้เป็นยาแก้หวัดและยาแก้อาการชักกระตุก (Keville, 1991)

#### เสจ (Sage)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Salvia officinalis*

เสจมีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีประสิทธิภาพ และยังมีคุณสมบัติในการใช้เป็นสารยับยั้งแบคทีเรีย โดยใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยเฉพาะไส้กรอก เพราะไม่เพียงแต่จะใช้เพื่อเสริมกลิ่นรสแล้วยังช่วยในการถนอมอาหารอีกด้วย นอกจากนี้เสจยังนิยมใช้ในการทำแพนเค้ก ชาวอเมริกันนิยมทำขนมปังโดยใช้เสจเป็นส่วนผสมและใช้โรยลงบนเนย เสจยังช่วยเพิ่มกลิ่นรสของไวน์และน้ำส้ม นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็นตัวเพิ่มกลิ่นรสให้กับไส้ขนมต่าง ๆ ด้วย

ทางด้านการแพทย์พบว่า ใบมีคุณสมบัติในการรักษาไข้หวัดใหญ่ ปัจจุบันมีการนำเสจใช้เป็นน้ำยากลั้วคอเพื่อรักษาโรคคออักเสบและต่อมทอลซิลอักเสบและใช้เป็นน้ำยาบ้วนปากหรือใช้รักษาแผลในปาก ลดการติดเชื้อและลดปริมาณเชื้อ นอกจากนี้น้ำชาที่ผลิตจากเสจจะช่วยลดปริมาณน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยเฉพาะเมื่อดื่มขณะท้องว่าง (Keville, 1991)

#### กะเพรา (Holy basil)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ocimum sanctum* Linn.

กะเพราเป็นพืชสมุนไพรที่ใช้ในการปรุงอาหาร เพื่อดับกลิ่นคาว และปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหาร นอกจากนี้กะเพรายังมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. เป็นยาแก้โรคท้องขึ้น ท้องอืดเฟ้อ ขับลม ขับเสมหะ บำรุงธาตุ

2. ยาเพิ่มน้ำนมในสตรีหลังคลอด ขับน้ำนม
3. ยารักษากลากเกลื้อน โรคผิวหนัง รักษาหูด
4. บรรเทาอาการไข้เรื้อรัง
5. แก้ปวดฟัน
6. ใช้ไล่หรือฆ่ายุง ไล่แมลงวันทอง
7. ใช้ประกอบอาหารเพื่อดับกลิ่นคาว และช่วยแต่งกลิ่นอาหารให้อาหารมีกลิ่นหอม

น้ำมันที่สกัดได้จากกะเพรมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และฆ่าแมลง สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อวัณโรค *Mycobacterium tuberculosis* และ *Micrococcus pyogenes* ในหลอดทดลองได้ (รุ่งรัตน์, 2540)

### เส้นใยอาหาร (Fiber)

เส้นใยอาหาร เป็นสารประกอบประเภท Carbohydrate ที่ไม่สามารถย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ เนื่องจากเอนไซม์ไม่สามารถย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond) ในโมเลกุลของสารประกอบเหล่านี้ได้

เส้นใยอาหารที่พบในพืช แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. Soluble dietary fiber คือกลุ่มใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ Pectin และ Gum ใยอาหารกลุ่มนี้เมื่อละลายน้ำแล้ว จะเพิ่มความข้นหนืดให้กับอาหาร ทำให้มีความรู้สึกอึดมนาน
2. Insoluble dietary fiber คือกลุ่มใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ ได้แก่ Cellulose, Lignin, Hemicellulose พบมากในผักและเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรำข้าว ใยอาหารกลุ่มนี้จะมีหน้าที่เป็นตัวเพิ่มมวลอุจจาระ และลดระยะเวลาที่กากอาหารอยู่ในลำไส้

ประโยชน์ของเส้นใยอาหารต่อระบบสรีรวิทยาของร่างกาย คือ

1. ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด เฉพาะเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้แก่ เพคติน, Psyllium กัมชนิดต่าง ๆ เช่น Guar gum หรือ Bean gum การบริโภคเส้นใยอาหารที่เป็นแหล่งของใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เช่น รำข้าวโอ๊ต หรือบาร์เลย์ ถั่ว และผัก ซึ่งมีผลลดระดับ

คอเลสเตรอลในเลือดได้สูงถึงร้อยละ 25 แต่เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำไม่สามารถลดระดับคอเลสเตรอลในเลือดได้

2. การบริโภคเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจะลดระดับน้ำตาลและอินซูลินในเลือดหลังการบริโภคอาหาร

3. ช่วยทำให้ลำไส้ใหญ่ทำหน้าที่ได้ดีขึ้น เนื่องจากอาหารที่มีเส้นใยอาหารมีผลทำให้ลำไส้ใหญ่ลด Transit time เพิ่มน้ำหนักอุจจาระ และระบายบ่อยขึ้น ช่วยเจือจางปริมาณสารพิษในลำไส้ใหญ่ และทำให้การเตรียมสารสำหรับถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่เป็นไปโดยปกติ

4. ช่วยป้องกันมะเร็งในลำไส้และการเกิดถุงตันที่ลำไส้ใหญ่ เนื่องจากการบริโภคเส้นใยอาหารน้อย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระบบย่อยอาหาร ลดการรวมตัวของกรดน้ำดี เพิ่มเวลาของอาหารที่ตกค้างในลำไส้ใหญ่ ลดน้ำหนักและปริมาณอุจจาระ ตลอดจนลดความถี่ของการขับถ่ายอุจจาระ จุลินทรีย์จะถูกกระตุ้นโดยอาหารที่มีเส้นใยอาหารต่ำ ทำให้เกิดการรวมตัวของสารก่อมะเร็ง จุลินทรีย์เหล่านี้อาจจะช่วยป้องกัน หรือทำลายสารก่อมะเร็งได้ ถ้ามีเส้นใยอาหารอยู่มากพอในอาหาร

5. ช่วยป้องกันโรคอ้วน เนื่องจกเส้นใยอาหารทำให้เกิด Bulky ในกระเพาะอาหาร จึงมีที่ว่างในกระเพาะอาหารน้อยลงที่จะบริโภคอาหารตามปกติ เพราะเส้นใยอาหารจะเข้าไปพองในกระเพาะอาหารจึงรับประทานอาหารได้น้อยลง เป็นเหตุให้น้ำหนักตัวลดลง

6. ลดการนำไปใช้ประโยชน์ของสารอาหาร เนื่องจกเส้นใยอาหารสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จากตับอ่อนที่ใช้ย่อยคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน (วัณเพ็ญ, 2541)

#### สาหร่ายทะเล (Seaweed)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Enteromorpha prolifera*

สาหร่ายทะเลเป็นพืชที่คนเรารู้จักนำเอามารับประทานเป็นอาหารมาช้านานนับได้ถึงสองพันปีแล้ว ทั้งนี้เพราะมีรสชาติอันแปลกพิเศษชวนรับประทาน และแตกต่างไปจากพืชชนิดอื่น รสชาติพิเศษนี้เกิดจาก สารกรดกลูตามิก (Glutamic acid) ที่มีอยู่ในสาหร่ายทะเล นอกจากนี้สาหร่ายทะเลยังมีสรรพคุณทางยารักษาโรค ดังนี้คือ

1. สาหร่ายทะเลเป็นอาหารที่ปราศจากแคลอรี เพราะสาหร่ายมีส่วนประกอบสำคัญคือ คาร์โบไฮเดรต กรดอัลจินิค (Alginic acid) และแมนนิทอล (Mannitol) ส่วนโปรตีนและ ไขมันแทบจะไม่มีเลย ดังนั้นเมื่อสาหร่ายทะเลถูกเผาผลาญในร่างกาย มันจะถูก

เปลี่ยนแปลงให้กลายเป็นพลังงานความร้อนที่น้อยมาก จนกล่าวได้ว่าเป็นอาหารที่ปราศจากแคลอรีนั่นเอง

2. สาหร่ายทะเลมีองค์ประกอบของเกลือแร่สูง โดยเฉพาะ เหล็ก แคลเซียม และ ไอโอดีน เพราะน้ำทะเลเป็นแหล่งของเกลือแร่ที่อุดมสมบูรณ์ ทำให้สาหร่ายเป็นแหล่งสะสมของเกลือแร่ที่สมบูรณ์ด้วย

3. สาหร่ายทะเลเป็นแหล่งของเส้นใยอาหาร (Fiber) เพราะประมาณร้อยละ 40 - 60 ของเนื้อสาหร่ายทะเลนั้น เป็นสารพวกเส้นใยที่ร่างกายของคนเราไม่สามารถย่อยเป็นอาหารได้ ซึ่งเส้นใยอาหารเหล่านี้จะช่วยกระตุ้นให้ลำไส้มีการเคลื่อนไหวบีบตัวได้ดี จึงช่วยให้อุจจาระได้เป็นปกติ

4. ปริมาณ 1 ใน 4 ของส่วนประกอบในสาหร่ายทะเลนั้นเป็น กรดอัลจินิก (Alginic acid) สารนี้เป็นสารเส้นใยชนิดหนึ่งมันสามารถกำจัดสารกัมมันตภาพรังสีได้ โดยเฉพาะ สตรอนเทียม (Strontium-Sr) ซึ่งเป็นสารกัมมะรังสีชนิดหนึ่ง และกรดอัลจินิกที่มีอยู่ในสาหร่ายทะเลจะช่วยกระตุ้นให้ลำไส้มีการบีบตัวเคลื่อนไหวเพิ่มมากขึ้น ทำให้สารกัมมะรังสีทั้งหลายไม่สามารถที่จะเกาะติดอยู่กับผนังลำไส้แล้วถูกขจัดออกไปพร้อมกับอุจจาระ นอกจากนี้สาหร่ายทะเลมีสารฟูโคไดออน (Fucodion) ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ต่อต้านโรคมะเร็ง (ซุมพล, 2535)

#### แครอท (Carrot)

ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Daucus carota*, Linn.

แครอทเป็นพืชล้มลุก ปลูกง่ายและสามารถปลูกได้ทั่วไปในแถบที่มีอากาศค่อนข้างเย็น ใบมีลักษณะเป็นฝอยจึงเรียกว่าผักชีหัว หัวแครอทมีลักษณะเรียวยาว สีส้มทั้งผิวและเนื้อ ใช้บริโภคเป็นผักสด และนำมาปรุงเป็นอาหารได้หลายชนิด ใช้เป็นเครื่องประกอบในอาหาร เช่น สลัดผัก ยำ ผัดผัก หรือเป็นเครื่องแกงเครื่องเคียง หรือนำมาปั่นเป็นเครื่องดื่มน้ำผัก ในแครอทมีสารตั้งต้นของวิตามินเอ คือเบตาแคโรทีน ( $\beta$ -carotene) สูง ซึ่งมีสีส้ม เมื่อบริโภคเข้าไปแล้วร่างกายจะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ เบต้าแคโรทีนนอกจากเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้แล้ว ยังทำหน้าที่เป็นสารแอนติออกซิแดนท์ (Antioxidant) ให้แก่ร่างกาย สีส้มที่ได้จากหัวแครอทก็สามารถใช้เป็นสีแต่งอาหาร ในแครอทยังประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์ทางยา กล่าวคือมีฤทธิ์ขับพยาธิไส้เดือน ช่วยขับปัสสาวะเนื่องจากมีเกลือโปแตสเซียมในปริมาณสูง ช่วยย่อยอาหาร ทำให้ระบบย่อยอาหารเป็นปกติ (โครงการอนุรักษ์ผักสีเขียว, 2540)

## เห็ดหอม (Black-mushroom)

ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Lentinus edodes* (Berk.) Sing

เห็ดหอมเป็นที่รู้จักกันแพร่หลายทั่วโลกมานานหลายศตวรรษแล้ว ปัจจุบันมีการปลูกมากในประเทศญี่ปุ่น ไต้หวันและสาธารณรัฐประชาชนจีน ได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเห็ดหอมกันมาก พบว่าเห็ดหอมเป็นเห็ดที่มีประโยชน์มากทั้งในด้านอาหารและยา ส่วนใหญ่ใช้เห็ดหอมในการปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหาร เพราะเห็ดหอมมีทั้งกลิ่นหอมและรสหวาน เนื่องจากองค์ประกอบในรูปโปรตีนและน้ำตาลหลายชนิด แม้ว่าเห็ดหอมจะเป็นเห็ดที่มีโปรตีนต่ำกว่าเห็ดอื่น ๆ แต่ก็มากกว่าพืชผักหลายชนิด ยกเว้นพืชประเภทถั่ว เห็ดหอมมีกรดอะมิโนอยู่ถึง 21 ชนิด กรดอะมิโนที่มีมากที่สุดคือ กรดกลูตามิก ซึ่งเป็นสารที่สำคัญต่อรสชาติของเห็ดหอม สารประเภท น้ำตาลที่มีในเห็ดหอม ได้แก่ ทรีฮาโลส (Trehalose) ดี-แมนนิทอล (D-Mannitol) ดี-อะราบิทอล (D-Arabitol) และกลูโคส (Glucose) นอกจากโปรตีนและน้ำตาลชนิดต่าง ๆ แล้ว ยังมีกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดมาลิก ฟูมาริก ไพโรกลูตามิก และกรดซิตริก เป็นต้น เห็ดหอมเป็นเห็ดชนิดเดียวที่มีวิตามินดี และดี 2 อยู่สูงมาก สามารถช่วยบำรุงกระดูก เห็ดหอม 100 กรัม มีปริมาณวิตามินดีถึง 76.9 มิลลิกรัม จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้เป็นโรคเกี่ยวกับไต นอกจากนั้นเห็ดหอมยังมีธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัสและเหล็ก ช่วยเสริมสร้างกระดูกให้แข็งแรง จึงจัดได้ว่าเห็ดหอมมีคุณค่าทางอาหารสูง (พรณี, 2526)

นอกจากนี้เห็ดหอมมีสารพิเศษที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายที่สำคัญ 3 ชนิด คือ

1. สารเลนตินาน (Lentinan) เป็นสารที่ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด
2. สารอีริทาดีนิน (Eritadenin) เป็นสารที่ต่อต้านเซลล์เนื้องอก (มะเร็ง) โดยเฉพาะมะเร็งในกระเพาะอาหาร
3. สารเอซีทูพี (Ac 2 p) เป็นสารที่ต่อต้านเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดโรคหวัด หัด และโปลิโอ (บรรณ, 2533)

## สารทดแทนไขมัน (Fat replacer)

ในผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันนั้น มีไขมันเป็นตัวเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มน้ำ มีเนื้อสัมผัสที่ดี ดังนั้นในกรณีที่จะทำการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันที่มีไขมันต่ำหรือลดไขมัน เนื้อสัมผัสที่ได้อาจมีความแห้งกระด้างไม่เป็นที่ยอมรับ ดังนั้นจึงน่าจะต้องมีการเติม



สารทดแทนไขมัน เพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำหรือลดไขมัน เพื่อให้มีเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับ

คุณสมบัติของสารทดแทนไขมัน

1. ให้ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสคล้ายไขมัน (Fat like characteristic) ได้แก่ ความนุ่มเนื้อ (Tenderness) ความยืดหยุ่น (Springness) และความชุ่มเนื้อ (Juiciness) แก่ผลิตภัณฑ์
2. เป็นสารที่ให้ความหนืด (Thickening agent) และเพิ่มน้ำหนัก (Bulking agent) คุณสมบัติละลายน้ำและพองให้คุณลักษณะเหมือนครีมลีน ๆ จึงสามารถใช้เลียนแบบไขมันได้ ความหนืดและลักษณะเจลของสารประกอบ Hydrocolloids ให้คุณสมบัติอิมัลชัน (Emulsifying) ความคงตัว (Stability) และการห่อหุ้ม (Encapsulating)
3. เป็นสารที่ให้พลังงานต่ำกว่าไขมัน (คาร์โบไฮเดรตหรือโปรตีน 1 กรัม ให้พลังงาน 4 kcal แต่ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 kcal) ดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้เป็นสารลดพลังงานบางส่วนในผลิตภัณฑ์ได้

**คาร์ราจีแนน (Carrageenan)**

คาร์ราจีแนนเป็นสารประกอบประเภท Hydrocolloid ที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง คือ *Chondrus crispus* และ *Gigartina stellata* ด้วยสารละลายต่างเจือจาง โดยมีคุณสมบัติในการละลายหรือกระจายตัวในน้ำร้อนหรือน้ำเย็นได้ ทำให้ได้สารที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป เช่น ช่วยให้สารมีลักษณะข้นหนืด (Thickening agent) ทำให้เกิดเจลขึ้นได้ รักษาความคงตัว (Stability) ช่วยให้น้ำกับน้ำมันเข้ากันดี (Emulsifier) รวมทั้งเป็นสารช่วยในการจับน้ำ (Water binder) หรือทำให้เกิดสารแขวนลอยได้ดีอีกด้วย (Nussinovitch, 1997) ซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้จะแตกต่างกันตามสูตรโครงสร้าง ซึ่งสามารถแบ่งคาร์ราจีแนนได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. แคปปา-คาร์ราจีแนน (Kappa-carrageenan) ประกอบด้วย 3,6 -anhydro-D-galactose(3,6-AG) ร้อยละ 34 และมี Ester sulfate ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ทำให้คาร์ราจีแนนชนิดนี้มีคุณสมบัติในการเกิดเจลที่มีความแข็งแรงและแตกง่าย สามารถเกิดการ

ไหลของส่วนที่เป็นของเหลว (Syneresis) นอกจากนี้แล้วยังเป็นเจลที่เกิดคืนตัวได้ (Reversible) เมื่อได้รับความร้อน

2. ไอโอตา-คาร์ราจีแนน (Iota-carrageenan) ประกอบด้วย 3,6-AG และ ester sulfate ร้อยละ 32 โดยน้ำหนัก ให้คุณสมบัติเจลแบบอ่อน ๆ แต่เกิด Syneresis ยาก และเป็นเจลที่เกิด Reversible ได้เมื่อได้รับความร้อน

3. แลมดา-คาร์ราจีแนน (Lambda-carrageenan) ประกอบด้วย Ester sulfate ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก แต่ไม่มี 3,6-AG ดังนั้นคาร์ราจีแนนชนิดนี้จะไม่เกิดเจล

ดังนั้นในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันจึงไม่นิยมใช้ แลมดา-คาร์ราจีแนน เป็นสารทดแทนไขมัน เนื่องจากไม่มีคุณสมบัติในการเกิดเจล จึงมักจะใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด (Thickener) ในอาหาร ส่วนใหญ่ใช้แคปปา-คาร์ราจีแนน (Kappa-carrageenan) กับไอโอตา-คาร์ราจีแนน (Iota-carrageenan) ในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำหรือลดไขมันและการผสมคาร์ราจีแนนชนิดแคปปากับไอโอตาเข้าด้วยกัน จะทำให้มีสมบัติในการเกิดเจลได้ดีขึ้น และเจลที่ได้จะมีความยืดหยุ่นและเกิด syneresis น้อยลง (นิธิยา, 2543 ; ดาวรินและคณะ, 2539)

ผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันเมื่อได้รับความร้อน 50 – 80 องศาเซลเซียส ทำให้คาร์ราจีแนนละลาย และจะเกิดเจลเมื่อผลิตภัณฑ์เย็นที่อุณหภูมิ 50 – 60 องศาเซลเซียส นอกจากนี้คาร์ราจีแนนสามารถเกิดปฏิกิริยากับโปรตีน จับตัวกับน้ำ (Bind water) เพิ่มคุณสมบัติต่อการหั่นเป็นชิ้น (Sliceability) เพิ่มความนุ่มให้กับผลิตภัณฑ์ (Tenderness) และให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการใช้คาร์ราจีแนนในผลิตภัณฑ์เนื้อไขมันต่ำหรือลดไขมันสามารถให้ลักษณะคล้ายไขมันได้ (Fat like characteristic) โดยทั่วไปจะใช้คาร์ราจีแนนในปริมาณต่ำเพียงร้อยละ 0.1 – 0.5 ของอัตราส่วนเนื้อ (Pearson and Gillett, 1999)

### โปรตีนถั่วเหลือง (Soy protein)

โปรตีนถั่วเหลืองจัดได้ว่าเป็นแหล่งโปรตีนที่สมบูรณ์ สามารถแบ่งโปรตีนถั่วเหลืองได้ 3 ประเภท ตามปริมาณโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบ ดังนี้คือ

1. แป้งถั่วเหลือง (Soy flour) แป้งถั่วเหลืองมีสีเหลืองนวล มีรสเหมือนถั่วเหลืองที่คั่วแล้ว มีคุณสมบัติในการดูดความชื้นและจับกับไขมันได้ดี มีองค์ประกอบของโปรตีนประมาณร้อยละ 50 ไขมันประมาณร้อยละ 20 (Macrae *et al.*, 1993)

2. โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Soy protein concentrates) เป็นรูปแบบของโปรตีนจากถั่วเหลืองที่เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันจากถั่วเหลือง และผ่านกระบวนการกำจัดส่วนของน้ำตาลและเกลือแร่ ออก เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีน ช่วยแก้ปัญหาการเกิดก๊าซในกระเพาะอาหาร อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงรสชาติได้ (Tuley, 1996) ประกอบด้วยโปรตีนประมาณร้อยละ 70 (Macrae *et al.*, 1993)

3. โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy protein isolates) มีองค์ประกอบของโปรตีนประมาณร้อยละ 90 เป็นโปรตีนที่มีความบริสุทธิ์สูง เพราะสกัดแยกไขมัน และคาร์โบไฮเดรตออกแล้ว นอกจากนี้ยังไม่มียีสหรือเชื้อรา (Macrae *et al.*, 1993)

โปรตีนถั่วเหลืองนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองให้คุณสมบัติในการเกิดเจล (Gelation) ช่วยในการจับกับน้ำ (Water binding) ดูดซึมไขมัน (Fat absorption) และจับกับกลิ่นรส (Flavor binding) (Srinivasan and Alain, 1997) สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อมีไขมันหรือไขมันต่ำ ใช้โปรตีนถั่วเหลืองเพื่อช่วยในการจับกับโมเลกุลของน้ำ และในขณะเดียวกันช่วยเพิ่มความเสถียรของอิมัลชันทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) ด้วย ส่วนใหญ่ในผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันจะใช้โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด เพื่อเลียนแบบคุณสมบัติของไขมัน มีข้อดีคือไม่มีกลิ่นถั่วเหลือง โดยส่วนใหญ่จะใช้ไม่เกินร้อยละ 3 ของน้ำหนักเนื้อ

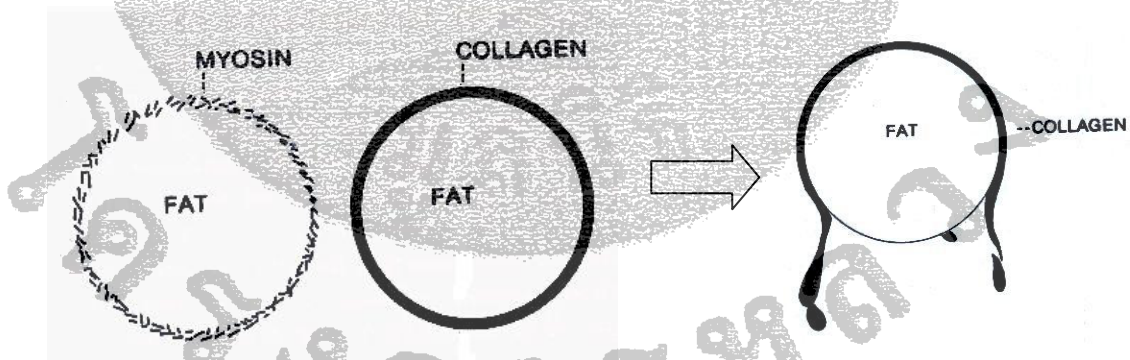
คุณสมบัติของโปรตีนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชัน

1. ละลายได้ทั้งในน้ำและในไขมันและไม่ตกตะกอนเมื่อได้รับความร้อน จึงทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันได้
2. เป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีน
3. ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับตัวกันกับโมเลกุลน้ำ ซึ่งเป็นการเพิ่ม Cooking yield
4. ช่วยทำให้เกิดเจล ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีด้านความนุ่มเนื้อ ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ เป็นต้น (Chin *et al.*, 2000 ; Pearson and Gillett, 1999)

นอกจากการใช้โปรตีนถั่วเหลืองเพื่อเป็นสารทดแทนไขมันแล้ว โปรตีนถั่วเหลืองยังมีประโยชน์ด้านสุขภาพคือ ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคกระดูกพรุน โรคมะเร็งบางชนิด เป็นต้น โดยที่โปรตีนถั่วเหลืองสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลทั้งหมดในเลือด และช่วยลดระดับ Low-density lipoprotein cholesterol (LDL-cholesterol) ได้ ซึ่งคอเลสเตอรอลเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (Potter, 2000)

### ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอิมัลชัน

1. ความไม่สมดุลของเนื้อ (Short meat) เป็นสภาพที่เกิดขึ้นขณะเตรียมอิมัลชัน ทั้งนี้เนื่องมาจากมีปริมาณไมโอซินไม่เพียงพอ หรือมีคอลลาเจนมากเกินไป ทำให้เมื่อเตรียมอิมัลชันแล้ว จึงมีปริมาณไมโอซินไม่เพียงพอที่จะหุ้มเม็ดไขมัน (ดังรูป 2.2) เม็ดไขมันบางเม็ดถูกหุ้มด้วยไมโอซิน บางเม็ดถูกหุ้มด้วยคอลลาเจน เมื่อนำไปให้ความร้อนคอลลาเจนมีจุดหดตัวและเปลี่ยนเป็นเจลาตินอย่างรวดเร็ว จึงไหลออกจากผิวที่หุ้มเม็ดไขมันแต่ไมโอซินเมื่อได้รับความร้อนจะตกตะกอนและหุ้มเม็ดไขมันเอาไว้ สิ่งเหล่านี้จะปรากฏให้เห็นเป็นคราบน้ำมัน (Fat cap) เกาะตามผิวผลิตภัณฑ์และภายในผลิตภัณฑ์จะเกิดเป็นโพรงเจลลี่

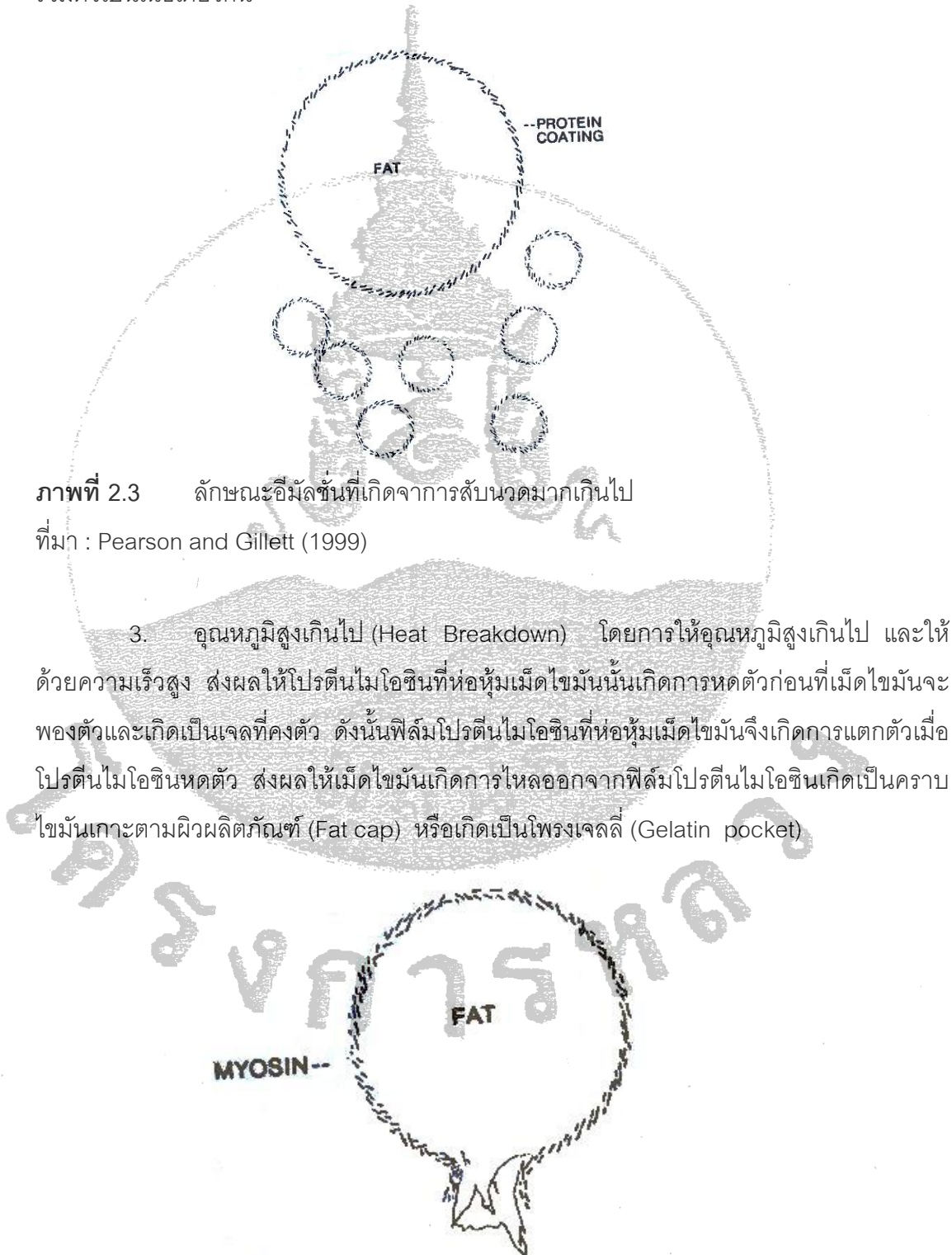


ภาพที่ 2.2 ลักษณะอิมัลชันที่เกิดจากความไม่สมดุลของเนื้อ

ที่มา : Pearson and Gillett (1999)

2. การสับขนาดนานเกินไป (Over chopping) ส่งผลให้เม็ดไขมันถูกตัดแบ่งเป็นเม็ดเล็ก ๆ ไขมันมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กลงและผิวหน้าของเม็ดไขมันเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 2.3 จนกระทั่งผิวของไขมันมีความมันสดใสมาก ทำให้สารละลายโปรตีนไม่สามารถหุ้มไว้ได้ เม็ดไขมันจะมีผิวหน้าที่ถูกหุ้มด้วยโปรตีน บางส่วนไม่มีโปรตีนหุ้มไว้ ส่วนที่ไม่มีโปรตีนหุ้มจะทำให้ไขมันไหลออก

(Greasing out) ได้ อิมัลชันไม่เกาะตัว เมื่อผลิตภัณฑ์สุกจะเห็นไขมันเกาะเป็นจุด ๆ ไม่สามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน



ภาพที่ 2.3 ลักษณะอิมัลชันที่เกิดจากการสับขนาดมากเกินไป

ที่มา : Pearson and Gillett (1999)

3. อุณหภูมิสูงเกินไป (Heat Breakdown) โดยการให้อุณหภูมิสูงเกินไป และให้ด้วยความเร็วสูง ส่งผลให้โปรตีนไมโอซินที่ห่อหุ้มเม็ดไขมันนั้นเกิดการหดตัวก่อนที่เม็ดไขมันจะพองตัวและเกิดเป็นเจลที่คงตัว ดังนั้นฟิล์มโปรตีนไมโอซินที่ห่อหุ้มเม็ดไขมันจึงเกิดการแตกตัวเมื่อโปรตีนไมโอซินหดตัว ส่งผลให้เม็ดไขมันเกิดการไหลออกจากฟิล์มโปรตีนไมโอซินเกิดเป็นคราบไขมันเกาะตามผิวผลิตภัณฑ์ (Fat cap) หรือเกิดเป็นโพรงเจลลี่ (Gelatin pocket)

ภาพที่ 2.4 ลักษณะอิมัลชันที่เกิดจากการให้ความร้อนสูงเกินไป

ที่มา : Pearson and Gillett (1999)

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดาวริน และคณะ (2539) ศึกษาผลผลิตก้นที่ได้กรอกปลาที่มีไขมันต่ำโดยการใช้เนื้อปลาเป็นวัตถุดิบร่วมกับการใช้สารทดแทนไขมัน ในขั้นแรกศึกษาเลือกชนิดปลาที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบโดยพิจารณาจากปริมาณ Myofibrillar protein และราคาของปลา 3 ชนิด คือ ปลาน้ำดอกไม้ ปลาทรายแดง และปลาหางเหลือง ศึกษาปริมาณไขมัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 7, 10 และ 13 และปริมาณคาร์ราจีแนนและอัลจิเนต 3 ระดับคือ ร้อยละ 0.3, 0.5 และ 0.7 โดยทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชุ่มน้ำ ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปลาทรายแดงมีปริมาณ Myofibrillar protein และราคาที่เหมาะสมต่อการนำมาเป็นวัตถุดิบในการทำไส้กรอกปลา นอกจากนี้ พบว่าสูตรที่มีคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.5 และไขมันร้อยละ 10 และสูตรที่มีอัลจิเนตร้อยละ 0.7 และไขมันร้อยละ 13 มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด แต่เมื่อเทียบทั้ง 2 สูตรพบว่า สูตรที่ใช้คาร์ราจีแนนจะเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า และมีปริมาณไขมันต่ำกว่าสูตรที่ใช้อัลจิเนต

Paula *et al.* (1999) ศึกษาปริมาณการใช้คาร์ราจีแนนร่วมกับ Whey protein และแป้งมันสำปะหลัง ในผลิตก้นที่ได้กรอกหมูไขมันต่ำ ซึ่งศึกษาคาร์ราจีแนนร้อยละ 0 - 3, Whey protein (ความเข้มข้นเจลร้อยละ 35) ปริมาณร้อยละ 0 - 12 และแป้งมันสำปะหลัง ปริมาณร้อยละ 0 - 3 โดยวางแผนการทดลองแบบ Response surface จากการศึกษาพบว่าการใช้เจลของ Whey protein คาร์ราจีแนน และแป้งมันสำปะหลัง ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การสูญเสียน้ำหนักของผลิตก้น (Cook loss) และทำให้ความเข้มข้นของกลีโคสของผลิตก้น และการยอมรับโดยรวมลดลง โดยปริมาณการใช้ที่เหมาะสมคือ การใช้เจล Whey protein (ความเข้มข้นเจลร้อยละ 35) ปริมาณร้อยละ 8, คาร์ราจีแนนร้อยละ 1.5 และแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 3 จะทำให้ได้ผลิตก้นที่ได้กรอกหมูไขมันต่ำ มีคุณภาพไม่แตกต่างกับผลิตก้นที่ได้กรอกหมูที่ใช้ไขมันเต็มสูตรร้อยละ 20 และผลิตก้นที่ได้กรอกหมูไขมันต่ำนี้มีปริมาณไขมันน้อยกว่าร้อยละ 3

ปราณีศา และคณะ (2543) ทำการพัฒนาผลิตก้นที่ได้กรอกปลาและอายุการเก็บรักษา โดยทำการทดลองพัฒนาสูตรไส้กรอกปลาโดยใช้เนื้อปลาดุกอุยเทศ และซูริมิ ในอัตราส่วนเนื้อปลาต่อซูริมิ 100:0, 80:20, 60:40 และ 20:80 โดยน้ำหนัก และเติมไขมันหมูร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักเนื้อปลาและซูริมิ ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาท

สัมผัส พบว่า การใช้อัตราส่วนเนื้อปลาต่อซูริมิ 40:60 และไขมันหมูร้อยละ 10 ได้คะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบสูงสุด การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของไส้กรอกปลาโดยเติมน้ำมันปลาร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 หรือเติมแคลเซียมฟอสเฟต หรือแคลเซียมแลคเตต ร้อยละ 0, 0.1, 0.3 และ 0.5 ของน้ำหนักเนื้อปลาและซูริมิ พบว่าไส้กรอกที่เติมน้ำมันปลาร้อยละ 3 หรือเติมแคลเซียมฟอสเฟต หรือแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 0.5 ยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ ไม่พบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในผลิตภัณฑ์ การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ 4 - 6 องศาเซลเซียส โดยบรรจุใน ถุงพลาสติกซึ่งเป็นฟิล์มรีดร่วมของ PA/LDPE ภายใต้บรรยากาศปกติ สูดอากาศ หรือสภาพปรับบรรยากาศไนโตรเจนร้อยละ 100 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง(pH) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Aw) และคะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบ แสดงว่าการเก็บรักษาในสภาพปรับบรรยากาศให้ผลดีที่สุด และผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษา ได้อย่างน้อย 12 วัน

Chin *et al.* (1999) ศึกษาการใช้ Soy protein isolate และผงบุกผสม ในผลิตภัณฑ์ bologna ไขมันต่ำ โดยมีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 2 ทำการศึกษาผงบุกผสม 2 ชนิดคือ ผงบุกผสมสตาร์ช และผงบุกผสมสตาร์ชกับคาร์ราจีแนน ปริมาณการใช้ร้อยละ 0.5 และ 1 ของเนื้อ จาก การทดลองพบว่าผงบุกผสมทั้ง 2 ชนิดไม่มีผลต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส แต่พบว่าปริมาณการใช้ที่ระดับร้อยละ 0.5 ของผงบุกผสมทั้ง 2 ชนิด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็ง (Hardness) และมีของเหลวไหลออกจากผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ผงบุกผสมปริมาณร้อยละ 1 นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่า ควรเลือกใช้ผงบุกผสมสตาร์ชและคาร์ราจีแนน เพราะจะช่วยเพิ่มน้ำหนัก (Cooking yield) เพิ่มการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ (Water holding capacity) และช่วยลดการสูญเสียของเหลวระหว่างการเก็บรักษา แต่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็ง (hardness) มากกว่าการใช้ผงบุกผสมสตาร์ชเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาการใช้ Soy protein isolate แทนเนื้อที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ระดับร้อยละ 0, 2.2 และ 4.4 จากการทดลองพบว่าปริมาณการใช้ Soy protein isolate ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น (Yellowness) แต่ค่าสีแดง (Redness) และความนุ่มของผลิตภัณฑ์ลดลง (Softness) นอกจากนี้พบว่าไม่ควรใช้ Soy protein isolate มากกว่าร้อยละ 2 เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันเต็มสูตร

Pietrasik and Duda (2000) ศึกษาผลการใช้โปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับคาร์ราจีแนน อัตราส่วน 3:1 ในปริมาณร้อยละ 0 - 3 และใช้ไขมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 20 - 40 ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู จากการทดลองพบว่า ปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง ทั้งนี้เพราะน้ำจะมาแทนที่ไขมันในผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำ ด้านการสูญเสีย น้ำหนักพบว่าการใช้โปรตีนถั่วเหลืองและคาร์ราจีแนนจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทำให้สุกได้ โดยโปรตีนถั่วเหลืองกับคาร์ราจีแนนร้อยละ 3 ในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันมากกว่า ร้อยละ 30 เกิดการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ผลการศึกษาพบว่าปริมาณไขมันที่ลดลงจะทำให้ไส้กรอกมีความแข็ง (Hardness) Cooking yield และความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลง และปริมาณไขมันที่ใช้มีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์คือ ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b\*) เท่านั้น

Lin and Mei (2000) ทำการศึกษาการใช้ไอโอดา-คาร์ราจีแนน โซเดียมอัลจิเนต และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไขมันต่ำที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 15 และศึกษาอุณหภูมิในการให้ความร้อนภายในผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบคุณภาพด้านเคมีกายภาพ กับผลิตภัณฑ์ควบคุมที่ใช้ไขมันเต็มสูตร จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไอโอดา-คาร์ราจีแนน โซเดียมอัลจิเนต และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดนั้นมีค่าการสูญเสียน้ำต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ควบคุม นั้นแสดงให้เห็นว่าสารทดแทนไขมันที่ใช้ช่วยเพิ่มความคงตัวของลักษณะอิมัลชัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ โซเดียมอัลจิเนต นั้นมีค่าการกักเก็บน้ำ (Water-holding capacity) สูงกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ ที่อุณหภูมิในการให้ความร้อนสุดท้ายเป็น 76.7 และ 82.2 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากเจลของโซเดียมอัลจิเนตมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน

Porcella *et al.* (2001) ศึกษาผลการใช้ Soy protein isolate ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกพื้นเมือง Chorizor ประเทศอาร์เจนตินา ระหว่างเก็บรักษาแบบสุญญากาศ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักมีปัญหาด้านการสูญเสียน้ำหนัก โดยการทดลองทำการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ไม่ได้เติม Soy protein isolate กับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่เติม Soy protein isolate ปริมาณร้อยละ 2.5 โดยผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ไม่ได้เติม Soy protein isolate จะเกิดการสูญเสีย น้ำหนักลงเรื่อย ๆ เร็วกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติม Soy protein isolate ทั้งนี้เพราะ Soy protein isolate จะช่วยดูดซับน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่เติม Soy protein isolate จะมีปริมาณโปรตีนมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติม Soy protein isolate โดยสรุปผลิตภัณฑ์ไส้กรอกพื้นเมือง



Chorizor สามารถเก็บได้นานถึง 14 วัน โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกลิ่น รสชาติ และความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์และไม่สูญเสียน้ำหนัก ภายใต้การเก็บที่อุณหภูมิ 4 - 7 องศาเซลเซียส ในถุงสุญญากาศ

Yang *et al.* (2001) ศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันและสารเชื่อม 8 ชนิด ได้แก่ แคปไซ-คาร์ราจีแนน โปรตีนถั่วเหลืองสกัด starch- กลูเตนข้าวสาลี CarraFAT เจล โปรตีนกลูตามีนสกัด แป้งบุก และโปรตีนจากนม และศึกษาปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ได้กรอกแพรงเฟอร์เตอร์ร้อยละ 22 และไขมันต่ำร้อยละ 10 จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด starch และโปรตีนกลูตามีนสกัดมีคุณภาพด้านประสาทสัมผัสกับด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันเต็มสูตร แต่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดเกิดการสูญเสียน้ำหนักสูง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แคปไซ-คาร์ราจีแนน และกลูเตนข้าวสาลีมีคุณภาพแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ไขมันสูง ในขณะที่เดียวกันผลิตภัณฑ์ที่ใช้ CarraFAT เจล แป้งบุก และโปรตีนจากนม ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค โดยพิจารณาจากคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำมาก โดยสรุปการยอมรับผลิตภัณฑ์ได้กรอกแพรงเฟอร์เตอร์ไขมันต่ำนั้น ผู้บริโภคจะพิจารณาที่ความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ ความฉ่ำน้ำ กลิ่นรสเครื่องเทศ และกลิ่นแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์

Marta *et al.* (2001) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลิตภัณฑ์กับคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้กรอกแพรงเฟอร์เตอร์แบบดั้งเดิมกับแบบไขมันต่ำ โดยทำการศึกษาผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิดคือ คาร์ราจีแนน Carboxymethylcellulose และเพคตินจากแอปเปิ้ล ร่วมกับการลดไขมันในผลิตภัณฑ์โดยศึกษาปริมาณการใช้ไขมันที่ร้อยละ 10 และ 15 นอกจากนี้ทุกสิ่งทดลองยังใช้โปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับ starch ผสมด้วย ดังนั้นสามารถวางแผนการทดลองเพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์ได้กรอกแพรงเฟอร์เตอร์ไขมันต่ำได้ 3 สิ่งทดลองคือ (1) ไขมันร้อยละ 15 ร่วมกับการใช้คาร์ราจีแนนร้อยละ 0.5 (2) ไขมันร้อยละ 10 ร่วมกับการใช้คาร์ราจีแนนร้อยละ 0.5 และเพคตินร้อยละ 0.4 และ (3) ไขมันร้อยละ 10 ร่วมกับการใช้ คาร์ราจีแนนร้อยละ 0.5 และ Carboxymethylcellulose ร้อยละ 0.1 ทั้ง 3 สิ่งทดลองทำการเปรียบเทียบคุณภาพกับผลิตภัณฑ์ทั่วไปตามท้องตลาด 18 ชนิด จากการทดลองพบว่าการใช้คาร์ราจีแนนร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น ๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้คาร์ราจีแนนเพียงชนิดเดียว นอกจากนี้แล้วยังช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์

สามารถลดไขมันได้มากขึ้นดังนี้คือ ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบร้อยละ 10 และใช้คาร์ราจีแทนร่วมกับ Carboxymethylcellulose หรือเพคติน โดยผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านต่าง ๆ ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์เทียบเคียงตามท้องตลาด

Garcia *et al.* (2002) ศึกษาการใช้ธัญพืชและใยอาหารจากผลไม้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักไขมันต่ำ โดยเลือกใช้ธัญพืช 2 ชนิด คือ ข้าวสาลีและข้าวโอ๊ต และใยอาหารจากผลไม้ 3 ชนิด คือ พีช แอปเปิล และส้ม ปริมาณร้อยละ 1.5 และ 3 นอกจากนี้ยังศึกษาปริมาณไขมันที่ใช้คือร้อยละ 6 และ 10 ของเนื้อ ทุกสิ่งทดลองเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไขมันเต็มสูตรซึ่งมีปริมาณไขมันร้อยละ 25 และไม่เติมธัญพืชและใยอาหารจากผลไม้ จากการทดลองพบว่าการใช้เส้นใยอาหารร้อยละ 3 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะที่ไม่ต้องการคือ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความแข็ง (Hardness) เนื่องจากเนื้อในของผลิตภัณฑ์มีความยึดติดกันแน่นมาก (Cohesiveness) โดยสูตรการทดลองที่เหมาะสมคือ การใช้เส้นใยอาหารปริมาณร้อยละ 1.5 โดยเฉพาะเส้นใยอาหารจากส้ม โดยใช้ไขมันปริมาณร้อยละ 10 จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคที่ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ไขมันเต็มสูตรแบบไม่เติมเส้นใย

### บทที่ 3

#### จุดมุ่งหมายในการวิจัย

---

ในโครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิจัย ดังนี้

1. พัฒนาสูตรการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค
2. ศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมัน ผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม
3. ศึกษาถึงองค์ประกอบและคุณค่าทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมัน ผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร
4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมัน ผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

#### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมัน ผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้ รวมทั้งเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพได้ประเภทหนึ่ง ตลอดจนเป็นการใช้วัตถุดิบที่ผลิตได้ภายในประเทศ เป็นการลดการนำเข้าและลดต้นทุนการผลิตให้กับผลิตภัณฑ์

## บทที่ 4

### การวางแผนการตลาด

ในโครงการนี้แบ่งงานวิจัยออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1** ศึกษาแนวทางในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร (ปีงบประมาณที่ 1)
- ตอนที่ 2** ศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสม โดยทำการศึกษาระยะเวลาและอัตราเร็วในการสับนวด รวมทั้งอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ (ปีงบประมาณที่ 1)
- ตอนที่ 3** ผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม และศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้านต่าง ๆ (ปีงบประมาณที่ 2)
- ตอนที่ 4** ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร โดยทำการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษา (ปีงบประมาณที่ 2)
- ตอนที่ 1** ศึกษาแนวทางในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

#### ตอนที่ 1.1 การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ( Product profile )

ก่อนที่จะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จำเป็นต้องมีการสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เพื่อหาคุณลักษณะที่สำคัญตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งวิธีการสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์นั้นสามารถใช้หลักการของ Ideal Ratio Profile ได้

Ideal Ratio Profile Test เป็นวิธีการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เพื่อดูลักษณะผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วน เป็นวิธีการที่ให้ผู้บริโภคแสดงความชอบหรือความมากน้อยของลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยผู้บริโภคจะเป็นผู้กำหนดลักษณะ

ของผลิตภัณฑ์เอง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนามีเค้าโครงลักษณะที่เหมือนหรือคล้ายกับที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งเค้าโครงลักษณะที่ผู้บริโภคชอบหรือต้องการจะนำมาสร้างเพื่อเป็นแนวทางในการเปรียบเทียบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนา ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเค้าโครง ซึ่งในกรณีนี้ได้ทำการสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยผู้บริโภคแต่ละคนอาจจะให้ Ideal product profile ที่ต่างกัน Ratio Profile ที่ได้จากค่าเฉลี่ยของสัดส่วน (Ratio) ของแต่ละคนสามารถนำมาใช้เป็นค่าความคิดผลิตภัณฑ์คงที่ (Fixed ideal) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์หรือทิศทางในการเปรียบเทียบต่อไป

ค่าคะแนนที่ผู้บริโภคแต่ละคนให้กับลักษณะแต่ละอย่างของผลิตภัณฑ์ จะกำหนดให้เป็นตัวตั้งและหารด้วยคะแนนที่ถูกกำหนดว่าดีที่สุดหรือดีเลิศ หรือ Ideal หรือคะแนนที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งจะได้สัดส่วน (Ratio) ของแต่ละคน นำค่าดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ย จะได้ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Ratio mean score) ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้ของแต่ละลักษณะ จะนำมาพิจารณาเปรียบเทียบได้ง่ายกับเค้าโครงลักษณะที่ต้องการ ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 ภาพรวมจากค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะเรียกว่า Numerical product profile จากนั้นนำค่าสัดส่วนเฉลี่ยดังกล่าวมาสร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะรูปวงกลมไขว้ (Cyclic profile)

ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เพื่อทำการพัฒนานี้ ใช้ผู้บริโภคจำนวน 13 คน โดยให้ผู้บริโภคเป็นผู้กำหนดลักษณะคุณภาพที่ผู้บริโภคคิดว่าสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ และใช้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเป็นตัวอย่างในการทดสอบ จากนั้นจึงสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในลักษณะไขว้วงกลมขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

### สูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

#### อัตราส่วนของส่วนประกอบพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ (ส่วนผสมหลัก)

	ปริมาณ (ร้อยละ)
เนื้อปลา	74.07
ไขมันแข็ง	12.59
น้ำแข็ง	11.11
แป้งมัน	2.23

## ส่วนประกอบอื่น ๆ

	ปริมาณ (ร้อยละของส่วนผสมหลัก)
เกลือ	1.75
น้ำตาล	1.5
พริกไทย	0.5
ผงชูรส	0.5
โซเดียมไตรฟอสเฟต	0.07
โพแทสเซียมซอร์เบท	0.08
เห็ดหอม	1.82
สาหร่ายทะเล	0.35
แครอท	4.55
กะเพราป่น	0.07
เสฉวน	0.07
เลมอนบาล์มป่น	0.07

## วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

- เตรียมส่วนผสม โดยบดเนื้อปลาที่บดหิมและไขมัน แล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 0 - 5 องศาเซลเซียส
- สับส่วนผสมในเครื่องปั่นด้วยความเร็วคงที่ โดยเติมส่วนผสมตามลำดับดังนี้
 

เนื้อปลาและเกลือ	เป็นเวลา 3 นาที
โปรตีนถั่วเหลืองและ STPP	เป็นเวลา 1 นาที
ไขมันสลับกับน้ำแข็งเกล็ด	เป็นเวลา 4 นาที
เครื่องปรุงรสอื่นๆ	เป็นเวลา 2 นาที

รวมเวลาสับรวมทั้งสิ้น 10 นาทีโดยควบคุมอุณหภูมิขณะสับรวมไม่เกิน 15 องศาเซลเซียส
- บรรจุและอัดส่วนผสมลงในแบบพิมพ์ ซึ่งรองด้านในด้วยถุงพลาสติกชนิดทนร้อน
- นำไปต้มที่อุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
- แช่ในน้ำเย็นและแกะออกจากแบบพิมพ์
- ผึ่งให้แห้ง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส

## ตอนที่ 1.2 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยหลักในระบบอิมัลชัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักของระบบอิมัลชันที่ใช้ในการผลิตปลายอดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ปลายอดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร ที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

ปัจจัยหลักที่เป็นตัวทำให้เกิดอิมัลชันมี 4 ปัจจัย (เรียกว่าส่วนผสมหลัก) ได้แก่ เนื้อปลา ไขมันหมู น้ำแข็งและสารทดแทนไขมัน (โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นกับคาร์ราจีแนน อัตราส่วน 3:1) ปัจจัยจะถูกกำหนดระดับปริมาณการใช้อยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสม จากนั้นวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2539) ซึ่งแผนการทดลองแบบนี้มีหลักการว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใด ส่วนประกอบที่เหลือในสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วย และผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 1.0 หรือร้อยละ 100 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ XVERT ช่วยในการกำหนดสูตร

ตารางที่ 4.1 : ค่าของระดับต่ำและระดับสูงของอัตราส่วนส่วนผสมหลัก

ส่วนผสมหลัก	ระดับต่ำ (ร้อยละ)	ระดับสูง (ร้อยละ)
เนื้อปลา	70	90
ไขมันแข็ง	5	15
น้ำแข็ง	10	20
สารทดแทนไขมัน	1	3

ผลของ Mixture Design ที่ประกอบด้วยตัวแปร 4 ตัวที่ได้จากโปรแกรม XVERT สามารถเลือกนำมาใช้เป็นการทดลองได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 : สิ่งทดลองของ Mixture Design ที่ผันแปรปริมาณส่วนผสมหลัก

สิ่งทดลองที่	เนื้อปลา (ร้อยละ)	มันหมู (ร้อยละ)	น้ำแข็ง (ร้อยละ)	สารทดแทนไขมัน (ร้อยละ)
1	84	5	10	1
2	74	5	20	1
3	74	15	10	1
4	82	5	10	3
5	72	5	20	3
6	72	15	10	3
7	70	9	20	1
8	70	15	14	1
9	70	7	20	3
10	70	15	12	3

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร โดยกำหนดให้ปัจจัยอื่น ๆ เป็นปัจจัยคงที่ ได้แก่ เกลือ น้ำตาล พริกไทย ผงชูรส โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โปแทสเซียมซอร์เบต เห็ดหอม สาหร่าย แครอท กะเพรา เสง และ เลมอนบาล์ม เป็นปัจจัยคงที่ (ปริมาณตามสูตรของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ) ทำการผลิตตามกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรต้นแบบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส ดังต่อไปนี้

#### การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

- วัดค่าสี L และสี a , b โดยเครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR-310,Japan)
- วัดแรงเฉือน (Shear force) โดยเครื่อง Instron Model 5565, USA



### การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

- หาปริมาณน้ำ (Water content) ตามวิธี AOAC (1998)
- หาค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) เครื่องวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw- box , Novasina : AWC 200, Switzerland)
- วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Micro-processor pH meter, Hanna Instruments: Model HI 9021,USA.)

### การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้ Ideal ratio profile ได้แก่ด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติและการยอมรับตามเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตอนที่ 1.1 ซึ่งวิธีนี้สามารถอธิบายคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในแง่การเปรียบเทียบเชิงปริมาณของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาให้เป็นที่ยอมรับมากที่สุด (ไพโรจน์, 2539)

ในการทดสอบชิมจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 8 – 12 คน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่จะทดสอบชิมต้องทำให้สุกโดยนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ตัดให้เป็นชิ้นหนา 1 เซนติเมตร ใช้รหัสเป็นตัวเลข 3 ตัว ซึ่งสุ่มได้จากตารางสุ่มตัวอย่างลักษณะ (Attributes)

### การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านสถิติ (Statistic analysis)

ขั้นตอนนี้ใช้โปรแกรม SPSS version 10.0 และโปรแกรมเชิงเส้น POM

### ตอนที่ 1.3 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมสมุนไพร

ปัจจัยทดลองในระบบสมุนไพรมี 3 ปัจจัย ได้แก่ ใบกะเพรา เสดจ และเลมอนบาล์ม ทำการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2539)

ตารางที่ 4.3 : ค่าของระดับต่ำและระดับสูงของอัตราส่วนผสมสมุนไพร

ส่วนผสมสมุนไพร	ระดับต่ำ (ร้อยละ)	ระดับสูง(ร้อยละ)
เสจ	30	70
เลมอนบาล์ม	20	50
กะเพรา	20	50

ผลของ Mixture Design ที่ประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัวที่ได้จากโปรแกรม XVERT สามารถเลือกนำมาใช้ป็นสิ่งทดลองได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 : สิ่งทดลองของ Mixture Design ที่แปรผันอัตราส่วนผสมสมุนไพร

สิ่งทดลองที่	เสจ (ร้อยละ)	เลมอนบาล์ม (ร้อยละ)	กะเพรา (ร้อยละ)
1	30	50	20
2	30	20	50
3	60	20	20
4	30	35	35
5	45	20	35
6	45	35	20

ใส่อัตราส่วนผสมสมุนไพรทั้งหมดร้อยละ 2 ของส่วนผสมหลัก โดยอัตราส่วนผสมสมุนไพรนั้นถูกกำหนดตามแต่ละสิ่งทดลองดังตารางที่ 4.4

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปลายอด อดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร โดยใช้อัตราส่วนระบบเนื้อที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1.2 และปัจจัยอื่น ๆ เป็นปัจจัยคงที่ ได้แก่ เกลือ น้ำตาล พริกไทย ผงชูรส โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โปแทสเซียมซอร์เบท เห็ดหอม สาหร่าย แครอท เป็นปัจจัยคงที่ (ปริมาณตามสูตรของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ) และทำการผลิตตามกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอด อดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรต้นแบบ

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส พร้อมทั้งวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่ 1.2

#### ตอนที่ 1.4 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมเส้นใยอาหาร

ปัจจัยทดลองในระบบเส้นใยอาหารมี 3 ปัจจัย ได้แก่ เห็ดหอม แครอท และสาหร่ายทะเล ทำการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design

ตารางที่ 4.5 : ค่าของระดับต่ำและระดับสูงของอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหาร

ส่วนผสมสมุนไพร	ระดับต่ำ (ร้อยละ)	ระดับสูง (ร้อยละ)
แครอท	40	90
เห็ดหอม	30	50
สาหร่ายทะเล	5	15

ผลของ Mixture Design ที่ประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัวที่ได้จากโปรแกรม XVERT สามารถเลือกนำมาใช้เป็นสิ่งที่ทดลองได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 : สิ่งทดลองของ Mixture Design ที่แปรผันอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหาร

สิ่งที่ทดลองที่	แครอท (ร้อยละ)	เห็ดหอม (ร้อยละ)	สาหร่ายทะเล (ร้อยละ)
1	65	30	5
2	45	50	5
3	55	30	15
4	40	50	10
5	40	45	15

ใช้อัตราส่วนผสมเส้นใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 7 ของส่วนผสมหลัก โดยอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหาร ได้กำหนดตามแต่ละสิ่งที่ทดลองดังตารางที่ 4.6

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรร โดยใช้อัตราส่วนระบบเนื้อที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1.2 และปัจจัยอื่น ๆ เป็นปัจจัยคงที่ได้แก่ เกลือ น้ำตาล พริกไทย ผงชูรส โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โปแทสเซียมซอร์เบท เห็ดหอม สาหร่าย แครอท เป็นปัจจัยคงที่ (ปริมาณตามสูตรของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ) ทำการผลิตตามกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรรต้นแบบ

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส พร้อมทั้งวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่ 1.2

### ตอนที่ 1.5 การกลั่นกรองปัจจัยทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์

ปัจจัยที่ต้องทำการกลั่นกรองมีทั้งหมด 8 ปัจจัยได้แก่ เกลือ น้ำตาล พริกไทย ผงชูรส โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โปแทสเซียมซอร์เบท ส่วนผสมสมุนไพรรและส่วนผสมใยอาหารโดยวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design ( N=12 ) (ไพโรจน์, 2539) ซึ่งทำให้ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 12 สิ่งทดลอง

กำหนดให้ปัจจัยต่าง ๆ แทนด้วยตัวอักษรและกำหนดช่วงค่าที่ทดลองโดยประมาณซึ่งมีที่มาจากสูตรทั่วไปสำหรับผลิตภัณฑ์ปลายอ ดังต่อไปนี้

	ระดับต่ำ (-) (ร้อยละ)	ระดับสูง (+) (ร้อยละ)
A แทน เกลือ	1.0	2.5
B แทน น้ำตาล	1.0	3.0
C แทน พริกไทย	0.5	2.0
D แทน ผงชูรส	0.2	0.5
E แทน โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	0.1	0.2
F แทน โปแทสเซียมซอร์เบท	0.05	0.1
G แทน ส่วนผสมสมุนไพรร	0.2	0.5
H แทน ส่วนผสมเส้นใยอาหาร	4.0	7.0
I, J และ K แทน Dummy variables		

ตารางที่ 4.7 : แสดงแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design

สิ่งทดลอง	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-
2	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+
3	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+
4	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-
5	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+
6	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
7	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+
8	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-
9	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
10	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
11	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : + หมายถึงการกำหนดให้ปัจจัยนั้นอยู่ในระดับสูง - หมายถึงการกำหนดให้ปัจจัยนั้นอยู่ในระดับต่ำ

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร โดยใช้อัตราส่วนผสมหลักที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1.2 และทำการผลิตตามกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรต้นแบบ

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส พร้อมทั้งวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่ 1.2

#### ตอนที่ 1.6 การหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยทดลอง

นำปัจจัยที่กลั่นกรองได้ โดยพิจารณาจากความสำคัญที่มีต่อผลิตภัณฑ์มาทำการหาระดับที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) กำหนดให้แต่ละปัจจัยทดลองมี 5 ระดับ คือ ระดับสูง (+1) ระดับต่ำ (-1) จุดกึ่งกลาง (0) และตำแหน่ง  $\pm\alpha$

ดำเนินการทดลองและทดสอบผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 1.2 ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยทดลองต่อไป

## ตอนที่ 2 การทดลองเพื่อหากระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ดำเนินการทดลอง 2 การทดลอง ดังต่อไปนี้

### ตอนที่ 2.1 การหาอัตราเร็วและระยะเวลาในการสับนวดที่เหมาะสม

กระบวนการสับนวดถือว่ามีความสำคัญมากต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้ออี๋มัดชั้น เนื่องจากเป็นการทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะอี๋มัดชั้นที่คงตัว เนื้อสัมผัสที่ดีมีความละเอียด สม่ำเสมอ และยืดหยุ่นดี การทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสับนวด ประกอบด้วย 2 ปัจจัยทดลองคือ อัตราเร็วและระยะเวลาในการสับนวด โดยทำการศึกษาหาอิทธิพลของแต่ละปัจจัยและอิทธิพลร่วมของปัจจัย จึงวางแผนการทดลองแบบ  $2^2$  factorial experiment ร่วมกับจุดกึ่งกลาง ทำการทดลองทั้งหมด 2 ขั้ว เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองแบบ Duncan's multiple-rang test (DMRT) ซึ่งสามารถจัดสิ่งทดลองได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 : แสดงแผนการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiment ร่วมกับจุดกึ่งกลางของการทดลอง

สิ่งทดลอง	ปัจจัยที่มีผลต่อการสับนวดผลิตภัณฑ์	
	ระยะเวลาในการสับนวด (นาที)	อัตราเร็วในการสับนวด (rpm)
1	8	1273
2	14	1273
3	8	1907
4	14	1907
5	11	1589

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปลายขอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร โดยใช้สูตรการผลิตที่ได้จากตอนที่ 1

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส พร้อมทั้งวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่ 1.2

บันทึกข้อมูลที่ได้ทั้งหมดและนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ (เช่นเดียวกับข้อ 1.2) เพื่อสรุปกระบวนการสับขนาดที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์

### ตอนที่ 2.2 การหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการต้มผลิตภัณฑ์

เมื่อได้สูตรและกระบวนการสับขนาดผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมแล้ว จะทำการศึกษาระบวนการต้มโดยศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ต้ม วางแผนการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiment with 2 center points ได้สิ่งทดลองดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 3.9 : แผนการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiment with 2 center points

สิ่งทดลอง	ปัจจัยที่มีผลต่อการต้มผลิตภัณฑ์	
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)
(1)	73	28
a	87	28
b	73	42
ab	87	42
cp1	80	35
cp2	80	35

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปลายขอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร โดยใช้สูตรการผลิตจากตอนที่ 1

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส พร้อมทั้งวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่ 1.2

บันทึกข้อมูลที่ได้ทั้งหมดและนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ (เช่นเดียวกับข้อ 1.2) สรุปกระบวนการต้มผลิตภัณฑ์ปลายขอที่เหมาะสม

### ตอนที่ 3 การผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมัน ผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์จากสูตรและกระบวนการผลิตที่ได้ ทำการศึกษามาแล้ว รวมถึงการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

- วัดค่าสี L และสี a, b โดยเครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR-310, Japan)
- วัดเนื้อสัมผัส (Shear force) โดยเครื่อง Instron Model 5565 ,USA

#### การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

- หาปริมาณน้ำ (Water content ) ตามวิธี AOAC (1998)
- หาค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) เครื่องวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ ( Aw- box , Novasina : AWC 200, Switzerland)
- วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Micro-processor pH meter, Hanna Instruments: Model HI 9021, USA.)
- วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Semi-micro Kjeldahl distillation (AOAC, 1998)
- วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธี AOAC (1998)
- วิเคราะห์ปริมาณเส้นใย ตามวิธี The Fertilisers and Feeding Stuffs Regulation, 1976(ลักษณะและ นิธิยา , 2544)
- วิเคราะห์ Thiobarbituric acid number ตามวิธี Pearson, 1976
- วิเคราะห์ปริมาณเกลือ ตามวิธีของ Mohr (AOAC ,1998)
- วิเคราะห์ปริมาณกรดซอร์บิค ตามวิธี AOAC (1998)
- วิเคราะห์ปริมาณเถ้าทั้งหมด ตามวิธี AOAC (1998)



### การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

- หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี Total plate count (AOAC, 1998)
- หาปริมาณยีสต์และรา โดยวิธี Pour plate (AOAC, 1998)
- ตรวจหาเชื้อ Coliform และ *E. coli* โดยวิธี MPN (AOAC, 1998)

### การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้ Ideal ratio profile ได้แก่ด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติและการยอมรับตามเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตอนที่ 1.1

#### ตอนที่ 4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยวางแผนการทดลอง ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 1, 5, 10, 20 และ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อการวิเคราะห์ทางด้านเคมี กายภาพ จุลินทรีย์และทางประสาทสัมผัส ทุก ๆ สัปดาห์ ดังต่อไปนี้

#### ด้านการยอมรับของผู้บริโภค

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยใช้ Ideal Ratio Profile technique (ไพโรจน์, 2539)

#### การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

โดยหาปริมาณน้ำ ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ วิเคราะห์ Thiobarbituric acid number และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เช่นเดียวกับตอนที่ 1.2

#### การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและด้านจุลินทรีย์ เช่นเดียวกับตอนที่ 3

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ เพื่อหาระยะเวลาของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงคุณภาพยอมรับได้

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและอภิปรายผล

#### ตอนที่ 1.1 การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ( Product profile )

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

ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา ได้แก่

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

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

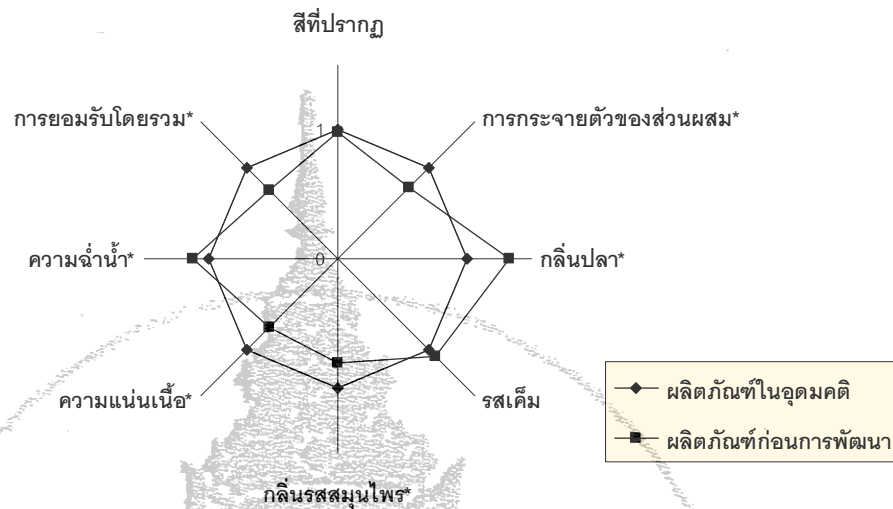
ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันมาก ในกรณีนี้จะต้องพิจารณาด้วยความรอบคอบ ต้องมีเหตุผลอื่นประกอบก่อนที่จะตัดสินใจดำเนินการต่อไป

ข้อมูลจากการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เมื่อนำมาหาค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ค่าดังตารางที่ 5.1 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะและค่าสัดส่วนอุดมคติจะถูกนำมาสร้างเป็นแผนภาพเค้าโครง (Profile) ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม แสดงดังภาพที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 : 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 5.1 : กราฟเค้าโครงผลิภัณฑ์ของปลายอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรต้นแบบ

ภาพที่ 5.1 แสดงให้ทราบว่าผลิภัณฑ์ปลายอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร มีลักษณะสำคัญ 8 ลักษณะที่ต้องพัฒนาไปในแนวทางดังนี้

**สีปรากฏ** หมายถึงสีโดยรวมของผลิภัณฑ์ที่มีความอ่อนหรือเข้ม พบว่าผลิภัณฑ์ต้นแบบมีคะแนนความชอบด้านสีปรากฏใกล้เคียงในอุดมคติแล้ว

**การกระจายตัวของส่วนผสมทั้งหมด** หมายถึงการกระจายตัวของส่วนผสมทั้งหมดที่สังเกตได้จากภายนอก พบว่าผลิภัณฑ์ต้นแบบมีการกระจายตัวของส่วนผสมต่ำกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) จึงต้องพัฒนาให้มีกระจายตัวของส่วนผสมมากขึ้น

**กลิ่นปลา** หมายถึง กลิ่นของเนื้อปลาที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักของผลิภัณฑ์ พบว่าผลิภัณฑ์ต้นแบบมีกลิ่นปลาสูงกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) จึงต้องพัฒนาโดยการลดกลิ่นปลาลง

**รสเค็ม** หมายถึงรสเค็มของผลิภัณฑ์ พบว่าผลิภัณฑ์ต้นแบบมีรสเค็มใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติดีแล้ว

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

**ความแน่นเนื้อ** หมายถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีความแน่น ไม่ยุ่ยและ 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

ปัจจัยหลักที่เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอิมัลชันมี 4 ปัจจัย ได้แก่ เนื้อปลา มันหมู น้ำแข็ง และสารทดแทนไขมัน (โปรตีนถั่วเหลืองกับคาร์ราจีแนน อัตราส่วน 3:1) วางแผนการทดลองแบบ Mixture design ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 10 สิ่งทดลอง และเมื่อนำสูตรการผลิตทั้ง 10 สูตรไปทำการผลิตโดยกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ เป็นปัจจัยคงที่ ผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear Regression) ระหว่างตัวแปร และใช้โปรแกรม POM ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) เพื่อหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของส่วนผสมหลัก ทั้งนี้อัตราส่วนดังกล่าวจะต้องอยู่ในข้อจำกัด (Constraints) ที่ตั้งไว้โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Lag range ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส แสดงดังตาราง 5.2, 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมหลัก

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเนียน (N)
	L	a	B	
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 5.2 แสดงคุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอลูมิเนียมผสม เส้นใยอาหารและสมุนไพร พบว่าการผันแปรอัตราส่วนผสมหลักมีผลโดยตรงกับค่าสี L (ความสว่าง) จากการทดลองผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสี 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 ไม่ละเอียด จะมีค่าแรงเฉือนสูง จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมหลักที่ผันแปรทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไป พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันและไขมันในระดับสูงขึ้นทำให้เนื้อสัมผัสมีความแน่นขึ้นโดยพิจารณาจากค่าแรงเฉือนที่สูงขึ้น ทั้งนี้เพราะไขมันให้คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส เช่น ความแน่นเนื้อแก่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้สารทดแทนไขมันที่ใช้ คือ คาร์ราจีแนนและโปรตีนถั่วเหลือง มีคุณสมบัติในการเกิดเจล (Gelation) สามารถจับตัวกับน้ำ (Water binding) ได้ดี เพราะมีคุณสมบัติ Hydrophilic สูงมาก และเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) (Pietrasik and Duda, 2000 ; Cofrades *et al.*, 2000) จึงทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีลักษณะอิมัลชันที่ดี มีความแน่นเนื้อ และมีลักษณะเหนียวหนืด จากการศึกษาการใช้คาร์ราจีแนนในไส้กรอกเนื้อวัวไขมันต่ำ พบว่าคาร์ราจีแนนช่วยเพิ่ม Cooking yield ความแข็งของเนื้อสัมผัส (Hardness) ได้ดีกว่าสารทดแทนไขมันชนิดอื่น (Xiong *et al.*, 1999) นอกจากนี้ผลการวัดเนื้อสัมผัสมีความสัมพันธ์กับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นเนื้อ อีกทั้งน้ำแข็งยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มและ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองใช้โปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับคาร์ราจีแนนอัตราส่วน 3:1 เพื่อทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูลดไขมัน พบว่าไขมันและสารทดแทนไขมันที่ใช้ในส่วนผสมช่วยทำให้เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์มีความแน่นเพิ่มขึ้น ถ้าลดไขมันลงทำให้เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์นุ่ม ไม่เกิดลักษณะอิมัลชันที่ดีและคงตัว (Pietrasik and Duda, 2000)



ตารางที่ 5.3 : 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 5.3 แสดงค่าทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร ทั้ง 10 สิ่งทดลอง ที่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลอง ค่าปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ อยู่ในช่วงร้อยละ 63.71 ถึง 74.32 โดยจะเห็นได้ค่าปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์จากสิ่งทดลองที่ 10 มีค่าต่ำที่สุด ทั้งนี้เพราะมีองค์ประกอบที่เป็นแหล่งของน้ำคือ น้ำแข็ง และเนื้ปลาในสูตรการผลิตในปริมาณต่ำ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันกล่าวคือ ค่าที่ได้ อยู่ในช่วง 5.66 ถึง 6.64 และช่วง 0.85 ถึง 0.90 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.4 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปร ปริมาณส่วนผสมหลัก

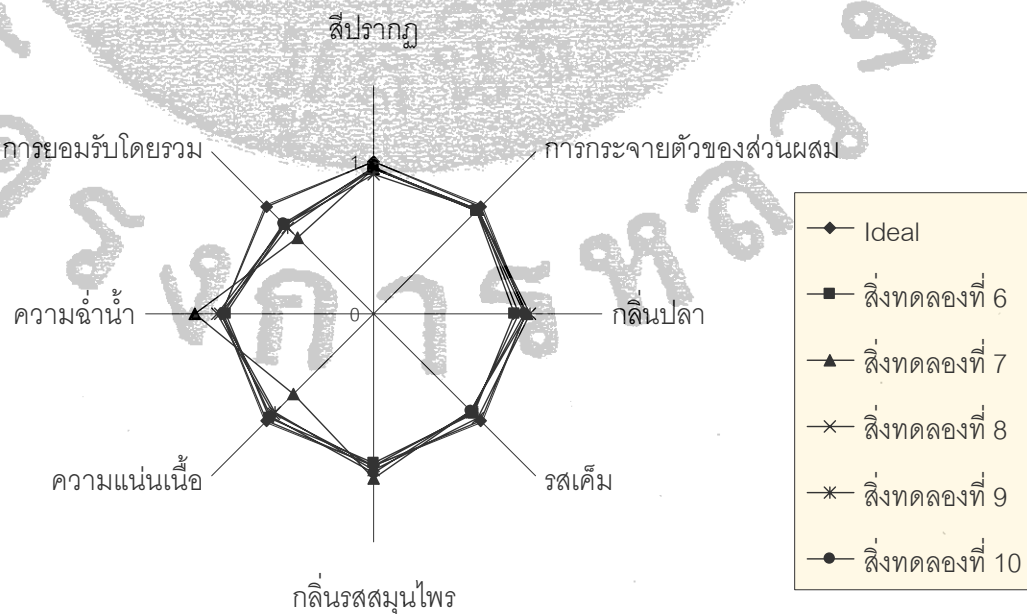
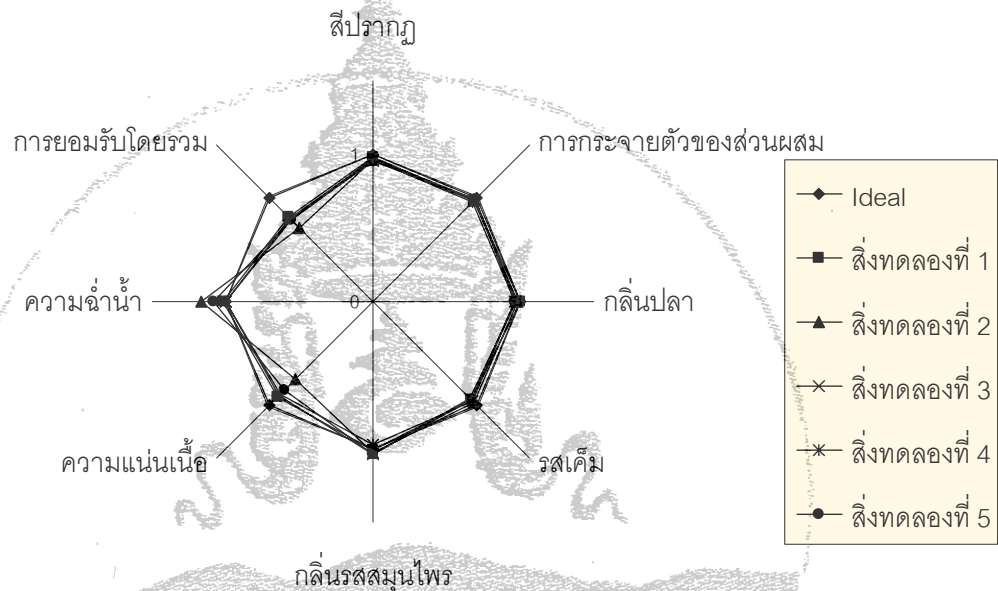
สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัวของส่วนผสม	กลิ่นปลา	รสเค็ม
1	0.98 ± 0.06	0.96 ± 0.07	1.00 ± 0.20	1.01 ± 0.09
2	0.96 ± 0.09	0.96 ± 0.07	0.98 ± 0.11	1.03 ± 0.09
3	0.95 ± 0.09	0.98 ± 0.03	0.97 ± 0.22	1.04 ± 0.14
4	0.96 ± 0.08	0.95 ± 0.07	0.96 ± 0.10	0.97 ± 0.06
5	0.97 ± 0.06	0.98 ± 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 5.2



ภาพที่ 5.2 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอด ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมหลัก

ตารางที่ 5.3 และภาพที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะแตกต่างกันบ้าง แต่ในภาพรวมมีทิศทางคล้ายคลึงกันกล่าวคือ สิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา รสเค็ม ใกล้เคียงค่าในอุดมคติ แต่พบว่าสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรต่ำกว่าค่าในอุดมคติ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสสมุนไพรอ่อนกว่าระดับที่ผู้บริโภคต้องการ ดังนั้นควรเพิ่มปริมาณส่วนผสมสมุนไพรและพริกไทยเพิ่มขึ้นในการทดลองขั้นต่อไป เมื่อพิจารณาความชอบด้านความแน่นเนื้อ พบว่าสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อต่ำกว่าค่าในอุดมคติ แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีลักษณะนิ่ม และ ไม่มีลักษณะอิมัลชันที่ดี 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 ที่ละคู่ 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 5.5 : อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

ลักษณะสำคัญ	อัตราส่วนผสมหลัก (ร้อยละ)			
	เนือปลา	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 5.5 สามารถอธิบายได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลัก ขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้าน สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม เมื่อนำค่าของอัตราส่วนของ เนือปลา : ไขมัน : น้ำแข็ง : สารทดแทนไขมัน ของลักษณะทั้งหมดในตารางที่ 5.5 มาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมดังนี้

เนือปลา	ร้อยละ $73.30 \pm 1.84$
ไขมัน	ร้อยละ $10.00 \pm 1.23$
น้ำแข็ง	ร้อยละ $14.00 \pm 1.07$
สารทดแทนไขมัน	ร้อยละ $2.70 \pm 0.15$

### 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 (Constraints) ที่ตั้งไว้โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Lag range ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 5.6, 5.7 และ 5.8

ตารางที่ 5.6 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมสมุนไพร

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเจียน (N)
	L	a	b	
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 5.6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 สิ่งทดลอง ได้แก่ ค่าสี L, a, b และค่าแรงเจียน 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 ทั้งนี้เพราะ ส่วนผสมสมุนไพรทุกชนิด ได้แก่ เสดจ เลมอนบาล์ม และกะเพราที่อยู่ในสูตรการผลิตแต่ละ สิ่งทดลองให้สีเขียวเหมือนกัน ถึงแม้จะใส่สมุนไพรแต่ละชนิดแตกต่างกันในส่วนผสม แต่ปริมาณ ส่วนผสมรวมในแต่ละสิ่งทดลองใช้ในปริมาณที่เท่ากัน นอกจากนี้ทุกสูตรมีส่วนผสมของ เส้นใยอาหารที่เท่ากัน สำหรับด้านเนื้อสัมผัสพิจารณาจากค่าแรงเฉือนต่อผลิตภัณฑ์พบว่าแต่ละ สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.03 ถึง 5.69 นิวตัน

**ตารางที่ 5.7 :** ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสม สมุนไพร

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 5.7 แสดงค่าทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและ สมุนไพร ทั้ง 6 สิ่งทดลอง โดยมีค่าค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) อยู่ในช่วง 0.85 ถึง 0.89 ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ อยู่ในช่วง 61.13 ถึง 63.20 และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันคือ อยู่ในช่วง 6.51 ถึง 6.59

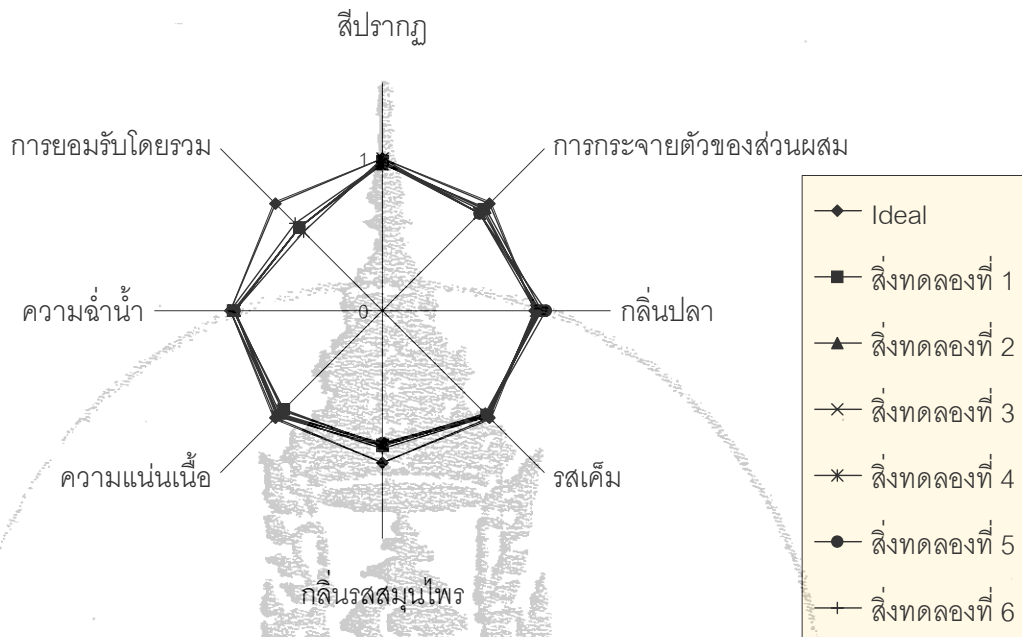
ตารางที่ 5.8 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมสมุนไพร

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัว	กลิ่นปลา	รสเค็ม
	ของส่วนผสม			
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 ในรูปแบบกราฟใยแมงมุมแสดงได้ดังภาพที่ 5.3





ภาพที่ 5.3 : กราฟค่าโครงผลิตรัณฑ์ปลายยอด ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เมื่อใช้อัตราส่วนของส่วนผสมสมุนไพรต่างกัน

ตารางที่ 5.8 และภาพที่ 5.3 แสดงให้เห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะแตกต่างกันบ้าง แต่ในภาพรวมมีทิศทางคล้ายคลึงกันดังนี้คือ สิ่งทดลองที่มีคะแนนความชอบด้านสี่ปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา รสเค็ม ความแน่นเนื้อ และความฉ่ำน้ำใกล้เคียงค่าในอุดมคติ แต่พบว่าสิ่งทดลองที่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรต่ำกว่าค่าในอุดมคติ แสดงให้เห็นว่าผลิตรัณฑ์มีกลิ่นรสสมุนไพรอ่อนกว่าระดับที่ผู้บริโภคต้องการ 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

ตารางที่ 5.9 : 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 5.9 สามารถอธิบายได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมสมุนไพร ขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้าน สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม เมื่อนำค่าของอัตราส่วนของเสจ : เลมอนบาล์ม : กะเพรา ของลักษณะทั้งหมดในตารางที่ 5.9 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

ส่วนผสมเส้นใยอาหารที่ทำการศึกษาคือ 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 5.10, 5.11 และ 5.12

ตารางที่ 5.10 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหาร

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเคียน (N)
	L	a	b	
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 5.10 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 5.11** : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหาร

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

**หมายเหตุ** : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 5.11 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 5.12 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมเส้นใยอาหาร

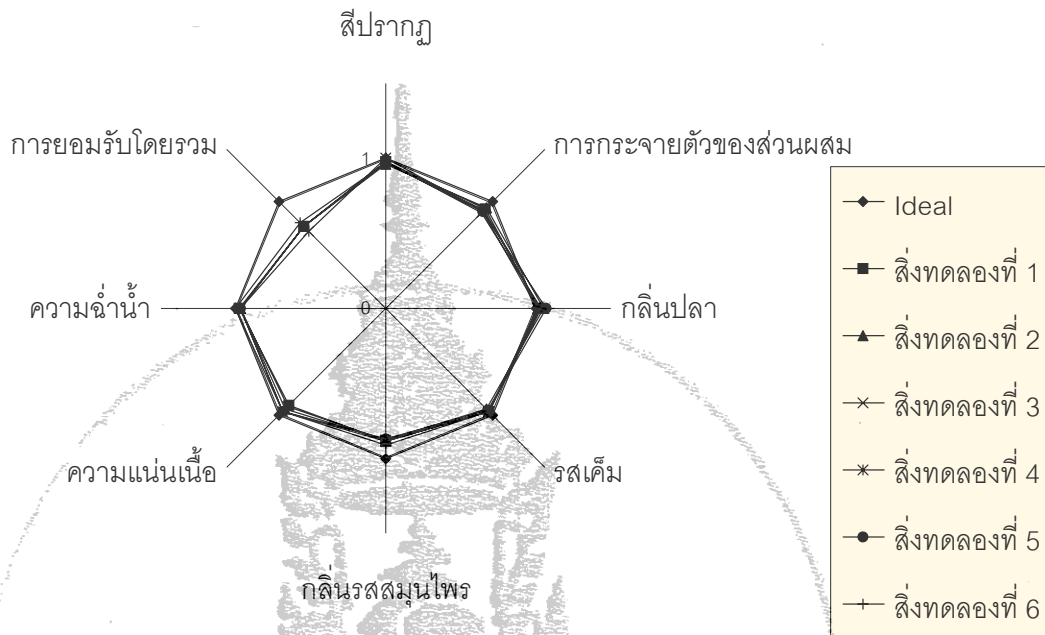
สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัว ของส่วนผสม	กลิ่นปลา	รสเค็ม
1	0.99 ± 0.07	0.97 ± 0.05	0.97 ± 0.08	1.07 ± 0.12
2	0.97 ± 0.08	0.88 ± 0.16	0.97 ± 0.12	1.04 ± 0.11
3	0.88 ± 0.16	0.94 ± 0.10	0.99 ± 0.08	1.06 ± 0.16
4	0.87 ± 0.09	0.95 ± 0.08	1.02 ± 0.14	1.00 ± 0.08
5	0.79 ± 0.18	0.91 ± 0.13	0.96 ± 0.13	1.04 ± 0.10

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	กลิ่นรส สมุนไพร	ความแน่นเนื้อ	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับ โดยรวม
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 5.4



ภาพที่ 5.4 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอด ลัดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร เมื่อใช้อัตราส่วนของเส้นใยอาหารต่างกัน

ตารางที่ 5.12 และภาพที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะแตกต่างกันอยู่บ้าง แต่โดยรวมเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือแต่ละสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นปลา รสเค็ม ความแน่นเนื้อ และความฉ่ำน้ำใกล้เคียงค่าในอุดมคติ นอกจากนี้สิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นรสสมุนไพร ต่ำกว่าค่าในอุดมคติ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสสมุนไพรอ่อนกว่าระดับที่ผู้บริโภคต้องการ ดังนั้นควรเพิ่มปริมาณส่วนผสมสมุนไพรและพริกไทยเพิ่มขึ้นในการทดลองขั้นต่อไป และควรพัฒนากระบวนการผลิตขั้นตอนการสับขนาด เพื่อเพิ่มการกระจายตัวของส่วนผสม

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

Lag range จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์เพื่อหาอัตราส่วนของปัจจัยหลักที่เหมาะสมต่อลักษณะนั้น ๆ ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (POM) ตัวอย่างการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมแสดงได้ดังตัวอย่างที่ 5.1 ในภาคผนวก

ตารางที่ 5.13 : 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 5.13 สามารถอธิบายได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมเส้นใยอาหารขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร และความแน่นเนื้อ เมื่อนำค่าของอัตราส่วนของ แครอท : เห็ดหอม : สาหร่ายทะเล ของลักษณะทั้งหมดในตารางที่ 5.13 มาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมดังนี้

แครอท	ร้อยละ $48.00 \pm 3.41$
เห็ดหอม	ร้อยละ $40.80 \pm 4.04$
สาหร่ายทะเล	ร้อยละ $11.20 \pm 0.71$

### 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 5.14 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ จากการกลั่นกรองปัจจัยทดลอง

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเฉือน (N)
	L	a	b	
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 5.15 : 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

ตารางที่ 5.16 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากการกลั่นกรองปัจจัยทดลอง

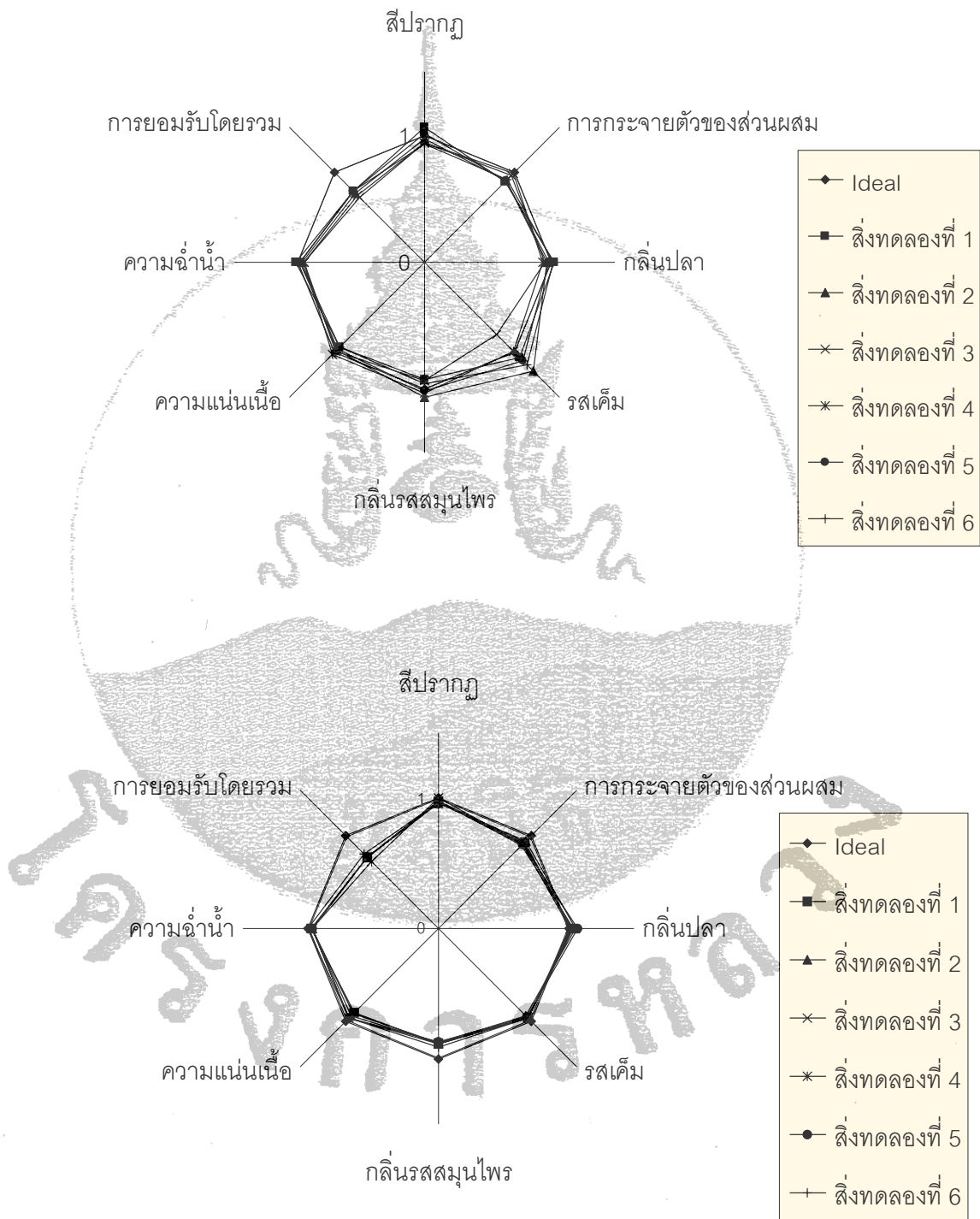
สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัว ของส่วนผสม	กลิ่นปลา	รสเค็ม
1	1.06 ± 0.14	0.90 ± 0.15	1.02 ± 0.10	1.06 ± 0.16
2	0.97 ± 0.05	0.91 ± 0.11	0.97 ± 0.15	1.21 ± 0.20
3	0.94 ± 0.08	0.96 ± 0.10	0.95 ± 0.17	0.81 ± 0.13
4	0.94 ± 0.10	0.99 ± 0.04	0.93 ± 0.15	0.99 ± 0.20
5	1.01 ± 0.10	0.92 ± 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

ตารางที่ 5.16 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากการกลั่นกรองปัจจัยทดลอง (ต่อ)

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	กลิ่นรส สมุนไพร	ความแน่นเนื้อ	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับ โดยรวม
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 5.5



ภาพที่ 5.5 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายยอดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร 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

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

ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจากผลของ Dummy คำนวณได้ดังนี้

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

ความแตกต่างทางสถิติของแต่ละปัจจัยสามารถคำนวณได้โดยใช้ t-test

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

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 5.17 : อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาออล ดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

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 <sup>a</sup>	-0.022	-6.789 <sup>c</sup>	0.295	5.901 <sup>c</sup>
น้ำตาล	0.015	1.800	0.012	2.782 <sup>b</sup>	0.008	2.611 <sup>b</sup>	-0.105	-2.100 <sup>a</sup>
พริกไทย	-0.072	-8.600 <sup>c</sup>	0.032	7.550 <sup>c</sup>	-0.068	-21.41 <sup>c</sup>	0.045	0.900
ผงชูรส	-0.018	-2.200 <sup>a</sup>	-0.008	-1.987 <sup>a</sup>	0.002	0.522	0.048	0.967
STPP	0.005	0.600	-0.018	-4.371 <sup>c</sup>	0.032	9.922 <sup>c</sup>	0.002	0.033
โพแทสเซียม-ซอร์เบท	-0.005	-0.600	-0.002	-0.397	-0.018	-5.745 <sup>c</sup>	0.045	0.900
ส่วนผสม	-0.075	-9.000 <sup>c</sup>	0.032	7.550 <sup>c</sup>	-0.008	-2.611 <sup>b</sup>	0.022	0.433
สมุนไพร								
ส่วนผสมเส้นใยอาหาร	-0.055	-6.600 <sup>c</sup>	0.005	1.192	-0.015	-4.700 <sup>c</sup>	0.035	0.700

ตารางที่ 5.17 : อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาขอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร (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 <sup>a</sup>	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 <sup>b</sup>	0.028	1.990 <sup>a</sup>	-0.025	-1.861	-0.067	-3.948 <sup>c</sup>
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 <sup>a</sup>	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 5.18 : อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลาขอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

ปัจจัยทดลอง	ค่าสี L		ค่าสี a		ค่าสี b		แรงเคียน (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 <sup>a</sup>	0.785	8.478 <sup>c</sup>	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 <sup>b</sup>	-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 <sup>c</sup>	2.267	6.004 <sup>c</sup>	0.060	0.137

ตารางที่ 5.19 : อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

ปัจจัยทดลอง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)		ค่าปริมาณน้ำ (ร้อยละ)	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
	เกลือ	-0.093 <sup>a</sup>	-2.211	-0.011	-1.282	-0.407
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 <sup>a</sup>
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

ผลของปัจจัยทดลองที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร 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 จึงควรทำการทดลองหาปริมาณเกลือ



ที่เหมาะสมโดยผันแปรปริมาณเกลือให้สูงขึ้น แต่ไม่ควรสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้ร้อยละ 2.5 เนื่องจากสิ่งทดลองที่ใช้เกลือระดับสูงมีคะแนนความชอบด้านรสเค็มสูงกว่าค่าในอุดมคติ ( $I=1.00$ )

**น้ำตาล** มีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส กล่าวคือ การเพิ่มปริมาณน้ำตาลทำให้ความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมและกลิ่นปลาเพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.10$ ) 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 กล่าวคือ การเพิ่มปริมาณผงชูรสทำให้ความชอบด้านสีปรากฏและการกระจายตัวของส่วนผสมลดลง ( $p \leq 0.15$ ) 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
■ โซเดียมไตรฟอสเฟต	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

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

### ตอนที่ 1.6 ผลการทดลองหาระดับที่เหมาะสมของเกลือและพริกไทย

ผลการกลั่นกรองปัจจัยทดลองทำให้ทราบว่าปัจจัยทดลองหลัก 2 ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอด อดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรได้แก่ เกลือและพริกไทย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาระดับที่เหมาะสมโดยทำการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiment (Central composite design, CCD) ซึ่งค่า  $\alpha$  คำนวณได้ดังนี้

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

เมื่อ  $\alpha$  = Length of star Point

$k = 2$  (Number of factor)

$p = 0$  (Fractionalization element)

$$\text{ดังนั้น } \alpha = 2^{(2-0)/4}$$

$$= 1.414$$

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

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

ตัวอย่างเช่น เมื่อ จุดสูงสุดของเกลือเท่ากับร้อยละ 2.5

จุดต่ำสุดของเกลือเท่ากับร้อยละ 1.5

จุดกึ่งกลางของเกลือเท่ากับร้อยละ 2

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

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

ตารางที่ 5.20 : 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 5.21 5.22 และ 5.23

ตารางที่ 5.21 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรปริมาณเกลือและพริกไทย

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงฉีก (N)
	L	a	b	
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

วิทยาลัยการทหารหลวง

ตารางที่ 5.22 : 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

สำนักงานการทดลอง

ตารางที่ 5.23 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปร ปริมาณเกลือและพริกไทย

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัว ของส่วนผสม	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

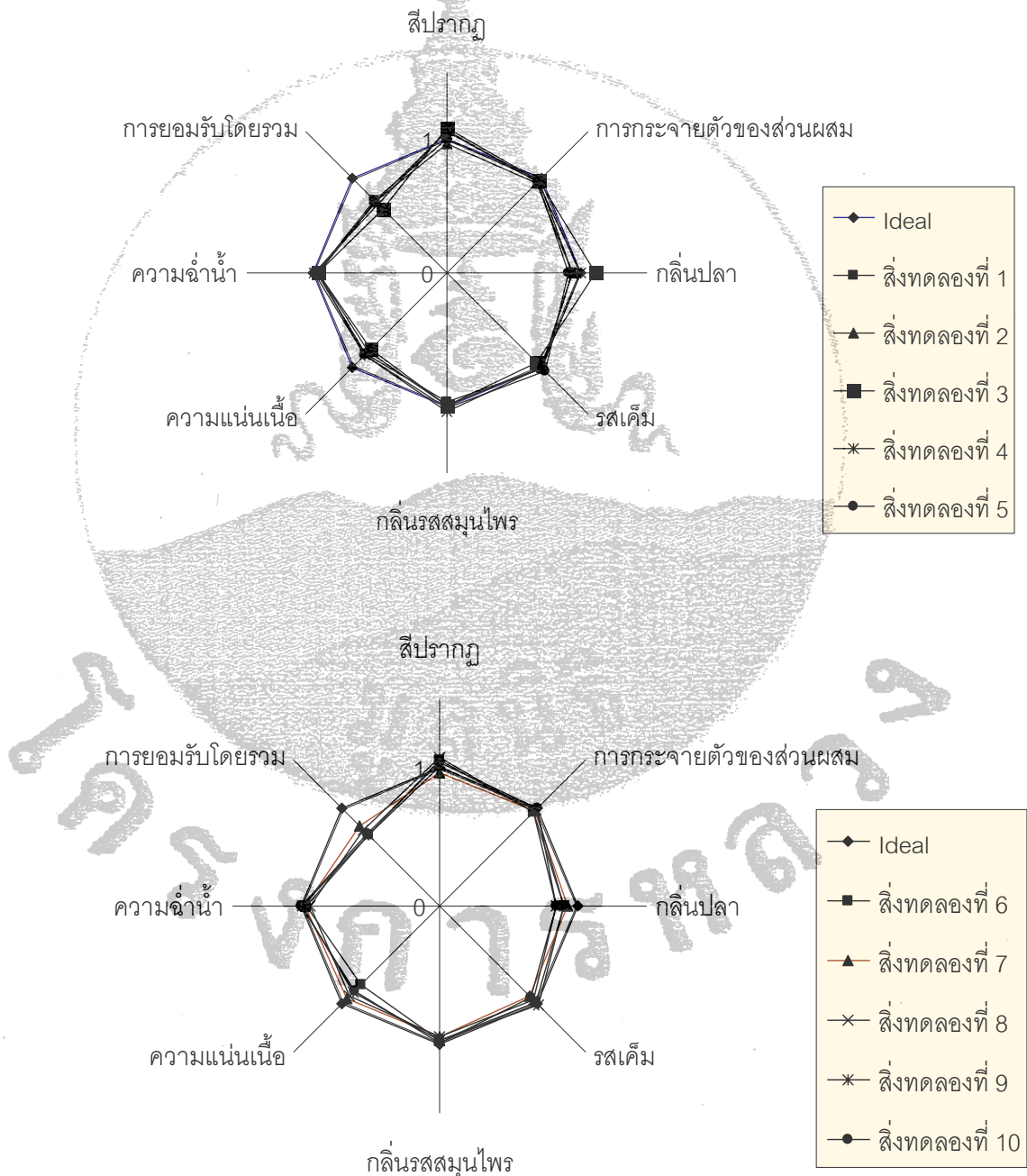
  

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	กลิ่นรส สมุนไพร	ความแน่นเนื้อ	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับ โดยรวม
1	0.97 ± 0.11	0.86 ± 0.19	0.98 ± 0.14	0.76 ± 0.14
2	0.99 ± 0.15	0.84 ± 0.17	0.97 ± 0.14	0.75 ± 0.15
3	0.99 ± 0.09	0.81 ± 0.25	0.97 ± 0.24	0.68 ± 0.20
4	1.04 ± 0.11	0.87 ± 0.19	0.99 ± 0.16	0.73 ± 0.14
5	1.01 ± 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 5.6



ภาพที่ 5.6 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอด 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

$$\begin{aligned} \text{สีปรากฏ} &= 1.022 + 0.0423(P) + 0.01607(S)^2 & R^2 &= 0.9170 \\ \text{ความแน่นเนื้อ} &= 0.898 - 0.03858(S)^2 & R^2 &= 0.4530 \end{aligned}$$

#### ลักษณะทางกายภาพและเคมี

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)} &= 0.878 + 0.01212(S) & R^2 &= 0.4530 \\ \text{ค่าสี L} &= 64.537 - 1.409(P) & R^2 &= 0.6180 \\ \text{ค่าสี a} &= 0.256 - 0.199(P) & R^2 &= 0.6670 \\ \text{ค่าสี b} &= 16.32 - 0.448(P) & R^2 &= 0.4290 \end{aligned}$$

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

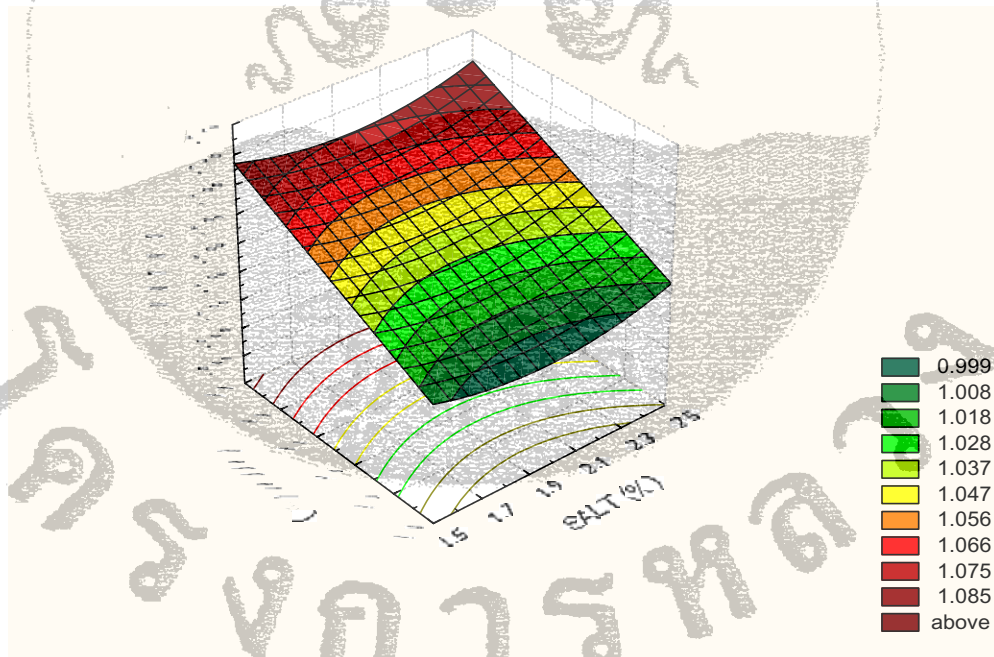
$$\text{สีปรากฏ} = 1.106 + 0.0864(P) - 0.2517(S) + 0.06428(S)^2 \quad R^2 = 0.9170$$

สมการของคุณภาพด้านประสาทสัมผัสนั้น สามารถนำมาหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยทดลองคือ เกลือ และพริกไทยได้ โดยมีหลักเกณฑ์คือ เลือกระดับของปัจจัยทดลองที่ทำให้คะแนนความชอบเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุด จากสมการข้างต้นเมื่อแทนค่าปริมาณเกลือและพริกไทยในช่วงของการทดลอง จะทำให้สามารถทำนายคะแนนความชอบด้านสีปรากฏได้ตามตารางที่ 5.24

ตารางที่ 5.24 : 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 5.7 เป็นกราฟพื้นผิวตอบสนองของความชอบด้านสีปรากฏที่เกิดจากปัจจัยทดลองคือ เกลือ และพริกไทย อธิบายได้ว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีปรากฏมีความสัมพันธ์กับปริมาณเกลือและพริกไทยที่ใช้ รวมถึงความสัมพันธ์ร่วม (Interaction) ระหว่างปริมาณเกลือและพริกไทย ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการถดถอยในรูปสมการยกกำลังสอง (Quadratic equation) จากภาพที่ 5.7 และตารางที่ 5.24 ทำให้สามารถสรุปได้ว่าควรปริมาณเกลือและพริกไทยดังนี้คือ เกลือปริมาณร้อยละ 2.2 และพริกไทยปริมาณร้อยละ 1.6 ซึ่งจะให้ความชอบด้านสีปรากฏเท่ากับ 1.00 ซึ่งถือว่าเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุด



ภาพที่ 5.7 : กราฟพื้นผิวตอบสนองของคะแนนความชอบด้านสีปรากฏ เมื่อผันแปรปริมาณเกลือและพริกไทย

## ตอนที่ 2.1 ผลการทดลองหากระบวนการสับขนาดที่เหมาะสม

ในการศึกษากระบวนการสับขนาด โดยทำการศึกษา 2 ปัจจัยทดลองคือ อัตราเร็วและระยะเวลาในการสับขนาด วางแผนการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiment รวมกับการทดลองที่จุดกึ่งกลาง (ไพโรจน์, 2539) แสดงผลค่าทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 5.25, 5.26 และ 5.27 ตามลำดับ

**ตารางที่ 5.25** : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาด

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

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

**ตารางที่ 5.26** : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาด

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

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 5.27 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาอืดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษารวดเร็วและเวลาในการสับขนาด

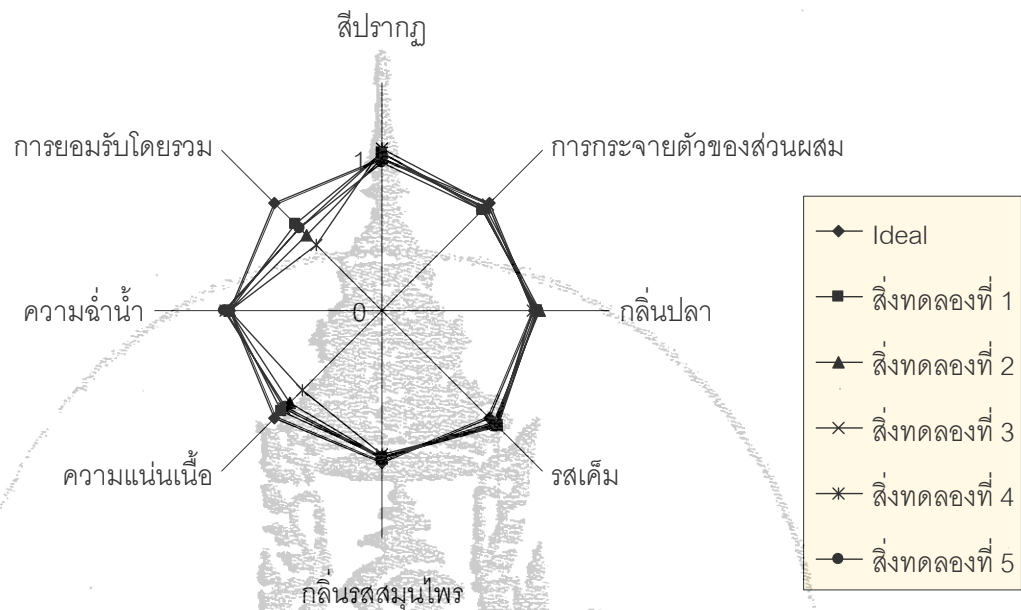
สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัว ของส่วนผสม	กลิ่นปลา	รสเค็ม
1	1.04 ± 0.07	0.94 ± 0.09	1.02 ± 0.15	1.08 ± 0.13
2	1.00 ± 0.11	0.97 ± 0.10	1.04 ± 0.14	1.04 ± 0.15
3	1.04 ± 0.07	0.95 ± 0.08	1.01 ± 0.11	1.06 ± 0.13
4	1.06 ± 0.10	0.98 ± 0.18	1.00 ± 0.15	1.07 ± 0.11
5	0.98 ± 0.08	0.94 ± 0.11	1.03 ± 0.17	1.07 ± 0.16

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	กลิ่นรส สมุนไพร	ความแน่นเนื้อ	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับ โดยรวม
1	0.96 ± 0.11	0.94 ± 0.09 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.09	0.81 ± 0.08 <sup>a</sup>
2	0.96 ± 0.16	0.87 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.01 ± 0.14	0.71 ± 0.11 <sup>b</sup>
3	0.98 ± 0.09	0.91 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.03 ± 0.12	0.77 ± 0.08 <sup>ab</sup>
4	0.91 ± 0.18	0.73 ± 0.25 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.19	0.60 ± 0.17 <sup>c</sup>
5	0.97 ± 0.12	0.90 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.04 ± 0.13	0.77 ± 0.09 <sup>ab</sup>

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

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสูตรจะนำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม แสดงได้ดังภาพที่ 5.8



ภาพที่ 5.8 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอัตราเร็วและเวลาในการสับนวด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ดังตารางที่ 5.25 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 5.27 และภาพที่ 5.10 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วและเวลาในการสับนวดผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม และความชุ่มน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) 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 และความชุ่มน้ำอยู่ในช่วง 1.00 – 1.04 แต่พบว่าอัตราเร็วและเวลาในการสับนวดผลิตภัณฑ์มีผลทำให้ความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) จะเห็นได้ว่าการใช้อัตราเร็วสูง

และเวลาในการสับขนาดาน ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นุ่ม และ ไม่แน่นเนื้อ ทั้งนี้เพราะการสับขนาดานเกินไป (Over chopping) เป็นผลให้เม็ดไขมันถูกตัดแบ่งเป็นเม็ดเล็ก ๆ ไขมันมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กลงและผิวหน้าของเม็ดไขมันเพิ่มขึ้น จนกระทั่งผิวของไขมันมีความมันใสมากจนสารละลายโปรตีนไม่สามารถหุ้มไว้ได้ อีมีลชั้นจึงไม่เกาะตัว (Pearson and Gillett, 1999) เมื่อพิจารณาที่ความชอบด้านความแน่นเนื้อนั้น พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 ได้รับความชอบด้านความแน่นเนื้อมากที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.94 ถือว่าเข้าใกล้ 1 มาก นอกจากนี้การยอมรับโดยรวมของสิ่งทดลองที่ 1 ได้รับความยอมรับมากที่สุดด้วย โดยมีคะแนนเท่ากับ 0.81 ดังนั้นเมื่อพิจารณาลักษณะที่มีความแตกต่างกัน 2 ด้านคือ ความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมนั้น จะเห็นได้ว่าสิ่งทดลองที่ 1 เป็นสิ่งทดลองที่ได้รับความยอมรับมากที่สุด นอกจากนี้แล้วลักษณะสำคัญด้านอื่น ๆ ก็ได้รับคะแนนเข้าใกล้ 1 ดังนี้ ด้านการกระจายตัวของส่วนผสม 0.94 ด้านกลิ่นปลา 1.02 ด้านกลิ่นรสสมุนไพร 0.96 ด้านรสเค็ม 1.08 และด้านความฉ่ำน้ำ 1.00

กระบวนการสับขนาดที่เหมาะสมในการผลิตปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรนั้นขึ้นอยู่กับอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาด ซึ่งส่งผลต่อคุณลักษณะด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวม โดยอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาดที่เหมาะสมที่สุดคือ สิ่งทดลองที่ 1 คือใช้อัตราเร็ว 1273 rpm เวลาทั้งหมด 8 นาที



## ตอนที่ 2.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสม เส้นใยอาหารและสมุนไพร

การศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiment รวมกับการทดลองที่จุดกึ่งกลาง แสดงผลค่าทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 5.28, 5.29 และ 5.30 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.28 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสม เส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้ม

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

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 5.29 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสม เส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้ม

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

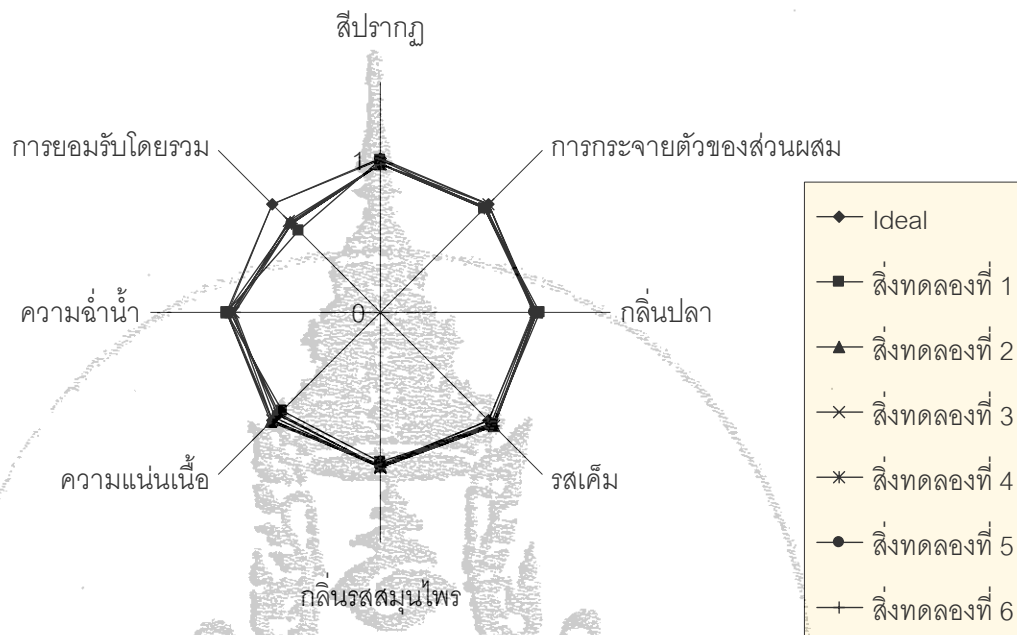
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 5.30 : ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมัน ผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้ม

สิ่งทดลอง	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส			
	สีปรากฏ	การกระจายตัว	กลิ่นปลา	รสเค็ม
	ของส่วนผสม			
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 5.9



ภาพที่ 5.9 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอด ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร จากการศึกษาคุณภูมิและเวลาในการต้ม

#### การวิเคราะห์ทางสถิติ

เมื่อนำค่าเฉลี่ยคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) และหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระหลายตัว (ได้แก่ คุณภูมิและเวลา) 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

$$\begin{aligned} \text{ความแน่นเนื้อ} &= 0.958 - 0.0425(T*M) & R^2 &= 0.8940 \\ \text{การยอมรับโดยรวม} &= 0.815 - 0.0275(T*M) + 0.0175(M) & R^2 &= 0.9340 \end{aligned}$$

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

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

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

เมื่อ T หมายถึง อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

M หมายถึง เวลา (นาที)

$R^2$  คือ Coefficient of determination

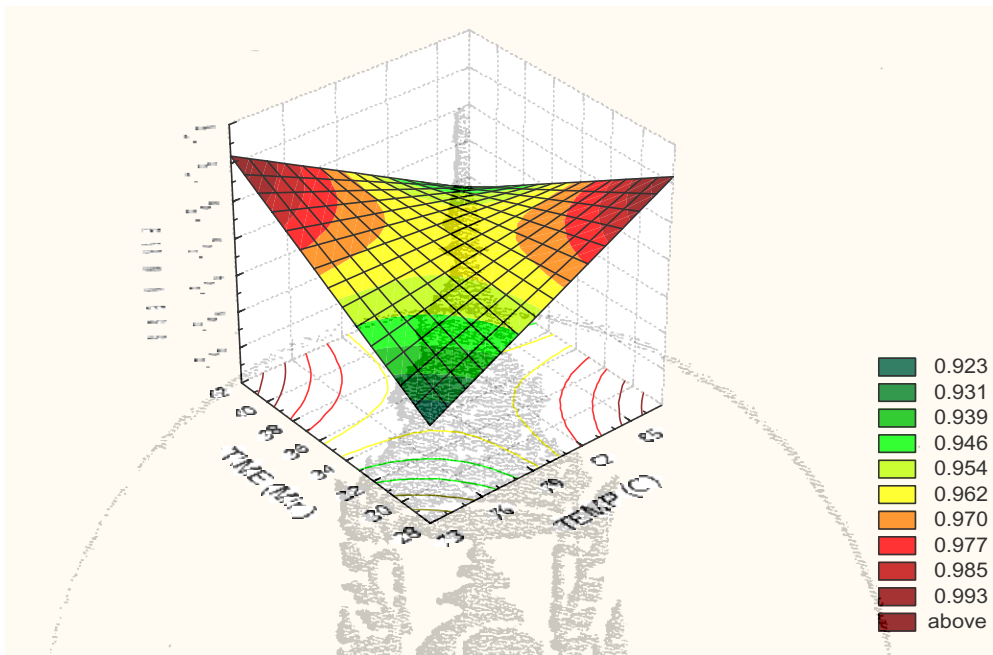
เมื่อนำสมการถอดรหัสมาสร้างกราฟพื้นที่ตอบสนองเพื่อหาระดับอุณหภูมิและเวลาดัมที่ ทำให้ค่าความชอบด้านเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ พบว่าความชอบด้านความแน่นเนื้อมีความใกล้เคียงกับ 1 เมื่อใช้ อุณหภูมิและเวลาที่ระดับสูงหรือต่ำ โดยที่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงควรใช้เวลาน้อยในการดัม ในขณะที่ ถ้าเลือกใช้อุณหภูมิต่ำควรเลือกใช้เวลานาน เมื่อพิจารณาด้านการยอมรับโดยรวมจากกราฟพื้นที่ตอบสนองพบว่า ผลลัพธ์ที่จะได้รับการยอมรับมากที่สุดถ้าใช้อุณหภูมิต่ำและเวลานานในการดัม

ผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับความชอบด้านความแน่นเนื้อ ดังนั้นเมื่อแปรผันอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ สามารถทำนายคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมได้ดังตารางที่ 5.31

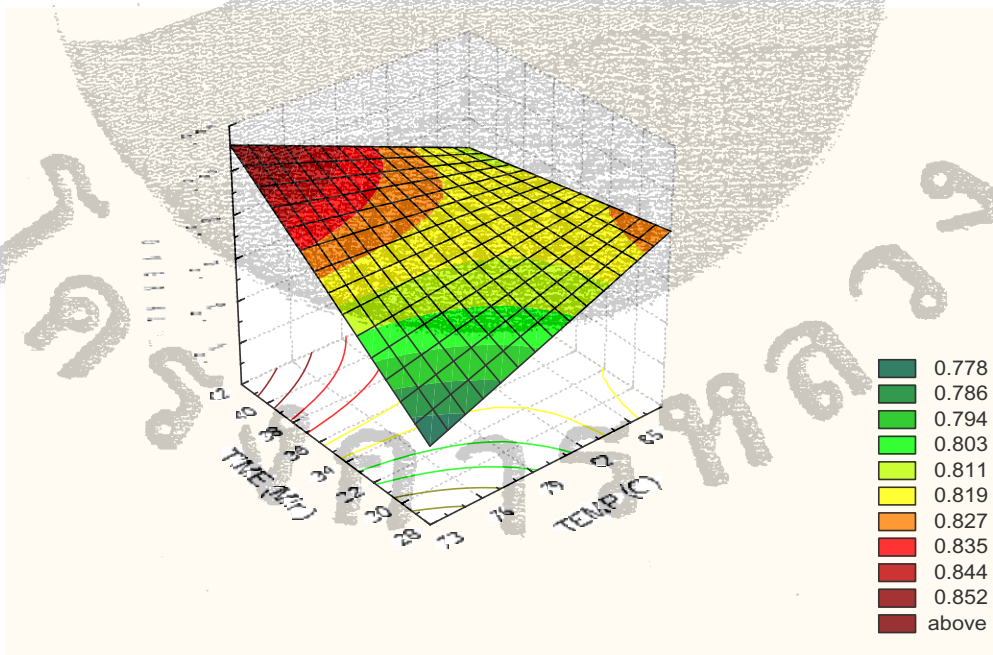
ตารางที่ 5.31 : การทำนายคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมเมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์

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



ภาพที่ 5.10 : กราฟพื้นผิวตอบสนองของคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อ เมื่อผันแปร ปริมาณอุณหภูมิและเวลาในการต้ม



ภาพที่ 5.11 : กราฟพื้นผิวตอบสนองของคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวม เมื่อผันแปร ปริมาณอุณหภูมิและเวลาในการต้ม

### ตอนที่ 3 การผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอด อดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรจากสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์จากสูตรและกระบวนการผลิตที่ได้ทำการศึกษามาแล้ว พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัส

#### สูตรการผลิต

##### ■ ส่วนผสมหลัก

เนื้ปลา	ร้อยละ 73.30
ไขมัน	ร้อยละ 10.00
น้ำแข็ง	ร้อยละ 14.00
สารทดแทนไขมัน	ร้อยละ 2.70

(ประกอบด้วยโปรตีนถั่วเหลืองกับคาร์ราจีแนน อัตราส่วน 3:1)

##### ■ ส่วนผสมสมุนไพร

เสจ	ร้อยละ 39.59
เลมอนบาล์ม	ร้อยละ 30.22
กะเพรา	ร้อยละ 30.19

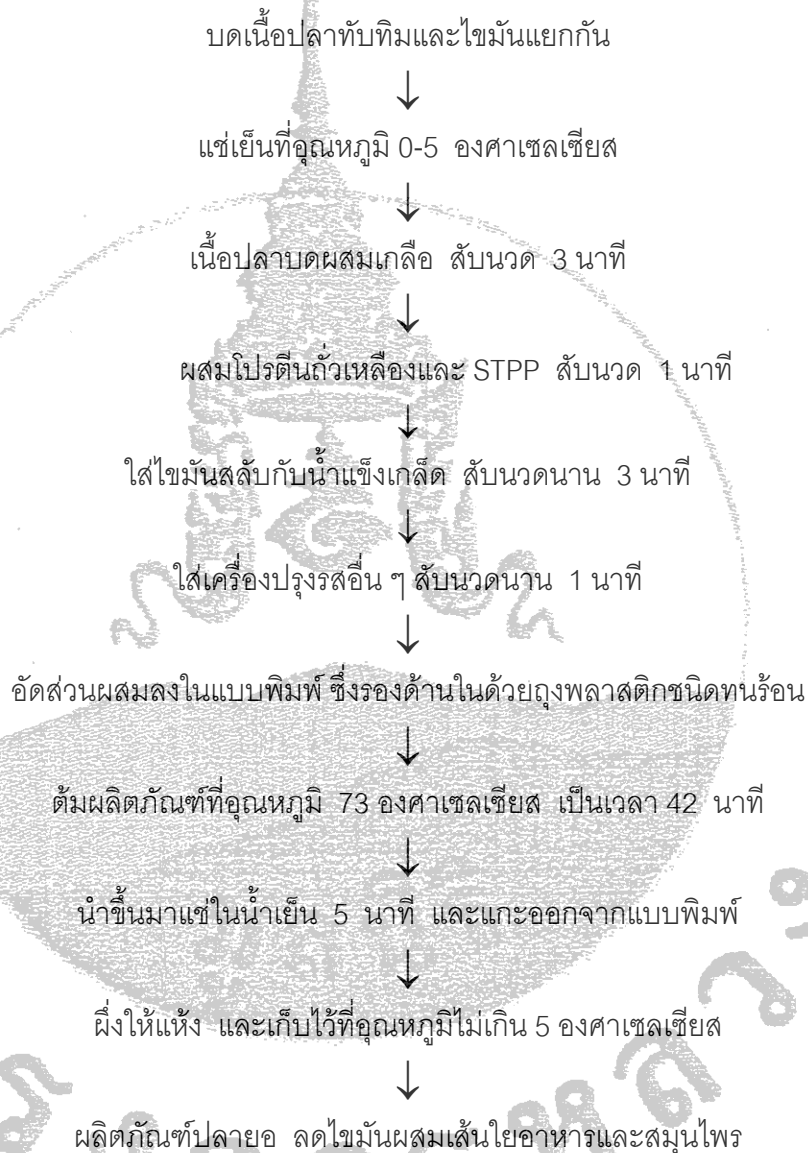
##### ■ ส่วนผสมเส้นใยอาหาร

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 5.12



ภาพที่ 5.12 : กระบวนการผลิตปลายอด ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร



ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ เคมีและทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ปลายอด ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมแสดงดังต่อไปนี้

#### คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

สีปรากฏ	$1.01 \pm 0.02$
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	$1.04 \pm 0.05^*$
การยอมรับโดยรวม	$0.92 \pm 0.08^*$

#### คุณภาพด้านกายภาพ

ค่าสี L (ความสว่าง)	$69.19 \pm 0.49$
ค่าสี a (สีแดง - เขียว)	$0.31 \pm 0.07$
ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน)	$15.04 \pm 0.39$
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	$6.06 \pm 0.12$

#### คุณภาพด้านเคมี

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

ปริมาณกรดซอร์บิค

280.27 ± 2.34

**คุณภาพด้านจุลินทรีย์**

เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

&lt; 30 โคโลนี/กรัม

ยีสต์และรา

ไม่พบ

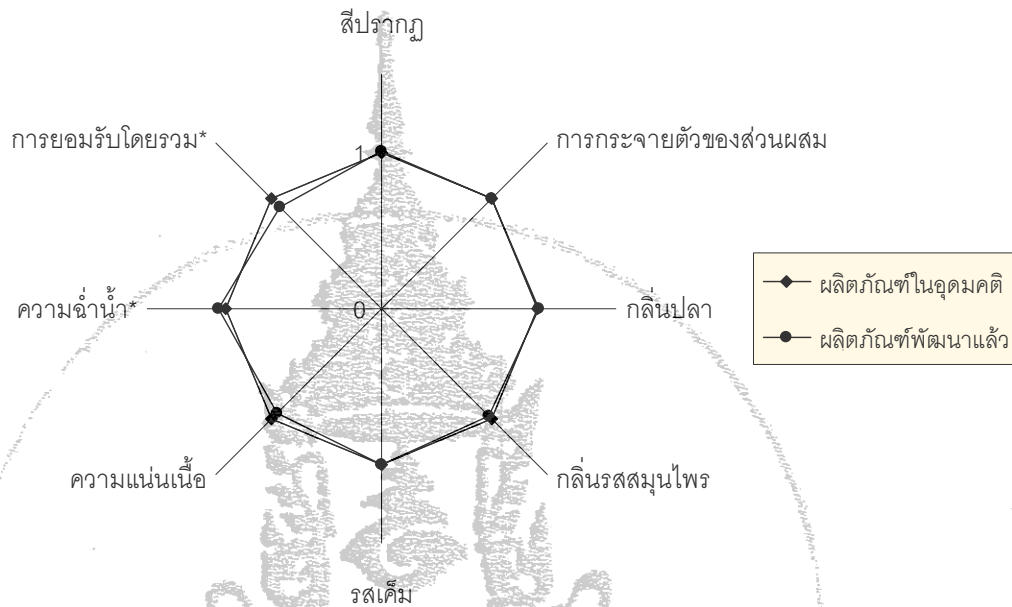
*Escherichia coli.*

ไม่พบ

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

เมื่อพิจารณาคูณลักษณะทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา พบว่าผลิตภัณฑ์มีระดับโปรตีนค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 26.29 ทั้งนี้เพราะผลิตภัณฑ์มีโปรตีนจากเนื้อปลาและโปรตีนถั่วเหลืองที่ใช้ในสูตรการผลิตเพื่อทดแทนไขมัน ส่วนปริมาณไขมันเพียงร้อยละ 7.87 ซึ่งเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันตามท้องตลาดซึ่งมีไขมันในปริมาณร้อยละ 20 - 30 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนานี้มีปริมาณไขมันต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดถึงร้อยละ 60.65 - 73.76 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดตามเงื่อนไขการกล่าวอ้างด้านโภชนาการในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 เรื่องฉลากโภชนาการ กำหนดให้อาหารที่สามารถกล่าวอ้างว่ามีการลดไขมันนั้นต้องมีปริมาณไขมันต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เทียบเคียงตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องกับกฎหมายอาหารของสหรัฐอเมริกา (Pearson and Gillett, 1999) ส่วนด้านคุณภาพในด้านจุลินทรีย์ซึ่งชี้บ่งถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคนั้น อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ประเภทอาหารปรุงสุกทั่วไป ตามประกาศของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กล่าวไว้ว่าผลิตภัณฑ์ปลายोजัดเป็นอาหารประเภทปรุงสุกทั่วไป มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน  $1 \times 10^6$  cfu/กรัม ไม่พบยีสต์และรา โคลิฟอร์ม โดยวิธี MPN น้อยกว่า 500 cfu/กรัม และ *E. coli* น้อยกว่า 3 cfu/กรัม

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ideal ratio profile technique ของผลิตภัณฑ์ปลายोजอดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม นำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายोजอดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรแสดงดังภาพที่ 5.13



ภาพที่ 5.13 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอด อดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่ได้หลังการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิต

กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ปลายอด อดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม พบว่า ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวมมีค่าใกล้เคียงกับค่าสัดส่วนอุดมคติมากที่สุด 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 ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาหาความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับโดยรวมกับลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ Multiple regression ผลการวิเคราะห์ได้สมการความสัมพันธ์ คือ

$$\text{การยอมรับโดยรวม} = 0.297 + 1.643(\text{กลิ่นรสสมุนไพร}) - 0.781(\text{สีปรากฏ}) - 0.182(\text{ความฉ่ำน้ำ}) \quad R^2 = 0.9990$$

ในสมการแสดงให้เห็นว่าการตัดสินใจยอมรับผลิตภัณฑ์ปลายอด อดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่ทำการพัฒนาแล้วนั้น ผู้บริโภคพิจารณาทั้งลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ รวมถึงกลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยลักษณะปรากฏที่พิจารณาได้แก่ สีปรากฏ ด้านกลิ่นและรสชาติผู้บริโภคจะพิจารณาลักษณะกลิ่นรสสมุนไพร ด้านเนื้อสัมผัสผู้บริโภคพิจารณาด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์

ภาควิชาการอาหารและโภชนาการ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

#### ตอนที่ 4 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมัน ผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

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

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

### การเปลี่ยนแปลงแรงเฉือน (Shear force) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.32 และภาพที่ 5.14 แสดงให้เห็นว่าค่าแรงเฉือนลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นเป็น 6.06 และมีค่าลดลงจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาการเก็บตั้งแต่ 7 วัน อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ค่าแรงเฉือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์มีลักษณะไม่เป็นแนวโน้มเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอในการวัดแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ เกิดจากเส้นใยอาหารที่เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ซึ่งมีลักษณะเป็นชิ้นและไม่เป็นเนื้อเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ ทำให้ถ้าการวัดครั้งใดไปมีดสัมผัสกับชิ้นเส้นใยอาหาร ผลการวัดค่าแรงเฉือนจะมีค่าสูง เพราะต้องใช้แรงในการตัดผลิตภัณฑ์สูงกว่าชิ้นตัวอย่างที่ตัดแล้วไม่สัมผัสกับชิ้นเส้นใยอาหาร แม้จะสุ่มจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์แห่งเดียวกันก็ตาม

### การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

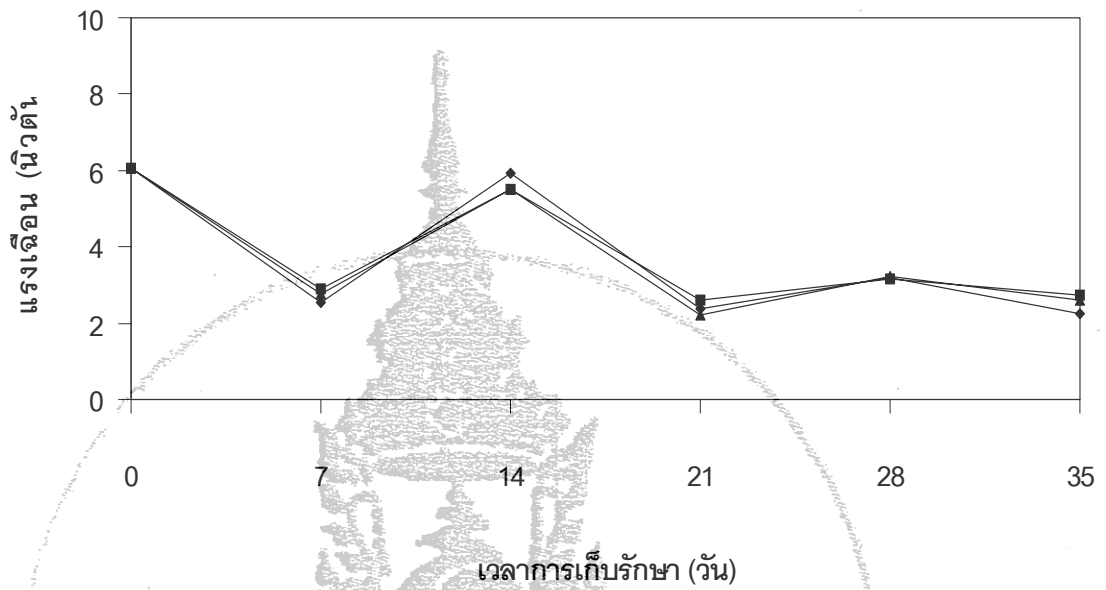
การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.32 และภาพที่ 5.15 แสดงให้เห็นว่าค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงการเก็บรักษา เพราะทุก ๆ ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์มีค่าสี L (ความสว่าง) ไม่แตกต่างที่เวลาเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) นอกจากนี้แล้วอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก็ไม่มีผลทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 5.32 : การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน และค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ดัดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

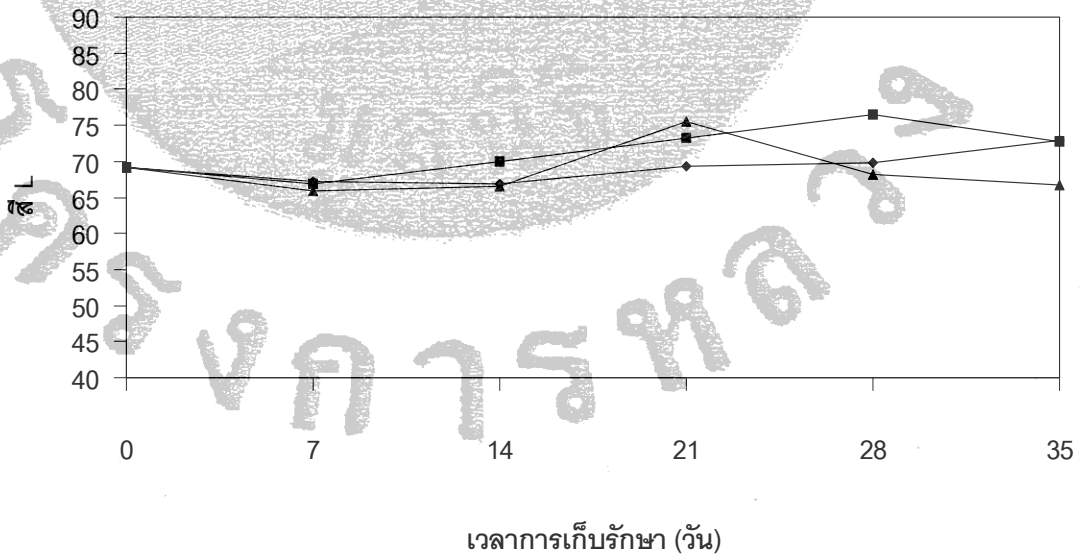
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	แรงเฉือน (นิวตัน)						เฉลี่ย**
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	
1	6.06 ± 0.12	2.53 ± 0.14	5.92 ± 0.16	2.38 ± 0.11	3.19 ± 0.16	2.26 ± 0.17	3.72 ± 1.79
5	6.06 ± 0.12	2.90 ± 0.47	5.49 ± 0.31	2.59 ± 0.44	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
<b>เฉลี่ย*</b>	<b>6.06 ± 0.01<sup>d</sup></b>	<b>2.73 ± 0.19<sup>a</sup></b>	<b>5.63 ± 0.24<sup>c</sup></b>	<b>2.40 ± 0.18<sup>a</sup></b>	<b>3.19 ± 0.04<sup>b</sup></b>	<b>2.53 ± 0.24<sup>a</sup></b>	
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี L (ความสว่าง)						เฉลี่ย**
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	
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
<b>เฉลี่ย*</b>	<b>69.19 ± 0.01<sup>ab*</sup></b>	<b>66.67 ± 0.71<sup>a</sup></b>	<b>67.78 ± 1.93<sup>ab</sup></b>	<b>72.71 ± 3.10<sup>b</sup></b>	<b>71.49 ± 4.45<sup>ab</sup></b>	<b>70.78 ± 3.52<sup>ab</sup></b>	

\*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเหมือนกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05

\*\* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05



ภาพที่ 5.14 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแรงเฉือน (Shear force) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 5.15 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าสี L (ความสว่าง) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

—□— อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส    —△— อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส    —○— อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส



**การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใย  
อาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน**

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.33 และภาพที่ 5.16 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 ลดไขมันผสมเส้นใย  
อาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน**

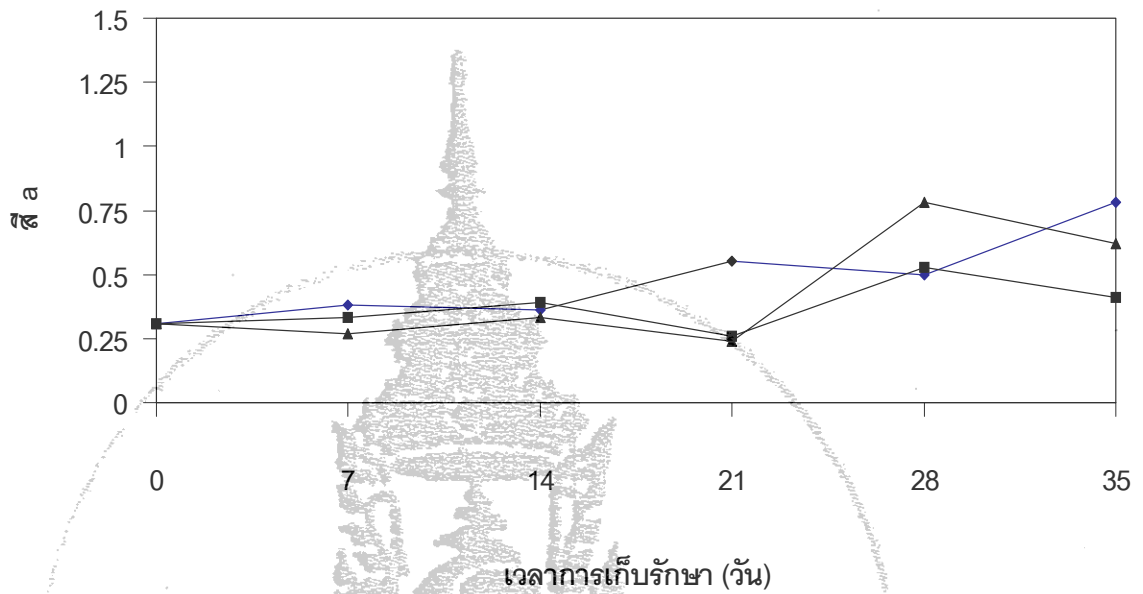
การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.33 และภาพที่ 5.17 แสดงให้เห็นว่าทั้งอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

**ตารางที่ 5.33 :** การเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) และค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์ปลาช่อน ดัดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

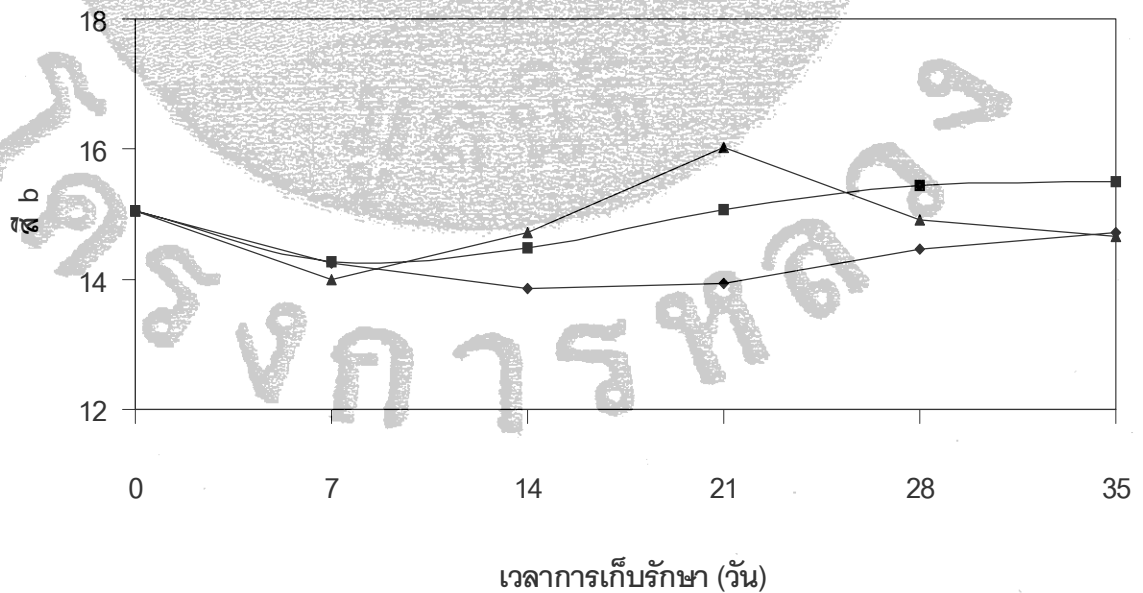
สภาวะการเก็บ (องค์าสลเชื้อ)		ค่าสี a (สีแดง-สีเขียว)					เฉลี่ย**
		เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	
1	0.31 ± 0.07	0.38 ± 0.06	0.36 ± 0.10	0.55 ± 0.14	0.50 ± 0.09	0.78 ± 0.23	0.48 ± 0.17
5	0.31 ± 0.07	0.33 ± 0.14	0.39 ± 0.07	0.26 ± 0.16	0.53 ± 0.22	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
<b>เฉลี่ย*</b>	<b>0.31 ± 0.01<sup>a</sup></b>	<b>0.33 ± 0.05<sup>a</sup></b>	<b>0.36 ± 0.03<sup>a</sup></b>	<b>0.35 ± 0.17<sup>a</sup></b>	<b>0.60 ± 0.15<sup>b</sup></b>	<b>0.60 ± 0.19<sup>b</sup></b>	
สภาวะการเก็บ (องค์าสลเชื้อ)		ค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน)					เฉลี่ย**
		เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	
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
<b>เฉลี่ย*</b>	<b>15.04 ± 0.01</b>	<b>14.17 ± 0.14</b>	<b>14.26 ± 0.36</b>	<b>15.01 ± 1.04</b>	<b>14.94 ± 0.48</b>	<b>14.95 ± 0.47</b>	

\*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเหมือนกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05

\*\* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05



ภาพที่ 5.16 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 5.17 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

—◇— อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส    —□— อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส    —△— อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

### การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.34 และภาพที่ 5.18 แสดงว่าปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อวันเริ่มต้นเป็น 69.20 และมีค่าสูงสุดที่อายุการเก็บรักษา 35 วัน นอกจากนี้แล้วปริมาณน้ำยังเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 7 วันขึ้นไป แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ไม่มีผลทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

### การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ ( $A_w$ ) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

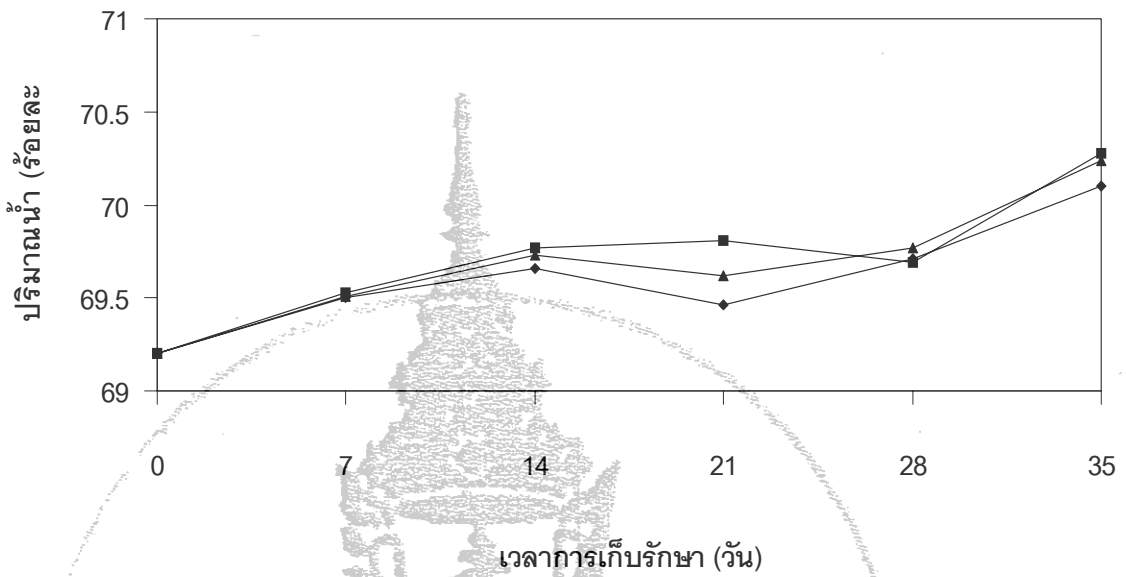
การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ ( $A_w$ ) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.34 และภาพที่ 5.19 แสดงให้เห็นว่าทั้งอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ไม่มีผลทำให้ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ ( $A_w$ ) ของผลิตภัณฑ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 5.34 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์และค่าที่เป็นประโยชน์ (Aw) ของผลิตภัณฑ์ปลาออล ดัดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

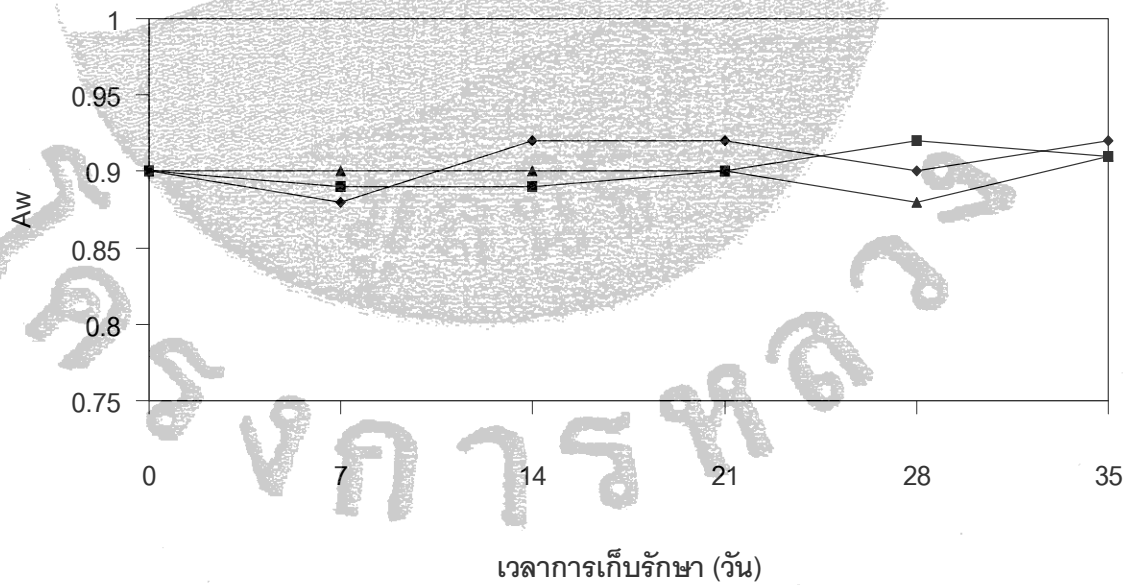
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)		ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ)							เฉลี่ย**
		เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน		
1	69.20 ± 0.15	69.50 ± 0.11	69.66 ± 0.11	69.46 ± 0.12	69.71 ± 0.04	70.10 ± 0.29	69.61 ± 0.30		
5	69.20 ± 0.15	69.53 ± 0.09	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		
<b>เฉลี่ย*</b>	69.20 ± 0.01 <sup>a</sup>	69.51 ± 0.01 <sup>b</sup>	69.72 ± 0.05 <sup>c</sup>	69.63 ± 0.18 <sup>bc</sup>	69.70 ± 0.01 <sup>c</sup>	70.21 ± 0.09 <sup>d</sup>			
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)		ค่าที่เป็นประโยชน์ (Aw)							เฉลี่ย**
		เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน		
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		
<b>เฉลี่ย*</b>	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 ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเหมือนกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05

\*\* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05



ภาพที่ 5.18 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 5.19 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

—◆— อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส    —▼— อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส    —◐— อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

### การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.35 และภาพที่ 5.20 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 5.35 และภาพที่ 5.21 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

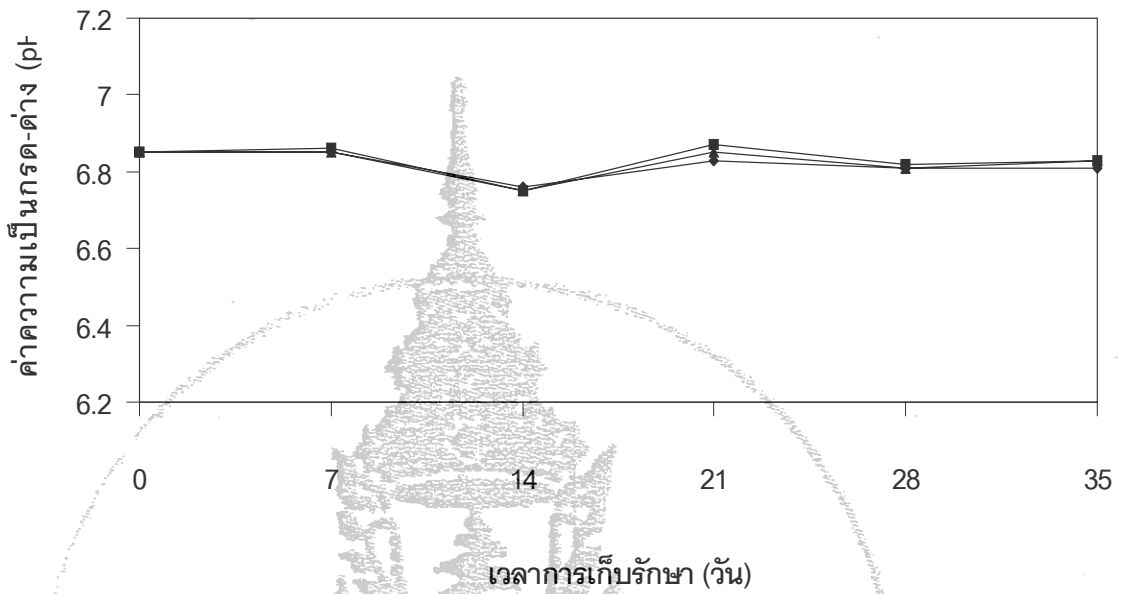
**ตารางที่ 5.35 :** การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่า Thiobarbituric acid number ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและ  
 ไขมันพืชรหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)		ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)							เฉลี่ย**
		เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน		
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	
<b>เฉลี่ย*</b>		6.85 ± 0.01 <sup>c</sup>	6.85 ± 0.01 <sup>c</sup>	6.75 ± 0.01 <sup>a</sup>	6.85 ± 0.02 <sup>c</sup>	6.81 ± 0.01 <sup>b</sup>	6.82 ± 0.01 <sup>b</sup>		
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)		ค่า Thiobarbituric acid number (TBA)							เฉลี่ย**
		เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน		
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	
<b>เฉลี่ย*</b>		0.51 ± 0.01	0.60 ± 0.22	0.45 ± 0.05	0.46 ± 0.07	0.47 ± 0.08	0.47 ± 0.08		

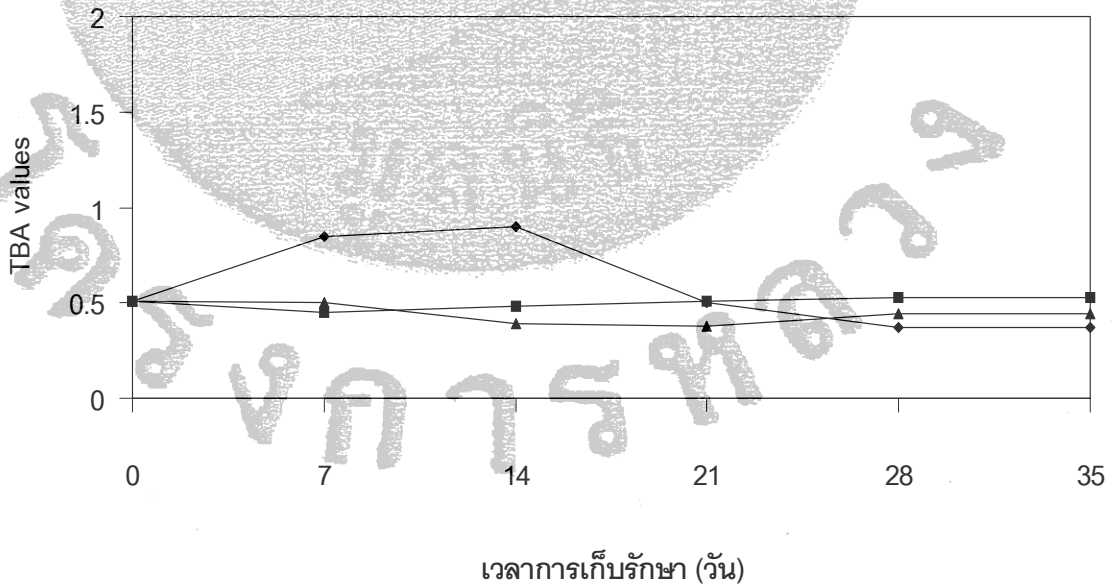
\*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05

\*\* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05





ภาพที่ 5.20 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 5.21 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่า Thiobarbituric acid number ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

—□— อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส    —▽— อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส    —○— อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

### การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีที่ปรากฏ ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.36 และภาพที่ 5.22 แสดงให้เห็นว่าความชอบด้านสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์นั้นได้รับการยอมรับใกล้เคียงกัน แต่พบว่าที่ระยะการเก็บรักษา 7 วัน ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือ 0.98 ซึ่งมีความแตกต่างกันระยะการเก็บรักษาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านสีที่ปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

### การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

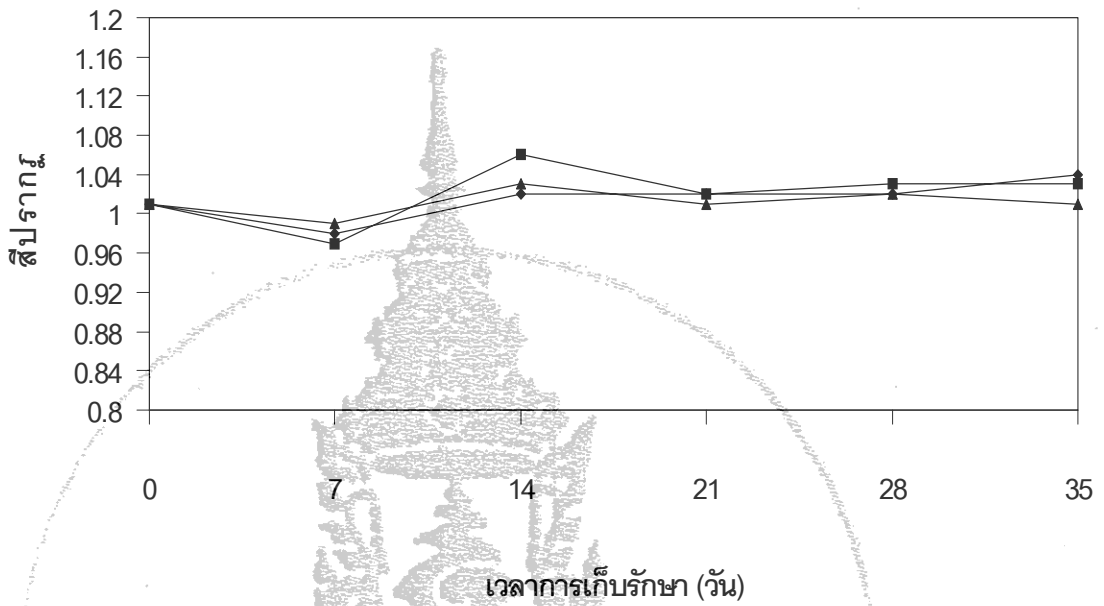
การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.36 และภาพที่ 5.23 แสดงให้เห็นว่าทั้งอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

**ตารางที่ 5.36 :** การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีที่ปรากฏ และการกระจายตัวของส่วนผสม ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ดต.ไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรใน ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

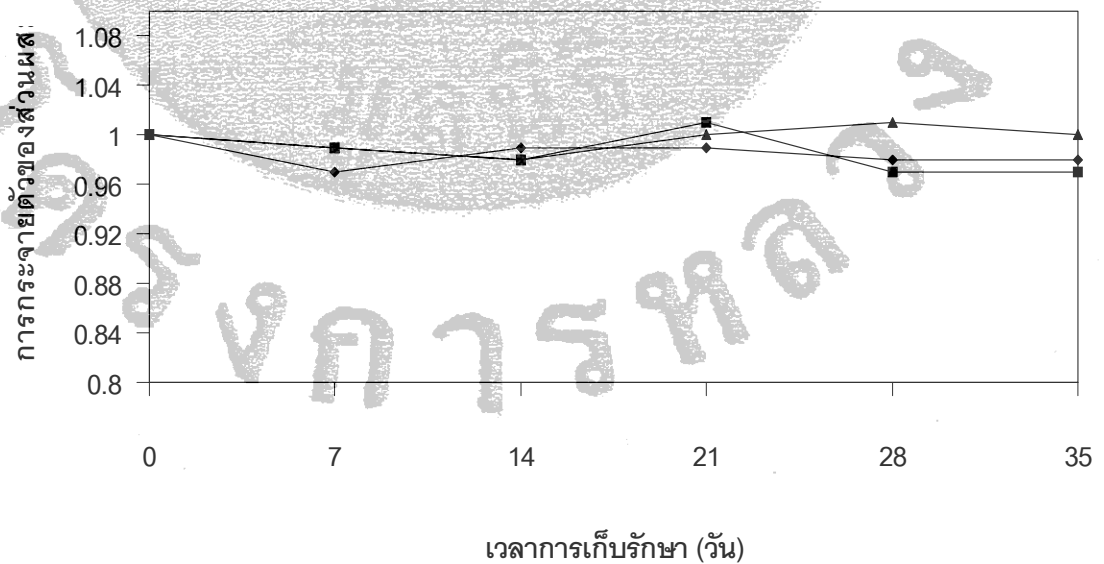
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)		สีที่ปรากฏ							เฉลี่ย**
		เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน		
1	1.01 ± 0.02	0.98 ± 0.08	1.02 ± 0.06	1.02 ± 0.04	1.02 ± 0.13	1.04 ± 0.18	1.01 ± 0.08		
5	1.01 ± 0.02	0.97 ± 0.11	1.06 ± 0.08	1.02 ± 0.02	1.03 ± 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		
<b>เฉลี่ย*</b>	<b>1.01 ± 0.01<sup>a</sup></b>	<b>0.98 ± 0.08<sup>b</sup></b>	<b>1.03 ± 0.06<sup>a</sup></b>	<b>1.01 ± 0.02<sup>a</sup></b>	<b>1.01 ± 0.06<sup>a</sup></b>	<b>1.02 ± 0.08<sup>a</sup></b>			
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)		การกระจายตัวของส่วนผสม							เฉลี่ย**
		เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน		
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		
<b>เฉลี่ย*</b>	<b>1.00 ± 0.01</b>	<b>0.99 ± 0.05</b>	<b>0.98 ± 0.03</b>	<b>1.00 ± 0.01</b>	<b>0.99 ± 0.05</b>	<b>0.99 ± 0.05</b>			

\*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเหมือนกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05

\*\* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05



ภาพที่ 5.22 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านรสปร่ากรูของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 5.23 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านการกระจายตัวของส่วนผสมผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

—○— อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส    —▽— อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส    —◻— อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

### การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านกลิ่นปลาของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านกลิ่นปลาของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.37 และภาพที่ 5.24 แสดงให้เห็นว่าทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านกลิ่นปลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )

### การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.37 และภาพที่ 5.25 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.05$ ) โดยมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานาน 28 และ 35 วัน โดยที่เวลาการเก็บรักษา 35 วันมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรต่ำที่สุดคือ 0.93 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )

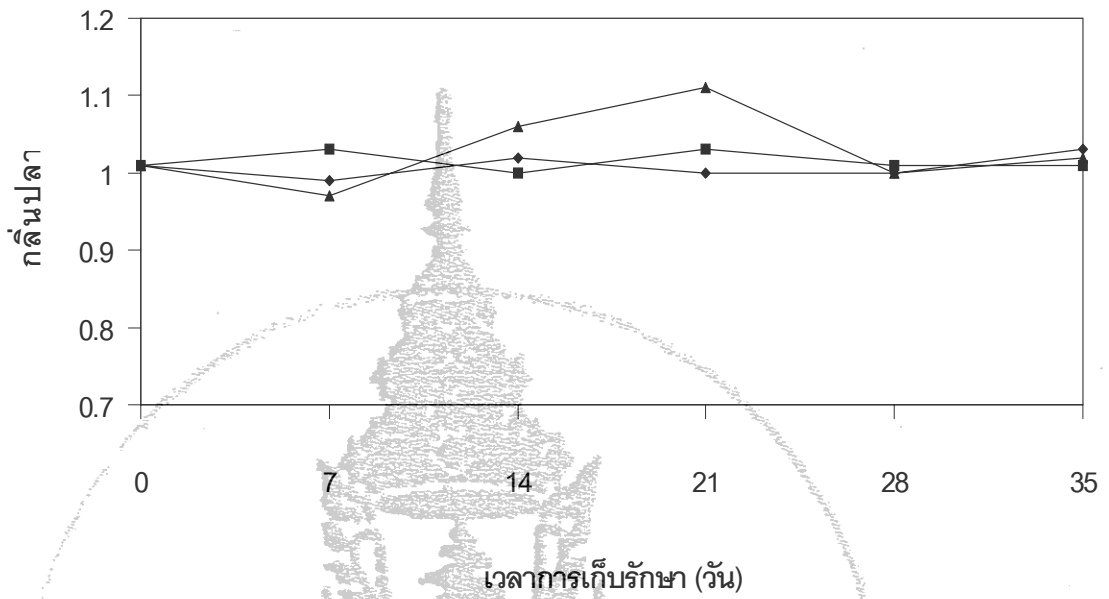
ภาควิชาการทดลอง

**ตารางที่ 5.37 : การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านกลิ่นปลา และกลิ่นรสสมุนไพรรองผลิตภัณฑ์ปลายขอ ดัดแปรผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์**

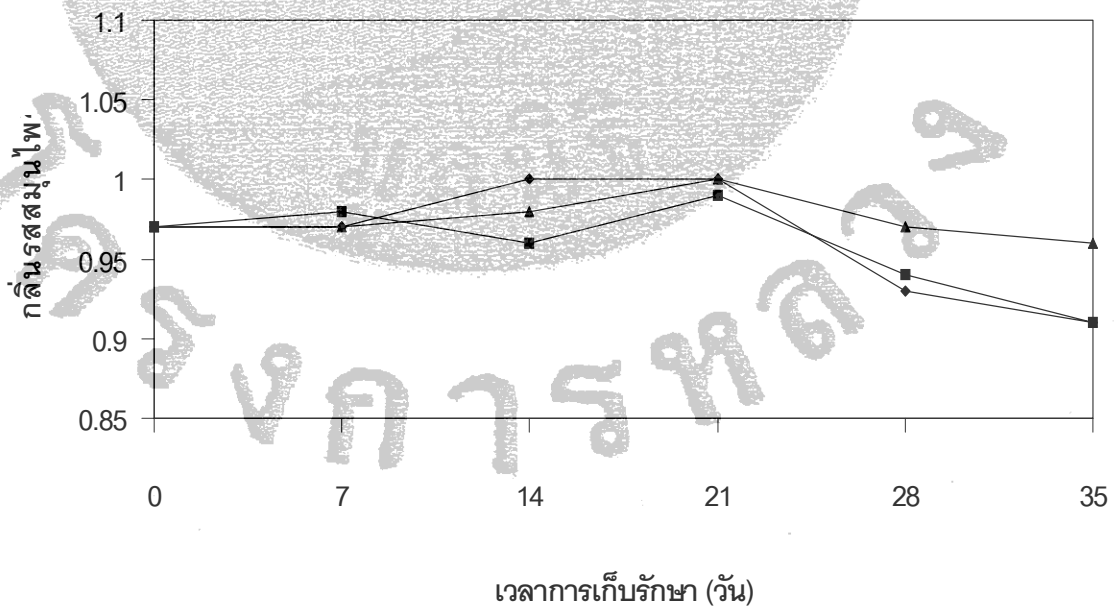
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	กลิ่นปลา							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	เฉลี่ย**	
1	1.01 ± 0.02	0.99 ± 0.11	1.02 ± 0.10	1.00 ± 0.01	1.00 ± 0.08	1.03 ± 0.12	1.00 ± 0.08	
5	1.01 ± 0.02	1.03 ± 0.07	1.00 ± 0.10	1.03 ± 0.08	1.01 ± 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	
<b>เฉลี่ย*</b>	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)	กลิ่นรสสมุนไพรร							
	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	
<b>เฉลี่ย*</b>	0.97 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.98 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.98 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.95 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.93 ± 0.07 <sup>b</sup>		

\*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเหมือนกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05

\*\* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05



ภาพที่ 5.24 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านกลินปลาของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์



**ภาพที่ 5.25 :** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านกลิ่นรสสมุนไพรของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

—U— อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส    —V— อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส    —σ— อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส  
**การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน**

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.38 และภาพที่ 5.26 แสดงให้เห็นว่าความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยที่เริ่มต้นของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้รับความชอบด้านรสเค็มมากที่สุดคือ 1.00 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านรสเค็มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

**การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน**

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.38 และภาพที่ 5.27 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความชอบด้านความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ที่เวลาการเก็บรักษา 35 วันมีคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อต่ำที่สุดคือ 0.85 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

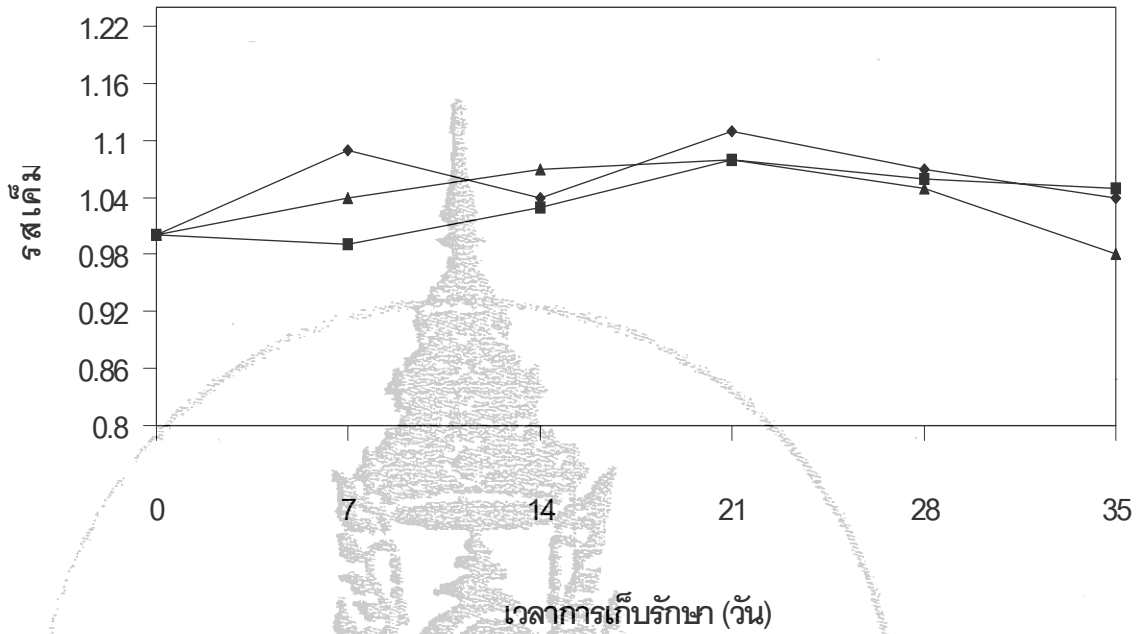


**ตารางที่ 5.38 :** การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเค็ม และความแน่นเนื้อ ของผลิตภัณฑ์ปลายขอ ดัดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่างการรักษา  
รักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

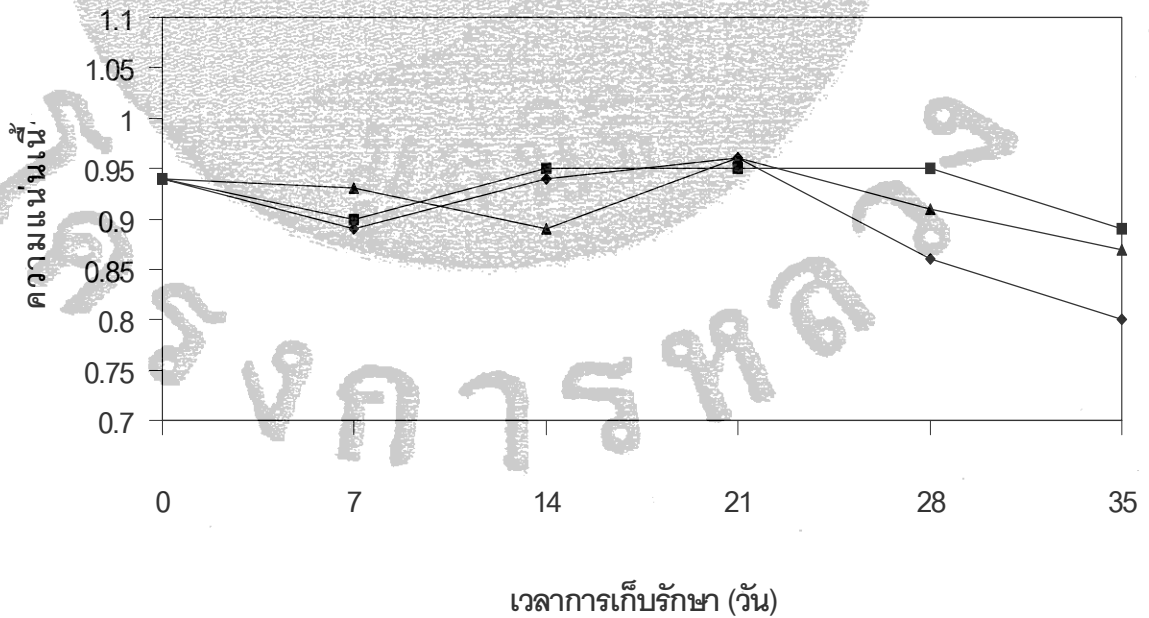
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	รสเค็ม							เฉลี่ย**
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	เฉลี่ย**	
1	1.00 ± 0.01	0.99 ± 0.07	1.03 ± 0.06	1.08 ± 0.10	1.06 ± 0.12	1.05 ± 0.11	1.03 ± 0.09	
5	1.00 ± 0.01	1.04 ± 0.12	1.07 ± 0.11	1.08 ± 0.08	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	
<b>เฉลี่ย*</b>	<b>1.00 ± 0.01<sup>a</sup></b>	<b>1.04 ± 0.12<sup>ab</sup></b>	<b>1.04 ± 0.09<sup>abc</sup></b>	<b>1.09 ± 0.09<sup>c</sup></b>	<b>1.06 ± 0.11<sup>bc</sup></b>	<b>1.02 ± 0.09<sup>ab</sup></b>		
สภาวะการเก็บ	ความแน่นเนื้อ							เฉลี่ย**
	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	
<b>เฉลี่ย*</b>	<b>0.94 ± 0.04<sup>ab*</sup></b>	<b>0.91 ± 0.09<sup>a</sup></b>	<b>0.93 ± 0.06<sup>ab</sup></b>	<b>0.95 ± 0.04<sup>b</sup></b>	<b>0.91 ± 0.11<sup>a</sup></b>	<b>0.85 ± 0.11<sup>c</sup></b>		

\*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเหมือนกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.05$

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



ภาพที่ 5.26 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 5.27 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

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

### **การเปลี่ยนแปลงค่าความชอบด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน**

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.39 และ ภาพที่ 5.28 แสดงให้เห็นว่าความชอบด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยที่เวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 28 วันได้รับความชอบด้านความฉ่ำน้ำดีที่สุดคือ 0.99 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านความฉ่ำน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

### **การเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน**

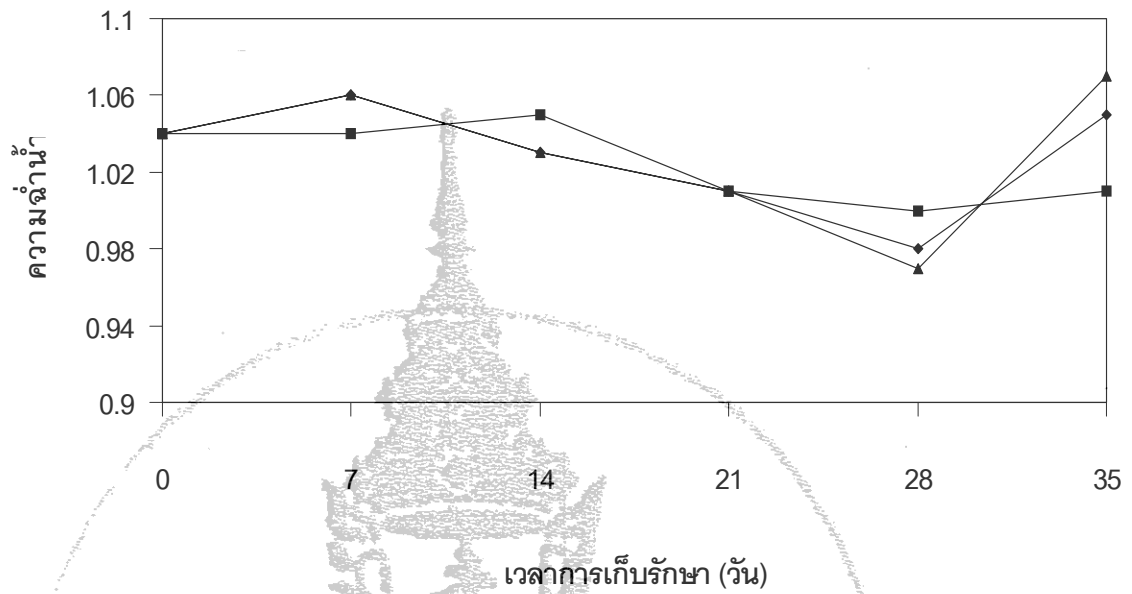
การเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แสดงใน ตารางที่ 5.39 และ ภาพที่ 5.29 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยที่เริ่มต้นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับโดยรวมมากที่สุดคือ 0.92 และที่การเก็บรักษา 7 วันเริ่มได้รับการยอมรับโดยรวมลดลงและลดลงเรื่อยๆ ตามการเก็บรักษา ที่เวลาการเก็บรักษา 35 วัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับโดยรวมต่ำที่สุดคือ 0.66 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการยอมรับโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

**ตารางที่ 5.39 :** การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านความจำเป็น และการยอมรับโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในระหว่าง การเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

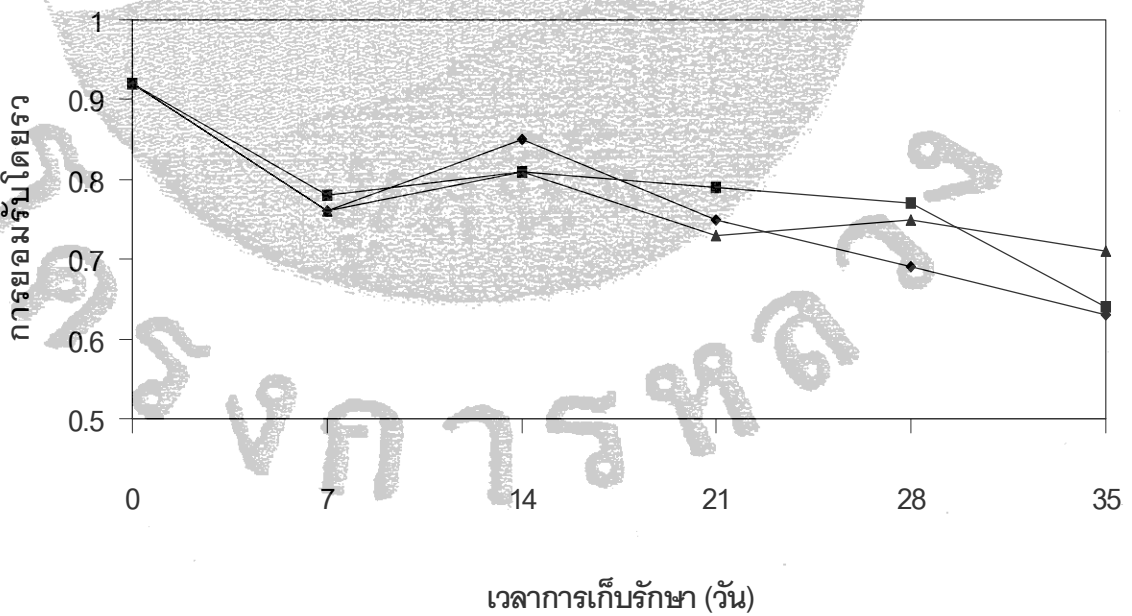
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)		ความจำเป็น							เฉลี่ย**
		เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน		
1 °C	1.04 ± 0.05	1.06 ± 0.13	1.03 ± 0.04	1.01 ± 0.08	0.98 ± 0.11	1.05 ± 0.02	1.03 ± 0.09		
5 °C	1.04 ± 0.05	1.04 ± 0.10	1.05 ± 0.06	1.01 ± 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		
<b>เฉลี่ย*</b>	<b>1.04 ± 0.05<sup>a</sup></b>	<b>1.05 ± 0.12<sup>a</sup></b>	<b>1.04 ± 0.05<sup>a</sup></b>	<b>1.01 ± 0.05<sup>ab</sup></b>	<b>0.99 ± 0.08<sup>b</sup></b>	<b>1.04 ± 0.07<sup>a</sup></b>			
สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)		การยอมรับโดยรวม							เฉลี่ย**
		เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน		
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		
<b>เฉลี่ย*</b>	<b>0.92 ± 0.08<sup>a</sup></b>	<b>0.77 ± 0.11<sup>c</sup></b>	<b>0.82 ± 0.10<sup>b</sup></b>	<b>0.75 ± 0.14<sup>c</sup></b>	<b>0.74 ± 0.11<sup>c</sup></b>	<b>0.66 ± 0.09<sup>d</sup></b>			

\*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเหมือนกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05

\*\* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05



ภาพที่ 5.28 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชอบด้านความจําน้ำของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

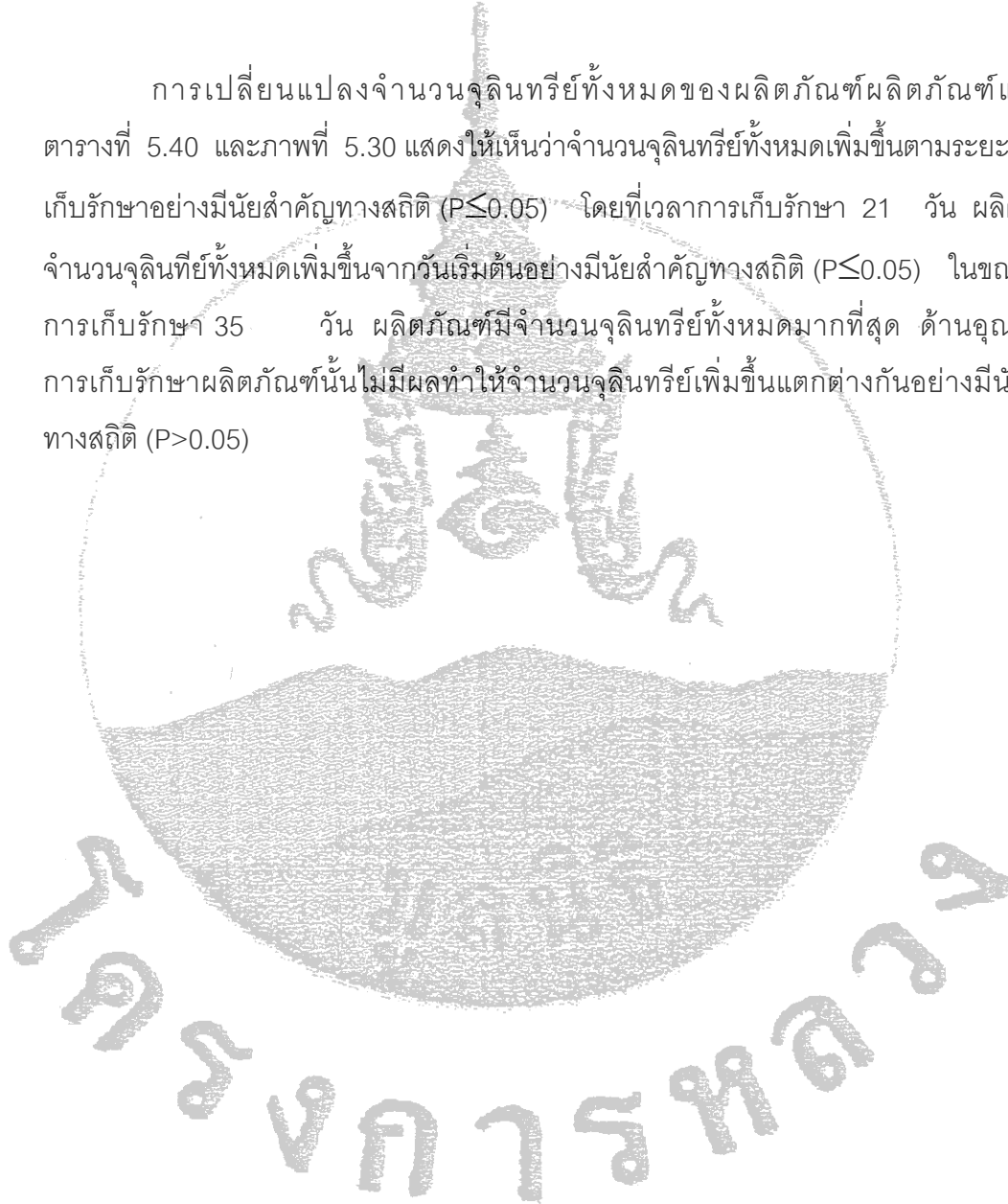


ภาพที่ 5.29 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

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

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total count) ของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมัน ผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.40 และภาพที่ 5.30 แสดงให้เห็นว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยที่เวลาการเก็บรักษา 21 วัน ผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในขณะที่เวลาการเก็บรักษา 35 วัน ผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

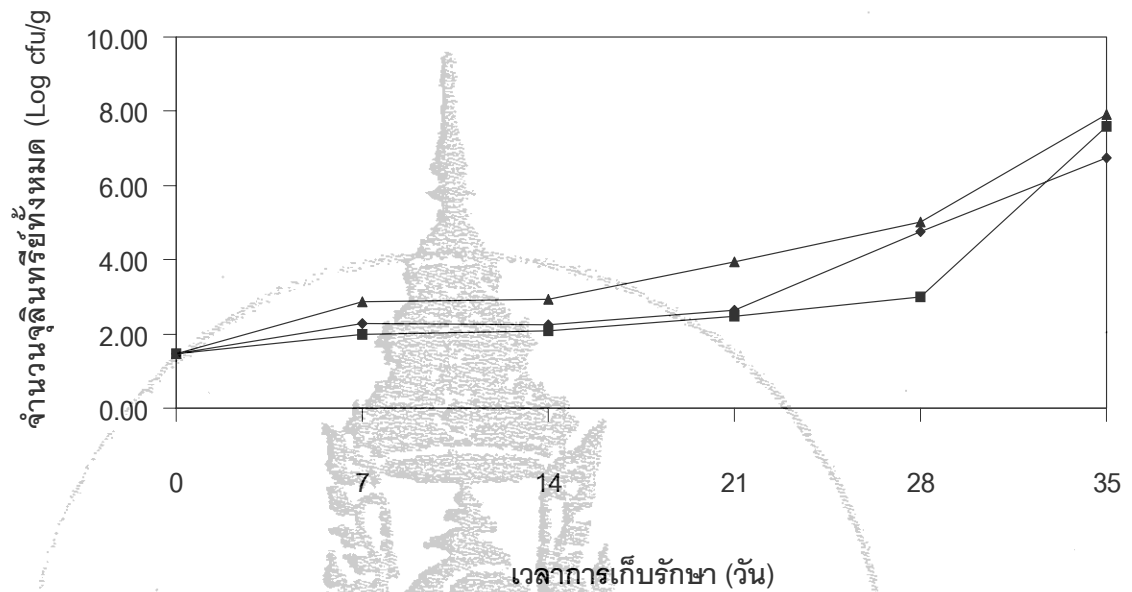


**ตารางที่ 5.40 :** การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลายอ ดัดไขมันผสมเส้นใยอาหารและผสมโปร ในระหว่างการรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

สภาวะการเก็บ (องค์ประกอบเชื้อ)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log cfu/g)						เฉลี่ย**
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 7 วัน	อายุการเก็บ 14 วัน	อายุการเก็บ 21 วัน	อายุการเก็บ 28 วัน	อายุการเก็บ 35 วัน	
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
<b>เฉลี่ย*</b>	<b>1.48 ± 0.01<sup>a</sup></b>	<b>2.380 ± 0.44<sup>ab</sup></b>	<b>2.42 ± 0.44<sup>ab</sup></b>	<b>3.02 ± 0.80<sup>b</sup></b>	<b>4.26 ± 1.10<sup>c</sup></b>	<b>7.42 ± 0.59<sup>d</sup></b>	

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

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



ภาพที่ 5.30 : 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 ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณจุลินทรีย์รวมเกินเกณฑ์กำหนด ดังนั้นจึงถือว่าคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา ซึ่งพิจารณาที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ทำได้โดยศึกษาอัตราเร็วและอันดับของปฏิกิริยา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมีขององค์ประกอบของอาหารมีชนิดของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง คือ มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลาเป็นแบบ Logarithmic ดังนั้นจึงสามารถหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณจุลินทรีย์



ทั้งหมด หรือค่า  $k$  ได้จากสมการของ Arrhenius (ดังแสดงในภาคผนวก) ของผลิตภัณฑ์ปลาอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.41

**ตารางที่ 5.41 :** อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ปลาอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรที่สภาวะการเก็บรักษาต่าง ๆ

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

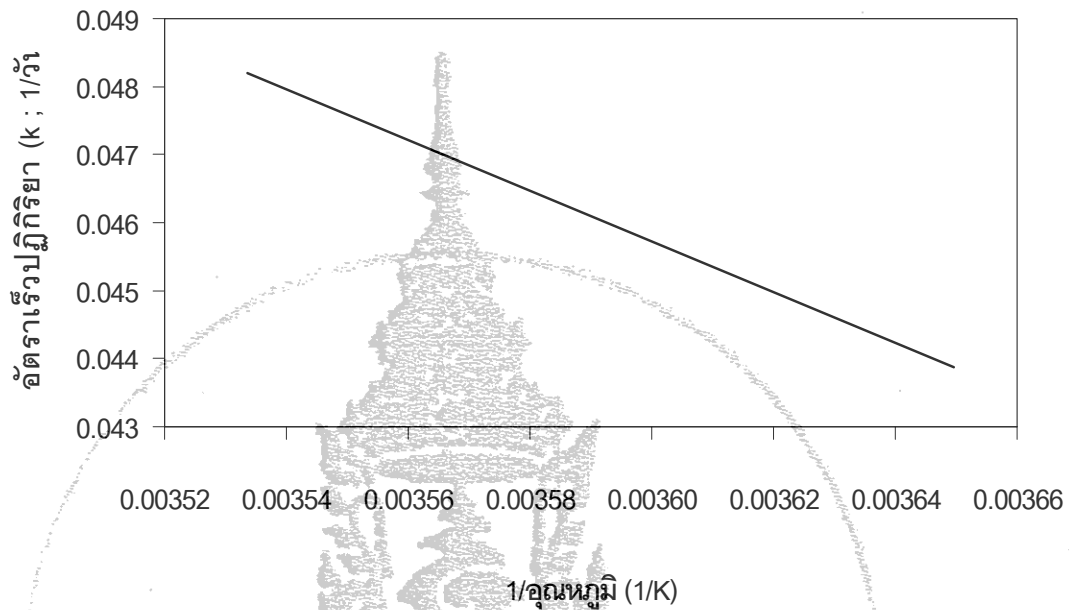
ตารางที่ 5.41 แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยา ( $k$ ) มีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น จากค่า  $k$  ที่ได้ เมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $k$  และอุณหภูมิ<sup>1</sup> ดังภาพที่ 5.31 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วของปฏิกิริยา ( $k$ ) การเปลี่ยนแปลงด้านจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่า  $k$  จะเพิ่มขึ้น และเมื่อสร้างสมการถดถอย (Linear regression) เพื่อให้คาดคะเนอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้สมการดังนี้

$$k = 0.18 - 37.196 (1/T)$$

$$R^2 = 0.8910$$

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 5.31 : กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิบัติการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิของการเก็บรักษา

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แต่ละอุณหภูมินั้นมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 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 5.42 : ต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายขอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและ  
สมุนไพร

ส่วนประกอบ	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต 1 batch 5 กก. (หน่วยกรัม)	ราคาวัตถุดิบ / กก. (บาท)	ราคาวัตถุดิบ / 1 batch (บาท)
เนื้ปลา	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 แห่ง (1 batch ผลิตได้ 35 แห่ง) น้ำหนักผลิตภัณฑ์แห่งละ 135 กรัม (บาท)			22.10

2. ค่าภาชนะบรรจุ ประมาณ 0.25 บาท/แพ่ง
  3. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในกระบวนการ ค่าไส้หุ้ย ค่าแรงงาน โดยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 30 ของค่าวัตถุดิบและค่าภาชนะบรรจุ ดังนั้นคิดเป็นเงิน 6.71 บาท/แพ่ง
  4. ค่าต้นทุนการผลิตทั้งหมด
    - ค่าวัตถุดิบ 22.10 บาท/แพ่ง
    - ค่าภาชนะบรรจุ 0.25 บาท/แพ่ง
    - ค่าใช้จ่ายอื่นๆ 6.71 บาท/แพ่ง
- รวม 29.06 บาท/แพ่ง (135 กรัม)



กรมการสหกรณ์

กระทรวงการสหกรณ์

## บทที่ 6

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

---

#### สรุปผลการทดลอง

1. การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ทำให้ทราบแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังนี้ คือ ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญได้แก่ สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม ซึ่งด้านสีปรากฏ และรสเค็มของผลิตภัณฑ์ต้นแบบอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคพอใจแล้ว ส่วนด้านการกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นรสสมุนไพร ความแน่นเนื้อ และการยอมรับโดยรวม ควรพัฒนาให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น แต่ด้านกลิ่นปลาและความฉ่ำน้ำควรปรับให้ลดลง

2. อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลัก ซึ่งประกอบด้วย เนื้อปลา ไขมัน น้ำแข็ง และสารทดแทนไขมัน (โปรตีนถั่วเหลืองกับคาร์ราจีแน้อัตราส่วน 3:1) โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ที่มีการผันแปรส่วนผสมหลัก และกำหนดให้ส่วนผสมอื่นคงที่ อัตราส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยหลักขึ้นอยู่กับ ลักษณะสำคัญด้าน สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม เมื่อนำค่าของอัตราส่วนที่เหมาะสมของลักษณะสำคัญดังกล่าวมาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมดังนี้

เนื้อปลา	ร้อยละ $73.30 \pm 1.84$
ไขมัน	ร้อยละ $10.00 \pm 1.23$
น้ำแข็ง	ร้อยละ $14.00 \pm 1.07$
สารทดแทนไขมัน	ร้อยละ $2.70 \pm 0.15$

3. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมสมุนไพร 3 ชนิดคือ เสดจ เลมอนบาล์ม และกะเพรา โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมสมุนไพรขึ้นอยู่กับ ลักษณะสำคัญด้าน สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา

กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม เมื่อนำค่าของอัตราส่วนของ เสง : เลมอนบาล์ม : กะเพรา ของลักษณะทั้งหมดดังกล่าว ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมสมุนไพร ดังนี้คือ

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

4. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมเส้นใยอาหาร 3 ชนิดคือ แครอท เห็ดหอม และสาหร่ายทะเล โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมเส้นใยอาหาร ขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้าน สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร และความแน่นเนื้อ เมื่อนำค่าของอัตราส่วนที่เหมาะสมของลักษณะทั้งหมดดังกล่าวมาเฉลี่ย ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมเส้นใยอาหารดังนี้

แครอท	ร้อยละ $39.60 \pm 3.41$
เห็ดหอม	ร้อยละ $30.20 \pm 4.04$
สาหร่ายทะเล	ร้อยละ $30.20 \pm 0.71$

5. การศึกษาเพื่อกลิ่นกรองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้แก่ เกลือ และพริกไทย ส่วนประกอบอื่น ๆ ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยรองได้แก่ น้ำตาล ผงชูรส โซเดียมไตรฟอสเฟต โพแทสเซียมซอร์เบต ส่วนผสมสมุนไพร และส่วนผสมเส้นใยอาหาร โดยสามารถกำหนดระดับการใช้ได้เท่ากับร้อยละ 3.0, 0.5, 0.1, 0.1, 0.2 และ 4.0 ตามลำดับ โดยคิดเป็นร้อยละของส่วนผสมหลัก

6. การศึกษาปริมาณการใช้เกลือ และพริกไทยที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiment (Central composite design, CCD) ซึ่งศึกษาระดับการใช้ช่วงที่เท่ากัน คือร้อยละ 1.5 - 2.5 ของส่วนผสมหลัก จากการทดลองพบว่าระดับการใช้เกลือและพริกไทยส่งผลต่อคุณภาพด้านสีปรากฏดังนี้

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

เมื่อ S หมายถึง ปริมาณการใช้เกลือ (ร้อยละของส่วนผสมหลัก)

P หมายถึง ปริมาณการใช้พริกไทย (ร้อยละของส่วนผสมหลัก)

สมการความสัมพันธ์ที่ได้ สามารถสรุปปริมาณการใช้เกลือและพริกไทยที่เหมาะสมได้แก่ ร้อยละ 2.2 และ 1.6 ตามลำดับ

7. การศึกษากระบวนการสับขนาดที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาดที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาดไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) นอกจากนี้แล้วยังไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม และความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่อัตราเร็วและเวลาในการสับขนาดที่เร็วและนานขึ้น ส่งผลให้ความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อพิจารณาความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวม สามารถสรุปได้ว่าอัตราเร็วในการสับขนาดที่เหมาะสมคือ 1273 รอบต่อนาที ระยะเวลา 8 นาที

8. การศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiment with 2 center points พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้แล้วยังไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม และความชื้น แต่อุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลต่อความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวม โดยสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้ดังนี้

$$\text{ความแน่นเนื้อ} = -1.471 - 8.673 \times 10^{-4}(T \times M) + 0.0304(T) + 0.0694(M) \quad R^2 = 0.8940$$

$$\text{การยอมรับ} = -0.8439 - 5.612 \times 10^{-4}(T \times M) + 0.0196(T) + 0.0474(M) \quad R^2 = 0.9340$$

โดยรวม

เมื่อ T หมายถึง อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

M หมายถึง เวลา (นาที)

สมการความสัมพันธ์สามารถสรุประดับอุณหภูมิและเวลาในการต้มที่เหมาะสมคือ 73 องศาเซลเซียส นาน 42 นาที ซึ่งสามารถทำนายคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อได้เท่ากับ 1.00 และการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 0.86

9. จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร พบว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้รับการยอมรับของผู้บริโภคค่อนข้างสูง ดังจะเห็นได้จาก ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้บริโภคให้คะแนนผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ เข้าใกล้ค่าอุดมคติ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนการพัฒนา จะพบว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ก่อนพัฒนาด้านการกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นรสสมุนไพร กลิ่นปลา ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์หลังการพัฒนากับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในด้านความฉ่ำน้ำและการยอมรับโดยรวม ส่วนลักษณะที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ได้แก่ ด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นรสสมุนไพร กลิ่นปลา รสเค็ม และความแน่นเนื้อ สามารถสรุปได้ว่าการยอมรับผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรนั้น พิจารณาจากลักษณะสำคัญด้านกลิ่นรสสมุนไพร สีปรากฏ และความฉ่ำน้ำ โดยแสดงดังสมการความสัมพันธ์

$$\text{การยอมรับโดยรวม} = 0.297 + 1.643(\text{กลิ่นรสสมุนไพร}) - 0.781(\text{สีปรากฏ}) - 0.182(\text{ความฉ่ำน้ำ}) \quad R^2 = 0.9990$$

10. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม โดยผันแปรอุณหภูมิการเก็บรักษาเป็น 1 5 และ 10 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์หาค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเมื่อเริ่มต้น 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อคุณภาพด้านเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่ระยะเวลาการเก็บรักษานั้นมีผลต่อคุณภาพด้านสี L b แรงเฉือน ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สีปรากฏ กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )



เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะการเก็บรักษาต่าง ๆ ดังกล่าว โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการเสื่อมเสีย พบว่า สามารถสร้างสมการคาดคะเนอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ดังสมการ

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

เมื่อ  $T$  คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) และ  $k$  คือ อัตราเร็วของปฏิกิริยา

ค่า  $k$  ที่ได้จากสมการนำมาใช้คาดคะเนอายุการเก็บรักษาได้ โดยใช้สมการของ Arrhenius ซึ่งผลการทดลอง พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นานกว่าอุณหภูมิสูง แต่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยคือ ผลิตภัณฑ์ปลายอลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นาน 34 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 32 วัน และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 31 วัน

11. การคำนวณต้นทุนการผลิตจำเป็นต้องคิดจากค่าวัตถุดิบ ค่าภาชนะบรรจุ และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต ค่าไต่ห่วย ค่าแรงงาน โดยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 30 ของค่าวัตถุดิบและค่าภาชนะบรรจุ โดยสรุปต้นทุนการผลิตได้ดังนี้

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

## ข้อเสนอแนะ

1. การคัดเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยเฉพาะเนือปลาซึ่งถือว่าเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพราะเนือปลาที่ได้จากปลาที่ตายนานแล้ว หรือได้จากปลาที่ไม่สดนั้นจะมีลักษณะขุ่นและ ซึ่งจัดเป็นปัญหาที่สำคัญมากเพราะเนือปลาเป็นแหล่งของโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) ช่วยในการทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เกิดลักษณะอิมัลชันที่ดี ดังนั้นจึงควรเลือกปลาที่มีความสดใหม่ และควรลดกลิ่นคาวปลาก่อนนำมาใช้ในการผลิต โดยทำการล้างเนือปลาในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 0.1 นอกจากนี้แล้วเนือปลาที่ผ่านการคัดเลือกแล้วนั้นควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะป้องกันการเสียของเนือปลาและการสลายของโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) ในผลิตภัณฑ์ และถ้าต้องการเก็บไว้ใช้นาน ๆ ควรแช่แข็งเนือปลาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส แต่ไม่ควรบดเนือปลาก่อนการแช่แข็ง เพราะการบดเนือปลาทำให้เกิดการสลายของโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) ขณะละลายน้ำแข็งก่อนนำเนือปลาไปใช้ในการผลิต
2. อุณหภูมิที่เหมาะสมของการผลิตเมื่อสิ้นสุดกระบวนการสับขนาดนั้นไม่ควรเกิน 15 องศาเซลเซียส แต่จากการทดลองพบว่ามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 18 องศาเซลเซียส จึงควรควบคุมอุณหภูมิโดยการนำเนือปลาไปแช่แข็งก่อน และนำมาละลายน้ำแข็งเป็นบางส่วน ให้อยู่ยังมีน้ำแข็งอยู่ประมาณร้อยละ 20 ในเนือปลา
3. กระบวนการอัดส่วนผสมลงในแบบพิมพ์ เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากถ้าอัดไม่ดีจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดเป็นโพรงภายในตัวผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงควรใช้เครื่องอัด (Stuffer) ทุกครั้งในการอัดผลิตภัณฑ์ลงแบบพิมพ์ นอกจากนี้ผู้ผลิตต้องมีความชำนาญในการอัด เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ด้วย
4. ส่วนผสมเส้นใยอาหารที่ใช้ในการผลิตนั้น ควรทำการลดขนาดให้เล็กที่สุดก่อนนำมาใช้งาน ทั้งนี้เพราะเมื่อนำไปผสมในผลิตภัณฑ์ช่วงกระบวนการสับขนาดจึงไม่จำเป็นต้องใช้เวลานานในการสับผสม ทั้งนี้เพื่อลดการสับขนาดที่อาจต้องกระทำในเวลานานเกินไป (Over chopping) ซึ่งจะก่อให้เกิดความไม่คงตัวของลักษณะอิมัลชัน

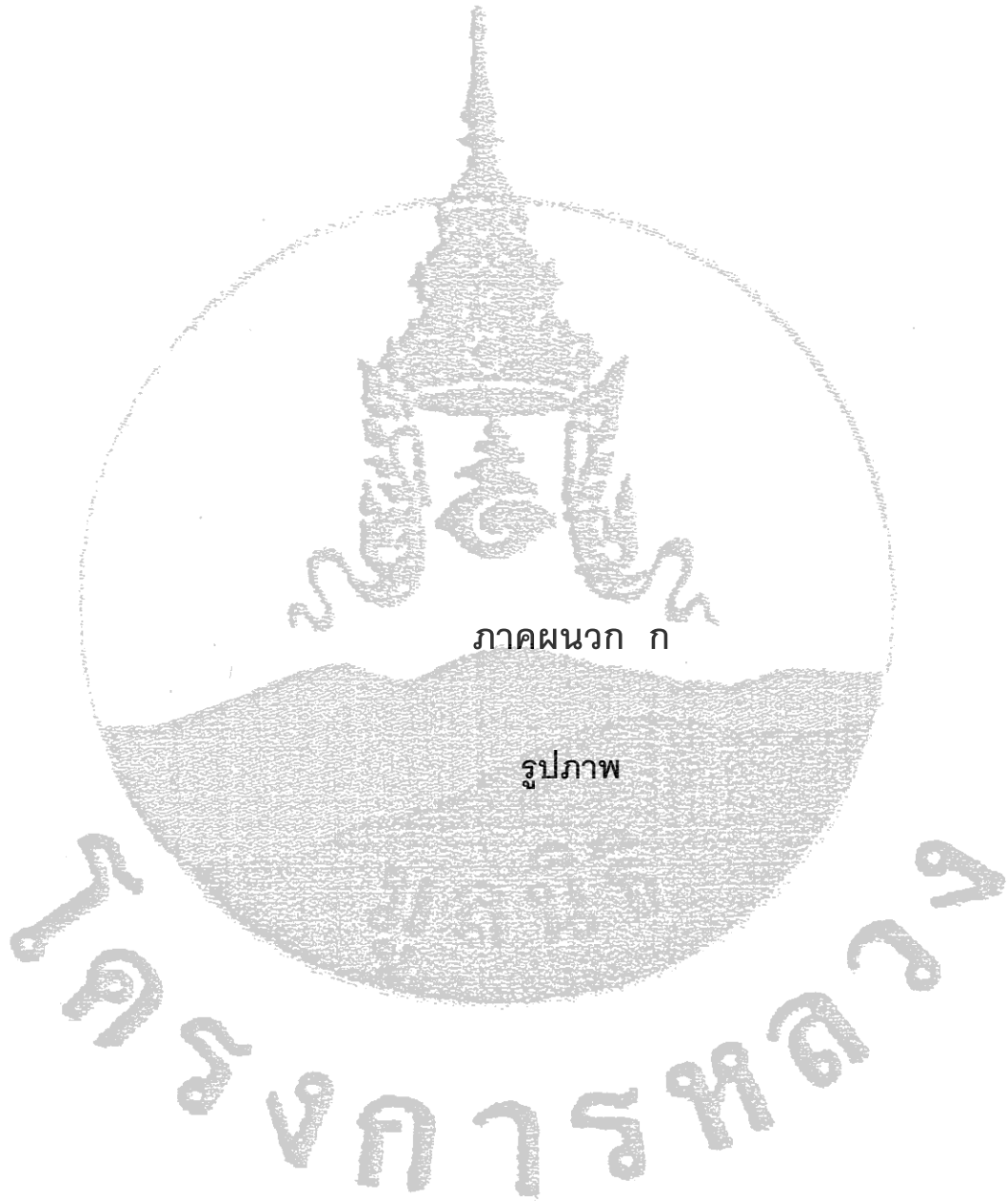
### เอกสารอ้างอิง

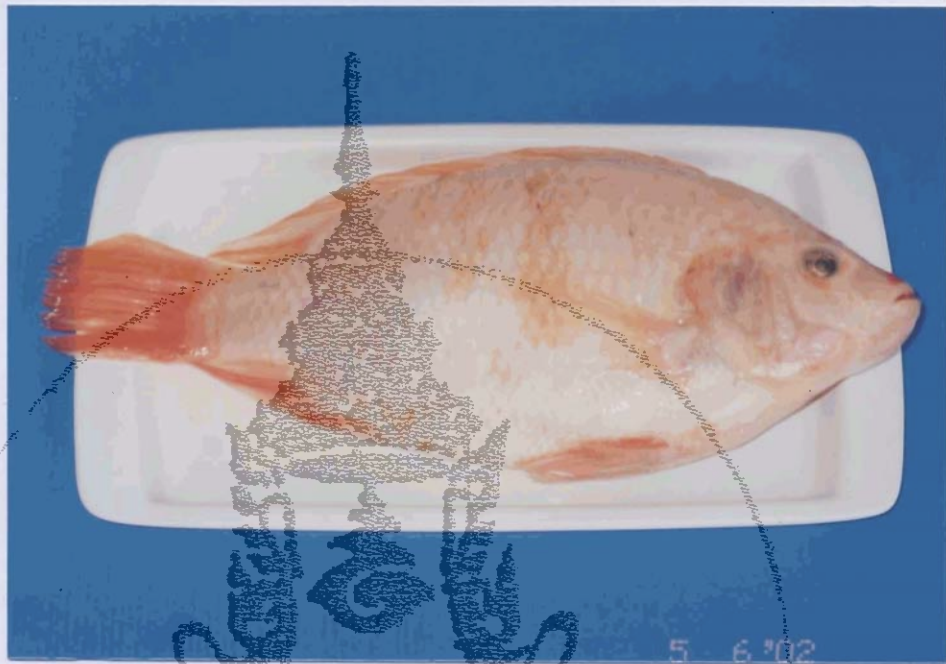
- คณิงนิจ เมฆะวณิชย์กุล และวนิดา แก้วขจร. 2535. ผลของสารเชื่อมและชนิดของปลาที่มีต่อผลิตภัณฑ์ลูกขึ้นปลา. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โครงการอนุรักษ์ผักสีเขียว มูลนิธิโตโยต้าประเทศไทยและสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2540. มหัศจรรย์ผัก 108 . พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : โครงการจัดพิมพ์คบไฟ.
- ชุมพล พูนยิ่ง . 2535. สหราชอาณาจักรอาหารวิเศษ . สำนักพิมพ์อินหยาง . กรุงเทพฯ ฯ.
- ดาวริน มหาพิรุณ, เกศณี กฤตยาภิรม และกรกช มาสะเกี. 2539. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้กรอกปลาไขมันต่ำ. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิธิยา รัตนาปนนท์. 2543. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ปราณิศา เชื้อโพธิ์หัก, นงนุช รักสกุลไทย และวันชัย วรวัฒน์เมธิกุล. 2543. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้กรอกปลาและอายุการเก็บรักษา. *อาหาร*, 30(4) : 261-273.
- ผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์. 2536. การใช้น้ำ คาราจีแนนกัม มอลโตเด็คซตริน และรำข้าวในการผลิตได้กรอกหมู่อิมัลชันแคลอรีต่ำ. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*
- พรรณี ลิขิตวรรณการ. 2526. การทำแห้งในสภาพแช่แข็งของกุ้งและเห็ดหอม. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.*
- พิษณุ วิเชียรสวรรค์. 2535. หน้าที่ของส่วนผสมต่าง ๆ ในการทำได้กรอก. *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)*, 1 (1) : 65-73.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. *ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.*
- ไพโรจน์ วิริยจารี, ลักขณา รุจนะไกรกานต์, พัชรินทร์ ระวียัน. 2544. เทคโนโลยีเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์. *คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.*
- เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. 2531. ปลาชนิด . ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตร. กรุงเทพฯ.
- รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. พีชเครื่องเทศและสมุนไพร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ . กรุงเทพฯ.

- ลักษณะ รุจนะไกรกานต์. 2533. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ลักษณะ รุจนะไกรกานต์, นิธิยา รัตนাপนนท์. 2540. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วัฏเพ็ญ มีสมญา. 2541. โยอาหารอันทรงคุณค่า. *อาหาร*, 28(3) : 213-219.
- ศิวาพร ศิวเวชช. 2529. วัตถุประสงค์อาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร เล่ม 2. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- สัญญาชัย จตุรสิทธิ์ธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. อนุวรรณการพิมพ์ เชียงใหม่..
- สุทธิพงษ์ อธิพิพร. 2544. เปรียบเทียบวิทยาอิสโตพื้นฐานทางโลหิตวิทยาของปลา *Oreochromis niloticus* Linn. พันธุ์ทับทิมและพันธุ์นิล. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุภภัทร์ ไชยกุล. 2545. กุ้งดำเมดและไมโนโซเดียมกกุ้งดำเมด. *โภชนาการ*, 37(1) : 37-45.
- อนันต์ อิศระเสณีย์. 2536. การใช้โปรแกรมสถิติ Statistix version 1.1 และ 3.5. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2542. การปรับปรุงกระบวนการผลิตหมูยอและไก่ยอลดไขมันด้วยแป้งบุก. *อาหาร*, 29 (1) : 37-49.
- Amy B. 2000. *Understanding Food Principles and Preparation*. Uni of Hawai Wadsworth Thomson Learning : USA.
- AOAC. 1998. In Association of Official Analytical Chemists, 16<sup>th</sup> ed. Maryland : AOAC Inc.
- Borgstrom G. 1965. *Fish as Food Processing : Part 1*. A subsidiary of Harcourt Brace Jovanovich, Publisher. London.
- Chin K.B., Keeton J.T., Longnecker M.T. and Lamkey J.W. 1999. Utilization of soy protein isolate and kinjac blends in low-fat bologna (model system). *Meat Sci.* 53 : 45-57.
- Chin K.B., Keeton J.T., Miller R.K., Longnecker M.T. and Lamkey J.W. 2000. Evaluation of konjac blends and soy protein isolates as fat replacements in low-fat bologna. *J. Food Sci.* 65(5) : 756-763.

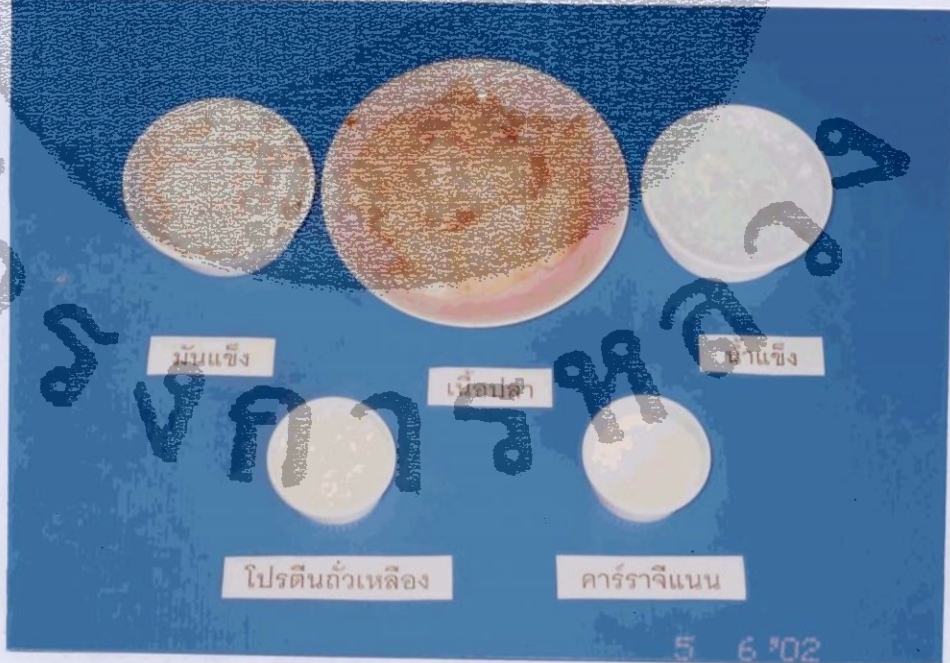
- Cofrades S., Guerra M.A., Carballo J., Fernandez-martin F. and Jimenez colmenero F. 2000. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *J. Food Sci.* 65(2) : 281-287.
- Damodaran S. and Paraf A. 1997. Food Protein and Their Applications. Marcel Dekker, Inc.
- Garcia M.M., Dominguez R., Galvez M.D., Casas C. and Selgas M.D. 2002. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. *Meat Sci.* 60 : 227-236.
- Joseph A.M. and Anthony T.T. 1995. Food Additive Toxicology. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Keville K. 1991. The Illustrated Herb Encyclopedia. Michael Friedman Publishing Group, Inc. USA.
- Lin K.W. and Lin S.N. 2002. Effect of sodium lactate and trisodium phosphate on the physicochemical properties and shelf life of low-fat chinese-style. *Meat Sci.* 60 : 147-154.
- Lin K.W. and Mei M.Y. 2000. Influences of gums, soy protein isolate, and heating temperature on reduces-fat meat batters in a model system. *J. Food Sci.* 65(1) : 48-52.
- Lyons P.H., Kerry J.F., Morrissey P.A. and Buckley D.J. 1999. The influence of added whey protein/carrageenan gels and tapioca starch on the textural properties of low fat pork sausages. *Meat Sci.* 51 : 45-52.
- Macrae R., Robinson R.K. and Sadler M.J. 1993. Encyclopedia of Food Sciences Food Technology and Nutrition. 4 vols. Academic Press. USA.
- Man C.M.D., and Jones A.A. 1994. Shelf-life Evaluation of Food. Chapman & Hall, London.
- Nusinovich A. 1997. Hydrocolloid Applications : Gum Technology in the Food and Industries. Blackie Academic & Professional Publisher : London.

- Ordóñez M., Rovira J. and Jaime I. 2001. The relationship between the composition and texture of conventional and low-fat frankfurters. *International J. Food Sci. & Technology*. 36 : 749-758.
- Pearson A.M. and Gillett T.A.. 1999. Processed meat. 3<sup>th</sup> ed. Gaithersbury, Md. : Aspan. Maryland : USA.
- Pietrasik Z. and Duda Z.. 2000. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. *Meat Sci*. 56 : 181-188.
- Porcella M.I., Sanchez G., Vaudagna S.R. and Zanelli M.L. .2001. Soy protein isolate added to vacuum-packed chorizos: effect on drip loss, quality characteristics and stability during refrigerated storage. *Meat Sci*. 57 : 437-443.
- Potter S.M. 2000. Soy – new health benefits associated with an ancient food. *Nutrition Today*. 35(2) : 53-60.
- Pearson D. 1976. *The Chemical Analysis of Food*. Churchill Livingstone. London. England.
- Su Y.K., Browers J.A. and Zayas J.E. 2000. Physical Characteristics and Microstructure of reduced-fat Frankfurters as affected by salt and emulsified fats stabilized with nonmeat proteins. *J. Food Sci*. 65(1) : 123-128.
- Tuley, L. 1996. Healthy outlook for soya protein. *IFT* No 5 : 24-28.
- Xiong Y.L., Noel D.E. and Moody W.G. 1999. Texture and sensory properties of low-fat beef sausages with added water and polysaccharides as affected by pH and salt. *J. Food Sci*. 64(3) : 550-554.
- Yang A., Keeton J.T., Beilken S.L. and Trout G.R.. 2001. Evaluation of some binders and fat substitutes in low-fat frankfurters. *J. Food Sci*. 66(7) : 1039-1046.



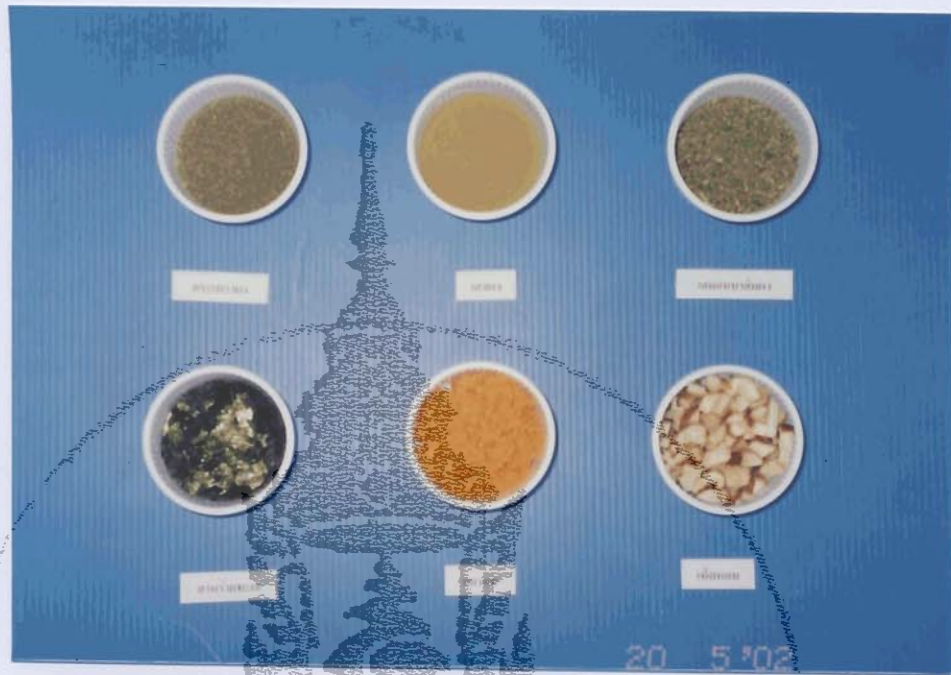


ภาพ ก-1 : ปลา *Oreochromis niloticus* Linn. พันธุ์ทับทิม หรือปลาทับทิม



ภาพ ก-2 : ส่วนผสมหลักของการผลิตปลายอดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสุมุนไพร์

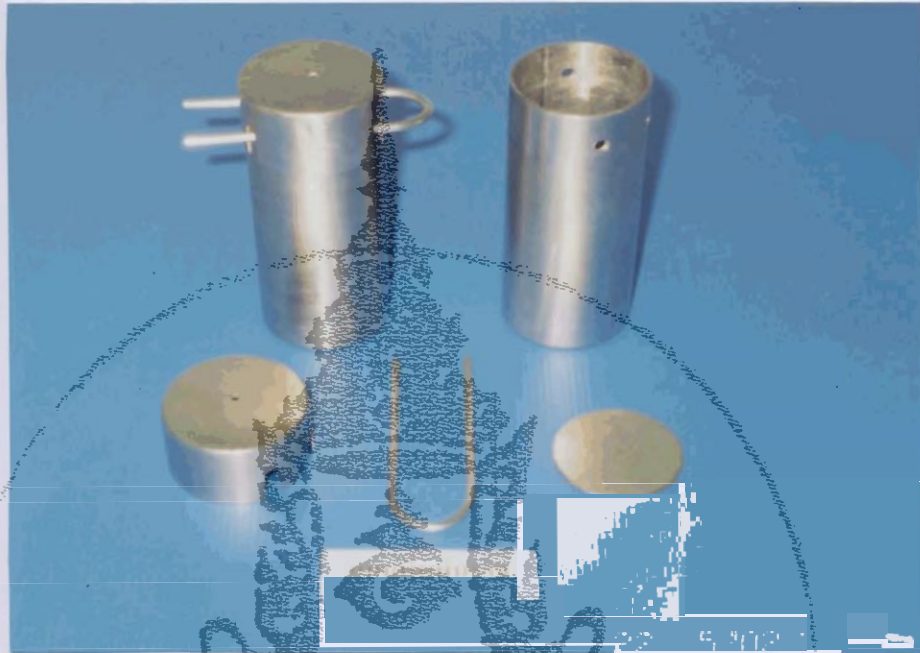




ภาพ ก-3 : ส่วนผสมไขมันไฟรและส่วนผสมเส้นใยอาหารที่ใช้ในการผลิตปลายอดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร



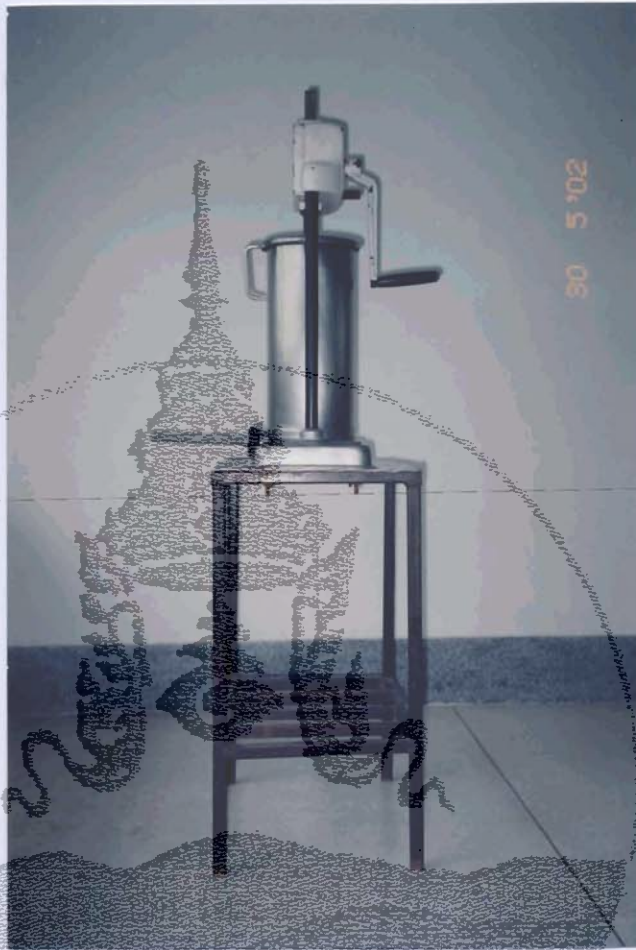
ภาพ ก-4 : ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ใช้ในการผลิตปลายอดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร



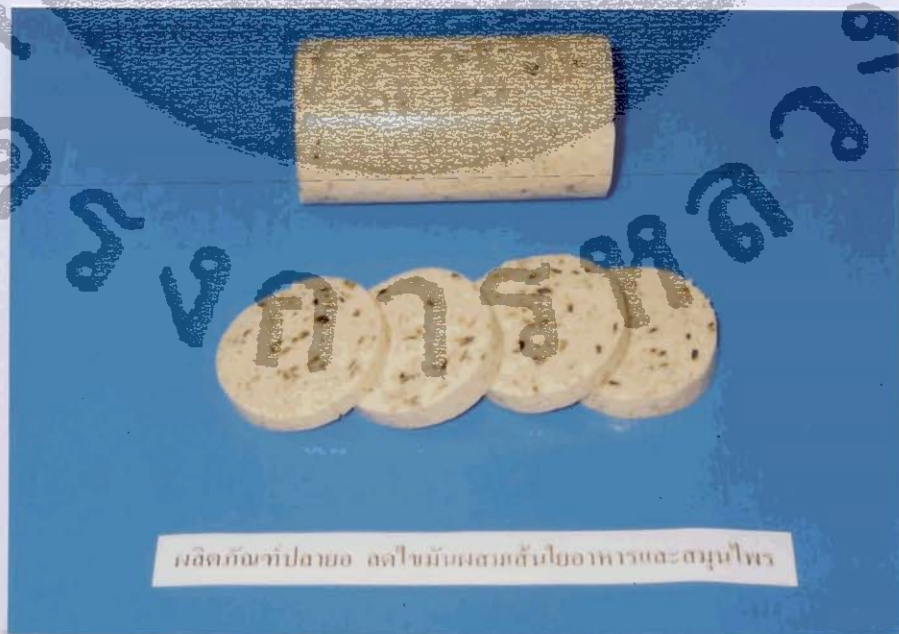
ภาพ ก-5 : แบบพิมพ์ในการบรรจุปลายอด ไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร



ภาพ ก-6 : เครื่องสับขนาดที่ใช้ในการผลิตปลายอด ไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร



ภาพ ก-7 : เครื่องอัดบรรจุผลิตภัณฑ์ปลายอดัดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร



ภาพ ก-8 : ผลิตภัณฑ์ปลายอดัดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร



## แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์

## การจำแนกลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

ชื่อ.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา คือ ผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร  
โปรดเขียนคำที่ท่านอยากอธิบายลักษณะแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ และลักษณะที่ท่านคิดว่า  
ว่าเป็นลักษณะที่ควรคำนึงถึงในผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดเครื่องหมาย X ในที่ที่ท่านคิดว่าลักษณะนั้น  
ๆ ของผลิตภัณฑ์เป็นระดับที่เป็นอยู่ในปัจจุบันในตลาด หรือน่าจะเป็นในตลาด และกำหนด  
เครื่องหมาย I ในที่ที่ท่านคิดว่า ลักษณะนั้น ๆ ของผลิตภัณฑ์ควรจะเป็นในอุดมคติของท่าน

## คำอธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์

## 1. ลักษณะปรากฏ

.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

## 2. กลิ่น - รสชาติ

.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

## 3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

## 4. การยอมรับโดยรวม

.....	.....
.....	.....

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อ.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา คือ ผลิตภัณฑ์ปลายอลูมิเนียมผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร  
โปรดกำหนดเครื่องหมาย X ในที่ที่ท่านคิดว่าเป็นระดับของลักษณะนั้น ๆ ของผลิตภัณฑ์  
คำอธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์

5. ลักษณะปรากฏ

สี |-----|-----|-----|  
 เข้มน้อย |-----|-----|-----| เข้มมาก

กระจายตัวของ  
 ส่วนผสม |-----|-----|-----|  
 น้อย |-----|-----|-----| มาก

6. กลิ่น - รสชาติ

กลิ่นปลา |-----|-----|-----|  
 น้อย |-----|-----|-----| มาก

กลิ่นรสสมุนไพร  
 น้อย |-----|-----|-----| มาก

รสเค็ม |-----|-----|-----|  
 น้อย |-----|-----|-----| มาก

7. ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแน่นเนื้อ |-----|-----|-----|  
 น้อย |-----|-----|-----| มาก

ความฉ่ำน้ำ |-----|-----|-----|  
 น้อย |-----|-----|-----| มาก

8. การยอมรับโดยรวม |-----|-----|-----|  
 น้อย |-----|-----|-----| มาก



การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวัดสีระบบ Hunter Lab

เป็นการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta Camera : Model CR-310 วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter Lab) โดยค่าสี L เป็นค่าความสว่าง (Lightness), a เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (Redness/Greeness) และ b เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness/Blueness)

เมื่อ L คือ ค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100
a คือ ค่าสีแดง	เมื่อ a มีค่าบวก เป็นสีแดง
	เมื่อ a มีค่าลบ เป็นสีเขียว
b คือ ค่าสีเหลือง	เมื่อ b มีค่าบวก เป็นสีเหลือง
	เมื่อ b มีค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน

ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank ;  $L = 97.67$ ,  $a = -0.18$ ,  $b = 1.84$ ) แล้วจึงทำการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โดยนำตัวอย่างไปบด แล้วใส่ในภาชนะ (Petri dish) และรองพื้นด้วยกระดาษสีขาว ทำการวัด 3 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

**การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (ค่าแรงเฉือน หรือ Shear force) ด้วยเครื่อง Instron (Series 5500) (Instron Corporation, 1993)**

เป็นการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารโดยใช้ค่าแรงเฉือน หรือ shear force (นิวตัน) ด้วยเครื่อง Instron Series 5500 ชนิดของใบมีดที่ใช้ได้แก่ Warner Bratzler Meat Shear-Compression (2830-013) ความเร็วของ Crosshead เท่ากับ 200 มิลลิเมตร/นาที

ก่อนวัดทุกครั้งต้องมีการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) และตัวอย่างจะต้องมีขนาดเท่ากันโดยมีความกว้างเท่ากับ 1 เซนติเมตร ความยาวเท่ากับ 2 เซนติเมตร และความหนาเท่ากับ 1 เซนติเมตร เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง ทำการวัดซ้ำ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

### การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC, 1998



ปั่นตัวอย่างที่บดแล้ว 10 กรัม กับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัด pH ด้วยเครื่อง Microprocessor pH meter โดยปรับค่ามาตรฐานในการวัดแต่ละครั้งด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.00 และ 7.00 ตามลำดับ ทำการตรวจวัด 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

### วิธีวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)

ใส่ตัวอย่างที่บดแล้วในตลับพลาสติกสำหรับวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ แล้วนำไปใส่ในเครื่องวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw- box, Novasina : AWC 200, Switzerland) บันทึกค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ที่คงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการตรวจวัด 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

### การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC, 1998

1. บันทึกน้ำหนักของกระป๋องอลูมิเนียม (moisture can) ที่สะอาดผ่านการอบเป็นเวลา 30 นาที และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้ว
2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้วประมาณ 5 กรัม ลงในกระป๋องอลูมิเนียมแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่
3. นำกระป๋องอลูมิเนียมออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นไม่น้อยกว่า 20 นาที
4. บันทึกน้ำหนักของกระป๋องอลูมิเนียมและของแข็งที่เหลืออยู่ และคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ, เทียบ น้ำหนักเปียก)} = \frac{(A - B) \times 100}{A}$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่หลังการอบ (กรัม)

### การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า ตามวิธีของ AOAC, 1998

1. เตา porcelain crucible หรือจานซีลิก้า (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร) ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชม. นำไปปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักของจานเปล่า
2. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ลงใน porcelain crucible แล้วนำไปเผาไหม้โดยใช้ตะเกียงเบนเซนจนไม่มีควันดำ แล้วจึงนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว
3. ทำให้เย็นใน desiccator จากนั้น ชั่งน้ำหนักเถ้า และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้าทั้งหมดในอาหารตัวอย่าง

#### วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนัก crucible หลังเผา} - \text{น้ำหนัก crucible}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

#### การวิเคราะห์หาปริมาณเกลือ ตามวิธีของ Mohr (AOAC, 1998)

##### สารเคมีที่ใช้

- ไปแตสซีมโครเมต ความเข้มข้นร้อยละ 5 เตรียมได้โดยละลายไปแตสซีมโครเมต 4.2 กรัม และไปแตสซีมไดโครเมต 0.7 กรัม ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ขวดปรับปริมาตร
- สารละลายเงินไนเตรต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เตรียมโดยละลายเงินไนเตรต 16.988 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร
- สารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ เตรียมโดยละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

##### วิธีวิเคราะห์

1. นำเถ้าที่เหลือจากการวิเคราะห์เถ้า เติมน้ำกลั่นคนให้ทั่ว
2. เทสารละลายเถ้าทั้งหมดใส่ใน porcelain basin
3. เติมสารละลายไปแตสซีมโครเมต ความเข้มข้นร้อยละ 5 ลงไป 0.5 มิลลิลิตร
4. ไตเตรตกับสารละลายเงินไนเตรต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จนกระทั่งได้สีส้มอ่อน ๆ

1 มิลลิลิตรของสารละลายเงินไนเตรตความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับเกลือแกง 0.005845 กรัม

**การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC, 1998**

**สารเคมีที่ใช้**

- ไพโตรเลียมอีเทอร์ จุดเดือด 40 – 60 องศาเซลเซียส

**วิธีการ**

1. นำตัวอย่างแห้งหลังจากการหาค่าความชื้นมาประมาณ 2 กรัม
2. ห่อด้วยกระดาษกรองชนิดปราศจากเถ้าใส่ใน Thimble ที่ผ่านการล้างด้วยไพโตรเลียมอีเทอร์และอบแห้งแล้ว
3. จากนั้นใส่ Thimble เข้าไปในอุปกรณ์ชุด Soxlet Extraction Apparatus ซึ่งประกอบด้วยหอกกลั่น กรวยใส่ thimble และ Flask ก้นกลมที่ทราบน้ำหนักแห้งที่แน่นอนแล้ว จากนั้นเติมไพโตรเลียมอีเทอร์ผ่านตัวอย่างใน Thimble จนมีระดับไพโตรเลียมอีเทอร์ที่ไหลรวมอยู่ใน Flask ก้นกลมปริมาณหนึ่ง
4. จากนั้นนำ Flask ไปอุ่นใน Water – bath ที่อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส (ไพโตรเลียมอีเทอร์มีจุดเดือด 40 – 60°C) ระยะเวลาการสกัดแยกไขมันขึ้นกับปริมาณไขมันที่อยู่
5. เมื่อสกัดแยกเรียบร้อยแล้วจึงนำ Flask ไปทำการระเหยแห้งบน Water bath แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นานประมาณ 45 นาที
6. ปล่อยให้แห้งให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณหาร้อยละของไขมันในตัวอย่าง

**วิธีการคำนวณ**

$$\text{ปริมาณไขมัน} = \frac{(\text{น้ำหนักพลาสติกหลังอบแห้ง} - \text{น้ำหนักพลาสติก}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

## การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ตามวิธีของ AOAC, 1998

### อุปกรณ์ที่ใช้

- Kjeldahl digestion flask
- Markham Semi – micro Kjeldahl distillation Apparatus

### สารเคมีที่ใช้

- คตะลิสต์ผสม (Catalyst mixture) ประกอบด้วยโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำร้อยละ 96 คอปเปอร์ซัลเฟตร้อยละ 3.5 และเซลเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 0.4
- สารละลายบอริกเข้มข้นร้อยละ 2 เตรียมโดยชั่งกรดบอริก 2 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร
- สารละลายเมธิลเรดิอินดิเคเตอร์ ประกอบด้วยเมธิลเรดิร้อยละ 0.016 และโบรโมครีซอลกรีนร้อยละ 0.083 ในเอทิลแอลกอฮอล์
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 50 เตรียมโดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- สารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดมา 1 – 2 กรัม ใส่ลงใน Kjeldahl digestion flask เติมคตะลิสต์ผสมลงไป 8 กรัม และกรดกำมะถันเข้มข้นชนิดปราศจากไนโตรเจน 20 มิลลิลิตร ย่อยจนส่วนผสมเป็นของเหลวใสแล้วย่อยต่ออีก 1 ชั่วโมง (ประมาณ 2 ชั่วโมง) ปล่อยให้เย็น (ทำ Blank ควบคู่ไปด้วยโดยย่อยเฉพาะกรด และคตะลิสต์ผสม)

2. ตั้งทิ้งไว้จนเย็นและไม่มีไอระเหยของกรด จากนั้นนำ Kjeldahl digestion flask ไปต่อกับเครื่องกลั่นโปรตีน นำฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตรที่บรรจุสารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร และเมธิเรดิ 2 – 3 หยด เพื่อใช้เป็นอินดิเคเตอร์มารับปลาย Condenser โดยให้ปลาย Condenser จุ่มอยู่ต่ำกว่าระดับของสารละลาย

3. เติมน้ำกลั่นปริมาณ 125 มิลลิลิตรลงใน Kjeldahl digestion flask จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาณ 75 มิลลิลิตร จากนั้นจึงทำการกลั่นด้วยความร้อน จะได้ของเหลวที่ควบแน่นลงมาทาง Condenser อย่างน้อย 300 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นล้างปลาย Condenser ลงมาในฟลาสก์ที่รองรับสิ่งที่กลั่นได้ และนำสารละลายทั้งหมด

ไปไตเตรตกับสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ จนถึงจุดยุติที่สารละลายเป็นสีส้มแดง

4. บันทึกปริมาณสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ไตเตรต นำไปคำนวณหาปริมาณโปรตีนทั้งหมด (Crude protein)

### วิธีการคำนวณ

ปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง (กรัมต่อร้อยกรัมตัวอย่าง) คำนวณได้จาก

$$= \frac{(\text{ml. H}_2\text{SO}_{4\text{Sample}} - \text{ml. H}_2\text{SO}_{4\text{Blank}}) \times \text{conc. H}_2\text{SO}_4 \times 0.014 \times 6.25 \times 100}{\text{g. Sample}}$$

เมื่อ  $\text{ml. H}_2\text{SO}_{4\text{Sample}}$  คือ ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง หน่วยเป็นมิลลิลิตร

$\text{ml. H}_2\text{SO}_{4\text{Blank}}$  คือ ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรต Blank หน่วยเป็นมิลลิลิตร

$\text{conc. H}_2\text{SO}_4$  คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรต หน่วยเป็นนอร์มัล

$\text{g. Sample}$  คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ หน่วยเป็นกรัม

การวิเคราะห์หาปริมาณ Thiobarbituric acid number (TBA) ตามวิธี Pearson, 1976

### สารเคมีที่ใช้

- Thiobarbituric acid reagent เตรียมโดย ละลายกรด Thiobarbituric จำนวน 0.2883 กรัม ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 90 โดยการอุ่นเบา ๆ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 90
- Acetic acid เข้มข้นร้อยละ 90
- กรดเกลือ เข้มข้น 4 โมลาร์
- anti-foaming

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างมา 10 กรัม บดกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ใน mechanical blender แล้วเทใส่ใน distillation flask ขนาดพอเหมาะ
2. ล้าง blender ด้วยน้ำกลั่นจำนวน 47.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 4 โมลาร์จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้ pH 1.5
3. เติม anti-foaming ต่อเครื่องกลั่นเข้าด้วยกัน และนำไปต้มโดยใช้ electric mantle
4. กลั่นจนเก็บของเหลวที่กลั่นได้ 50 มิลลิลิตร (ภายในเวลา 10 นาที หลังเดือด)
5. ปิดเปิดของเหลวที่กลั่นได้มา 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแก้วที่มีฝาปิด เติมสารละลาย Thiobarbituric acid reagent ลงไป 5 มิลลิลิตร เขย่าแล้วนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลานาน 35 นาที เท่านั้น
6. ทำ blank พร้อมไปด้วยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และสารละลายกรด Thiobarbituric acid reagent 5 มิลลิลิตร ทำให้เย็น
7. ทำให้เย็นภายใน 10 นาที นำไปวัดค่า O.D. ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank

### วิธีการคำนวณ

$$\text{TBA number} = 7.8 * \text{O.D. (มิลลิกรัม malonaldehyde ต่อกิโลกรัม)}$$

การวิเคราะห์เส้นใย ตามวิธี The Fertilisers and Feeding Stuffs Regulation, 1976 (ลักษณะและนิธิยา, 2544)

### สารเคมีที่ใช้

- ปีโตรเลียมอีเทอร์ มีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 40 – 60 องศาเซลเซียส
- สารละลายกรดกำมะถันความเข้มข้น 0.1275 โมลาร์ (0.255 นอร์มัล) เตรียมได้โดยเจือจางกรดกำมะถันเข้มข้นจำนวน 1.25 กรัม ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.313 โมลาร์ เตรียมได้โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์มา 1.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะต้องปราศจากโซเดียมคาร์บอเนต
- สารละลายกรดเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) เตรียมได้โดยเจือจางกรดเกลือเข้มข้น จำนวน 10 มิลลิลิตร ให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

- เอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 (ปริมาตรต่อปริมาตร)
- ไดเอทิลอีเทอร์

### วิธีการ

1. นำกระดาษกรองชนิดปราศจากเถ้า ไปอบให้แห้งและชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักกระดาษกรอง
2. ชั่งอาหารตัวอย่างที่บดละเอียด มา 2.7 - 3.0 กรัม ใส่ในกระดาษกรอง ห่ออาหารตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง นำไปสกัดเอาไขมันออกด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยใช้เครื่องสกัดไขมัน
3. นำกากที่แห้งแล้วไปใส่ในพลาสติกขนาด 1 ลิตร เติมสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 0.1275 โมลาร์ ลงไป 200 มิลลิลิตร (โดยเติมลงไปประมาณ 30 - 40 มิลลิลิตรก่อน เพื่อช่วยให้อากที่แห้งกระจายตัวได้ดี แล้วจึงเติมให้ครบ 200 มิลลิลิตร)
4. นำไปต้มให้เดือด ภายใน 1 นาที อาจเติมสารป้องกันการเกิดฟอง (เช่น glass bead) ปล่อยให้เย็นให้เดือดนาน 30 นาที ขณะต้มควรปิดปากพลาสติกด้วยกระจกนาฬิกา และพยายามรักษาปริมาตรของสารละลายให้คงที่ ถ้าปริมาตรลดให้เติมน้ำร้อนลงไป (ควรทำเครื่องหมายของระดับปริมาตรไว้) ขณะต้มควรเขย่าเป็นครั้งคราว
5. เตรียมกรวยชนิดพิเศษ และตัดกระดาษกรองให้พอดีกับกรวยโดยใช้กระดาษเบอร์ 54 หรือ 531 เทน้ำเดือดลงในกรวย ปล่อยให้กรวยร้อน แล้วจึงเปิด suction นำพลาสติกที่ใส่สารละลายกรดที่ต้มเดือดครบ 30 นาทีแล้ว ปล่อยให้เย็น 1 นาที เทใส่ลงในกรวย กรองกากทั้งหมดโดยใช้ suction ให้เสร็จภายใน 10 นาที ล้างกากด้วยน้ำร้อนหลายๆ ครั้งจนแน่ใจว่าไม่มีกรดเกลือเหลืออยู่ในกาก
6. เทกากที่ล้างแล้วนี้กลับลงในพลาสติกใบเดิม ใช้ washed bottle ที่มีสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.313 โมลาร์ จำนวน 200 มิลลิลิตร ล้างกากออกจากกระดาษกรอง ใส่ลงในพลาสติกให้หมด ต้มให้เดือดภายใน 1 นาที และปล่อยให้เดือดนาน 30 นาที
7. นำตัวอย่างที่ต้มเดือดนาน 30 นาทีจากข้อ 6 ไปกรองโดย suction เช่นเดียวกับข้อ 5 ล้างด้วยน้ำร้อนจนแน่ใจว่าไม่มีด่างเหลืออยู่
8. เทกากที่ล้างแล้วนี้กลับลงในพลาสติกใบเดิม ล้างกากด้วยสารละลายกรดเกลือ ความเข้มข้นร้อยละ 1 ล้างตามด้วยน้ำร้อนอีกจนแน่ใจว่าไม่มีกรดเกลืออยู่
9. นำกากไปล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์อีก 2 ครั้ง และล้างด้วยไดเอทิลอีเทอร์อีก 3 ครั้ง

10. นำกากที่เหลือทั้งหมดใส่ลงในกระดาษกรองชนิดปราศจากเถ้า ที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักแน่นอน ล้างส่วนที่ติดกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนเล็กน้อย นำไปประเหยให้แห้งบน boiling-water bath

11. นำไปบดต่อในตู้บดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งหาน้ำหนักของกากที่เหลือ

12. นำกากไปเผาต่อในเตาเผาให้เป็นเถ้าที่อุณหภูมิประมาณ 500 – 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชม. ปล่อยให้เย็นใน desiccator ซึ่งหาน้ำหนักเถ้าที่ได้

### วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณเส้นใยในอาหารตัวอย่าง (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักแห้งของกาก} - \text{น้ำหนักเถ้า}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

### การวิเคราะห์ปริมาณโปแตสเซียมซอร์เบทในรูปกรดซอร์บิก ตามวิธีของ AOAC (1998)

#### การเตรียมสารเคมี

- สารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก

ละลายกรดเมตาฟอสฟอริก 5 กรัม ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตรด้วยเอธิลแอลกอฮอล์

- สารละลายผสม

ผสมปิโตรเลียมอีเทอร์และไดเอธิลอีเทอร์ ในอัตราส่วน 1 : 1

- โซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ

#### การเตรียมกราฟมาตรฐานของโปแตสเซียมซอร์เบท

ชั่งโปแตสเซียมซอร์เบท 0.134 กรัม นำมาเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร คูดสารละลายที่ได้ดังกล่าว 1 2 3 4 5 6 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ด้วยสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก ผสมให้เข้ากันแล้วคูดสารละลายในแต่ละขวดมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในกรวยแยกขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสม 100 มิลลิลิตร เขย่านาน 1 นาที ตั้งให้แยกชั้น เก็บของเหลวในชั้นของอีเทอร์ไว้ แล้วทำให้แห้งด้วยโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ 5 กรัม รินสารละลายส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 250 นาโนเมตร เขียน



กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณกรดซอร์บิก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของอีเธอร์) กับค่าการดูดกลืนแสง

#### การเตรียม Blank

เตรียมสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก 5 มิลลิลิตร เติมสารละลายอื่นๆ เหมือนการเตรียมสารละลายมาตรฐานของโปแตสเซียมซอร์เบท

#### วิธีวิเคราะห์ปริมาณโปแตสเซียมซอร์เบทในรูปกรดซอร์บิก

ชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 กรัม (ควรทำ Blank ควบคู่ไปด้วย) ปั่นกับสารละลายกรดฟอสฟอริก 100 มิลลิลิตร นาน 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 บีเปตของเหลวที่ได้จากการกรองปริมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ในกรวยแยก จากนั้นเติมน้ำเกลือปริมาณ 100 มิลลิลิตร ลงในกรวยแยก เขย่าสารละลายในกรวยแยกนาน 1 นาที เก็บชั้นของอีเธอร์ (ชั้นบน) ไว้ เติมนิโคตีลเฟดที่ปราศจากน้ำ จำนวน 5 กรัม ลงไปเพื่อดูความขุ่น รินสารละลายส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 250 นาโนเมตร ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ภาควิชาการทดลอง

## การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ตามวิธีของ AOAC, 1998

### อุปกรณ์และเครื่องมือ

- จานเพาะเชื้อ (Petri dish)\*
- หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตรพร้อมฝาปิด (Test tube)\*
- ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร\*
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (memmert : Model WB14, Germany)
- ตู้บ่มเชื้อ (Hareus : Model D-6450 Hanau, Germany)
- หม้อนึ่งความดัน (Hariyama : Model HA-300MIV, Japan)

หมายเหตุ \* จะต้องทำการอบฆ่าเชื้อในตู้อบไอร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 160 – 180 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมง

### อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

- อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (Bactor® Plate Count Agar, Difco Laboratory, USA)
- Peptone (Bactor® Peptone, Difco Laboratory, USA)

### การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ปริมาณ 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร นำไปต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 – 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ  $7.0 \pm$  ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

### การเตรียมสารละลายสำหรับเจือจาง

เตรียมเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยละลายเปปโตนปริมาณ 25 กรัมในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร หรือเตรียมตามปริมาณที่ต้องการใช้ ใช้ปิเปตดูดสารละลายเปปโตน 9 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง และปริมาณ 90 มิลลิลิตรลงในขวดที่มีฝาปิด จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 – 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

## วิธีวิเคราะห์

### 1. การเตรียมตัวอย่าง

1. ตัดตัวอย่างให้มีขนาดเล็กด้วยมีดที่ผ่านการเช็ดแอลกอฮอล์และลนไฟ
2. ใช้ช้อนตักสารที่ผ่านการเช็ดแอลกอฮอล์และลนไฟ ตักตัวอย่าง 10 กรัมใส่ลงในถุงสำหรับตีปน (Stomacher bag) เติมสารละลายเปปโตน 90 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องตีปน (Stomacher) เพื่อให้สารละลายตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1:10 หรือ ( $10^{-1}$ )
3. เขย่าตัวอย่างให้เข้ากัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 หรือ ( $10^{-1}$ ) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายเปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1:100 หรือ ( $10^{-2}$ )

### 2. การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่างอาหารที่ระดับเจือจางต่าง ๆ ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูจากที่ความเข้มข้นต่ำสุด
2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ที่ยังคงเป็นของเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 45–55 องศาเซลเซียส จานละประมาณ 15–20 มิลลิลิตร
3. ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คว้าจานเพาะเชื้อลง

### 3. การบ่ม

บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ  $34 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน  $48 \pm 3$  ชั่วโมง

### 4. การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังจากบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30–300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยจากจำนวนโคโลนีทั้ง 2 จานเพาะเชื้อ รายงานผลการตรวจนับว่ามีจำนวน Mesophilic aerobic bacteria ในรูปจำนวนโคโลนีต่อกรัมอาหาร

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (Yeast and Mold) ตามวิธีของ AOAC, 1998

### อุปกรณ์และเครื่องมือ

- จานเพาะเชื้อ (Petri dish)\*
- หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตรพร้อมฝาปิด (Test tube)\*
- ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร\*
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (memmert : Model WB14, Germany)
- ตู้บ่มเชื้อ (Hareus : Model D-6450 Hanau, Germany)
- หม้อนึ่งความดัน (Hariyama : Model HA-300MIV, Japan)

**หมายเหตุ \*** จะต้องทำการอบฆ่าเชื้อในตู้อบไอร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 160 – 180 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมง

### อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

- อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (Bactor® Dextrose Agar, Difco Laboratory, USA)
- Peptone (Bactor® Peptone, Difco Laboratory, USA)
- สารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10

### การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Count Agar (PDA) ปริมาณ 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร นำไปต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 – 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนการใช้ปรับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.5 โดยการเติมสารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 ลงไป (อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดทาร์ทาริก 1.9 มิลลิลิตร)

### การเตรียมสารละลายสำหรับเจือจาง

เตรียมเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยละลายเปปโตนปริมาณ 25 กรัมในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร หรือเตรียมตามปริมาณที่ต้องการใช้ ใช้ปิเปตดูดสารละลายเปปโตน 9 มิลลิลิตร ลงหลอดทดลอง และปริมาณ 90 มิลลิลิตรลงในขวดที่มีฝาปิด จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 – 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

## วิธีวิเคราะห์

### 1. การเตรียมตัวอย่าง

1. ตัดตัวอย่างให้มีขนาดเล็กด้วยมีดที่ผ่านการเช็ดแอลกอฮอล์และลนไฟ
2. ใช้ช้อนตักสารที่ผ่านการเช็ดแอลกอฮอล์และลนไฟ ตักตัวอย่าง 10 กรัมใส่ลงในถุงสำหรับตีปน (Stomacher bag) เติมสารละลายเปปโติน 90 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องตีปน (Stomacher) เพื่อให้สารละลายตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1:10 หรือ ( $10^{-1}$ )
3. เขย่าตัวอย่างให้เข้ากัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 หรือ ( $10^{-1}$ ) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายเปปโติน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1:100 หรือ ( $10^{-2}$ )

### 2. การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่างอาหารที่ระดับเจือจางต่าง ๆ ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูจากที่ความเข้มข้นต่ำสุด
2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Count Agar (PDA) ที่ยังคงเป็นของเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 45 – 55 องศาเซลเซียส จานละประมาณ 15 – 20 มิลลิลิตร
3. ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คว้าจานเพาะเชื้อลง

### 3. การบ่ม

บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ  $30 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน  $72 \pm 3$  ชั่วโมง

### 5. การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังจากบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30 – 300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยจากจำนวนโคโลนีทั้ง 2 จานเพาะเชื้อ รายงานผลการตรวจนับว่ามีจำนวนยีสต์และรา ในรูปจำนวนโคโลนีต่อกรัมอาหาร

การวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มและอี.โคไล (Coliform and *E.coli*) โดยวิธี MPN (Most Probable Number Method) ตามวิธีของ AOAC, 1998

### อุปกรณ์และเครื่องมือ

- จานเพาะเชื้อ (Petri dish)\*
- หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตรแบบมีฝาปิด (Test tube) พร้อมหลอดดักแก๊ส (Durham tube)\*
- ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร\*
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (memmert : Model WB14, Germany)
- ตู้ปัมเชื้อ (Hareus : Model D-6450 Hanau, Germany)
- หม้อนึ่งความดัน (Hariyama : Model HA-300MIV, Japan)

**หมายเหตุ \*** จะต้องทำการอบฆ่าเชื้อในตู้อบไอร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 160 – 180 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมง

### อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเชื้อจาง

- อาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth (Bactor® Brilliant Green Lactose Bile Broth, Difco Laboratory, USA)
- Peptone (Bactor® Peptone, Difco Laboratory, USA)

### การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth ปริมาณ 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร ดูดสารละลาย Brilliant Green Lactose Bile Broth ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองแบบมีฝาปิดพร้อมหลอดดักแก๊สในหลอดทดลอง จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 – 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

### การเตรียมสารละลายสำหรับเชื้อจาง

เตรียมเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยละลายเปปโตนปริมาณ 25 ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร หรือเตรียมตามปริมาณที่ต้องการใช้

### วิธีวิเคราะห์

### 1. การเตรียมตัวอย่าง

1. ตัดตัวอย่างให้มีขนาดเล็กด้วยมีดที่ผ่านการเช็ดแอลกอฮอล์และลนไฟ
2. ใช้ซ็อนตักสารที่ผ่านการเช็ดแอลกอฮอล์และลนไฟ ตักตัวอย่าง 10 กรัมใส่ลงในถุงสำหรับตีปน (Stomacher bag) เติมน้ำละลายเปปโตน 90 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องตีปน (Stomacher) เพื่อให้สารละลายตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1:10 หรือ ( $10^{-1}$ )
3. เขย่าตัวอย่างให้เข้ากัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 หรือ ( $10^{-1}$ ) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายเปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1:100 หรือ ( $10^{-2}$ )

### 2. การวิเคราะห์แบคทีเรียที่คาดว่าเป็นโคลิฟอร์ม (Presumptive coliform)

1. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่างอาหารที่ระดับเจือจางต่าง ๆ ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) ลงหลอดทดลองอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth ที่มีหลอดดักแก๊ส จำนวน 3 ชุด ชุดละ 5 หลอดทดลองดังนี้

ชุดที่ 1	ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง $10^{-1}$ จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง 5 หลอด
ชุดที่ 2	ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง $10^{-2}$ จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง 5 หลอด
ชุดที่ 3	ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง $10^{-3}$ จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง 5 หลอด

2. บ่มหลอดทดลองในตู้บ่มอุณหภูมิ  $37 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา  $48 \pm 3$  ชั่วโมง หากหลอดทดลองใดมีแก๊สเกิดขึ้นในหลอดดักแก๊สหรือให้ผลบวก (Positive) ซึ่งคาดว่าจะมีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดโคลิฟอร์มเจริญอยู่ในตัวอย่าง ถ้าไม่พบว่ามีแก๊สเกิดขึ้นในหลอดทดลองใดเลย แสดงว่าให้ผลลบ (Negative) และไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดโคลิฟอร์มเจริญอยู่ในตัวอย่างนั้น

### 3. การยืนยันโคลิฟอร์ม

1. ใช้ห่วง (Loop) เขี่ยเชื้อจากหลอดเลี้ยงเชื้อที่ให้ผลบวกจากการทดสอบแบคทีเรียที่คาดว่าเป็นโคลิฟอร์ม ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin Methyl Blue Agar ในจานเพาะเชื้อ
2. บ่มจานเพาะเชื้อในตู้บ่มอุณหภูมิ  $37 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 – 24 ชั่วโมง

3. ตรวจหาโคโลนีที่เป็นลักษณะเฉพาะของโคลิฟอร์ม โดยโคโลนีของโคลิฟอร์มจะมีสีดำหรือสีดำตรงกลางล้อมรอบด้วยบริเวณโปร่งใสไม่มีสี โคลิฟอร์มบางโคโลนีมีลักษณะหนูนเปือกเฝิ้ม (Mucoid)

4. บันทึกจำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชุดที่มีเชื้อจุลินทรีย์โคลิฟอร์มที่ได้รับการยืนยันแล้ว

#### 4. การวิเคราะห์แบคทีเรียที่คาดว่าจะ เป็น *E. coli*

1. ใช้เข็มเย็บเชื้อ (Needle) เย็บเชื้อจากหลอดทดลองที่ให้ผลบวกจากการทดลองแบคทีเรียที่คาดว่าจะ เป็นโคลิฟอร์ม ลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth จำนวน 10 มิลลิลิตร โดยหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อนี้ต้องปรับอุณหภูมิเท่ากับ 44.5 องศาเซลเซียสก่อนนำไปใช้

2. เย็บเชื้อ *E. coli* ซึ่งเป็นเชื้อมาตรฐานลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth จำนวน 10 มิลลิลิตร อีก 2 หลอด สำหรับเป็นหลอดเปรียบเทียบ

3. บ่มหลอดเลี้ยงเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ  $44.5 \pm 0.5$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

4. หลอดทดลองที่มีแก๊สเกิดขึ้นหรือให้ผลบวก แสดงว่ามีแบคทีเรียที่คาดว่าจะ เป็น *E. coli* ให้ทำการวิเคราะห์เพื่อยืนยัน *E. coli*

#### 5. การวิเคราะห์เพื่อยืนยัน *E. coli*

1. เย็บเชื้อจากหลอดเลี้ยงเชื้อที่ให้ผลบวกจากการทดสอบแบคทีเรียที่คาดว่าจะ เป็น *E. coli* ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin Methyl Blue Agar

2. บ่มจานเพาะเชื้อในตู้บ่มอุณหภูมิ  $37 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 – 24 ชั่วโมง

3. เลือกลักษณะโคโลนีที่เป็นลักษณะเฉพาะของ *E. coli* ซึ่งมีสีน้ำตาลอมดำตรงกลาง และมีสีเลื่อมมันอมเขียวสะท้อนแสงซึ่งบางครั้งสีเลื่อมอาจไม่ปรากฏ เย็บเชื้อครั้งละ 1 โคลอนีลงในน้ำทริปโตน (Tryptone water) และบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ  $44.5 \pm 0.5$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. เย็บเชื้อ *E. coli* มาตรฐานในหลอดน้ำทริปโตน เพื่อเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ

5. ทดสอบสารอินโดล หลอดที่มีอินโดลเกิดขึ้นแสดงว่าเป็นเชื้อ *E. coli* จากนั้นบันทึกจำนวนหลอดทดลองที่ให้ผลบวก

6. คำนวณและรายงานค่า MPN ของ Coliform และ *E. coli* ในตัวอย่าง 1 กรัม



7. การทดสอบยืนยันเพิ่มเติมเกี่ยวกับ Coliform และ *E.coli* ควรทำการทดสอบเมธิลเรด (Methyl red) โวกีส-พรอสเกาเออร์ (Voges-Proskauer) และซิเตรต (Citrates test) โดยก่อนจะทดสอบปฏิกิริยาเหล่านี้ต้องแยกเชื้อ *E.coli* ให้บริสุทธิ์ก่อน



#### ตาราง ค.1 : ตารางแมคคราดี

แสดงความน่าจะเป็นของปริมาณแบคทีเรียที่ได้จากการประเมินโดยวิธีหลอดเจือจาง (Dilution tube method) หรือค่าเอ็มพีเอ็น (Most probably number) ในอาหาร 1 กรัมหรือ 1 มิลลิลิตร เทียบจากหลอดที่ให้ปฏิกิริยาบวก โดย 5 หลอดมี

ตัวอย่างอาหารที่เจือจาง  $10^{-1}$  จำนวน 10 มิลลิลิตร อีก 5 หลอดมีตัวอย่างอาหารที่เจือจาง  $10^{-2}$  และอีก 5 หลอดมีตัวอย่างอาหารที่เจือจาง  $10^{-3}$  จำนวน 1 มิลลิลิตร

จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อและจำนวนตัวอย่างที่เจือจาง ระดับต่างๆ ที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของ แบคทีเรีย ต่อกรัม ตัวอย่าง	จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อและจำนวนตัวอย่างที่เจือจาง ระดับต่าง ๆ ที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของ แบคทีเรีย ต่อกรัม ตัวอย่าง
5 หลอดที่ $10^{-1}$ จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ $10^{-2}$ จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ $10^{-3}$ จำนวน 1 มล.		5 หลอดที่ $10^{-1}$ จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ $10^{-2}$ จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ $10^{-3}$ จำนวน 1 มล.	
0	0	0	0	3	0	1	11
0	0	1	12	3	0	2	13
0	0	2	4	3	1	0	11
0	1	0	2	3	1	1	14
0	1	1	4	3	1	2	17
0	1	2	6	3	3	3	20
0	2	0	4	3	2	0	14
0	2	1	6	3	2	1	17
0	3	0	6	3	2	2	20
1	0	0	6	3	3	0	17
1	0	1	4	3	3	1	21
1	0	2	6	3	4	2	21
1	0	3	8	3	4	1	24
1	1	0	4	3	5	0	25
1	1	1	6	4	0	0	13
1	1	2	6	4	0	1	17
1	2	0	6	4	0	2	21
1	2	1	8	4	0	3	25
1	2	2	10	4	1	0	17
1	3	0	8	4	0	1	21
1	3	1	10	4	1	2	26
1	4	0	11	4	2	0	22
2	0	0	5	4	2	1	26
2	0	1	7	4	2	2	32
2	0	2	9	4	3	0	27
2	0	3	12	4	3	1	33
2	1	0	7	4	3	2	39

ตาราง ค.1 : ตารางแมคคราดี (ต่อ)

จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อและจำนวนตัวอย่างที่เชื้อจาง ระดับต่างๆ ที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของ แบคทีเรีย ต่อกรัม ตัวอย่าง	จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อและจำนวนตัวอย่างที่เชื้อจาง ระดับต่างๆ ที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของ แบคทีเรีย ต่อกรัม ตัวอย่าง
5 หลอดที่ $10^{-1}$ จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ $10^{-2}$ จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ $10^{-3}$ จำนวน 1 มล.		5 หลอดที่ $10^{-1}$ จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ $10^{-2}$ จำนวน 1 มล.	5 หลอดที่ $10^{-3}$ จำนวน 1 มล.	
2	1	1	9	4	4	0	34
2	1	2	12	4	4	1	40
2	2	0	9	4	5	0	41
2	2	1	12	4	5	1	48
2	2	2	14	5	0	0	23
2	3	0	12	5	0	1	31
2	3	1	14	5	3	2	43
2	4	0	15	5	45	3	58
2	0	0	8	5	4	4	76
5	1	0	33	5	4	5	253
5	1	1	46	5	4	0	130
5	1	2	63	5	4	1	172
5	1	3	64	5	4	2	221
5	2	0	49	5	5	3	278
5	2	1	70	5	5	4	345
5	2	2	67	5	5	5	246
5	2	3	120	5	5	0	240
5	2	4	148	5	5	1	348
5	2	5	177	5	5	2	542
5	3	0	79	5	5	3	920
5	3	1	109	5	5	4	1600
5	3	2	141	5	5	5	>1600
5	3	3	175				
5	3	4	212				



ภาคผนวก ง  
ตัวอย่างการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยทดลองในแผนการทดลอง  
Mixture design

ตารางที่ ง.1 อัตราส่วนของปัจจัยหลักที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองและ interaction

สูตร	S	L	I	F	SL	SI	SF	LI	LF	IF
1	0.01	0.05	0.1	0.84	0.0005	0.001	0.0084	0.005	0.042	0.084
2	0.01	0.05	0.2	0.74	0.0005	0.002	0.0074	0.01	0.037	0.148
3	0.01	0.15	0.1	0.74	0.0015	0.001	0.0074	0.015	0.111	0.074
4	0.03	0.05	0.1	0.82	0.0015	0.003	0.0246	0.005	0.041	0.082
5	0.03	0.05	0.2	0.72	0.0015	0.006	0.0216	0.01	0.036	0.144
6	0.03	0.15	0.1	0.72	0.0045	0.003	0.0216	0.015	0.108	0.072
7	0.01	0.09	0.2	0.7	0.0009	0.002	0.007	0.018	0.063	0.14
8	0.01	0.15	0.14	0.7	0.0015	0.0014	0.007	0.021	0.105	0.098
9	0.03	0.07	0.2	0.7	0.0021	0.006	0.021	0.014	0.049	0.14
10	0.03	0.15	0.12	0.7	0.0045	0.0036	0.021	0.018	0.105	0.084

หมายเหตุ : เมื่อกำหนด S หมายถึง สารทดแทนไขมัน

L หมายถึง ไขมัน

I หมายถึง น้ำแข็ง

F หมายถึง เนื้อปลา

ตัวอย่าง ง.1 การหาสมการอัตราส่วนของปัจจัยหลัก (สารทดแทนไขมัน: ไขมัน: น้ำแข็ง: เนื้อปลา) ที่เหมาะสมสำหรับด้านสีปรากฏ

การหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบด้านสีปรากฏกับปัจจัยทดลอง ทำโดยนำค่า Mean ideal ratio score ของความชอบด้านสีปรากฏที่ได้จากการทดลองทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ Linear regression กับปัจจัยทดลองที่ละ 2 ปัจจัย โดยใช้ความสัมพันธ์แบบ polynomial

ทำโดยนำค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะสีที่ปรากฏที่ได้จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส มาทำการ Regression กับเทอมของปัจจัยหลักทีละคู่ (ตารางที่ ง.1) จะได้สมการทั้งหมด 6 สมการ (เท่ากับจำนวน Interaction)

สมการ regression ของลักษณะด้านสีที่ปรากฏ มีดังนี้

$$\text{สีที่ปรากฏ} = 38.124S + 7.933L - 317.88SL \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{สีที่ปรากฏ} = 37.674S + 5.871I - 231.77SI \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{สีที่ปรากฏ} = 35.697S + 1.273F - 47.549SF \quad \text{----- (3)}$$

$$\text{สีที่ปรากฏ} = 10.144L + 6.648I - 76.45LI \quad \text{----- (4)}$$

$$\text{สีที่ปรากฏ} = 11.823L + 1.305F - 16.408LF \quad \text{----- (5)}$$

$$\text{สีที่ปรากฏ} = 6.573I + 1.28F - 8.906IF \quad \text{----- (6)}$$

สมการที่ (1) ได้จากการ regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะสีที่ปรากฏกับค่าในคอลัมน์ของ S, L และ SL ในตารางที่ ง.1

สมการที่ (2) ได้จากการ regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะสีที่ปรากฏกับค่าในคอลัมน์ของ S, I และ SI ในตารางที่ ง.1

สมการที่ (3) ได้จากการ regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะสีที่ปรากฏกับค่าในคอลัมน์ของ S, F และ SF ในตารางที่ ง.1

สมการที่ (4) ได้จากการ regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะสีที่ปรากฏกับค่าในคอลัมน์ของ L, I และ LI ในตารางที่ ง.1

สมการที่ (5) ได้จากการ regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะสีที่ปรากฏกับค่าในคอลัมน์ของ L, F และ LF ในตารางที่ ง.1

สมการที่ (6) ได้จากการ regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะสีที่ปรากฏกับค่าในคอลัมน์ของ I, F และ IF ในตารางที่ ง.1

สมการที่ได้ทั้ง 6 สมการจะนำมาทำ Partial derivatives จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อในโปรแกรมเชิงเส้น (POM) การทำ Partial derivatives จะทำเทียบกับตัวแปรที่ปรากฏใน สมการ เช่น  $38.124S + 7.933L - 317.88SL$  จะทำ Partial derivatives สองครั้ง

โดยเทียบกับ S และ L สมการที่ได้หลังจากทำ Partial derivatives จะใช้เทคนิค Lag range และนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

การทำ Partial derivatives ของสมการที่วิเคราะห์ได้ของลักษณะสีที่ปรากฏ

$$\text{สมการที่ (1)} \quad \text{สีที่ปรากฏ} = 38.124S + 7.933L - 317.88SL$$

Partial derivatives

$$\frac{\delta \text{สีที่ปรากฏ}}{\delta S} = 0 = 38.124 - 317.88 L \quad \text{----- (1.1)}$$

$$\frac{\delta \text{สีที่ปรากฏ}}{\delta L} = 0 = 7.933 - 317.88 S \quad \text{----- (1.2)}$$

$$\text{สมการที่ (2)} \quad \text{สีที่ปรากฏ} = 37.674S + 5.871I - 231.77SI$$

Partial derivatives

$$\frac{\delta \text{สีที่ปรากฏ}}{\delta S} = 0 = 37.674 - 231.77 I \quad \text{----- (2.1)}$$

$$\frac{\delta \text{สีที่ปรากฏ}}{\delta I} = 0 = 5.871 - 231.77S \quad \text{----- (2.2)}$$

$$\text{สมการที่ (3)} \quad \text{สีที่ปรากฏ} = 35.697S + 1.273F - 47.549SF$$

Partial derivatives

$$\frac{\delta \text{สีที่ปรากฏ}}{\delta S} = 0 = 35.697 - 47.549 F \quad \text{----- (3.1)}$$

$$\frac{\delta \text{สีที่ปรากฏ}}{\delta F} = 0 = 1.273 - 47.549S \quad \text{----- (3.2)}$$

สมการที่ 4 ถึง 6 ก็ทำ Partial derivatives เช่นเดียวกับ สมการที่ 1 , 2 และ 3 ข้างต้น จากนั้นจึงนำมาลบค่า Lag range ( $\lambda$ ) สมการที่ 1.1 ถึง 3.2 เมื่อลบค่า  $\lambda$  จะได้สมการคือ

$$317.88 L - \lambda = 38.124$$

$$317.88 S - \lambda = 7.933$$

$$231.77 I - \lambda = 37.674$$

$$231.77 S - \lambda = 5.871$$

$$47.549 F - \lambda = 35.697$$

$$47.549 S - \lambda = 1.273$$

นำสมการที่ได้ไปเข้าโปรแกรมเชิงเส้น เพื่อหาอัตราส่วนของปัจจัยหลักที่เหมาะสมสำหรับลักษณะด้านสีที่ปรากฏ ทั้งนี้จะต้องอยู่ภายใต้สมการข้อจำกัด (Constraints) ที่ตั้งไว้ก่อนการทดลอง คือ

$$0.70 \leq F \leq 0.90$$

$$0.05 \leq L \leq 0.15$$

$$0.10 \leq I \leq 0.200$$

$$0.01 \leq S \leq 0.03$$

$$F + L + I + S = 1.00$$

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (POM) พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยหลักสำหรับลักษณะด้านสีที่ปรากฏประกอบด้วย เนื้อปลา ร้อยละ 73.83, ไขมัน ร้อยละ 9.11, น้ำแข็ง ร้อยละ 14.44 และ สารทดแทนไขมัน ร้อยละ 2.62



### การคาดคะเนอายุการเก็บรักษา (Man and Jones, 1994)

#### การศึกษาอันดับและอัตราเร็วของปฏิกิริยา (Order and rate constant of reaction)

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยการศึกษาอัตราเร็วและอันดับของปฏิกิริยา สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีจลศาสตร์

$$-\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A^n$$

เมื่อ  $C_A$  = ความเข้มข้นของสารที่สนใจที่เวลา  $t$   
 $t$  = เวลา  
 $k$  = อัตราเร็วของปฏิกิริยา  
 $n$  = อันดับของปฏิกิริยา

- ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ ( $n=0$ )

มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์กับเวลา  $t$

$$C_{At} = -kt + C_{A0}$$

สร้างกราฟระหว่าง  $C_{At}$  กับเวลา  $t$  เพื่อหาค่า  $k$

- ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ( $n=1$ )

มีการเปลี่ยนแปลงแบบ Logarithmic ของความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์กับเวลา  $t$

$$\ln(C_{At}/C_{A0}) = -kt$$

สร้างกราฟระหว่าง  $\ln(C_{At}/C_{A0})$  กับเวลา  $t$  เพื่อหาค่า  $k$

▪ ปฏิกริยาอันดับสอง (n=2)

มีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์กับเวลา  $t$  แบบ Hyperbolic หรือมีความสัมพันธ์ระหว่าง  $1/C_{At}$  กับเวลาเป็นเส้นตรง

$$(1/C_{At}) - (1/C_{A0}) = -kt$$

สร้างกราฟระหว่าง  $1/C_{At}$  กับเวลา  $t$  เพื่อหาค่า  $k$

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส ภายนอก เคมี และจุลชีววิทยา ระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ทราบว่ามีความบางประการที่สามารถใช้ชี้บ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลายอล ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรได้ นั่นคือ คุณภาพนั้นจะนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งอายุการเก็บรักษาต่อไป

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาทำได้โดย นำค่าคุณภาพที่เป็นดัชนีชี้บ่งอายุการเก็บรักษาข้างต้นมาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์กับเวลา  $t$  เพื่อดูว่าการเปลี่ยนแปลงปฏิกริยามีความสัมพันธ์กันด้วยปฏิกริยาอันดับที่เท่าใด และทำการสร้างกราฟตามความสัมพันธ์ของปฏิกริยาอันดับนั้น ๆ เพื่อคำนวณหาอัตราคงที่ (Rate constant ;  $k$  values) จากการหาความชัน (slope) ของเส้นกราฟ และนำค่า  $k$  ที่ได้มาคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ หรือค่า  $t$  ในสมการ

ตัวอย่างเช่น โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์อาหารมีการเปลี่ยนแปลงของปฏิกริยาเป็นปฏิกริยาอันดับ 1 โดยเมื่อสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลา จะพบว่ามีความสัมพันธ์แบบ Logarithmic จากนั้นสร้างกราฟระหว่าง  $\ln(C_{At}/C_{A0})$  กับเวลา  $t$  เพื่อคำนวณหาอัตราเร็วของปฏิกริยา หรือค่า  $k$  จากความชันของกราฟ และสามารถหาอายุการเก็บรักษา ( $t$ ) ได้จากสูตร

$$\ln (C_{At} / C_{A0}) = -kt$$