รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

Development of Herbal Sheet

รศ. ดร. ไพโรจน์ วิริยจารี

นางสาวพันธิตรา พรหมรักษา

นางสาวสุภาพร พุทธโศภิษฐ์

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการหลวง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมูลนิธิโครงการหลวง โดยได้รับการสนับสนุนต่อเนื่อง 2 ปี คือ ปีงบประมาณ 2544-2545 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในการให้ความสนับสนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคล เจ้าหน้าที่ ในองค์กรของหน่วยราชการต่างๆ ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยมาโดยตลอดดังนี้

- มูลนิธิโครงการหลวง อาหารสุขภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหลายที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนข้อคิดเห็นต่าง ๆ ซึ่งทำให้โครงการวิจัยสามารถสำเร็จได้ด้วยดี แนวความคิดที่มีประโยชน์ทั้งปวงคณะผู้วิจัยขอน้อมรับและจะนำไปใช้ประโยชน์ต่อการทำงานในอนาคต องค์ความรู้ที่เกิดจากโครงการวิจัยนี้ขอให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติโดยรวมต่อไป

คณะผู้วิจัย

ธันวาคม 2545

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพซึ่งได้พัฒนาขึ้นโดยใช้พืชสมุนไพรที่ได้รับการส่งเสริมการปลูกจากมูลนิธิโครงการหลวงทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ยูเอสเอมินต์ ออริกาโน ทายม์

การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ พบว่า ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ได้แก่ สี ความเป็นเนื้อเดียวกัน ความเผ็ด รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร และความเหนียว การหาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักและอัตราส่วนของระบบสมุนไพรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design พบว่า ส่วนผสมหลัก ประกอบด้วย แกนสับปะรด ร้อยละ 51.4 แครอท ร้อยละ 29.5 แป้งข้าวเหนียว ร้อยละ 10.5 และ CMC ร้อยละ 8.6 และระบบสมุนไพร ประกอบด้วย ยูเอสเอมินต์ ร้อยละ 30 ออริกาโน ร้อยละ 20 ทายม์ ร้อยละ 50 นอกจากนี้การกลั่นกรองปัจจัยโดยใช้แผนการทดลองแบบ Plackett-Burman Design พบว่า ปัจจัยหลักที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือ พริกไทยและระบบสมุนไพร ซึ่งหาระดับที่เหมาะสมโดยอาศัยแผนการทดลองแบบ Central composite design พบว่า ส่วนผสมอื่น ๆ ที่เหมาะสมในสูตร ได้แก่ เกลือ ร้อยละ 1.00 น้ำตาล ร้อยละ 3.00 พริกป่น ร้อยละ 0.50 พริกไทย ร้อยละ 0.65 และระบบสมุนไพร ร้อยละ 0.31

ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ผลิตโดยสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมเมื่อนำมาศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาและคาดคะเนอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สภาวะการเก็บต่าง ๆ พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาคือ 10 20 และ 37 องศาเซลเซียส สำหรับผลการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ สามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิ 10 20 และ 37 องศาเซลเซียสได้นานกว่า 3 เดือน

Abstract

Herbal sheet is a new product developed as a new choice for ready to eat in term of health food. The product was added with some herbs supported by Royal Project Foundation : U.S.A Mint, Oregano and Thyme.

The exiperiment was started from establishing the ideal ratio profile of the product in order to find out the important attributes of the product for getting the developed direction. It was found that the important characteristics were color, homogeneity, spiciness, saltiness, flavor of herbs and stickiness.

Optimization of the base system and herbal system by use of mixture design were studied. It was found that the base system was composed of 51.4% pineapple core, 29.5% carrot, 10.5% sticky rice flour and 8.6% CMC. Additionally, for the herbal system, the composition was 30% U.S.A Mint, 20% Oregano and 50% Thyme.

Plackett-Burman design was used to screen the large number of variables affecting the product quality. The results showed that the major influencing variables were ground white pepper and the mixture of herbal system. These variables were then optimized by use of central composite design in order to obtain good quality and acceptability of the product. The results showed that the best proportion of ingredients in the formulation was 1.00% salt, 3.00% sugar, 0.5% chilli powder, 0.65% ground white pepper and 0.31 % mixture of herbal system.

The herbal sheet was produced by suitable formula and processing. The product was subjected to investigate the effect of temperature on quality changes of product during storage time. Shelf-life of the herbal sheet in various storage conditions were also investigated. It was found that the suitable storage temperature was 20 $^{\circ}$C, 30 $^{\circ}$C and 37 $^{\circ}$C. From the prediction of shelf-life, it could be found that the product which was kept at 20 $^{\circ}$C, 30 $^{\circ}$C and 37 $^{\circ}$C had shelf-life more than 3 months.

สารบาญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
สารบาญตาราง		จ
สารบาญภาพ		ซ
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3	จุดมุ่งหมายในการวิจัย	20
บทที่ 4	การวางแผนการทดลอง	21
บทที่ 5	ผลการทดลองและอภิปรายผล	31
บทที่ 6	สรุปผลการทดลอง	112
เอกสารอ้างอิง		114
ภาคผนวก		116

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของแครอทน้ำหนัก 100 กรัม	6
2.2	ระดับค่าน้ำที่เป็นประโยชน์และความสำคัญ	16
4.1	สูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น	22
4.2	สิ่งทดลองที่ในการศึกษาหาอัตราส่วนของส่วนผสมหลัก	23
4.3	สิ่งทดลองในการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของระบบสมุนไพร	25
4.4	แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design	27
4.5	ระดับของปัจจัยที่ต้องการกลั่นกรองในสูตรการผลิตสมุนไพรแผ่น	28
5.1	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น	33
5.2	สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design	36
5.3	คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design	37
5.4	คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design	38
5.5	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design	39
5.6	คุณภาพทางเคมีของผลิตภณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2	44
5.7	คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2	44
5.8	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2	45
5.9	คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการกลั่นกรองปัจจัยสำคัญ	49
5.10	คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการกลั่นกรองปัจจัยสำคัญ	50
5.11	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการกลั่นกรองปัจจัยสำคัญ	51

ตาราง หน้า

5.12 ผล (Effect) และค่า t-value ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น 55

5.13 ผล (Effect) และค่า t-value ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น 56

5.14 ผล (Effect) และค่า t-value ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น 57

5.15 ปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรที่ใช้ระดับต่าง ๆ (ร้อยละ) 62

5.16 สิ่งทดลองในการหาระดับที่เหมาะสมของพริกไทยและระบบสมุนไพรจากการวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment in central composite design 63

5.17 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเมื่อมีการผันแปรปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพร 64

5.18 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเมื่อมีการผันแปรปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพร 65

5.19 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเมื่อมีการผันแปรปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพร 66

5.20 สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ 69

5.21 สมการถดถอยถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ 71

5.22 ปริมาณที่เหมาะสมของพริกไทยและระบบสมุนไพรในสูตรการผลิต 73

5.23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าสี L (ความสว่าง) และค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน 89

5.24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน 92

5.25 การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) และคะแนนความชอบด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน 95

ตาราง		หน้า
5.26	การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน และความเผ็ดของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน	98
5.27	การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านรสเค็มและกลิ่นสมุนไพรของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน	101
5.28	การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเหนียวและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน	104
5.29	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณเชื้อยีสต์และราของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน	107
5.30	ต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตสมุนไพรแผ่น	110

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
5.1	แสดงลักษณะต่าง ๆ ที่ผู้บริโภคกำหนดให้เป็นลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	32
5.2	เค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น	34
5.3	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design	41
5.4	เค้าโครงผลิตภัณฑ์ของแต่ละสิ่งทดลองในการทดลองตอนที่ 2	46
5.5	เค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการกลั่นกรองปัจจัยสำคัญ	53
5.6	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเมื่อมีการผันแปรปริมาณพริกไทยและสมุนไพร	68
5.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น	74
5.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น	75
5.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและค่าสี a ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น	76
5.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและค่าสี b ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น	77
5.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น	78
5.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพริกไทยและการยอมรับด้านความเผ็ดของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น	79
5.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและการยอมรับด้านกลิ่นรสสมุนไพรของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น	80
5.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรต่อการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น	81
5.15	ขบวนการผลิตสมุนไพรแผ่นที่เหมาะสม	83

ภาพ		หน้า
5.16	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้หลังการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิต	85
5.17	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	90
5.18	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	90
5.19	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	93
5.20	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	93
5.21	การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	96
5.22	การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	96
5.23	การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	99
5.24	การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเผ็ดของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	99
5.25	การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	102
5.26	การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านกลิ่นสมุนไพรของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	102
5.27	การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	105
5.28	การเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	105
5.29	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	108

ภาพ		หน้า
5.30	การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	108

โครงการหลวง

บทที่1
คำนำ

ในอดีตที่ผ่านมาการดำเนินชีวิตของคนทั่วไปไม่เร่งรีบเท่าปัจจุบัน แม่บ้านสามารถเลือกซื้อวัตถุดิบที่มีคุณค่าและมีประโยชน์ต่อร่างกายมาประกอบอาหารได้เอง ต่อมาเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลาและสภาวะทางเศรษฐกิจที่เร่งรัด การประกอบอาหารเพื่อการบริโภคดังกล่าวจึงทำได้น้อยลง ในปัจจุบันวัฒนธรรมการบริโภคของคนในซีกโลกตะวันออกเปลี่ยนไป กล่าวคือ ต้องการความรวดเร็วเพื่อสอดคล้องกับวิถีชีวิต ทั้งนี้รวมถึงคนไทยด้วย

อาหารพร้อมบริโภค (ready-to-eat) ของชาวตะวันตก มีลักษณะพิเศษ คือ มีการปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยเครื่องปรุงให้เป็นส่วนประกอบเดียวกัน มีการเสนอขายด้วยขนาดและหีบห่อที่สะดวกต่อการบริโภค เช่น แฮมเบอร์เกอร์ แซนวิช พาย พิซซ่า เฟรนช์ฟรายด์ และขนมขบเคี้ยวต่างๆ เป็นต้น ซึ่งอาหารเหล่านี้เป็นอาหารที่บริโภคแล้วยังได้สารอาหารไม่ครบถ้วน และมีราคาสูง การบริโภคอาหารดังกล่าวควรเพิ่มการบริโภคน้ำนมสดพร้อมรับประทานผลไม้ เพื่อให้ได้สารอาหารวิตามิน และเกลือแร่ โดยเฉพาะการเพิ่มกากอาหารเพื่อช่วยในระบบขับถ่ายซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อร่างกายและบำรุงสุขภาพด้วย

การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ โดยมีแหล่งวัตถุดิบต้นทุนต่ำหรือใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตอื่นๆ เช่น สับปะรด แครอท ฯลฯ จึงมีความสำคัญและเป็นที่น่าสนใจยิ่ง โดยเฉพาะหากมีการเสริมสมุนไพรซึ่งมีคุณสมบัติทางยาเข้าไปก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีประโยชน์ต่อร่างกายมากยิ่งขึ้น

มูลนิธิโครงการหลวงได้ดำเนินงานวิจัยเกษตรที่สูงอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่น ดำเนินการค้นคว้าวิจัยและรวบรวมพันธุ์ไม้ผลเมืองหนาว งานวิจัยพืชผักเมืองหนาว งานวิจัยพืชไร่ โดยเฉพาะงานวิจัยพืชสมุนไพรต่างประเทศ ซึ่งได้ส่งเสริมให้แก่เกษตรกรเพื่อนำไปปลูกกันทั่วไป ตัวอย่างพืชสมุนไพรที่สำคัญได้แก่ มินต์ สวีทบาซิล ซอร์เรล โรสแมรี่ ออริกาโน ทาย์ม นอกจากนี้ยังมีพืชสมุนไพรชนิดต่าง ๆ ที่ยังอยู่ในระหว่างการทดลองตลาดอีกประมาณ 15 ชนิด เช่น เชอร์วิล เลมอนบาล์ม เสจ ลาเวนเดอร์ คาร์โมมายด์ เนสเตอร์เดียม เป็นต้น

สำหรับผลผลิตของพืชสมุนไพรที่ทำการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกนั้นมูลนิธิโครงการหลวงยังได้จัดตั้งหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการตลาดขึ้น เพื่อช่วยจัดจำหน่ายผลิตผลของเกษตรกรชาวเขาในราคาที่เหมาะสม นอกจากนั้นยังได้ดำเนินงานวิจัยและพัฒนาผลผลิตของเกษตรกรเพื่อเพิ่มคุณค่าผลผลิตให้สูงขึ้น อาทิเช่น ชาหอม และชาสมุนไพรชนิดต่าง ๆ เป็นต้น (มูลนิธิโครงการหลวง, 2542)

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบหลักที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์
2. เพื่อหาอัตรส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพรแต่ละชนิดที่จะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

โครงการหลวง

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

อาหารสุขภาพ (Health foods) เป็นอาหารที่ดีต่อสุขภาพ ประกอบด้วยสารที่มีประโยชน์ ส่วนใหญ่ได้จากธรรมชาติ ปราศจากการปนเปื้อนของสารเคมี (ศิริวรรณ, 2541)

ยูเอสเอมินต์ (U.S.A Mint)

มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Mentha piperita* มีก้านสีแดงกว่าสเปียร์มินต์ ต้นสูงประมาณ 2 - 3 ฟุต ใบสีเขียว มีกลิ่นรสที่ฉุนและเผ็ดร้อนกว่าสเปียร์มินต์ แต่เดิมมีการปลูกในประเทศแถบเมดิเตอร์เรเนียน

ในด้านองค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีน้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.1 - 2.0 % (Joseph,1968) ประกอบด้วย α - pinene, β - pinene, camphene, cineole, menthofuran, 3 - octanol,limonene, linalool, menthone, isomenthone, menthol และ pulegone

สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ น้ำมันหอมระเหยนิยมใช้เป็นสารให้กลิ่นในทางเภสัช และใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดช่องปาก เช่น นำไปใช้เป็นส่วนผสมของยาสีฟัน ยาอมบ้วนปาก และลูกกวาด หมากฝรั่งตลอดจนครีมทาภายนอก และใช้ประกอบอาหาร ช่วยขับลมในกระเพาะอาหาร กระตุ้นกระเพาะอาหาร ลดอาการปวดศีรษะ ปวดตามข้อ นิยมใช้แต่งกลิ่นขนมหวาน เครื่องดื่ม ไอศกรีม ลิเคอร์ ซอส และลูกกวาด (Prakash, 1990)

ออริกาโน (Oregano)

มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Origanum vulgare* เป็นสายพันธุ์ใกล้เคียงกับ majoram เป็นต้นไม้ที่มีความสูงประมาณ 28 เซนติเมตร หรือ 8 นิ้ว และมีใบสีเขียวเข้มยาวประมาณ 20 มิลลิเมตร มีดอกสีขาวขนาดเล็ก มีต้นกำเนิดมาจากแถบเมดิเตอร์เรเนียน

มีองค์ประกอบเป็นน้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.5 % ซึ่งประกอบด้วย thymal, origanene และ carvacrol ทางการแพทย์สามารถใช้บรรเทาอาการปวดศีรษะ อาการระคายเคืองต่าง ๆ และสามารถใช้กำจัดพยาธิในลำไส้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นน้ำมันทาเพื่อบรรเทาอาการอันเนื่องจากแมลงกัด อาการปวดฟัน และเกลื้อน อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการบำบัดรักษาด้วยกลิ่น (aromatherapy)

การนำไปใช้นิยมนำใบสดของออริกาโนเติมลงในสลัด ซุป ซอส และอาหารที่ประกอบด้วยเนื้อสัตว์ปีก สำหรับใบออริกาโนแห้งเป็นส่วนผสมได้อย่างดีกับอาหารที่ประกอบด้วยมะเขือเทศ ถั่ว มะเขือม่วง ข้าว และอาหารบางชนิด เช่น พิซซ่า ข้าวคลุกเนื้อ (Keville, 1991)

ทายม์ (Thyme)

มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Thymus citroodows* เป็นไม้พุ่มลำต้นตั้งตรง ดอกและใบมีขนาดเล็ก เดิมปลูกแถบเมดิเตอร์เรเนียน ต่อมาได้มีการขยายการเพาะปลูกไปสู่แถบ ฝรั่งเศส สเปน อเมริกา

ในด้านองค์ประกอบทางเคมีพบว่าประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยประมาณ 2.5 % ประกอบด้วย thymol (เป็นสารหลัก) α - pinene, terpinene, camphene, carvacrol, geraniol, terpen – 4 ol, borneol และ l – linalool (Prakash, 1990)

สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ จะใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องเทศสำหรับใช้กับสลัดโดยเฉพาะ นอกจากนี้ยังใช้กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์เนื้อ เครื่องปรุงรส ผัก ซุป น้ำเกรวี่ ไข

มัน และน้ำมัน รวมทั้งเครื่องดื่มที่มีและไม่มีแอลกอฮอล์ ลูกกวาด เจลลาติน และพุดดิ้ง เป็นส่วนผสมในการให้กลิ่นรสในชา (Keville,1991) เป็นส่วนผสมของน้ำยาบ้วนปาก ยาแก้ไอ ช่วยในการย่อยอาหาร (Prakash, 1990)

น้ำมันทายม์ใช้เป็นสารให้กลิ่น ยาขับลมในกระเพาะ และน้ำมันทาแก้ปวดเมื่อย นอกจากนี้ยังใช้เป็นยารักษาอาการไอ(รวมทั้งโรคไอกรน) และสามารถลดอาการเหงือกบวมด้วย อีกทั้งยังเป็นส่วนผสมในการผลิตยาสีฟัน สบู่ ผงซักฟอก ครีม โลชั่น และน้ำหอมต่าง ๆ

แครอท (Carrot)

ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Daucus carota*, Linn. แครอทเป็นพืชล้มลุก ปลูกง่ายและสามารถปลูกได้ทั่วไปในแถบที่มีอากาศค่อนข้างเย็น ใบมีลักษณะเป็นฝอยจึงเรียกว่าผักชีหัว หัวแครอทมีลักษณะเรียวยาว สีส้มทั้งผิวและเนื้อ ใช้บริโภคเป็นผักสด และนำมาปรุงเป็นอาหารได้หลายชนิด ใช้เป็นเครื่องประกอบในอาหาร เช่น สลัดผัก ยำผัดผัก หรือเป็นเครื่องแนมเครื่องเคียง หรือนำมาปั่นเป็นเครื่องดื่มน้ำผัก ในแครอทมีสารเริ่มต้นของวิตามินเอสูง คือเบตาแคโรทีน (β-carotene) ซึ่งมีสีส้ม เมื่อบริโภคเข้าไปแล้ว ร่างกายจะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ เบต้าแคโรทีนนอกจากเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้แล้ว ยังทำหน้าที่เป็นสารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) ให้แก่ร่างกาย สีส้มที่ได้จากหัวแครอทคั้นสามารถใช้เป็นสีแต่งอาหาร ในแครอทยังประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย นอกจากนั้นยังสามารถใช้ประโยชน์ทางยา กล่าวคือมีฤทธิ์ขับพยาธิไส้เดือน ช่วยขับปัสสาวะเนื่องจากมีเกลือโปแตสเซียมในปริมาณสูง ช่วยย่อยอาหาร ทำให้ระบบย่อยอาหารเป็นปกติ

คุณค่าทางโภชนาการของแครอทโดยเทียบจากน้ำหนักแครอทส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม แสดงดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของแครอทน้ำหนัก 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (kcal)	37.00
โปรตีน (g)	1.60
ไขมัน (g)	0.40
คาร์โบไฮเดรท (g)	6.80
แคลเซียม (mg)	2.00
ฟอสฟอรัส (mg)	68.00
เหล็ก (mg)	1.20
ไทอามีน (mg)	0.04
ไรโบฟลาวิน (mg)	0.05
ไนอะซิน (mg)	0.80
วิตามินซี (mg)	41.00
เบต้า-แคโรทีน (RE)	1,166.00

ที่มา : มหัศจรรย์ผัก 108 (2542)

RE ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินัล

Starch

Starch ไม่ว่าจะอยู่ในรูปที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติ หรือในรูปที่มีการ modified แล้ว จัดเป็นวัตถุเจือปนในอาหารชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหาร เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ และยังพบว่ามีคุณสมบัติหลายประการที่มีประโยชน์ต่อผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ช่วยให้อาหารข้น ช่วยให้อาหารคงตัว ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร นอกจากนั้นยังมีส่วนช่วยให้กรรมวิธีการผลิตอาหารทำได้ง่ายและสะดวกขึ้นอีกทั้งราคาค่อนข้างถูกด้วย

Starch ส่วนใหญ่มักได้จากส่วนเมล็ดของพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าวสาลี บางชนิดอาจได้จากส่วนหัวหรือรากของพืช เช่น มันสำปะหลังและมันฝรั่ง เป็นต้น (ศิวาพร, 2529)

การ Gelatinization ของ Starch

ปกติ Starch จะไม่ละลายในน้ำเย็น แต่เมื่อนำ Starch มาใส่ในน้ำเย็นจะสามารถดูดซับน้ำไว้ได้ ทำให้ Starch granule พองตัวขึ้นเล็กน้อย และเมื่อนำน้ำแป้ง (Slurry) มาทำให้แห้งจะได้ Starch กลับคืนมาอย่างเดิม แต่ถ้าหากนำแป้งนั้นมาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เลย critical temperature (ตั้งแต่ 56^{o}C ขึ้นไป ขึ้นกับชนิดของ Starch) จะทำให้ความแข็งแรงของ Hydrogen bond ที่จับกันระหว่างโมเลกุลลดลง Starch granule จะดูดน้ำไว้ได้มากขึ้น ทำให้เม็ดแป้งพองตัวมากขึ้น

ถ้ายังเพิ่มอุณหภูมิและเวลาต่อไปอีก การพองตัวของ Starch granule จะเพิ่มมากยิ่งขึ้น และมี Soluble starch ซึมไหลออกมามากขึ้น จนในที่สุด Starch granule จะแตกมีการจับกันแน่นขึ้นจนแยกไม่ออก เกิดเป็น Gel ขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า *Gelatinization* และอุณหภูมิที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว เรียกว่า *Gelatinization temperature* เมื่อนำน้ำแป้งที่เกิดจากการ Gelatinization แล้วนี้มาทำให้เย็น จะพบว่าส่วนมากความใสจะลดลงและความหนืดจะเพิ่มขึ้น

การพองตัวของ Starch granule จะสังเกตได้จากการเพิ่มของความหนืดของน้ำแป้ง หรืออาจทราบได้จากการเกิด Gel ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการจับกันของน้ำใน Starch granule โมเลกุลของ Amylose และ Amylopectinจะจับกันอย่างหลวม ๆ ด้วย Hydrogen bond ของ Hydroxyl group โดย Hydrogen ของ Hydroxyl group ของโมเลกุลหนึ่ง จะจับกันด้วยประจุลบของออกซิเจนของ Hydroxyl group ของอีกโมเลกุลหนึ่ง ซึ่งการจับกันแบบนี้จะทำให้เกิด weak link ระหว่างโมเลกุล

การที่มีการจับกันอย่างหลวม ๆ นี้ เมื่ออุณหภูมิของน้ำแป้งเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของ Hydrogen bond ของทั้ง Starch-starch bond and water-water binds และขนาดของอนุภาคจะลดลง โมเลกุลของน้ำจะแทรกเข้าไปในระหว่างโมเลกุลของ Starchทำให้ Starch granule พองตัวขึ้น เนื่องจากเดิมจะเป็นเพียง 2 โมเลกุลของ Starch และมีโมเลกุลของน้ำแทรกอยู่ระหว่างกลาง (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2528; ศิวาพร, 2529)

การใช้เนื่องจากการมีคุณสมบัติในการช่วยให้เกิด Paste ของ Starch

การใช้ Starch หรือ Modified starch เป็นวัตถุเจือปนอาหารนั้น ส่วนใหญ่จะใช้เป็นตัวช่วยทำให้ข้น หรือช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อของอาหาร ซึ่งการจะเลือกใช้ Strach ชนิดใด จะพิจารณาจากลักษณะเนื้อหรือ Rheological properties ที่ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์และรสชาติที่ต้องการด้วย

สำหรับ Starch ที่ได้จากธรรมชาติ เช่น Corn starch, Sorghum starch หรือ Wheat starch นั้น วัตถุประสงค์ใหญ่มักจะใช้เป็นสารที่ช่วยทำให้ข้น หรือช่วยในการเกิด Gel และกรรมวิธีการผลิต แต่การใช้ก็ค่อนข้างจะจำกัด ทั้งนี้เนื่องจาก Gel ที่เกิดขึ้น จะเกิด Syneresis หลังจากนี้ทิ้งไว้ระยะหนึ่ง ส่วน Waxy corn และ Tapioca starch นั้น อาจใช้เป็นสารที่ช่วยทำให้ข้นและช่วยให้ส่วนประกอบของอาหารมีการแขวนลอยอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ Starch จากมันสำปะหลังหรือมันฝรั่งจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ข้นมากกว่าและใส (ศิวาพร, 2529)

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose, CMC)

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ได้จากการดัดแปรเซลลูโลสด้วยการให้เซลลูโลสเข้าทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดคลอโรอะเซติก เกิดเป็นพันธะเอสเทอร์ขึ้น คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสที่มีค่า DS 0.7-1.0 จะนำมาใช้ในอาหารในลักษณะเป็นสารที่เพิ่มความหนืดให้กับอาหาร โดยที่เมื่อนำมาละลายในน้ำที่อุณหภูมิห้องจะมีความหนืดแต่เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นความหนืดจะลดลง สารละลายของคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสสามารถเสถียร

อยู่ได้ที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5-10 แต่จะเสถียรที่สุดที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7-9 ซึ่งสามารถอยู่ในรูปเกลือของโลหะที่มีประจุ +1 (Monovalent cation) แต่ถ้าอยู่ในรูปเกลือของโลหะที่มีประจุ +2 (Divalent cation) จะทำให้ความสามารถในการละลายลดลงได้เป็นสารละลายขุ่น และถ้าอยู่ในรูปเกลือของโลหะที่มีประจุ +3 (Trivalent cation) จะทำให้เกิดเป็นเจล หรือตกตะกอนได้

นอกจากนี้คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสจะช่วยให้สารอาหารที่เป็นโปรตีนโดยทั่วไป (common food proteins) เช่น เจลาติน เคซีน และโปรตีนจากถั่วเหลือง (Soy protein) สามารถละลายน้ำได้มากขึ้น เนื่องจากการเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโปรตีนกับคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC-Protein complex) ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการที่ความหนืดของโปรตีนจะเพิ่มขึ้น

สารคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอาหารได้หลายชนิด เนื่องจากสามารถควบคุมการไหลได้ดี ไม่มีความเป็นพิษ และไม่สามารถย่อยสลายได้ในร่างกาย ทำให้สามารถนำมาใช้เป็นตัวยึดเกาะและสารเพิ่มความข้นหนืดในอาหารจำพวกพาย (Pie fillings) พุดดิ้ง (Pudding) คัสตาร์ด (Custards) และชีสสเปรต (Cheese spread) จากการที่สารคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสสามารถอุ้มน้ำ และยังสามารถต้านทานการเกิดผลึกน้ำแข็งได้ดี ทำให้สามารถนำมาใช้ในไอศกรีม และของหวานที่ผ่านการแช่แข็ง (Frozen desserts)

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสสามารถนำมาใช้เป็นสารต้านทานการเกิดผลึกของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน อาหารเชื่อม และน้ำตาลไซรัป

เมื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบสามารถช่วยรักษาปริมาตรและอายุการเก็บรักษาได้ดีมากขึ้น คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสสามารถทำหน้าที่เป็นสารคงตัวในสภาพอิมัลชัน เช่น ในน้ำสลัด และเมื่อเติมลงในเครื่องดื่มที่อัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะช่วยเก็บรักษาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในเครื่องดื่มได้นานขึ้น (วุฒิชัย, 2536)

น้ำตาล

น้ำตาลมีกลุ่ม OH ที่เป็นอิสระอยู่มาก ซึ่งสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าแป้งและโปรตีน น้ำตาลจึงสามารถดึงน้ำไปรวมได้ดีกว่าแป้ง ทำให้แป้งไม่สามารถใช้น้ำได้ การพองตัวของเม็ดแป้งจึงช้าลง แป้งเปียกที่มีน้ำตาลอยู่มากเกินไป เม็ดแป้งจะไม่สุกและไม่แตกตัว ด้วยเหตุนี้การต้มอาหารจำพวกแป้งจึงไม่ควรใส่น้ำตาลลงไปพร้อมกัน แต่ควรใส่หลังจากที่แป้งสุกแล้วหรือใส่เพียงเล็กน้อยก่อน แล้วจึงใส่ส่วนที่เหลือเมื่อแป้งสุกแล้ว การใส่น้ำตาลลงในแป้งจะเกิดผลดังนี้

1. การสุกของแป้งช้าลง
2. อุณหภูมิแป้งสุกสูงขึ้น
3. แป้งเปียกมีความหนืดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเป็นความหนืดรวมของแป้งกับน้ำตาล ถ้าเป็นความหนืดของแป้งเปียกอย่างเดียวจะมีค่าต่ำลง
4. ความหนืดของเจลจะลดลง ถ้าแป้งเปียกมีน้ำตาลเกิน 10% จะไม่เกิดเจลเลย แต่ถ้าต้องการให้เกิดเจลขึ้นอีก จะต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้น
5. เม็ดแป้งแตกตัวน้อยลง
6. การแยกตัวขอบน้ำจะมีมากขึ้น
7. แป้งเปียกจะมีลักษณะใสมากขึ้น

หน้าที่ของน้ำตาล

1. เป็นสารให้ความหวาน น้ำตาลเป็นสารให้ความหวานซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้ว การนำไปทำเป็นอาหาร หรือใส่ลงในอาหารจึงเป็นที่นิยมกันมาก และใช้กันอย่างกว้างขวาง การใช้น้ำตาลเพื่อเป็นสารให้ความหวานนั้นมีปัจจัยหลายประการที่ต้องคำนึงถึง เช่น ความเข้มข้น ความเป็นกรด อุณหภูมิ เกลือ และส่วนประกอบอื่น ๆ

2. เป็นสารกันบูด ทั้งนี้เพราะน้ำตาลมีคุณสมบัติที่จะป้องกันการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์ได้ ถ้าความเข้มข้นสูงมากพอ ผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่เก็บได้นานได้อาศัยคุณสมบัติดังกล่าวนี้ เช่น แยม เยลลี่ ผลไม้แช่อิ่ม เป็นต้น

3. ให้เนื้อแก่อาหาร (Body or texture) ลักษณะเนื้อเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับอาหาร บางครั้งเรียกว่า “Mouth feel” น้ำตาลให้ลักษณะดังกล่าวแก่อาหาร เช่น เครื่องดื่มที่ใส่น้ำตาล เจลาติน และของหวานที่ใส่เพคติน ลักษณะเนื้อส่วนหนึ่งของอาหารมาจากน้ำตาล

4. ให้กลิ่นรสแก่อาหาร การใช้น้ำตาลเพียงเล็กน้อยจะมีผลทำให้รสอาหารเปลี่ยนไป เช่น ใส่น้ำตาลลงในมายองเนส ซุป ซอสมะเขือเทศ และเนื้อสัตว์ น้ำตาลจะทำให้อาหารมีรสดีขึ้น

5. ให้สี เมื่อน้ำตาลมาทำให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 175 °C จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาลในที่สุด เมื่อนำไปละลายน้ำจะให้สีคาราเมล

6. ทำให้เกิดเจลหรือป้องกันการเกิดเจล น้ำตาลเป็นสารประกอบสำคัญที่ทำให้ เพคตินเกิดเจล แต่ในทางตรงข้ามจะป้องกันมิให้แป้งเกิดเจล (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2528)

เกลือ

สมบัติของเกลือ

1. เกลือมีจุดหลอมเหลวสูง
2. สามารถตกผลึกได้
3. เกลือที่เกิดจากปฏิกิริยาทำให้เป็นกลาง เมื่อละลายน้ำ สารละลายที่ได้จะมีสมบัติเป็นกลาง คือมี pH เป็น 7
4. ความสามารถในการละลายของเกลือในตัวทำละลายจะแตกต่างกัน เกลือที่ละลายได้ดีในน้ำจะเป็นเกลือของโซเดียมและโพแตสเซียม แต่เกลือของแคลเซียมไม่ละลายในน้ำหรือละลายได้เพียงเล็กน้อย (นิธิยา, 2539)

ผงชูรส (Monosodium-L-glutamate, MSG)

ผงชูรส (MSG) เป็นเกลือโซเดียมของกลูตาเมต ซึ่งประกอบด้วย กลูตาเมต น้ำ และโซเดียม จัดเป็นสารประเภทวัตถุปรุงแต่งรสอาหาร ใช้ในส่วนผสมเพียงเล็กน้อยเพื่อปรับปรุงรสชาติ โดยจะช่วยลดความขม ลดกลิ่นคาว และช่วยเสริมรสที่มีอยู่ตามธรรมชาติให้เด่นชัดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหาร (สุภัทร์, 2545) อย่างไรก็ดีสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของโปรตีนสูงนั้น ผงชูรสช่วยเพิ่มกลิ่นรสน้อยมาก แต่จะช่วยปรับปรุงกลิ่นรสได้ดีสำหรับ ผลิตภัณฑ์ที่ถูกจำกัดปริมาณโปรตีนในส่วนผสม (Pearson & Gillett, 1999) ผงชูรสถูกใช้เป็นสารเพิ่มกลิ่นรสในอาหาร

ด้วยความนิยมมานาน แม้ว่าจะมีข้อโต้แย้งถึงอันตรายในการบริโภคว่าก่อให้เกิดการแพ้ในลักษณะต่าง ๆ อย่างไรก็ดีมีข้อแนะนำในการบริโภคไม่ให้เกินวันละ 120 มก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก.

ผงชูรสที่ใช้ควรมีเกลือโซเดียมบริสุทธิ์ของกรดกลูตามิคถึง 99 % และได้จากโปรตีนจากพืช เช่น จากถั่วเหลือง ข้าวสาลี ข้าวโพด และ sugar beet ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยกรดหรือด่าง แล้วแยกกรดกลูตามิคออกเพื่อไปทำให้บริสุทธิ์ (ลักขณา, 2533)

เส้นใยอาหาร (Fiber)

เส้นใยอาหาร เป็นสารประกอบประเภท Carbohydrate ที่ไม่สามารถย่อยสลายด้วยเอนไซม์ ที่มีอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ เนื่องจากเอนไซม์ไม่สามารถย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิค (Glycoside) ในโมเลกุลของสารประกอบเหล่านี้ได้

เส้นใยอาหารแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามคุณสมบัติการละลายน้ำดังนี้

1. เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (Water soluble fibre)

พบในถั่วบางชนิด ผลไม้ และธัญพืช เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ เส้นใยอาหารชนิดนี้ถึงแม้จะละลายน้ำได้โดยอยู่ในรูปเจล แต่จะไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว ได้แก่

1) กัม เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลของน้ำตาลจำนวนมาก และในหมู่โมเลกุลน้ำตาลบางหมู่ที่มีกลุ่มกรดยูโรนิค ไม่มีโครงสร้างทางเคมีที่แน่นอนสำหรับกัมและกัมบางชนิดก็ไม่ละลายน้ำ

2) เพคติน เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลของน้ำตาลจำนวนมาก และในหมู่โมเลกุลของน้ำตาล บางหมู่มีกลุ่มเมทิล และกลุ่มกรดยูโรนิค เพคตินบางชนิดไม่ละลายน้ำ ถ้ากลุ่มไฮดรอกซิลในกรดถูกแทนที่ด้วยกลุ่มเมทิล สารประกอบเพคตินนนั้นก็ละลายได้ในสารละลายด่าง เพคตินพบมากในผนังเซลล์พืช ทำหน้าที่ยึดเซลล์ให้เชื่อมติดต่อกัน

3) มิวซิเลจ ถูกหลั่งใน endosperm ของเซลล์พืช เพื่อที่หน้าที่ป้องกันการเกิด dehydration มากเกินไป

2. เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Water insoluble fibre)

มีขนาดและโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่และซับซ้อนมากกว่า พบในผักผลไม้ที่มีเส้นใยเหนียว เช่น แกนสับปะรด กากในคะน้า จะทำหน้าที่ดึงน้ำไว้ทำให้กากใยเหล่านี้มีน้ำหนักมากขึ้นและช่วยในการขับถ่าย เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่

1) เซลลูโลส เป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์พืช ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสเป็นจำนวน 1000 โมเลกุล คล้ายกับแป้ง แต่ไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว
2) เฮมิเซลลูโลส เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลเชิงเดี่ยวชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปเป็นจำนวน 100 โมเลกุลที่มีคุณสมบัติในการละลายเหมือนกันคือ ละลายได้ในสารละลายด่าง
3) ลิกนิน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของแอลกอฮอล์ที่พืชผลิตเมื่อแก่ขึ้น ทำให้ส่วนต่าง ๆของพืชมีโครงสร้างที่แข็งแรง เช่น เปลือกนอกของธัญพืช ซึ่งถูกทำลายในกระบวนการขัดสี

เส้นใยอาหารมีผลต่อระบบสรีรวิทยาของร่างกายหลายด้าน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำสามารถลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดของมนุษย์ได้ ได้แก่ เพคติน psyllium กัมชนิดต่าง ๆ เช่น guar gum หรือ bean gum การบริโภคเส้นใยอาหารที่เป็นแหล่งของใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เช่น รำข้าวโอ๊ต หรือบาร์เลย์ ถั่ว และผัก ซึ่งมีผลลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้สูงถึง 25 % แต่เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำไม่สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้

2. ลดระดับน้ำตาลในเลือด

การบริโภคเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจะลดระดับน้ำตาลและอินซูลินในเลือด หลังการบริโภคอาหาร

3. ช่วยทำให้ลำไส้ใหญ่ทำหน้าที่ได้ดีขึ้น

อาหารที่มีเส้นใยอาหารมีผลทำให้ลำไส้ใหญ่ลด transit time เพิ่มน้ำหนักอุจจาระและระบายบ่อยขึ้น ช่วยเจือจางปริมาณสารพิษในลำไส้ใหญ่ และทำให้การเตรียมสารสำหรับถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่เป็นไปโดยปกติ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เช่น รำข้าวสาลี ช่วยเพิ่มปริมาณอุจจาระอย่างมาก อันเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เป็นโรคท้องผูกและริดสีดวงทวาร ผักและผลไม้ กัม และมิวซิเลจเพิ่มปริมาณอุจจาระปานกลาง ขณะที่ถั่วและเพคตินเพิ่มน้อยที่สุด

4. ช่วยป้องกันมะเร็งในลำไส้และการเกิดถุงตันที่ลำไส้ใหญ่

การบริโภคเส้นใยอาหารน้อย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระบบย่อยอาหาร ลดการรวมตัวของกรดน้ำดี เพิ่มเวลาของอาหารที่ตกค้างในลำไส้ใหญ่ ลดน้ำหนักและปริมาณอุจจาระ ตลอดจนลดความถี่ของการขับถ่ายอุจจาระ จุลินทรีย์จะถูกกระตุ้นโดยอาหารที่มีเส้นใยอาหารต่ำ ทำให้เกิดการรวมตัวของสารก่อมะเร็ง จุลินทรีย์เหล่านี้อาจจะช่วยป้องกันหรือทำลายสารก่อมะเร็งได้ ถ้ามีเส้นใยอาหารอยู่มากพอในอาหาร

5. ช่วยป้องกันโรคอ้วน

เนื่องจากเส้นใยอาหารทำให้เกิด bulky ในกระเพาะอาหาร จงมีที่ว่างในกระเพาะอาหารน้อยลงที่จะบริโภคอาหารตามปกติ เพราะเส้นใยอาหารจะเข้าไปพองในกระเพาะอาหารจึงรับประทานอาหารได้น้อยลง เป็นเหตุให้น้ำหนักตัวลดลง

6. ลดการนำไปใช้ประโยชน์ของสารอาหาร

เส้นใยอาหารสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จากตับอ่อนที่ใช้ย่อยคาร์โบไฮเดรท ไขมัน และโปรตีน (วัญเพ็ญ, 2541)

กระบวนการทำแห้งอาหาร

การทำแห้ง (Drying) หมายถึง การใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหารโดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดของน้ำแข็งในการอบแห้งแบบระเหิด (Freeze drying) วัตถุประสงค์ของการอบแห้งคือ การยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่า

น้ำที่เป็นประโยชน์ (water activity, Aw) ซึ่งมีผลไปยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการไม่สูงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการลดน้ำหนักและปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักาาและการขนส่ง เพิ่มความหลากหลายและความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค อย่างไรก็ตามการอบแห้งมีข้อเสียเปรียบบางประการ กล่าวคือ ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพการบริโภคและคุณภาพทางโภชนาการของอาหาร วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบเครื่องอบแห้ง คือ การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำอาหารแต่ละชนิดให้แห้งโดยมีการสูญเสียคุณภาพการบริโภคและคุณภาพทางโภชนาการของอาหารน้อยที่สุด (วิไล, 2543) ซึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารส่วนมากจะไม่ใช่วัสดุที่สามารถทำให้แห้งจนความชื้นมีค่าเป็นศูนย์ได้ แต่จะมีความชื้นจำนวนหนึ่งแฝงอยู่ (Hygroscopic materials) เช่น ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ซึ่งต่างจากวัสดุอื่น ๆ เช่น ทราย หรือน้ำ ซึ่งสามารถทำให้แห้งจนมีค่าความชื้นเป็นศูนย์ได้ (Non-Hygroscopic materials) (วิไล, 2543 ; กุลยา, 2540 ; Fellows, 1993)

ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water activity, Aw)

ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ หรือ วอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, Aw) หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็นน้ำที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลทางเคมีของอาหาร (Bound water) และยังเป็นอิสระ (Free water) อยู่ในอาหาร ถ้ามีมากจะทำให้อาหารเก็บไว้ได้ไม่นาน หรือเรียกว่า อายุการเก็บรักษาสั้น

อาหารที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต้ำจะทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ช้าลง ลดปฏิกิริยาของเอนไซม์จึงลดการเกิดสีน้ำตาลและลดการเหม็นหืน ดังนั้นอาหารที่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำจึงมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าอาหารที่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์สูง อาหารที่สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดคือ อาหารที่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.2-0.4 นอกจากนี้แล้วค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ยังมีความสำคัญกับด้านต่าง ๆ ดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ระดับค่าน้ำที่เป็นประโยชน์และความสำคัญ

Aw	ความสำคัญ
1.00	
0.95	*Pseudomonas, Bacillus, Clostridium perfingens* และยีสต์บางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้
0.90	ขีดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั่ว ๆ ไป *Salmonella, Vibrio parahaemolyticus, Lactobacillus* และยีสต์บางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้
0.85	ยีสต์หลายชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้
0.80	ขีดต่ำสุดสำหรับปฏิกิริยาของเอนไซม์ และการเจริญเติบโตของเชื้อราส่วนใหญ่ *Staphylococcus aureus* ไม่สามารถเจริญได้
0.75	ขีดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ Halophillic bacteria
0.70	ขีดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ Xerophillic fungi ส่วนใหญ่
0.65	อัตราเร็วสูงสุดหรับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reaction)
0.60	ขีดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ Osmophillic bacteria และ Xerophillic yeast และ fungi
0.55	ขีดต่ำสุดสำหรับการดำรงชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์
0.40	อัตราเร็วต่ำสุดของปฏิกิริยาออกซิเดชัน
0.25	ความต้านทานสูงสุดของแบคทีเรียสร้างสปอร์

ที่มา : Fellows (1993)

กลไกการทำแห้ง

ในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่อาหาร ทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนจากธรรมชาติและกระแสลมที่พัดผ่านอาหารทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำ เนื่องจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิไม่สูงนัก และกระแสลมธรรมชาติไม่สูงพอ ทำให้การตากแห้งต้องใช้เวลานาน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเครื่องอบที่มีการให้พลังงานความร้อนในปริมาณที่ควบคุมได้และมีอุปกรณ์ในการ

เคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวอาหาร การถ่ายเทความร้อนและมวลสารเกิดได้เร็วอาหารจึงแห้งได้เร็วขึ้น การถ่ายเทความร้อนและมวลสารระหว่างการอบแห้งทำให้หลายวิธี

การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งดังนี้คือ

1. การหดตัว เนื่องจากการเสียน้ำในเซลล์อาหารหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้า ๆ

2. การเปลี่ยนสี อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิและช่วงเวลาที่อาหารมีความชื้น 100% มีผลต่อความเข้มของสี จึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

3. การเกิดเปลือกแข็ง เป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ เกิดจากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายของน้ำตาล โปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงโดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร

4. การเสียคุณค่าทางอาหารและสารระเหย เกิดการเสื่อมสลายของวิตามินซีและ แคโรทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันไรโบหลาวินจากแสง ไทอะมีนจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาทำแห้งนานการสูญเสียก็ยิ่งมาก โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนด้วยความร้อนเช่นเดียวกัน การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดน้อยลงหรือแตกต่างไปจากเดิม

การเก็บอาหารแห้ง

อาหารแห้งที่เก็บที่ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 0.70 จะปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์แต่ทั้งนี้จะต้องรักษาค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ไม่ให้เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามยังมีการ

เสื่อมเสียอื่น ๆ อีกทำให้ต้องเก็บอาหารแห้งที่ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่านี้มาก และหลีกเลี่ยงสภาวะที่ส่งเสริมการเสื่อมเสียของอาหารแห้ง

การเสื่อมเสียของอาหารแห้งเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้

1. การออกซิไดส์เอง (Autooxidation) เนื่องจากอากาศมักเกิดกับไขมันทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนกับวิตามินเอ ซี ทำให้เสื่อมคุณค่าอาหาร หากเกิดกับคลอโรฟิลล์ แอนโทไซยานิน ทำให้สีซีและเมื่อเกิดกับน้ำมันระเหย และสารให้กลิ่นทำให้กลิ่นเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงปัจจัยที่เสริมปฏิกิริยาคือ แสงและอุณหภูมิสูง
2. เนื่องจากเอนไซม์ที่อยู่ในอาหารแต่แรกหรือมาจากแหล่งอื่นภายหลังจึงต้องมีการทำลายเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์ก่อนการทำแห้ง
3. การเปลี่ยนสีเนื่องจากอุณหภูมิ หลีกเลี่ยงโดยไม่เก็บในที่ร้อนหรือเก็บในที่อากาศถ่ายเท
4. การเกาะตัวเป็นก้อน เนื่องจากดูดความชื้นจากอากาศหลีกเลี่ยงโดยการเก็บในภาชนะปิดสนิทเมื่อเก็บอาหารที่มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นสมดุลกับบรรยากาศเฉลี่ย อาหารจะดูดความชื้นจากอากาศ จึงต้องเก็บในภาชนะปิดสนิท แต่อาหารที่มีความชื้นสูงกว่าความชื้นสมดุล เช่น หอม กระเทียม จะต้องเก็บในภาชนะโปร่งระบายอากาศได้เพราะจะมีการระเหยน้ำจากหอม กระเทียม ถ้าอยู่ในภาชนะปิดน้ำที่ระเหยออกมาจะควบแน่นเป็นหยดน้ำเปียกที่ผิวทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย (สุนิษา, 2544)

ประโยชน์ของการทำแห้ง

1. ป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์
2. ทำให้มีใช้ในยามขาดแคลน นอกฤดูกาลหรือในแหล่งห่างไกล
3. เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็นให้เปลืองค่าใช้จ่าย
4. ลดน้ำหนักอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุ เก็บรักษาและขนส่ง
5. ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ลูกเกด จากการทำแห้งองุ่น
6. ให้ความสะดวกในการใช้ เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป (สุนิษา, 2544)

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับสาหร่ายแผ่น โดยใช้สับปะรดเป็นองค์ประกอบหลัก และใช้สมุนไพรคือ ยูเอสเอมินต์ ออริกาโน และ ทายม์ โดยจะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ประกอบกับเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพในเชิงอุตสาหกรรมต่อไปในแง่ที่เป็นประโยชน์เสริมสุขภาพแก่ผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โครงการหลวง

บทที่ 3
จุดมุ่งหมายในการวิจัย

ในโครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบหลักที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์
2. เพื่อหาอัตรส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพรแต่ละชนิดที่จะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น
3. เพื่อกลั่นกรองปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์
4. เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์
5. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

โครงการหลวง

บทที่ 4
การวางแผนการทดลอง

ในโครงการนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 5 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาหาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1.1 การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

ก่อนทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นจำเป็นต้องสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อทราบแนวทางในการพัฒนาที่ถูกต้อง ว่าลักษณะใดของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและต้องการให้พัฒนาไปในทิศทางใด โดยอาศัยวิธี Ideal ratio profile test ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อดูลักษณะผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วนและเป็นวิธีการที่ให้ผู้บริโภคแสดงความเข้มหรือความมากน้อยของลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้บริโภคจะเป็นผู้กำหนดลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ด้วยตนเอง ค่าคะแนนที่ผู้บริโภคแต่ละคนให้กับลักษณะแต่ละด้านของผลิตภัณฑ์จะกำหนดให้เป็นตัวตั้งแล้วหารด้วยค่าคะแนนที่ถูกกำหนดว่าดีที่สุดเหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal) ซึ่งจะได้สัดส่วน (Ratio) ของแต่ละคน นำค่าสัดส่วนดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ยจะได้ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Ratio mean score) ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้ของแต่ละลักษณะจะนำมาสร้างเป็นกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นรูปวงกลมใยแมงมุม (Cyclic profile) ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ง่ายกับเค้าโครงลักษณะที่ต้องการในอุดมคติซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.00 ถ้าค่าสัดส่วนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.00 หมายความว่าตัวอย่างมีลักษณะนั้นตามที่ผู้บริโภคต้องการจึงไม่ต้องทำการพัฒนาต่อไป แต่ถ้าค่าสัดส่วนเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า 1.00 หมายความว่าต้องพัฒนาให้ลักษณะนั้นมีค่ามากขึ้นหรือน้อยลงตามลำดับ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด และจะถือเอาเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตลอดการทดลอง

โดยทำการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นตามสูตรพื้นฐานและกระบวนการดังนี้

ตาราง 4.1 สูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละของส่วนผสมหลัก*)
เกลือ	1.25
น้ำตาล	5.00
พริกป่น	0.50
พริกไทย	2.50
ผงชูรส	1.00
ระบบสมุนไพร	0.50

หมายเหตุ *ส่วนผสมหลัก ประกอบด้วย แกนสับปะรดร้อยละ 60 แครอทร้อยละ 20 แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 13 และ CMC ร้อยละ 7

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

1. นำสับปะรด แครอท ปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมจนมีลักษณะละเอียด
2. เติมแป้งข้าวเหนียว CMC และน้ำลงไปในส่วนผสม ปั่นให้เข้ากัน
3. เติมส่วนผสมอื่น ๆ และสมุนไพรลงไปปั่นผสมให้เข้ากัน
4. ตักส่วนผสม ประมาณ 22 กรัมลงในแผ่นพลาสติก แล้วนำแผ่นพลาสติกอีกแผ่นหนึ่งปิดทับ
5. นำแผ่นพลาสติกดังกล่าวไปผ่านเครื่องรีด (pasta machine) เพื่อให้ส่วนผสมถูกรีดเป็นแผ่นที่มีความเรียบบางสม่ำเสมอ
6. นำไปอบที่อุณหภูมิ 50°C นาน 5-6 ชั่วโมง
7. นำผลิตภัณฑ์ออกจากแผ่นพลาสติก ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น
8. ตัดผลิตภัณฑ์เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 2.5 × 5.0เซนติเมตร

ตอนที่ 1.2 การศึกษาหาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่มีความเหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นตามการยอมรับและความพึงพอใจของผู้บริโภคมากที่สุด

ส่วนผสมหลัก ได้แก่ สับปะรด แครอท แป้งข้าวเหนียว และ CMC ซึ่งปริมาณของส่วนผสมเหล่านี้กำหนดจากการทดลองสุ่มผลิตหลาย ๆ ครั้ง จนได้เป็นช่วงของส่วนผสมหลักแต่ละชนิดดังนี้

สับปะรด	ร้อยละ 50-70
แครอท	ร้อยละ 10-50
แป้งข้าวเหนียว	ร้อยละ 5-15
CMC	ร้อยละ 3-10

จากนั้นทำการหาอัตราส่วนต่าง ๆ สำหรับระบบของส่วนผสมหลัก โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ซึ่งมีหลักการว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนผสมใด ส่วนผสมที่เหลือในสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วย โดยผลรวมของส่วนผสมทั้งหมดต้องเท่ากับ 1.00 หรือ ร้อยละ 100 และใช้โปรแกรม XVERT ช่วยในการกำหนดสิ่งทดลอง จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 10 สิ่งทดลองดังนี้

ตาราง 4.2 สิ่งทดลองที่ในการศึกษาหาอัตราส่วนของส่วนผสมหลัก

สิ่งทดลอง	กากสับปะรด (ร้อยละ)	แครอท (ร้อยละ)	แป้งข้าวเหนียว (ร้อยละ)	CMC (ร้อยละ)
1	50	42	5	3
2	70	22	5	3
3	50	32	15	3
4	70	12	15	3
5	50	35	5	10
6	70	15	5	10
7	50	25	15	10
8	70	10	15	5
9	70	10	10	10
10	65	10	15	10

โดยสิ่งทดลองทั้งหมดข้างต้นจะกำหนดให้มีปริมาณของเครื่องปรุงอื่น ๆ เท่ากันดังนี้

เกลือ	ร้อยละ	1.25	ของระบบส่วนผสมหลัก
น้ำตาล	ร้อยละ	5.00	ของระบบส่วนผสมหลัก
พริกป่น	ร้อยละ	0.50	ของระบบส่วนผสมหลัก
พริกไทย	ร้อยละ	2.50	ของระบบส่วนผสมหลัก
ผงชูรส	ร้อยละ	1.00	ของระบบส่วนผสมหลัก
ระบบสมุนไพร	ร้อยละ	0.50	ของระบบส่วนผสมหลัก
น้ำ		30	มิลลิลิตรต่อส่วนผสมหลักทั้งหมด 100 กรัม

เมื่อได้ตัวอย่างจากสิ่งทดลองทั้งหมด 10 ตัวอย่าง จะดำเนินการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

<u>การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี</u>

- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (AOAC, 2000)
- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

<u>การวิเคราะห์ทางกายภาพ</u>

- ค่าสี L, a และ b (Minolta camera, Chroma Meter CR – 310, Japan.)

<u>การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส</u>

- Ideal ratio profile test (ไพโรจน์, 2539)

ตอนที่ 2 การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพรที่จะเติมลงไปในผลิตภัณฑ์

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพรที่จะเติมลงในผลิตภัณฑ์ อันได้แก่ ยูเอสเอมินต์ ออริกาโน และทายม์ ซึ่งสมุนไพรแต่ละชนิดกำหนดเป็นช่วงปริมาณได้ดังนี้

ยูเอสเอมินต์ ร้อยละ 30-60
ออริกาโน ร้อยละ 20-50
ทายม์ ร้อยละ 20-50

อาศัยการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design และใช้โปรแกรม JMP ช่วยในการกำหนดสิ่งทดลองได้ดังนี้

ตาราง 4.3 สิ่งทดลองในการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของระบบสมุนไพร

สิ่งทดลอง	ยูเอสเอมินต์ (ร้อยละของระบบสมุนไพร)	ออริกาโน (ร้อยละของระบบสมุนไพร)	ทายม์ (ร้อยละของระบบสมุนไพร)
1	30	50	20
2	30	20	50
3	60	20	20
4	30	35	35
5	45	20	35
6	45	35	20

เมื่อได้ตัวอย่างจากสิ่งทดลองทั้งหมด 6 ตัวอย่าง จะดำเนินการตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพ ต่าง ๆ ดังนี้

<u>การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี</u>

- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (AOAC, 2000)
- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

<u>การวิเคราะห์ทางกายภาพ</u>

- ค่าสี L, a และ b (Minolta camera, Chroma Meter CR – 310, Japan.)

<u>การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส</u>

- Ideal ratio profile test (ไพโรจน์, 2539)

ตอนที่ 3 การกลั่นกรองปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

ปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบในสูตรการผลิตสมุนไพรแผ่นมีทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ ระบบสมุนไพร เกลือ น้ำตาล พริกป่น พริกไทย เนื่องจากส่วนผสมที่เป็นปัจจัยในการศึกษาดังกล่าวมีจำนวนมากจึงจำเป็นต้องกลั่นกรองเบื้องต้นเพื่อให้เหลือเฉพาะปัจจัยหลัก (Main effect) หรือปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์เท่านั้น โดยอาศัยการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design (ไพโรจน์ , 2539) ซึ่งเป็นการออกแบบการทดลองที่สามารถกลั่นกรองคัดเลือกเอาปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแต่ละปัจจัยจะกำหนดระดับสูง (High level; +) และระดับต่ำ (Low level; -) เมื่อต้องการกลั่นกรองปัจจัยทั้งหมด 6 ปัจจัย ตามหลักการของ Plackett and Burman design จะต้องเลือกแผนการทดลองแบบ N=12 หน่วยการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งจะทำให้สามารถกลั่นกรองปัจจัยได้ 5 ปัจจัย คือ A-F ส่วนที่เหลืออีก 5 ตัวจะเป็น Dummy variables คือ G-K เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ของการทดลอง

ตาราง 4.4 แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design

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

หมายเหตุ : A-F คือ ปัจจัยที่ต้องการกลั่นกรอง G-K คือ Dummy variables

- คือ ระดับต่ำ + คือ ระดับสูง

ตาราง 4.5 ระดับของปัจจัยที่ต้องการกลั่นกรองในสูตรการผลิตสมุนไพรแผ่น

ปัจจัยที่ต้องการศึกษา	ระดับของปัจจัย (ร้อยละของส่วนผสมหลัก*)	
	ต่ำ (-)	สูง (+)
A เกลือ	1.00	2.00
B น้ำตาล	3.00	6.00
C พริกป่น	0.50	0.75
D พริกไทย	1.00	3.00
E MSG	0.50	1.50
F ระบบสมุนไพร	0.45	0.90

หมายเหตุ *ส่วนผสมหลักประกอบด้วย สับปะรด ร้อยละ 51.4, แครอท ร้อยละ 29.5, แป้งข้าวเหนียว ร้อยละ 10.5 และ CMC ร้อยละ 8.6

เมื่อทำการผลิตสมุนไพรแผ่นด้วยสูตรการผลิตตามสิ่งทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.3 แล้ว ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการทดลองจะนำมาวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (AOAC, 2000)
- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

- ค่าสี L, a และ b (Minolta camera, Chroma Meter CR – 310, Japan.)

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

- Ideal ratio profile test (ไพโรจน์, 2539)

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตอนที่ 4 การหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

จากตอนที่ 3 จะทำให้ทราบถึงปัจจัยหลักหรือปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ซึ่งปัจจัยที่เหลือจะทำการกำหนดในระดับที่เหมาะสมโดยคำนึงในแง่วิชาการและเศรษฐศาสตร์ จากนั้นจึงนำปัจจัยที่สำคัญมาดำเนินการศึกษาในรายละเอียดถึงผลที่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยต่อไป โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^k Factorial experiment in Central Composite Design เมื่อ k คือ จำนวนปัจจัยสำคัญที่ผ่านการกลั่นกรองจากการทดลองตอนที่ 3 คือ จำนวนระดับของปัจจัยที่ต้องการศึกษา ได้แก่ ระดับต่ำ (-) และระดับสูง (+) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

<u>การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี</u>

- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (AOAC, 2000)
- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

<u>การวิเคราะห์ทางกายภาพ</u>

- ค่าสี L, a และ b (Minolta camera, Chroma Meter CR – 310, Japan.)

<u>การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส</u>

- Ideal ratio profile test (ไพโรจน์, 2539)

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นต่อไป

ตอนที่ 5 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษา โดยผันแปรอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 20, 30 และ 37 องศาเซลเซียส วางแบบการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD)

ทำการวิเคราะห์คุณภาพที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 สัปดาห์ คุณภาพที่ทำการวิเคราะห์มีดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (AOAC, 2000)
- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

- ค่าสี L, a และ b (Minolta camera, Chroma Meter CR – 310, Japan.)

การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000)
- ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

- Ideal ratio profile test (ไพโรจน์, 2539)

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล

ตอนที่ 1 การศึกษาหาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์

ตอนที่ 1.1 การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์

การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น หาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ตามความคิดของผู้บริโภค เพื่อกำหนดเป็นแนวความคิดผลิตภัณฑ์นั้น สามารถนำหลักการของ Ideal ratio profile มาใช้ประโยชน์

เบื้องต้นจะให้ผู้บริโภคจำนวน 12 คน กำหนดลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ก่อน แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการคัดเลือกลักษณะสำคัญต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคจำนวน 12 คน ทำการกำหนดมีดังนี้

: ลักษณะปรากฏ

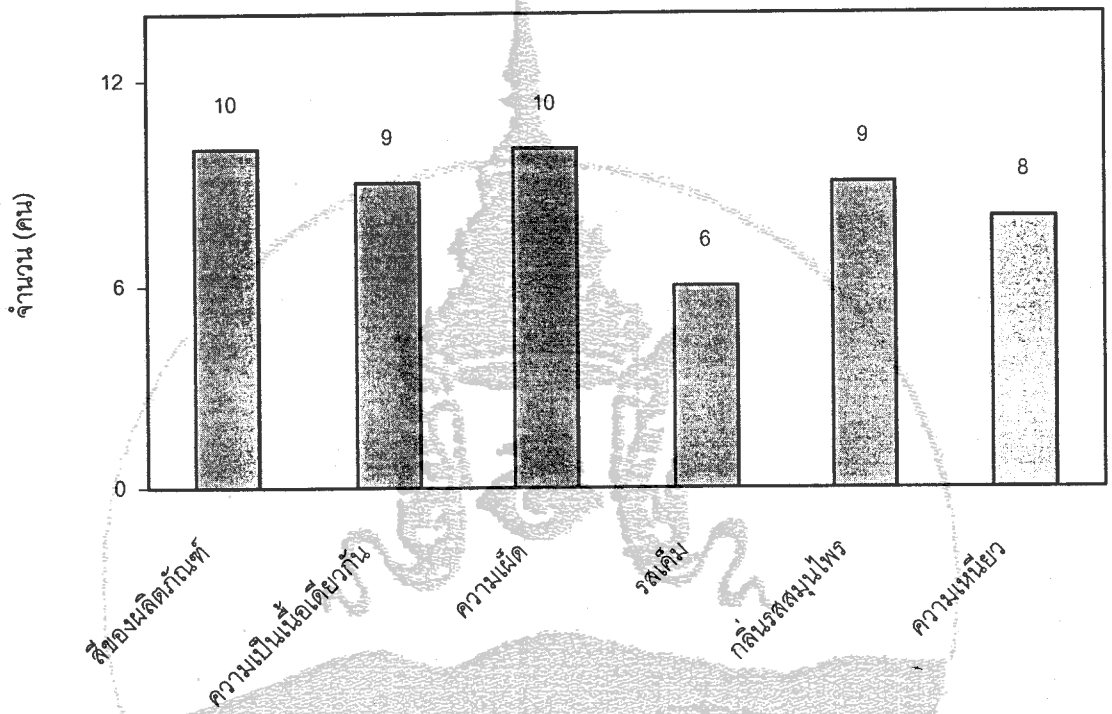
ผู้บริโภคบอกว่าเป็น สีของผลิตภัณฑ์ (เหลืองอ่อน-น้ำตาลเข้ม)	10 คน
ผู้บริโภคบอกว่าเป็น ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์ (น้อย-มาก)	9 คน

: กลิ่น-รสชาติ

ผู้บริโภคบอกว่าเป็น ความเผ็ด (น้อย-มาก)	10 คน
ผู้บริโภคบอกว่าเป็น รสเค็ม (น้อย-มาก)	6 คน
ผู้บริโภคบอกว่าเป็น กลิ่นรสสมุนไพร (น้อย-มาก)	9 คน

: ลักษณะเนื้อสัมผัส

ผู้บริโภคบอกว่าเป็น ความเหนียว (น้อย-มาก)	8 คน



ภาพ 5.1 แสดงลักษณะต่าง ๆ ที่ผู้บริโภคกำหนดให้เป็นลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์

จากข้อมูลข้างต้นและภาพ 5.1 ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์คัดเลือกจากลักษณะที่มีผู้ทดสอบชิมลงความเห็นว่าเป็นลักษณะสำคัญตั้งแต่ 6 คนขึ้นไป ซึ่งลักษณะดังกล่าวได้แก่ สีของผลิตภัณฑ์ ความเป็นเนื้อเดียวกัน ความเผ็ด รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร ความเหนียว

นอกจากนี้ผู้ทดสอบชิมดังกล่าวได้ให้ค่าคะแนนและค่าอุดมคติแต่ละลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ซึ่งสามารถนำมาทำการคำนวณหาค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

ลักษณะที่สำคัญ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
สีของผลิตภัณฑ์	1.38±0.26
ความเป็นเนื้อเดียวกัน	0.83±0.13
ความเผ็ด	1.88±0.50
รสเค็ม	0.98±0.30
กลิ่นรสสมุนไพร	0.92±0.24
ความเหนียว	1.17±0.25

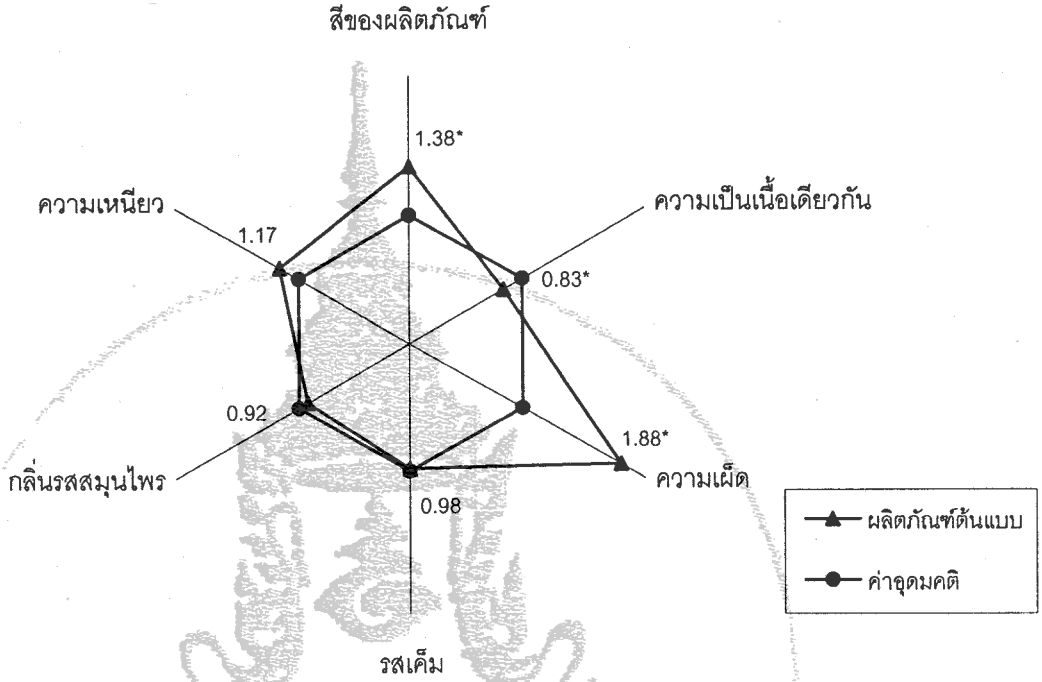
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) แต่ละลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังตาราง 5.1 จะถูกนำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ดังภาพ 5.2 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป โดยเปรียบเทียบกับค่าอุดมคติซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.00 ดังนี้

ถ้าค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากเป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการในอุดมคติ

ถ้าค่าสัดส่วนเฉลี่ยมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นมีความจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้นลง

ถ้าค่าสัดส่วนเฉลี่ยน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นมีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้นขึ้น



ภาพ 5.2 เค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

จากกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น พบว่า มีลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์จำนวน 3 ลักษณะ ที่มีความแตกต่างจากค่าอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้

สีของผลิตภัณฑ์มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.38 ± 0.26 ซึ่งมากกว่าค่าอุดมคติ ดังนั้นควรมีการปรับปรุงให้สีของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลที่ลดลง

ความเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 ± 0.13 ซึ่งน้อยกว่าค่าอุดมคติ ดังนั้นควรปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นเนื้อเดียวกันเพิ่มขึ้น

ความเผ็ดมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.88 ± 0.50 ซึ่งมากกว่าค่าอุดมคติ ดังนั้นควรปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์มีความเผ็ดลดลง

ส่วนรสเค็ม (0.98±0.30) กลิ่นรสสมุนไพร (0.92±0.24) และความเหนียว (1.17±0.25) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม ลักษณะที่สำคัญทั้ง 3 ลักษณะนี้ก็ควรได้รับการพิจารณาเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยที่ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นควรมีรสเค็ม และกลิ่นรสสมุนไพรเพิ่มขึ้น สำหรับความเหนียวของผลิตภัณฑ์ควรลดลง

การทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์เบื้องต้นนี้ สามารถกำหนดค่าอุดมคติถาวร (Fixed ideal) ของแต่ละลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ได้ โดยนำค่าอุดมคติของลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย จุดอุดมคติถาวรที่ได้จะนำไปใช้ตลอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์นี้

ตอนที่ 1.2 การศึกษาหาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์

ส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นประกอบด้วย แกนสับปะรด แครอท แป้งข้าวเหนียว และ CMC ซึ่งจำเป็นต้องหาอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2539) และอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป XVERT ในการผันแปรและเลือกสิ่งทดลองที่อยู่ภายใต้ขอบเขตของระดับตัวแปรที่กำหนด

ผลของ Mixture design ที่ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป XVERT สามารถนำมาใช้เป็นสิ่งทดลองได้ดังตาราง 5.2

ตาราง 5.2 สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	สับปะรด (ร้อยละ)	แครอท (ร้อยละ)	แป้งข้าวเหนียว (ร้อยละ)	CMC (ร้อยละ)
1	50	42	5	3
2	70	22	5	3
3	50	32	15	3
4	70	12	15	3
5	50	35	5	10
6	70	15	5	10
7	50	25	15	10
8	70	10	15	5
9	70	10	10	10
10	65	10	15	10
ระดับต่ำ	50	10	5	3
ระดับสูง	70	50	15	10

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส แสดงดังตาราง 5.3, 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ

ตาราง 5.3 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
1	0.263±0.025	12.98±0.05
2	0.251±0.023	12.40±0.04
3	0.269±0.025	10.95±0.06
4	0.261±0.025	11.52±0.08
5	0.256±0.024	13.44±0.13
6	0.237±0.021	13.00±0.06
7	0.304±0.033	13.13±0.14
8	0.314±0.032	11.72±0.06
9	0.267±0.025	13.19±0.05
10	0.291±0.025	12.68±0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.4 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b
1	41.93±0.46	9.60±0.03	21.75±0.42
2	41.95±0.55	8.42±0.38	22.41±0.56
3	49.21±0.27	10.27±0.06	24.08±0.17
4	52.62±0.18	5.92±0.06	24.09±0.20
5	45.02±0.07	14.55±0.13	27.92±0.21
6	43.28±0.35	11.39±0.15	25.37±0.22
7	39.96±0.13	13.49±0.24	23.54±0.52
8	46.05±0.50	7.90±0.17	26.25±0.58
9	44.36±0.29	10.64±0.18	28.44±0.59
10	41.60±0.58	9.37±0.56	22.18±0.48

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design

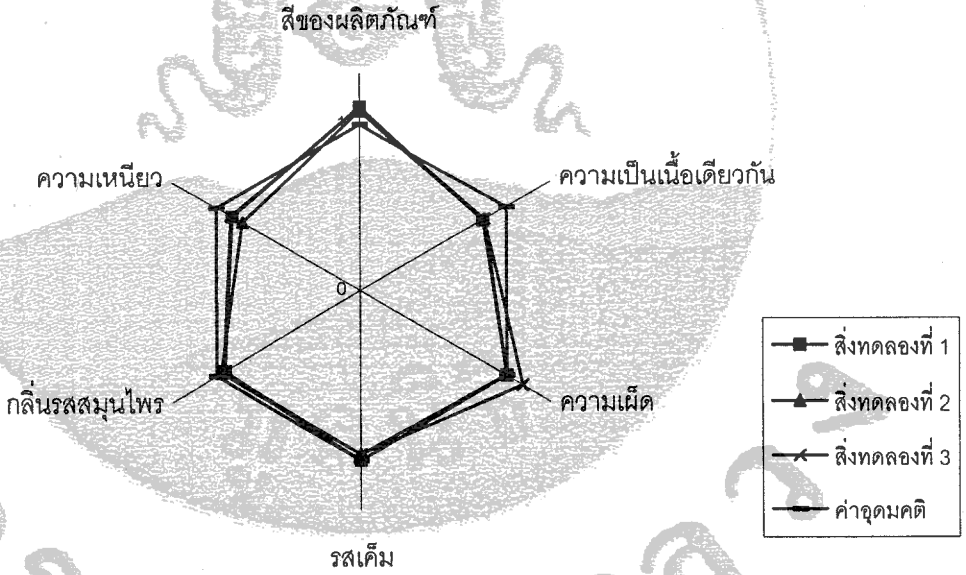
สิ่งทดลอง	สีของผลิตภัณฑ์	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	ความเผ็ด	รสเค็ม	กลิ่นรสสมุนไพร	ความเหนียว
1	1.10±0.02	0.84±0.15	1.00±0.42	1.00±0.23	0.94±0.31	0.89±0.01
2	1.08±0.14	0.85±0.16	1.00±0.12	0.96±0.14	0.97±0.02	0.82±0.20
3	1.10±0.05	0.85±0.20	1.11±0.15	0.96±0.18	0.95±0.25	0.90±0.04
4	0.84±0.03	0.87±0.04	1.02±0.13	0.96±0.17	0.92±0.26	0.84±0.41
5	1.28±0.09	0.99±0.01	1.02±0.17	1.10±0.24	0.92±0.04	1.21±0.04
6	1.15±0.04	0.97±0.16	1.08±0.17	1.08±0.29	0.90±0.10	1.12±0.24
7	1.27±0.08	0.98±0.07	0.10±0.07	1.10±0.03	0.93±0.04	1.17±0.27
8	0.91±0.10	0.93±0.19	1.07±0.09	1.02±0.14	1.00±0.41	1.01±0.19
9	1.21±0.08	0.99±0.16	0.98±0.10	1.11±0.42	0.92±0.32	1.18±0.27
10	1.10±0.04	0.96±0.30	1.05±0.15	1.07±0.27	0.93±0.07	1.19±0.28

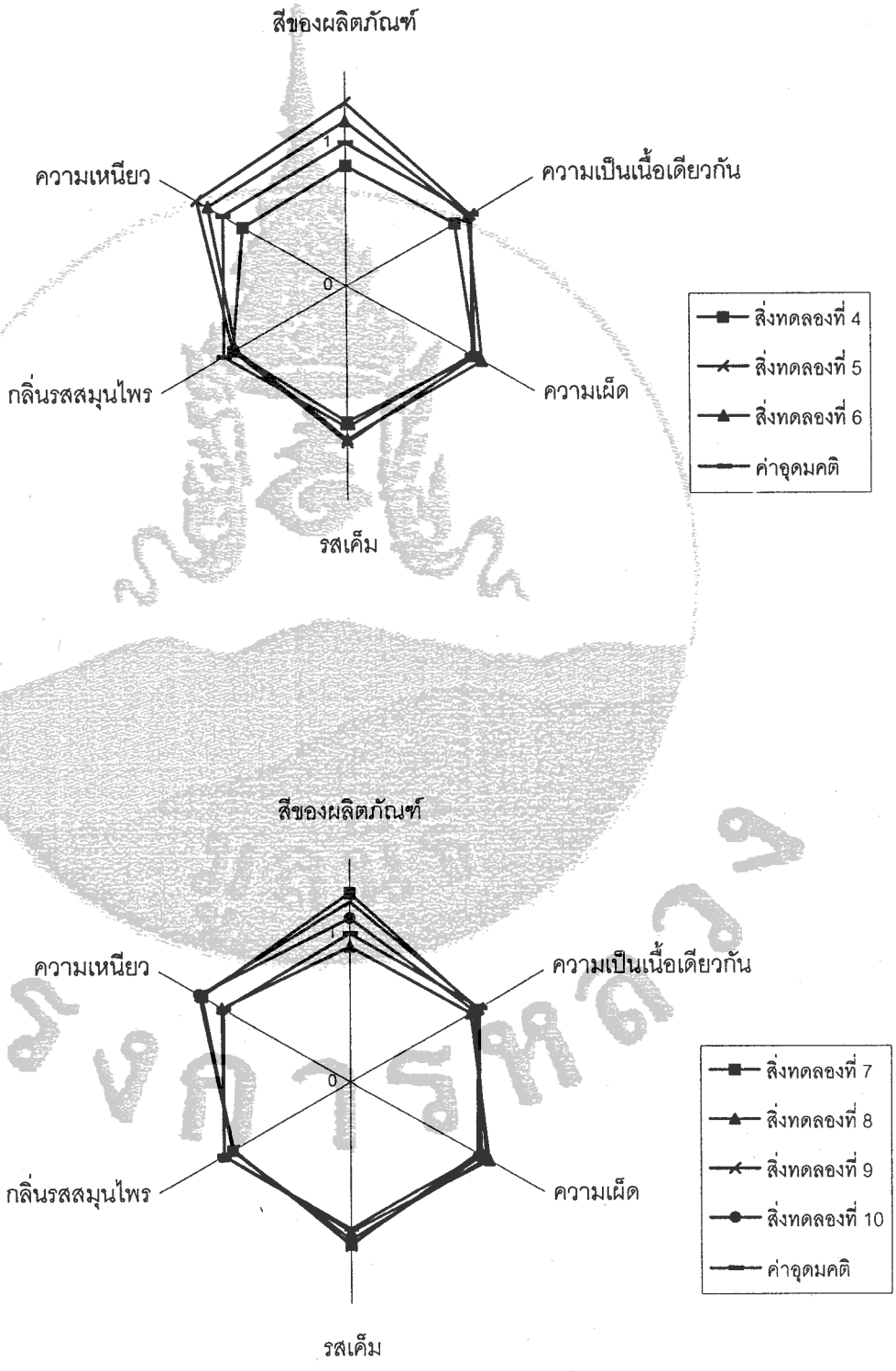
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.3 แสดงให้เห็นว่าการผันแปรปริมาณส่วนผสมหลักมีผลต่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์และปริมาณความชื้น โดยค่าดังกล่าวจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.237-0.314 และมีปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 10.95-13.44 จากการพิจารณาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักพบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์สูงจะมีแป้งข้าวเหนียวเป็นส่วนประกอบสูง คือ ร้อยละ 15

ตาราง 5.4 เห็นได้ว่าค่าสี L, a และ b ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสิ่งทดลองทั้ง 10 สิ่งทดลองแตกต่างกัน โดยค่าสี L (ความสว่าง) จะมีค่าอยู่ในช่วง 39.96-52.62 จากการพิจารณาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักพบว่า สิ่งทดลองที่มีค่า L สูงจะมีแกนสับปะรดเป็นส่วนประกอบอยู่มากเนื่องจากแกนสับปะรดมีสีออกขาวเหลืองจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมากขึ้น ส่วนค่าสี a นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 5.92-14.55 และค่าสี b อยู่ในช่วง 21.75-28.44

ตาราง 5.5 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design ซึ่งนำมาสร้างเป็นกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ได้ดังภาพ 5.3 จะเห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละด้านดีแตกต่างกัน สาเหตุเนื่องจากสิ่งทดลองต่าง ๆ มีการผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมหลัก การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักดังกล่าวจึงอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติ





ภาพ 5.3 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักจะนำข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ โดยทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละด้านกับส่วนผสมหลักครั้งละสองปัจจัย รวมทั้งอิทธิพลร่วม (interaction) ของสองปัจจัยดังกล่าวด้วย สมการที่ได้จะเป็นสมการที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาคผนวก ง

จากนั้นนำสมการดังกล่าวมาทำ Partial derivatives และใช้เทคนิค Lag range (λ) แล้วจึงนำสมการที่ได้ไปวิเคราะห์หาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้น ๆ โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (POM) ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงเส้นที่จะช่วยให้ได้อัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น โดยอัตราส่วนดังกล่าวจะอยู่ภายใต้ข้อจำกัด (Constrains) ที่กำหนดไว้ การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมแสดงดังตัวอย่าง ง.1 ในภาคผนวก ง

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้นอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักคือ

สับปะรด	ร้อยละ 51.4
แครอท	ร้อยละ 29.5
แป้งข้าวเหนียว	ร้อยละ 10.5
CMC	ร้อยละ 8.6

ตอนที่ 2 การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพรที่จะเติมลงไปในผลิตภัณฑ์

เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักจากการทดลองตอนที่ 1.2 แล้ว จะทำการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพร ได้แก่ ยูเอสเอมินต์ ออริกาโน และทายม์ เพื่อเติมลงในระบบสมุนไพรของผลิตภัณฑ์

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของระบบสมุนไพรสำหรับผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น โดยการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design และใช้โปรแกรม XVERT ช่วยในการกำหนดสิ่งทดลอง จะได้สิ่งทดลองจำนวน 6 สิ่งทดลองดังนี้

สิ่งทดลอง	ยูเอสเอมินต์ (ร้อยละของระบบสมุนไพร)	ออริกาโน (ร้อยละของระบบสมุนไพร)	ทายม์ (ร้อยละของระบบสมุนไพร)
1	30	50	20
2	30	20	50
3	60	20	20
4	30	35	35
5	45	20	35
6	45	35	20
ระดับต่ำ	30	20	20
ระดับสูง	60	50	50

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นตามสิ่งทดลองข้างต้น แล้วทำการวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ ได้ผลดังนี้

ตาราง 5.6 คุณภาพทางเคมีของผลิตภณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2

สิ่งทดลอง	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
1	0.262±0.031	12.44±0.13
2	0.244±0.006	12.99±0.06
3	0.251±0.034	13.13±0.14
4	0.264±0.026	11.82±0.06
5	0.285±0.030	13.69±0.05
6	0.257±0.035	12.48±0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.7 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2

สิ่งทดลอง	L	a	b
1	41.89±0.47	9.58±0.02	21.77±0.41
2	41.97±0.59	9.42±0.38	22.72±0.37
3	49.19±0.26	10.03±0.04	25.08±0.17
4	50.55±0.07	6.86±0.11	24.10±0.19
5	45.06±0.09	13.59±0.09	27.55±0.41
6	42.32±0.28	10.89±0.43	25.19±0.02

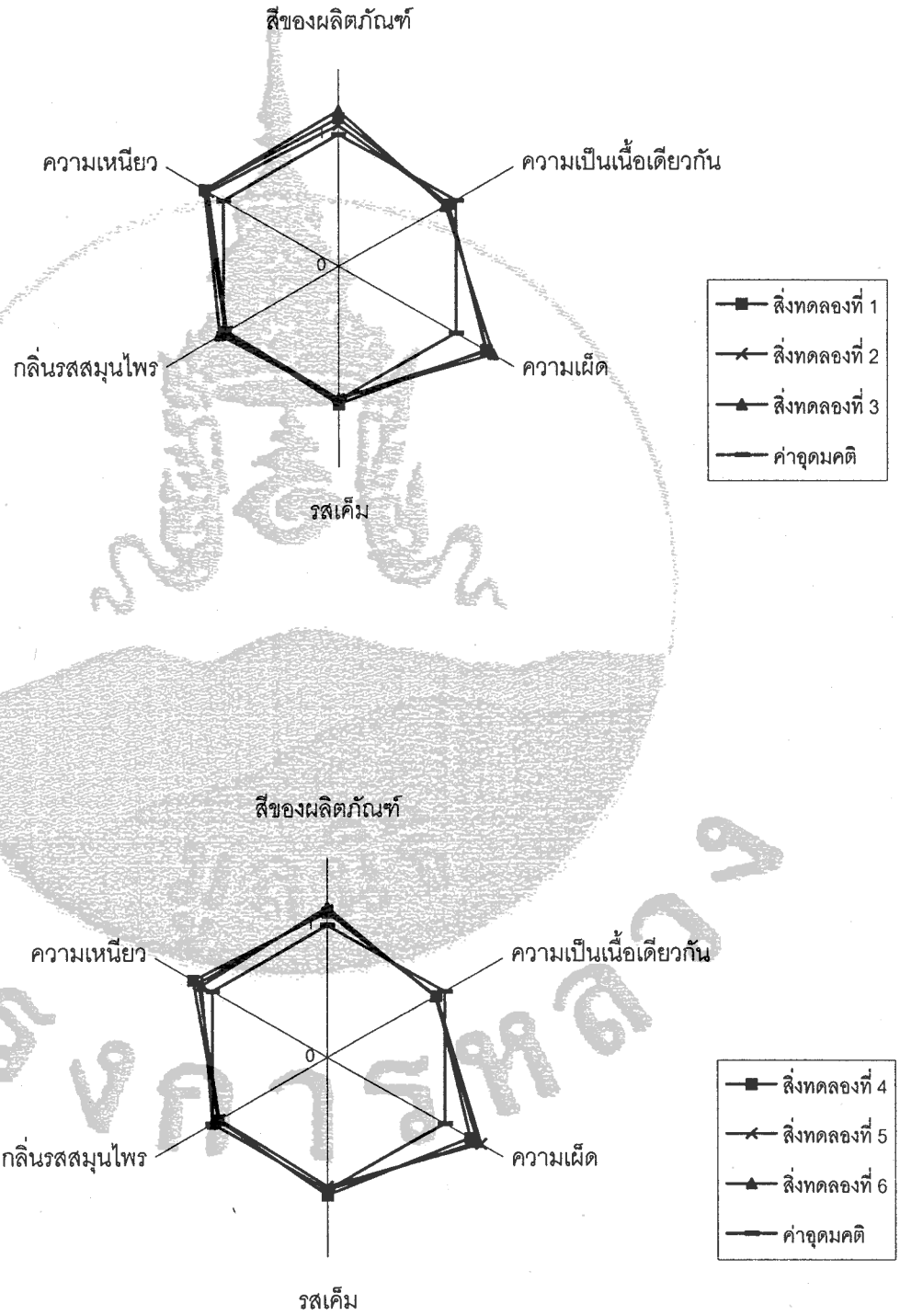
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติหาความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่ได้จากสิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลอง ค่าคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นมีดังนี้

ตาราง 5.8 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2

สิ่งทดลอง	สีของผลิตภัณฑ์	ความเป็นเนื้อเดียว	ความเผ็ด	รสเค็ม	กลิ่นรสสมุนไพร	ความเหนียว
1	$1.12^{ab}\pm0.17$	$0.94^{ns}\pm0.08$	$1.26^{ns}\pm0.40$	$1.03^{ns}\pm0.20$	$0.98^{ab}\pm0.08$	$1.16^{ns}\pm0.25$
2	$1.07^{a}\pm0.17$	$0.94^{ns}\pm0.04$	$1.27^{ns}\pm0.40$	$0.99^{ns}\pm0.17$	$0.97^{ab}\pm0.06$	$1.13^{ns}\pm0.19$
3	$1.18^{b}\pm0.20$	$0.91^{ns}\pm0.08$	$1.32^{ns}\pm0.31$	$0.99^{ns}\pm0.17$	$1.03^{a}\pm0.06$	$1.16^{ns}\pm0.17$
4	$1.09^{ab}\pm0.08$	$0.93^{ns}\pm0.08$	$1.22^{ns}\pm0.33$	$1.04^{ns}\pm0.14$	$0.95^{b}\pm0.07$	$1.17^{ns}\pm0.16$
5	$1.11^{ab}\pm0.10$	$0.93^{ns}\pm0.06$	$1.31^{ns}\pm0.39$	$0.97^{ns}\pm0.20$	$0.94^{ab}\pm0.13$	$1.12^{ns}\pm0.20$
6	$1.13^{ab}\pm0.15$	$0.92^{ns}\pm0.08$	$1.28^{ns}\pm0.32$	$1.00^{ns}\pm0.21$	$1.00^{ab}\pm0.09$	$1.09^{ns}\pm0.23$

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพ 5.4 เค้าโครงผลิตภัณฑ์ของแต่ละสิ่งทดลองในการทดลองตอนที่ 2

จากผลการทดลองข้างต้นพบว่า ตัวอย่างจากสิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในคุณลักษณะด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน ความเผ็ด รสเค็ม ความเหนียว และการยอมรับโดยรวม เนื่องจากในการทดลองนี้ได้กำหนดให้ปริมาณส่วนผสมอื่น ๆ มีปริมาณเท่ากันหมดทุกสิ่งทดลอง ยกเว้นสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดเท่านั้นที่มีการผันแปร

ลักษณะด้านสีและกลิ่นรสสมุนไพร พบว่า ตัวอย่างที่นำมาทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังนี้

ลักษณะด้านสี พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1, 4, 5 และ 6 แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 3 โดยที่สิ่งทดลองที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

ลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพร พบว่า สิ่งทดลองที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1, 2, 5 และ 6 แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 4 ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วพบว่า สิ่งทดลองที่ 6 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.00

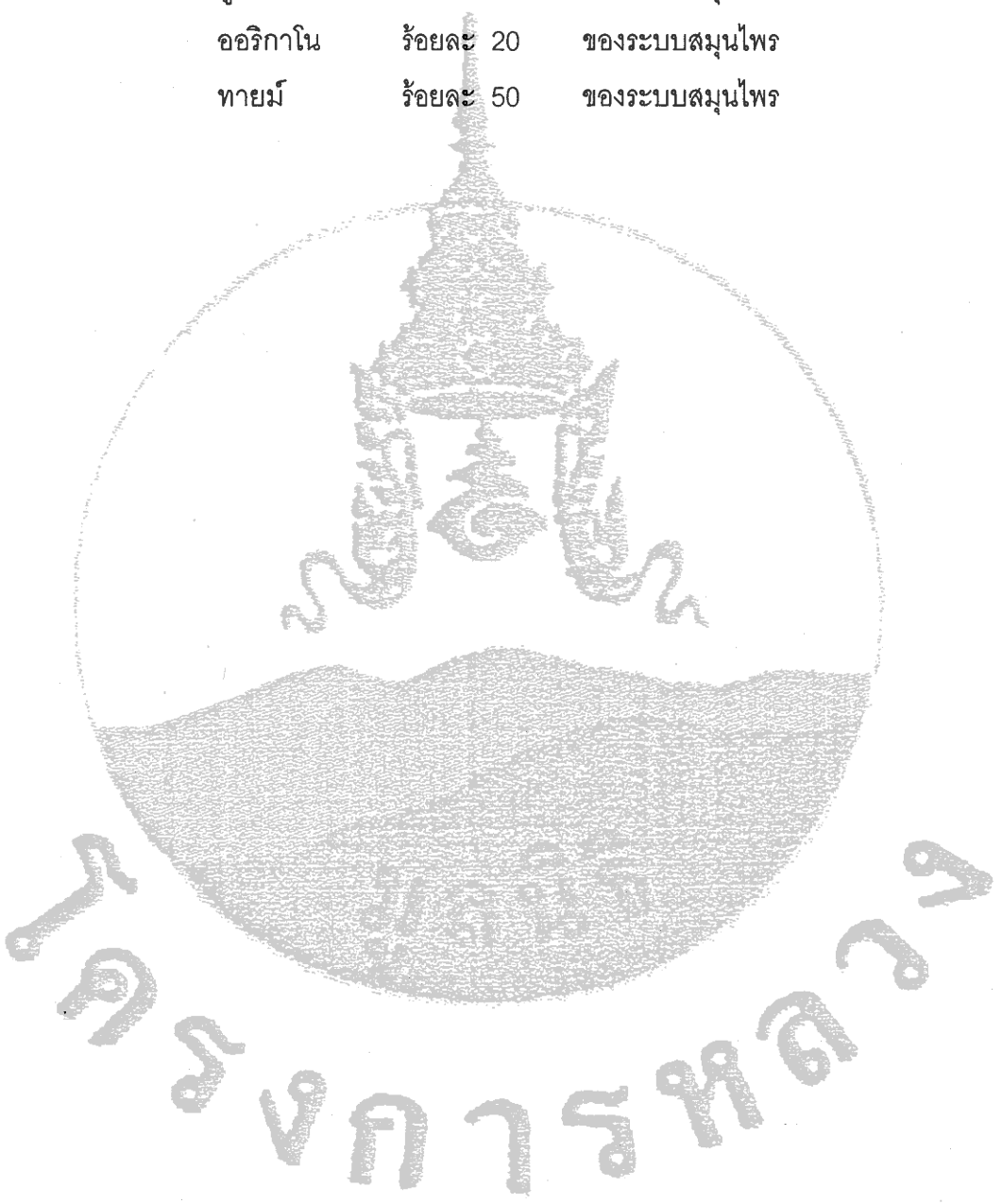
จากข้อมูลดังกล่าวสิ่งทดลองที่มีความเหมาะสมสำหรับระบบสมุนไพร คือ สิ่งทดลองที่ 2 เนื่องจากสิ่งทดลองดังกล่าวมีค่าคะแนนเฉลี่ยด้านสีเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

ถึงแม้ว่าในด้านกลิ่นรสสมุนไพรนั้น สิ่งทดลองที่ 6 จะมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 แต่เมื่อพิจารณาค่าคะแนนด้านสีประกอบจะพบว่า สิ่งทดลองที่ 6 มีค่าคะแนนเฉลี่ยห่างจาก 1.00 มากกว่าสิ่งทดลองที่ 2 นอกจากนี้สิ่งทดลองที่ 2 ยังมีค่าคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรสสมุนไพรไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 6 ด้วย

และเมื่อพิจารณาการยอมรับโดยรวมแล้วยังพบว่า สิ่งทดลองที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

ดังนั้นอัตราส่วนของระบบสมุนไพรที่มีความเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น คือ

ยูเอสเอมินต์	ร้อยละ	30	ของระบบสมุนไพร
ออริกาโน	ร้อยละ	20	ของระบบสมุนไพร
ทายม์	ร้อยละ	50	ของระบบสมุนไพร



ตอนที่ 3 การกลั่นกรองปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

เนื่องจากส่วนผสมที่เป็นปัจจัยในสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นนั้นมีจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องทำการกลั่นกรองเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกเฉพาะปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ การทดลองนี้จึงวางแผนแบบ Plackett and Burman design ซึ่งจะได้จำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 12 สิ่งทดลอง โดยสิ่งทดลองทั้งหมดจะถูกกำหนดให้มีอัตราส่วนของส่วนผสมหลักเท่ากัน คือ สับปะรด ร้อยละ 51.4 แครอท ร้อยละ 29.5 แป้งข้าวเหนียว ร้อยละ 10.5 และ CMC ร้อยละ 8.6 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ผลิตได้ตามแผนการทดลองมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสได้ผลแสดงดังตารางที่ 5.9 5.10 และ 5.11

ตาราง 5.9 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการกลั่นกรองปัจจัยสำคัญ

สิ่งทดลอง	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
1	0.401±0.002	17.50±0.12
2	0.342±0.004	14.88±0.18
3	0.512±0.013	18.31±0.20
4	0.341±0.007	14.86±0.37
5	0.378±0.008	15.85±0.17
6	0.382±0.020	16.45±0.29
7	0.374±0.004	14.48±0.31
8	0.492±0.005	19.67±0.24
9	0.331±0.110	15.37±0.37
10	0.394±0.030	15.53±0.28
11	0.314±0.001	15.04±0.19
12	0.320±0.008	14.77±0.10

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.10 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการกลั่นกรองปัจจัยสำคัญ

สิ่งทดลอง	L	a	b
1	42.40±0.21	10.12±0.25	22.83±0.25
2	48.34±0.31	12.09±0.12	27.46±0.34
3	45.19±0.05	12.21±0.17	25.57±0.40
4	47.64±0.15	13.23±0.24	28.08±0.20
5	46.63±0.13	9.07±0.36	22.29±0.31
6	44.74±0.14	12.85±0.05	27.30±0.16
7	46.74±0.48	10.11±0.09	24.42±0.15
8	44.48±0.24	11.03±0.27	25.12±0.25
9	51.24±0.34	12.25±0.38	28.35±0.16
10	50.13±0.04	10.48±0.19	27.96±0.37
11	46.52±0.18	9.27±0.20	25.18±0.16
12	56.60±0.29	12.71±0.18	30.48±0.18

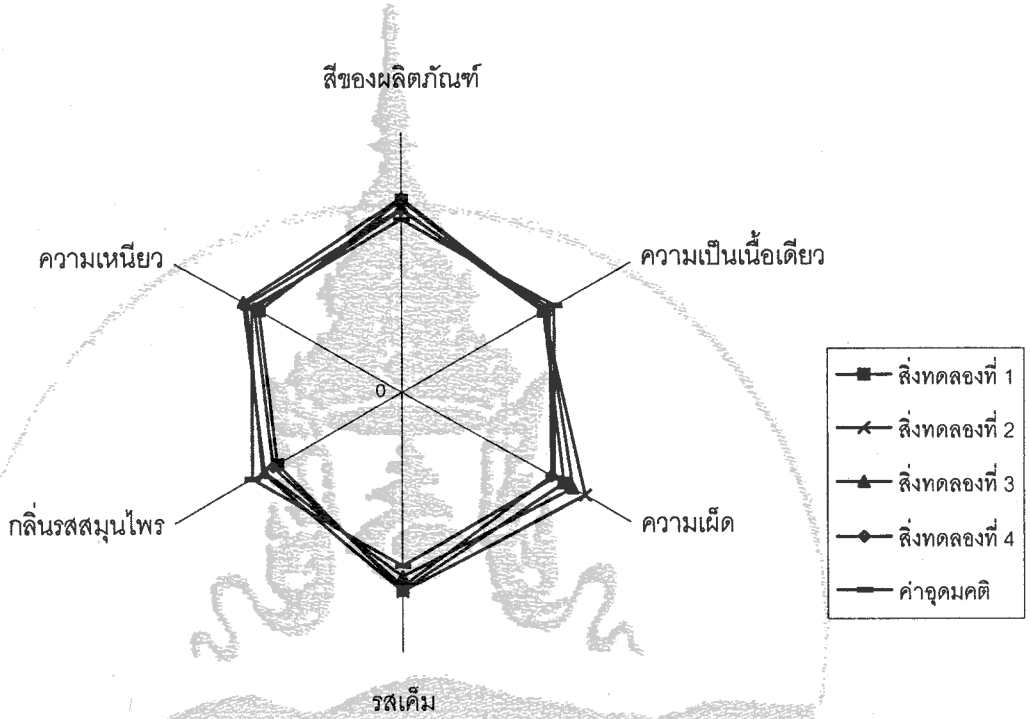
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

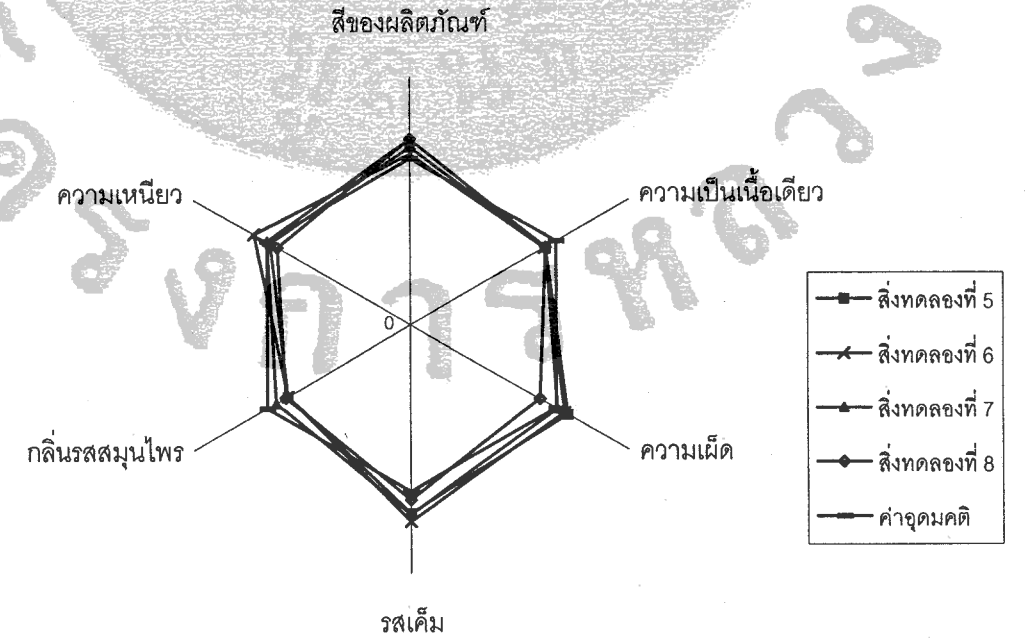
ตาราง 5.11 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการกลั่นกรองปัจจัยสำคัญ

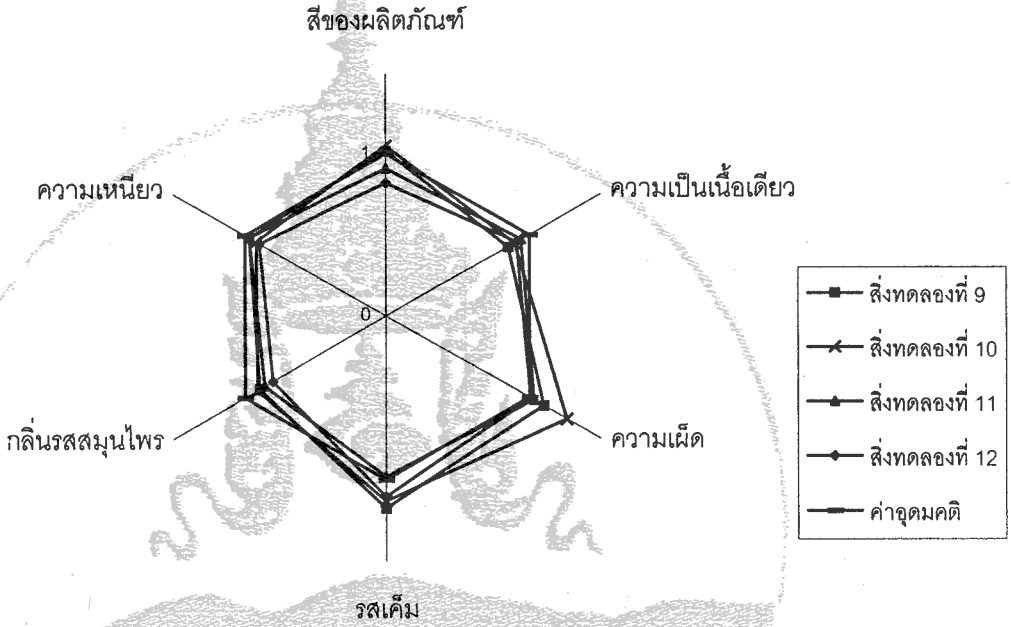
สิ่งทดลอง	สีของผลิตภัณฑ์	ความเป็นเนื้อเดียว	ความเผ็ด	รสเค็ม	กลิ่นรสสมุนไพร	ความเหนียว
1	1.11±0.12	0.93±0.01	1.06±0.12	1.14±0.13	0.83±0.16	0.95±0.12
2	1.06±0.14	0.93±0.24	1.20±0.14	1.15±0.18	0.93±0.24	1.03±0.14
3	1.12±0.02	0.94±0.36	1.12±0.25	1.06±0.17	0.92±0.40	1.05±0.18
4	1.05±0.06	0.97±0.25	0.98±0.14	1.12±0.19	0.86±0.18	0.98±0.19
5	1.07±0.04	0.93±0.23	1.08±0.12	1.13±0.20	0.86±0.17	0.98±0.17
6	1.03±0.24	0.92±0.07	1.06±0.36	1.18±0.30	0.86±0.41	1.09±0.42
7	1.12±0.09	0.93±0.09	1.01±0.47	1.14±0.24	0.94±0.18	1.00±0.15
8	1.12±0.13	0.93±0.15	0.89±0.16	1.05±0.16	0.87±0.10	0.93±0.05
9	1.02±0.07	0.85±0.16	1.10±0.18	1.17±0.27	0.90±0.13	0.97±0.16
10	1.05±0.17	0.90±0.31	1.26±0.16	1.13±0.34	0.91±0.15	0.92±0.09
11	0.91±0.08	0.94±0.18	1.03±0.42	0.98±0.37	0.86±0.18	0.97±0.16
12	0.82±0.29	0.91±0.16	1.01±0.16	1.10±0.15	0.80±0.01	0.90±0.03

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของแต่ละสิ่งทดลองสามารถนำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ได้ดังภาพ 5.5


สีของผลิตภัณฑ์
ความเป็นเนื้อเดียว
ความเผ็ด
รสเค็ม
กลิ่นรสสมุนไพร
ความเหนียว
0
สิ่งทดลองที่ 1
สิ่งทดลองที่ 2
สิ่งทดลองที่ 3
สิ่งทดลองที่ 4
ค่าอุดมคติ


สีของผลิตภัณฑ์
ความเป็นเนื้อเดียว
ความเผ็ด
รสเค็ม
กลิ่นรสสมุนไพร
ความเหนียว
0
สิ่งทดลองที่ 5
สิ่งทดลองที่ 6
สิ่งทดลองที่ 7
สิ่งทดลองที่ 8
ค่าอุดมคติ



ภาพ 5.5 เค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการกลั่นกรองปัจจัยสำคัย

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยคุณภาพแต่ละด้านของแต่ละสิ่งทดลองสามารถนำมาคำนวณหาผลของปัจจัย (Effect) ที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ผลของปัจจัย} = \frac{\text{ผลตอบสนองเมื่อใช้ปัจจัยที่ระดับสูง}}{\text{จำนวนสิ่งทดลองที่ใช้ปัจจัยระดับสูง}} - \frac{\text{ผลตอบสนองเมื่อใช้ปัจจัยที่ระดับต่ำ}}{\text{จำนวนสิ่งทดลองที่ใช้ปัจจัยระดับต่ำ}}$$

Dummy effect หรือผลของ Dummy variables สามารถนำมารวมกันเป็นค่าความแปรปรวน (Variance of effect) ได้ดังนี้

$$\text{ความแปรปรวน} = \frac{(\text{ผลรวมของ Dummy effect})^2}{\text{จำนวน Dummy variables}}$$

และสามารถคำนวณความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) อันเนื่องมาจาก Dummy effect ได้ดังนี้

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

ซึ่งสามารถนำมาหาผลของแต่ละปัจจัยที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้โดยใช้ t-test

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

จากนั้นนำค่า t-value ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่า t-table (ดังภาคผนวก ค) ที่มี df เท่ากับจำนวนของ Dummy variables ที่ใช้ในการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และใช้ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ ร้อยละ 80 ($p \leq 0.20$) เพื่อลดปัญหาการมองข้ามปัจจัยที่น่าจะมีความสำคัญไป แสดงดังตาราง 5.12, 5.13 และ 5.14

ปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลาย ๆ ด้าน การคำนวณผลของปัจจัย (Effect) ซึ่งมีค่าบวกหรือลบ แสดงให้เห็นว่าการใช้ปัจจัยที่ระดับต่ำหรือสูงให้ผลอย่างไรต่อผลิตภัณฑ์ ทำให้ทราบแนวโน้มเบื้องต้นว่าควรกำหนดให้มีการใช้ปัจจัยที่ระดับสูงขึ้นหรือต่ำลงจึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นไปตามความต้องการมากที่สุด ข้อพึงระวังในการพิจารณาคือ แผนการทดลองนี้เป็นการศึกษาผลของปัจจัยโดยคำนึงถึงอิทธิพลหลัก (Main effect) เท่านั้น ไม่สามารถอธิบายอิทธิพลร่วม (Interaction effect) ของปัจจัยได้ (ไพโรจน์, 2539)

ตาราง 5.12 ผล (Effect) และค่า t-value ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

ปัจจัย	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์		ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	
	Effect	t-value	Effect	t-value
เกลือ	-0.018	-0.372	-0.428	-0.338
น้ำตาล	-0.005	-0.101	0.192	0.151
พริกป่น	0.035	0.709	0.645	0.509
พริกไทย	0.022	0.439	-0.095	-0.075
ผงชูรส	-0.008	-0.169	0.852	0.672
ระบบสมุนไพร	0.018	0.372	0.572	0.451

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้

a คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table=1.886)

b คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 (t-table=2.282)

c คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (t-table=2.920)

d คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (t-table=4.303)

ตาราง 5.13 ผล (Effect) และค่า t-value ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

ปัจจัย	ค่าสี L		ค่าสี a		ค่าสี b	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
เกลือ	-1.815	-0.751	0.043	0.102	-0.533	-0.447
น้ำตาล	-1.902	-0.787	-0.520	-1.225	-1.740	-1.458
พริกป่น	-1.008	-0.417	0.200	0.471	0.617	0.517
พริกไทย	-0.428	-0.177	-0.150	-0.353	-0.310	-0.260
ผงชูรส	-2.535	-1.050	-0.033	-0.079	-0.427	-0.358
ระบบสมุนไพร	-2.808	-1.163	-2.543 [d]	-5.993 [d]	-3.240	-2.716

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้

a คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table=1.886)

b คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 (t-table=2.282)

c คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (t-table=2.920)

d คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (t-table=4.303)

ตาราง 5.14 ผล (Effect) และค่า t-value ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

ปัจจัย	สีของผลิตภัณฑ์		ความเป็นเนื้อเดียวกัน		ความเผ็ด	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
เกลือ	0.043	0.698	0.013	0.738	0.080	1.538 [a]
น้ำตาล	0.013	0.215	0.007	0.369	-0.010	-0.192
พริกป่น	0.023	0.376	0.023	1.291	0.027	0.513
พริกไทย	0.080	1.288	-0.020	-1.107	0.117	2.243 [c]
ผงชูรส	0.003	0.054	-0.013	-0.738	-0.020	-0.385
ระบบสมุนไพร	0.047	0.752	0.007	0.369	-0.023	-0.449

ปัจจัย	รสเค็ม		กลิ่นรสสมุนไพร		ความเหนียว	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
เกลือ	0.058	3.469 [d]	-0.007	-0.287	0.022	0.536
น้ำตาล	-0.025	-1.487 [a]	-0.013	-0.574	0.005	0.124
พริกป่น	-0.062	-3.667 [d]	0.027	1.148	-0.002	-0.041
พริกไทย	0.038	2.280 [c]	0.053	2.295 [c]	0.012	0.289
ผงชูรส	-0.002	-0.099	-0.007	-0.287	0.018	0.454
ระบบสมุนไพร	-0.035	-2.081 [c]	0.000	0.000	-0.045	-1.113

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้

a คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table=1.886)

b คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 (t-table=2.282)

c คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (t-table=2.920)

d คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (t-table=4.303)

ผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีมากน้อยต่างกัน ทำให้สามารถแบ่งปัจจัยที่ศึกษาได้เป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยหลัก (Major factors) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก อีกประเภทหนึ่งคือ ปัจจัยรอง (Minor factors) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณพ์เช่นกัน แต่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อย

กว่าปัจจัยหลัก โดยพิจารณาจากการที่ปัจจัยมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากน้อยเพียงไร

ตาราง 5.12 5.13 และ 5.14 แสดงผล (Effect) ของปัจจัยในสูตรการผลิตต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

เกลือ จากผลการทดลองพบว่าเกลือมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น กล่าวคือ การใช้เกลือที่ระดับต่ำทำให้การยอมรับด้านความเผ็ดและด้านรสเค็มมีค่าเข้าใกล้ค่าอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.20$ และ $p \leq 0.05$ ตามลำดับ) และพบว่าผู้บริโภคไม่ยอมรับรสเค็มเมื่อใช้เกลือที่ระดับสูง

ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้เกลือที่ระดับต่ำ ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตด้วย

น้ำตาล การใช้น้ำตาลที่ระดับสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดี กล่าวคือ เมื่อใช้น้ำตาลที่ระดับสูงทำให้การยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์มีค่าเข้าใกล้ค่าอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.20$) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้น้ำตาลที่ระดับสูงจะช่วยลดความเค็มเนื่องจากการใช้เกลือและทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์มีความกลมกล่อมขึ้นและน้ำตาลยังสามารถช่วยลดความชื้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น

การใช้น้ำตาลที่ระดับสูงน่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีขึ้น ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้น้ำตาลที่ระดับสูง

พริกป่น จากการพิจารณาผลของการใช้พริกป่นที่มีต่อผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น พบว่าการใช้พริกป่นที่ระดับต่ำทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับด้านรสเค็มมากกว่าการใช้ที่ระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่า การใช้พริกป่นที่ระดับต่ำหรือสูงไม่มีผลต่อการยอมรับด้านรสเผ็ดของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.20$)

เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและเป็นการลดต้นทุนการผลิต ในการทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้พริกป่นที่ระดับต่ำ

ผงชูรส เมื่อพิจารณาผลการทดลองพบว่า การใช้ผงชูรสที่ระดับต่ำหรือสูงนั้นไม่มีผลต่อลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะทำการตัดผงชูรสออกจากสูตรการผลิตเพื่อลดต้นทุนการผลิต

พริกไทย การใช้พริกไทยทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีหลายด้าน ได้แก่ การใช้พริกไทยที่ระดับต่ำมีผลทำให้การยอมรับด้านความเผ็ดและรสเค็มมีค่าเข้าใกล้ค่าอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.15$) นอกจากนี้การใช้พริกไทยที่ระดับต่ำยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีการยอมรับด้านกลิ่นรสสมุนไพรเพิ่มขึ้นด้วย

ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงทำการศึกษาในรายละเอียดของปริมาณพริกไทยที่เหมาะสม โดยทำการผันแปรปริมาณพริกไทยที่ระดับต่ำต่อไป

ระบบสมุนไพร จากการพิจารณาผลของการใช้ระบบสมุนไพรที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น พบว่า การใช้ระบบสมุนไพรที่ระดับต่ำทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับด้านรสเค็มมากกว่าการใช้ที่ระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.10$) และพบว่าการใช้ระบบสมุนไพรที่ระดับต่ำหรือสูงไม่มีผลต่อการยอมรับด้านสีและกลิ่นรสสมุรไพรของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.20$) อย่างไรก็ตาม การใช้ระบบสมุนไพรที่ระดับต่ำยังส่งผลให้ค่าสี a และ b มีค่าน้อยกว่าการใช้ระบบสมุนไพรที่ระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

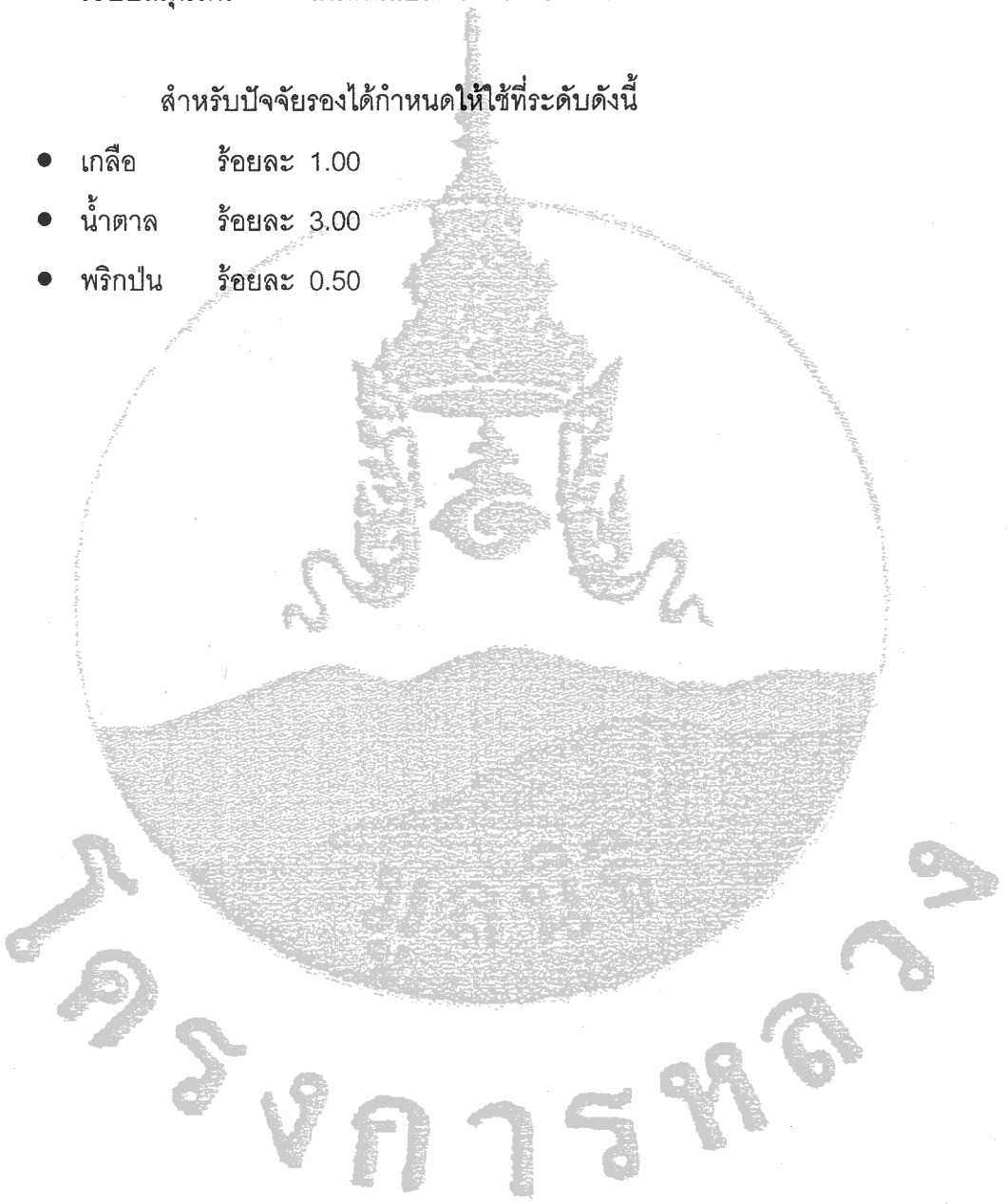
ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงทำการศึกษาในรายละเอียดของปริมาณของระบบสมุนไพรที่เหมาะสม โดยทำการผันแปรปริมาณของระบบสมุนไพรที่ระดับต่ำต่อไป

ดังนั้นปัจจัยหลักที่มีผลอย่างมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ได้แก่ พริกไทยและระบบสมุนไพร ซึ่งจะทำการศึกษาหาระดับที่เหมาะสมในการทดลองต่อไป โดยผันแปรระดับของปัจจัยที่ศึกษาดังนี้

- พริกไทย เดิมผันแปรที่ ร้อยละ 1.0-3.0 ผันแปรใหม่ที่ ร้อยละ 0.5-2.0
- ระบบสมุนไพร เดิมผันแปรที่ ร้อยละ 0.45-0.9 ผันแปรใหม่ที่ ร้อยละ 0.3-0.6

สำหรับปัจจัยรองได้กำหนดให้ใช้ที่ระดับดังนี้

- เกลือ ร้อยละ 1.00
- น้ำตาล ร้อยละ 3.00
- พริกป่น ร้อยละ 0.50



ตอนที่ 4 การหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

จากการทดลองตอนที่ 3 ทำให้ทราบถึงปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น คือ พริกไทยและระบบสมุนไพร ซึ่งจะต้องทำการศึกษาต่อไป

การทดลองนี้จะทำการศึกษาหาระดับที่เหมาะสมของพริกไทยและระบบสมุนไพรในสูตรผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment in central composite design ซึ่งแต่ละปัจจัยจะมี 5 ระดับ คือ ระดับต่ำสุด($-\alpha$), ระดับต่ำ(-1), ระดับกึ่งกลาง(0), ระดับสูง(+1) และระดับสูงสุด($+\alpha$)

ระดับกึ่งกลางคำนวณจากสูตร

ระดับกึ่งกลาง = (ระดับต่ำสุด + ระดับสูงสุด)/2

และค่า α สามารถคำนวณได้จาก

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

โดยที่ k คือ จำนวนปัจจัยที่ต้องการศึกษา

P คือ Fractionlization elements ในที่นี้เท่ากับ 0

ในการทดลองนี้มีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 2 ปัจจัย ดังนั้นจะได้

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

$$= \pm 1.414$$

ดังนั้น ระดับต่ำสุดคือ $-\alpha$ หรือ –1.414

ระดับสูงสุดคือ $+\alpha$ หรือ +1.414

ระดับต่ำ (-1) หาจากสูตร

$$\text{ระดับต่ำ (-1)} = \text{ระดับกึ่งกลาง} - \frac{\text{ผลต่างของระดับกึ่งกลางและระดับต่ำสุด}}{\alpha}$$

ระดับสูง (+1) หาจากสูตร

$$\text{ระดับสูง (+1)} = \text{ระดับกึ่งกลาง} + \frac{\text{ผลต่างของระดับกึ่งกลางและระดับสูงสุด}}{\alpha}$$

จากสูตรการคำนวณข้างต้น สามารถนำมาคำนวณหาระดับต่าง ๆ ของปัจจัยได้ ยกตัวอย่างเช่น

: การหาระดับของพริกไทยเมื่อมีช่วงศึกษาเป็นร้อยละ 0.5-2.0

- ระดับกึ่งกลางของพริกไทยเป็นร้อยละ (0.5+2.0)/2 = 1.25
- ระดับต่ำสุดของพริกไทยเท่ากับ ร้อยละ 0.50
- ระดับสูงสุดของพริกไทยเท่ากับ ร้อยละ 2.00
- ระดับต่ำของพริกไทยเป็นร้อยละ 1.25 - (1.25 - 0.5)/1.414 = 0.72
- ระดับสูงของพริกไทยเป็นร้อยละ 1.25 + (2.0 - 1.25)/1.414 = 1.78

และการหาระดับต่าง ๆ ของระบบสมุนไพรก็สามารถคำนวณได้เช่นเดียวกัน ซึ่งระดับของพริกไทยและระบบสมุนไพรเป็นดังนี้

ตาราง 5.15 ปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรที่ใช้ระดับต่าง ๆ (ร้อยละ)

ปัจจัย/ระดับ	ต่ำสุด ($-\alpha$)	ต่ำ (-1)	กึ่งกลาง (0)	สูง (+1)	สูงสุด ($+\alpha$)
A : พริกไทย	0.50	0.72	1.25	1.78	2.00
B : ระบบสมุนไพร	0.30	0.34	0.45	0.56	0.60

จากระดับของปัจจัยศึกษาข้างต้นและการวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment in central composite design จะได้สิ่งทดลองดังนี้

ตาราง 5.16 สิ่งทดลองในการหาระดับที่เหมาะสมของพริกไทยและระบบสมุนไพรจากการวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment in central composite design

สิ่งทดลอง	รหัส	พริกไทย (ร้อยละ)	ระบบสมุนไพร (ร้อยละ)
1	(1)	0.72	0.34
2	(a)	1.78	0.34
3	(b)	0.72	0.56
4	(ab)	1.78	0.56
5	(-αa)	0.50	0.45
6	(+αa)	2.00	0.45
7	(-αb)	1.25	0.30
8	(+αb)	1.25	0.60
9	(0)	1.25	0.45
10	(0)	1.25	0.45
11	(0)	1.25	0.45

หมายเหตุ : a คือ ระดับของพริกไทย b คือ ระดับของระบบสมุนไพร
+ คือ ระดับสูง - คือ ระดับต่ำ
(1) คือ ควบคุม (0) คือ ระดับกึ่งกลาง

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ผลิตได้จากสิ่งทดลองทั้งหมดวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสได้ผลแสดงดังตาราง 5.17, 5.18 และ 5.19

ตาราง 5.17 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเมื่อมีการผันแปรปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพร

สิ่งทดลอง	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
1	0.302±0.076	17.22±0.17
2	0.307±0.085	17.40±0.07
3	0.316±0.074	17.98±0.12
4	0.294±0.087	17.13±0.35
5	0.334±0.077	17.48±0.16
6	0.355±0.067	18.93±0.07
7	0.293±0.086	16.73±0.14
8	0.242±0.009	16.80±0.35
9	0.336±0.086	18.48±0.10
10	0.330±0.081	18.20±0.18

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.18 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเมื่อมีการผันแปรปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพร

สิ่งทดลอง	L	a	b
1	49.13±0.12	13.93±0.22	29.83±0.38
2	46.99±0.73	14.28±0.08	28.06±1.10
3	45.22±0.08	12.22±0.08	24.87±0.42
4	47.05±0.25	11.24±0.05	25.34±0.19
5	48.11±1.30	12.01±0.79	26.58±1.75
6	44.86±0.10	12.59±0.28	25.36±0.46
7	53.33±0.11	12.96±0.02	28.60±0.05
8	46.55±0.26	10.61±0.17	22.49±0.31
9	47.77±0.02	12.33±0.07	24.43±0.05
10	46.06±0.28	12.60±0.26	29.83±0.38

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 5.19 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเมื่อมีการผันแปรปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพร

สิ่งทดลอง	สีของผลิตภัณฑ์	ความเป็นเนื้อเดียว	ความเผ็ด	รสเค็ม	กลิ่นรสสมุนไพร	ความเหนียว	การยอมรับโดยรวม
1	1.11±0.10	0.93±0.10	0.71±0.28	0.89±0.30	0.81±0.17	1.00±0.10	0.70±0.17
2	1.30±0.21	0.88±0.18	0.92±0.07	0.86±0.31	1.02±0.08	1.11±0.27	0.69±0.15
3	1.36±0.28	0.88±0.18	0.75±0.32	0.82±0.41	0.81±0.17	1.14±0.19	0.68±0.24
4	1.50±0.29	0.93±0.10	0.89±0.26	1.00±0.18	0.88±0.20	1.06±0.16	0.65±0.16
5	1.31±0.33	0.99±0.02	0.95±0.08	0.86±0.31	0.82±0.15	1.12±0.21	0.78±0.08
6	1.36±0.28	0.93±0.10	1.25±0.12	1.06±0.11	0.98±0.08	1.16±0.18	0.70±0.06
7	1.11±0.10	0.96±0.04	1.19±0.19	1.06±0.11	0.84±0.30	0.93±0.30	0.66±0.17
8	1.39±0.17	0.99±0.02	1.20±0.35	1.06±0.11	0.98±0.08	1.04±0.03	0.68±0.03
9	1.30±0.21	0.96±0.04	1.08±0.27	1.00±0.18	0.90±0.22	1.02±0.15	0.66±0.16
10	1.18±0.11	0.88±0.18	1.08±0.49	0.89±0.30	0.93±0.08	1.01±0.21	0.65±0.13

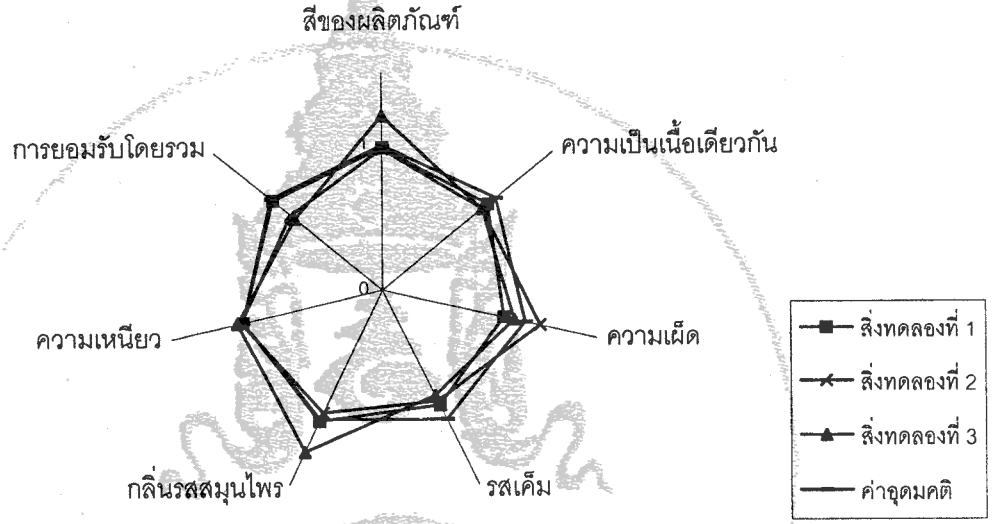
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

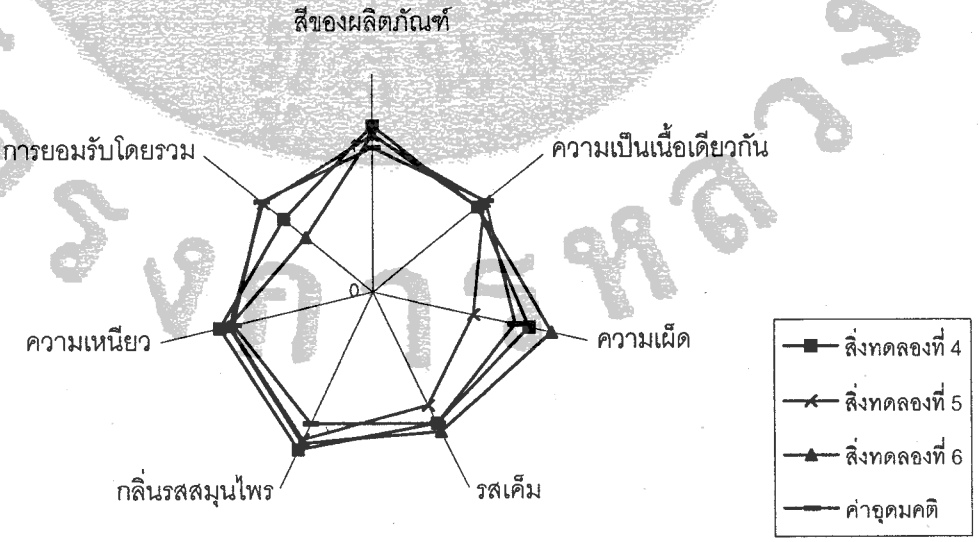
ตาราง 5.17 แสดงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเมื่อมีการผันแปรปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรในสูตร พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.242-0.355 และมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 16.73-18.93

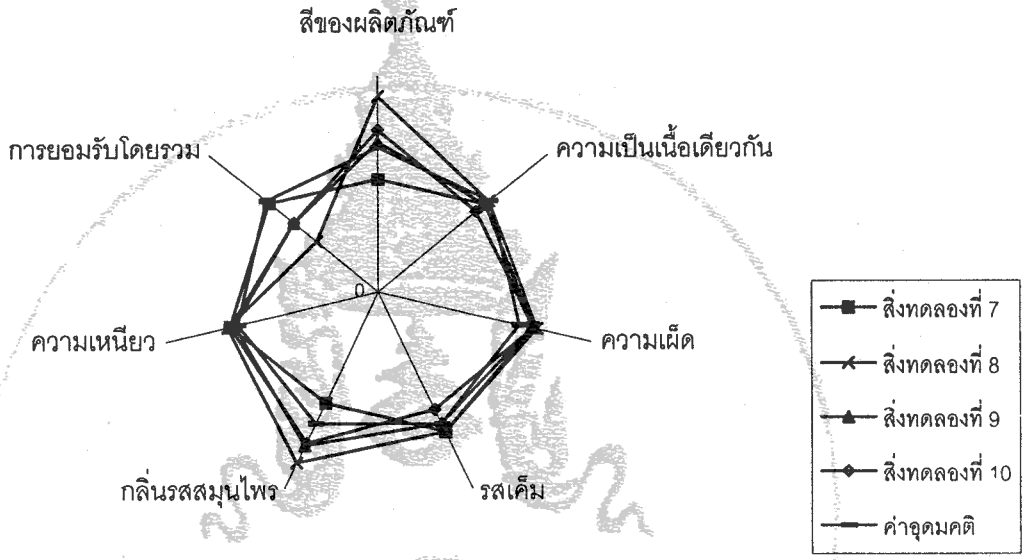
ตาราง 5.18 แสดงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเมื่อมีการผันแปรปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรในสูตร พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าสี L อยู่ในช่วง 44.86-53.33 ค่าสี a อยู่ในช่วง 10.61-14.28 และค่าสี b อยู่ในช่วง 22.49-29.83

ตาราง 5.19 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเมื่อมีการผันแปรปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรในสูตร พบว่า สีของผลิตภัณฑ์มีค่าอยู่ในช่วง 1.11+1.50 ความเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าอยู่ในช่วง 0.88-0.99 ความเผ็ดมีค่าอยู่ในช่วง 0.71-1.25 รสเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 0.82-1.06 กลิ่นรสสมุนไพรมีค่าอยู่ในช่วง 0.81-1.02 ความเหนียวมีค่าอยู่

ในช่วง 0.93-1.16 และการยอมรับโดยรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.65-0.78 ซึ่งคุณภาพทางประสาทสัมผัสสามารถนำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้







ภาพ 5.6 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเมื่อมีการผันแปรปริมาณพริกไทยและสมุนไพร

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรในสูตร) และตัวแปรตาม (คุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์) โดยเลือกตัวแปรอิสระที่ทำการศึกษาเข้ามาในโครงสร้างของสมการ การวิเคราะห์แบบ Stepwise regression จะทำการคัดเลือกเฉพาะตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น ซึ่งตัวแปรอิสระที่ไม่มีผลต่อตัวแปรตามจะถูกตัดออกไป สมการที่ได้จึงเป็นสมการที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้อย่างถูกต้อง

จากการวิเคราะห์หาสมการถดถอยด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 พบว่าปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรมีความสัมพันธ์กับคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นดังนี้

ตาราง 5.20 สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส		R^2
คุณภาพทางเคมี		
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	$= 0.34000 - 0.03640(H)^2$	0.7850
ปริมาณความชื้น	$= 18.25300 - 0.76400(H)^2$	0.6770
คุณภาพทางกายภาพ		
ค่าสี a	$= 12.47700 - 1.00900(H)$	0.7440
ค่าสี b	$= 26.53900 - 2.04000(H)$	0.6090
คุณภาพทางประสาทสัมผัส		
สีของผลิตภัณฑ์	$= 1.07700 + 0.15300(H)$	0.8740
ความเผ็ด	$= 1.08100 + 0.14800(P) - 0.06431(P)^2$	0.8950
กลิ่นรสสมุนไพร	$= 1.14600 + 0.14300(H) - 0.03965(H)^2$	0.9570
การยอมรับโดยรวม	$= 0.79800 - 0.10200(H) - 0.08468(P)$	0.6940

หมายเหตุ : P คือ ปริมาณพริกไทย (ร้อยละ)
H คือ ปริมาณระบบสมุนไพร (ร้อยละ)

สมการที่ได้ข้างต้นเป็นสมการที่มีการให้รหัสของตัวแปรอิสระที่ระดับต่าง ๆ (Coded equation) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามให้อยู่ในรูปของสมการถดถอย ดังนั้นจะต้องทำการถอดรหัสของตัวแปรอิสระ (Decoding) ให้สมการอยู่ในรูปที่ถอดรหัส (Decoded equation) ซึ่งจะสามารถนำสมการไปใช้ในการคาดคะเนผลต่อไป สมการที่

เลือกจะต้องเป็นสมการที่มี R^2 (Coefficient of multiple determination) สูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

การถอดรหัสของสมการ (Decoding) ทำได้โดยนำเอาสมการที่ยังไม่ถอดรหัสของตัวแปรอิสระหรือปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัสมาแก้ไขในสมการ ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส} = \frac{\text{ค่าจริง} - (\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} + \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}{(\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} - \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}$$

จากนั้นนำเอาปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสที่ได้จากสูตรข้างต้นไปแทนในสมการที่ยังไม่ถอดรหัสเดิม สมการใหม่ที่ได้จะเป็นสมการที่ถอดรหัสแล้ว ซึ่งสามารถนำเอาสมการที่ได้นี้ไปคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและเกลือที่ระดับต่าง ๆ ได้ แต่การคาดคะเนจะต้องกระทำในขอบเขตของช่วงหรือระดับต่ำ-สูงที่ได้จากการทดลองจริงเท่านั้น สมการที่ถอดรหัสแล้วแสดงดังนี้

ตาราง 5.21 สมการถดถอยถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

สมการถดถอยถอดรหัส		R^2
คุณภาพทางเคมี		
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	= $0.01240 + 1.45600 (H) - 1.61777 (H)^2$	0.7850
ปริมาณความชื้น	= $11.37700 + 30.56000 (H) - 33.95555 (H)^2$	0.6770
คุณภาพทางกาย		
ค่าสี a	= $15.504 - 6.72666 (H)$	0.7440
ค่าสี b	= $32.659 - 13.6 (H)$	0.6090
คุณภาพทางประสาทสัมผัส		
สีของผลิตภัณฑ์	= $0.61800 + 1.02 (H)$	0.8740
ความเผ็ด	= $0.83433 + 0.19733 (P)$	0.8950
กลิ่นรสสมุนไพร	= $0.36015 + 2.53933 (H) - 1.76222 (H)^2$	0.9570

หมายเหตุ : P คือ ปริมาณพริกไทย (ร้อยละ)
H คือ ปริมาณระบบสมุนไพร (ร้อยละ)

สมการที่วิเคราะห์ได้ข้างต้นมีค่า R^2 ค่อนข้างสูง แสดงว่าสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างดี

จากสมการคุณภาพทางเคมีแสดงให้เห็นว่า ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นขึ้นกับปริมาณของระบบสมุนไพรที่ใช้เพียงอย่างเดียว โดยปริมาณของระบบสมุนไพรและค่าน้ำที่เป็นประโยชน์มีความสัมพันธ์กันแบบสมการกำลังสอง (Quadratic equation) ในช่วงปริมาณของระบบสมุนไพรร้อยละ 0.3-0.6 ส่วนปริมาณของพริกไทยนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ไม่ว่าจะใช้พริกไทยปริมาณเท่าใดในช่วงร้อยละ

0.5-2.0 ก็ไม่ส่งผลให้ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน โดยปริมาณของระบบสมุนไพรร้อยละ 0.3 จะทำให้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นมีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำสุด แสดงดังภาพ 5.7

จากภาพ 5.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น เห็นได้ว่า ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นขึ้นกับปริมาณของระบบสมุนไพรที่ใช้เพียงอย่างเดียว มีความสัมพันธ์แบบสมการกำลังสอง (Quadratic equation) โดยปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์จะแปรตามปริมาณของระบบสมุนไพรแต่แปรผกผันกับกำลังสองของปริมาณระบบสมุนไพร พบว่า ปริมาณของระบบสมุนไพรร้อยละ 0.3 ทำให้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นมีปริมาณความชื้นต่ำสุด

จากสมการคุณภาพทางกายภาพ ค่าสี a ของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณของระบบสมุนไพร แบบสมการเส้นตรง (Linear equation) โดยค่าสี a จะแปรผกผันกับปริมาณของระบบสมุนไพร ซึ่งการใช้ระบบสมุนไพรร้อยละ 0.3 จะทำให้ค่าสี a มีค่าสูงสุด ดังภาพ 5.9

ค่าสี b มีความสัมพันธ์กับปริมาณระบบสมุนไพร แบบสมการเส้นตรง (Linear equation) โดยค่าสี b จะแปรผกผันกับปริมาณของระบบสมุนไพร ซึ่งการใช้ระบบสมุนไพรร้อยละ 0.3 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสี b สูงสุด ดังภาพ 5.10

จากสมการคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า สีของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณของระบบสมุนไพร แบบสมการเส้นตรง (Linear equation) โดยการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์จะแปรตามปริมาณระบบของสมุนไพรที่ใช้ ซึ่งการใช้ระบบสมุนไพรร้อยละ 0.35 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์มากที่สุด ดังภาพ 5.11

การยอมรับด้านความเผ็ดของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณพริกไทยที่ใช้แบบสมการเส้นตรง (Linear equation) โดยการยอมรับด้านความเผ็ดจะแปรตามปริมาณพริกไทยที่ใช้ ซึ่งการใช้พริกไทยร้อยละ 0.8 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการยอมรับด้านความเผ็ดมากที่สุด ดังภาพ 5.12

การยอมรับด้านกลิ่นรสสมุนไพรของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณของระบบสมุนไพรที่ใช้แบบสมการกำลังสอง (Quadratic equation) โดยการยอมรับด้านกลิ่นรสสมุนไพรจะแปรตามปริมาณของระบบสมุนไพรที่ใช้แต่แปรผกผันกับกำลังสองของปริมาณระบบสมุนไพร ซึ่งการใช้ระบบสมุนไพรร้อยละ 0.35 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการยอมรับด้านกลิ่นรสสมุนไพรมากที่สุด ดังภาพ 5.13

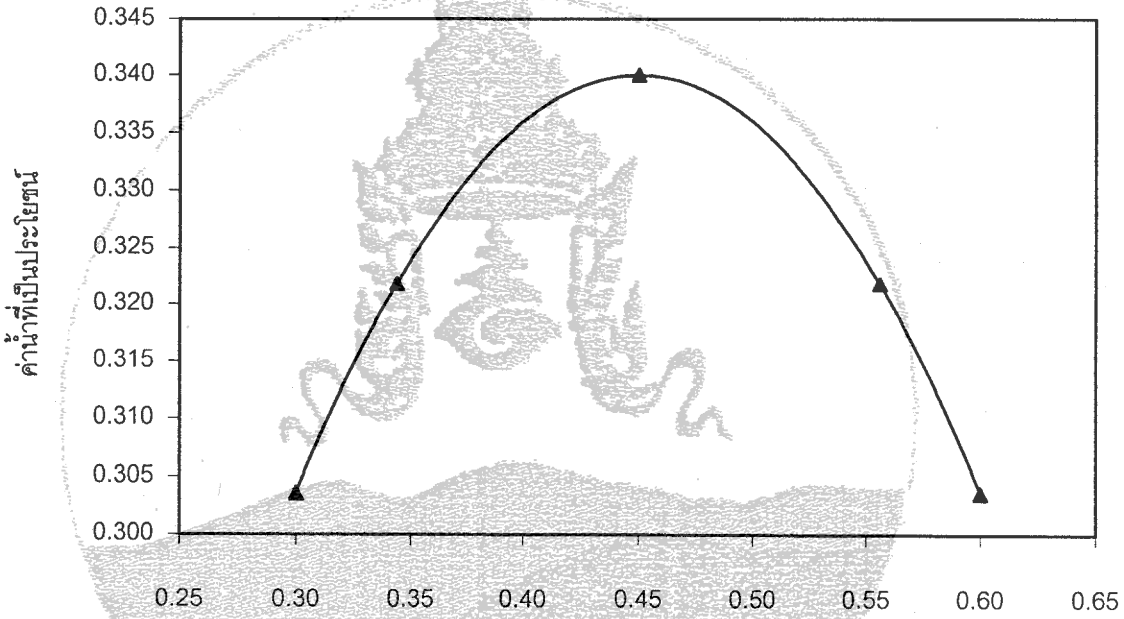
การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรแบบสมการเส้นตรง (Linear equation) โดยการยอมรับโดยรวมจะแปรผกผันกับปริมาณพริกไทยและระบบของสมุนไพรที่ใช้ ซึ่งการใช้พริกไทยร้อยละ 0.5 และระบบสมุนไพรร้อยละ 0.30 จะทำให้การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่ามากที่สุด ดังภาพ 5.14

ปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นไปตามต้องการจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ระดับที่เหมาะสมที่สุดดังนี้

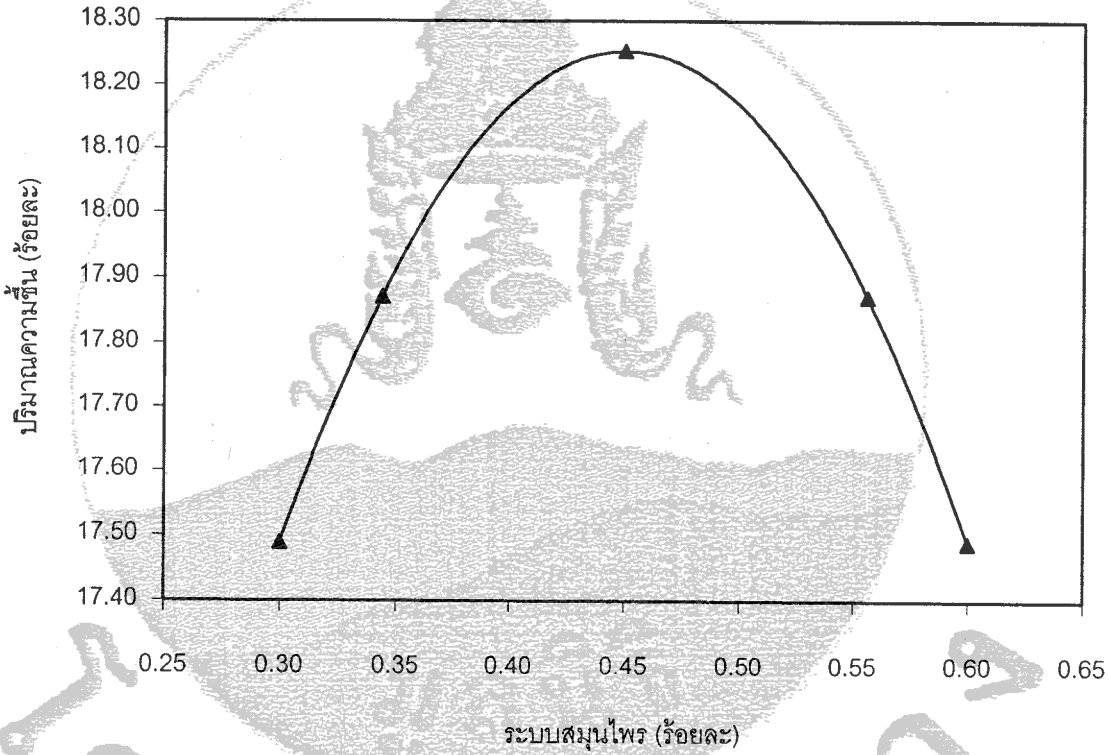
ตาราง 5.22 ปริมาณที่เหมาะสมของพริกไทยและระบบสมุนไพรในสูตรการผลิต

คุณภาพ	พริกไทย (ร้อยละ)	ระบบสมุนไพร (ร้อยละ)
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	-	0.30
ปริมาณความชื้น	-	0.30
ค่าสี a	-	0.30
ค่าสี b	-	0.30
สีของผลิตภัณฑ์	-	0.35
ความเผ็ด	0.80	-
กลิ่นรสสมุนไพร	-	0.35
การยอมรับโดยรวม	0.50	0.30
ระดับที่เหมาะสม	**0.65**	**0.31**

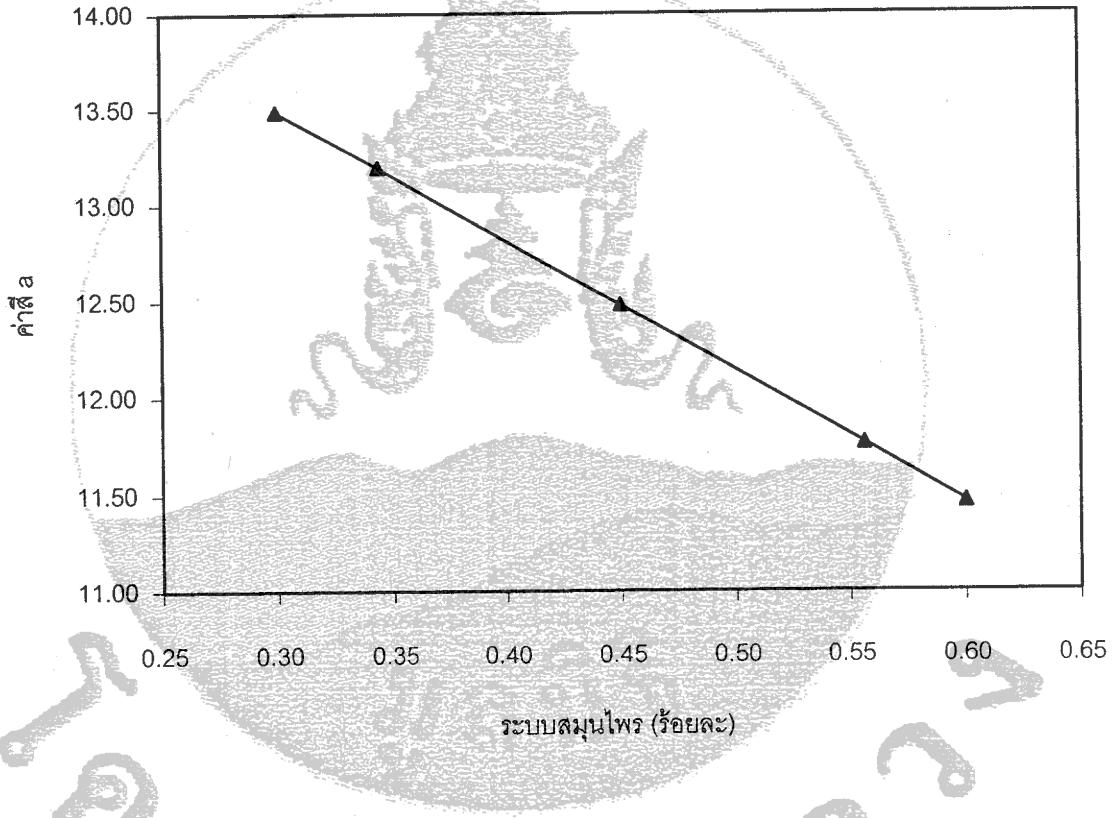
จากตาราง 5.22 แสดงว่าระดับที่เหมาะสม คือ พริกไทยร้อยละ 0.65 และระบบสมุนไพรร้อยละ 0.31



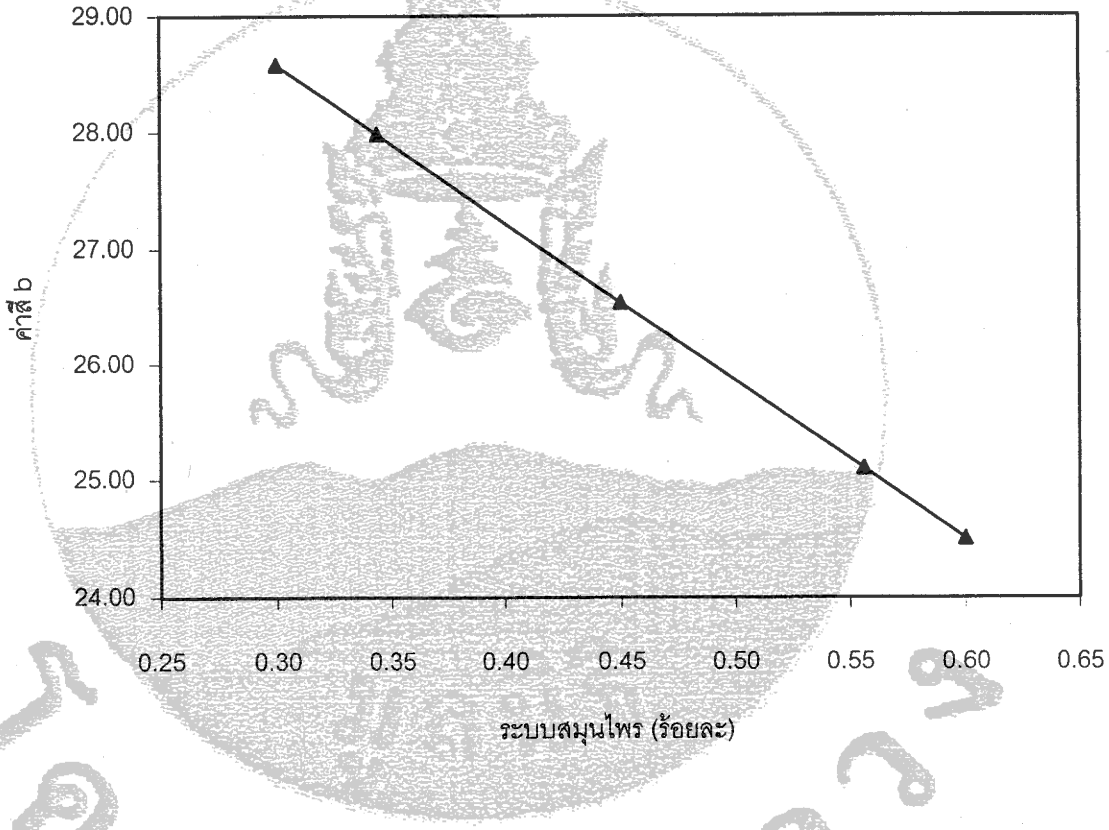
ภาพ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น



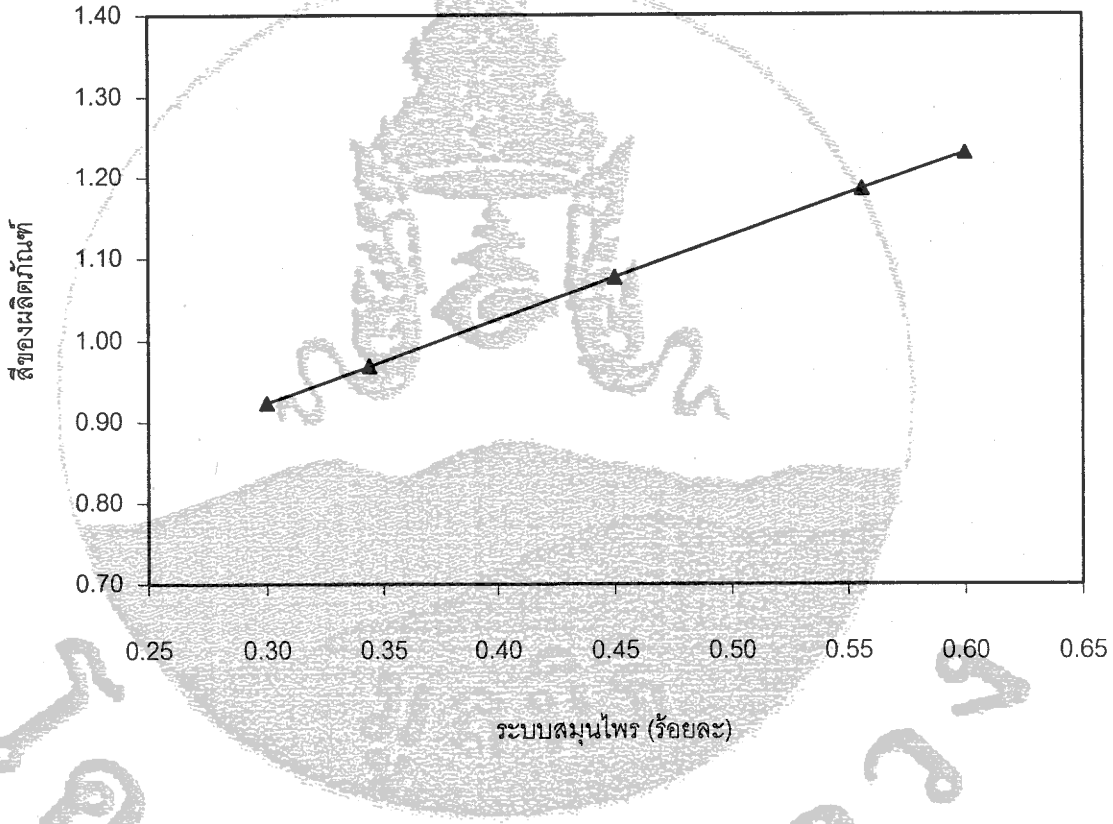
ภาพ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น



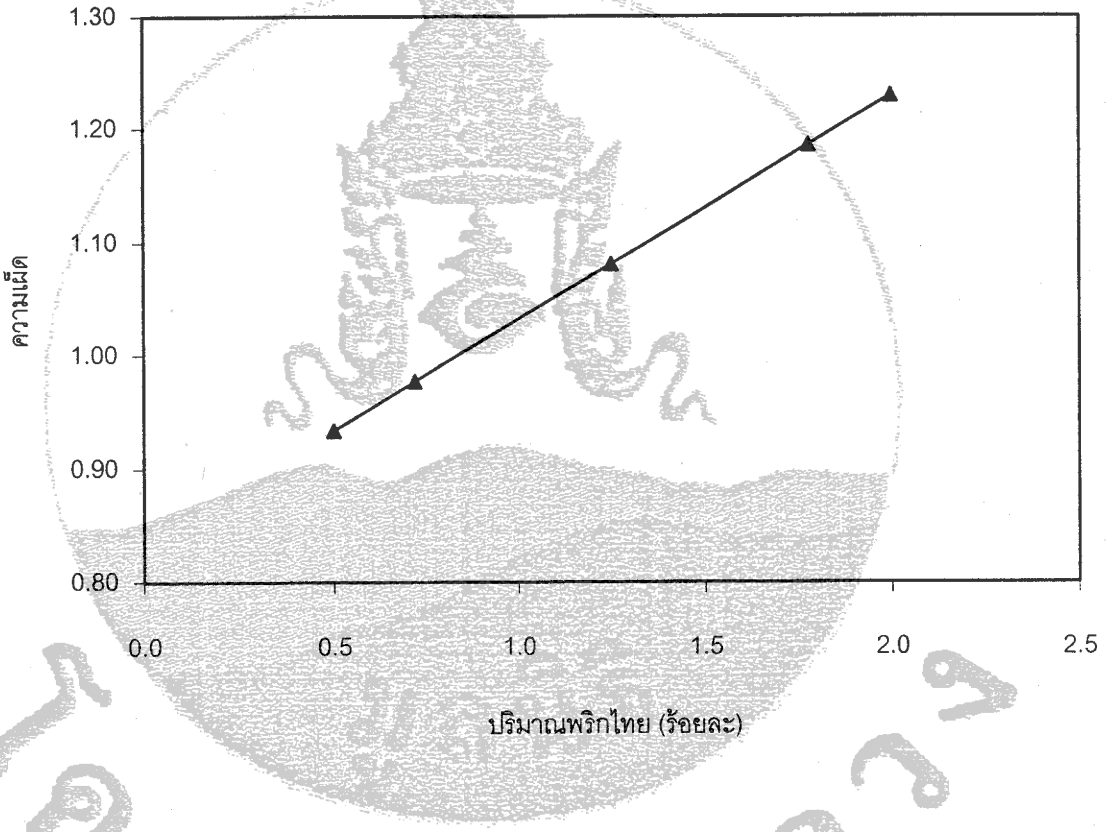
ภาพ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและค่าสี a ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น



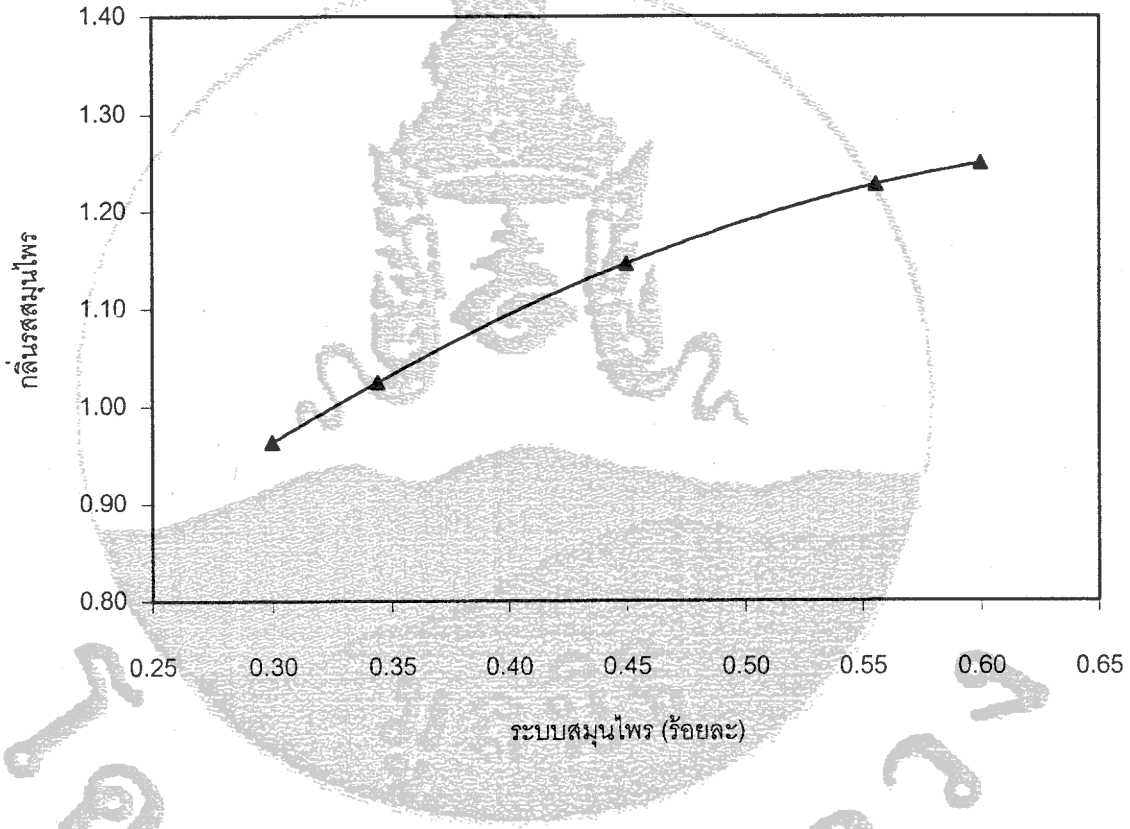
ภาพ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและค่าสี b ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น



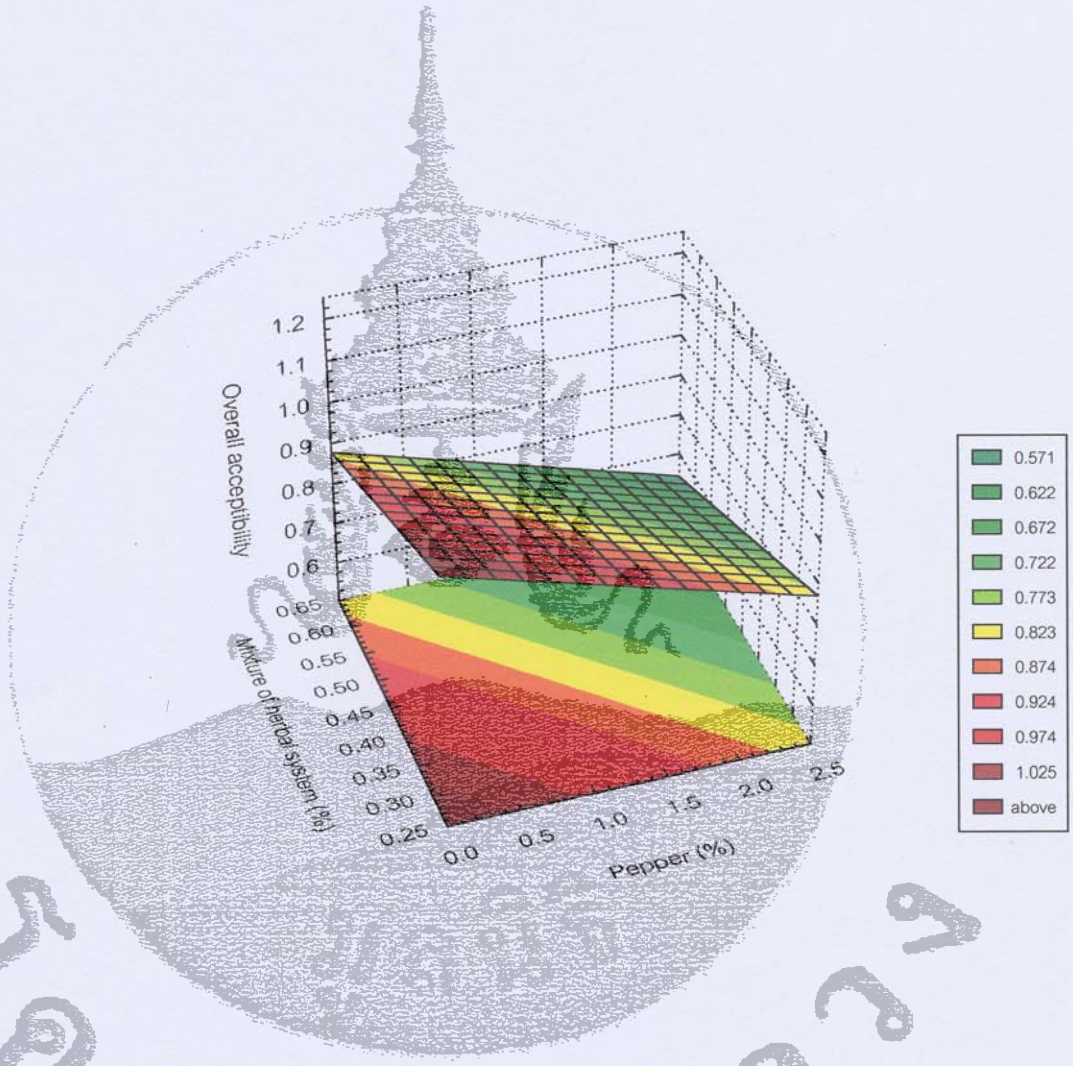
ภาพ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น



ภาพ 5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพริกไทยและการยอมรับด้านความเผ็ดของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น



ภาพ 5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของระบบสมุนไพรและการยอมรับด้านกลิ่นรสสมุนไพรของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น



ภาพ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพริกไทยและระบบสมุนไพรต่อการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

การผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นจากสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์จากสูตรและกระบวนการผลิตที่ได้ทำการศึกษามาแล้ว พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ เคมีและทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมแสดงดังต่อไปนี้

สูตรผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่เหมาะสม

☆ **ส่วนผสมหลัก**

แกนสับปะรด	ร้อยละ 51.4
แครอท	ร้อยละ 29.5
แป้งข้าวเหนียว	ร้อยละ 10.5
CMC	ร้อยละ 8.6

☆ **ส่วนผสมสมุนไพร** ร้อยละ 0.31 ของส่วนผสมหลัก ประกอบด้วย

ยูเอสเอมินต์	ร้อยละ 30
ออนิกาโน	ร้อยละ 20
ทายม์	ร้อยละ 50

☆ **ส่วนประกอบอื่น ๆ**

เกลือ	ร้อยละ 1.0 ของส่วนผสมหลัก
น้ำตาล	ร้อยละ 3.0 ของส่วนผสมหลัก
พริกป่น	ร้อยละ 0.5 ของส่วนผสมหลัก
พริกไทย	ร้อยละ 0.65 ของส่วนผสมหลัก

กระบวนการผลิต แสดงได้ดังภาพ 5.15

ภาพ 5.15 : ขบวนการผลิตสมุนไพรแผ่นที่เหมาะสม

คุณภาพผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้จากการผลิตจากสูตรและกระบวนการที่เหมาะสม

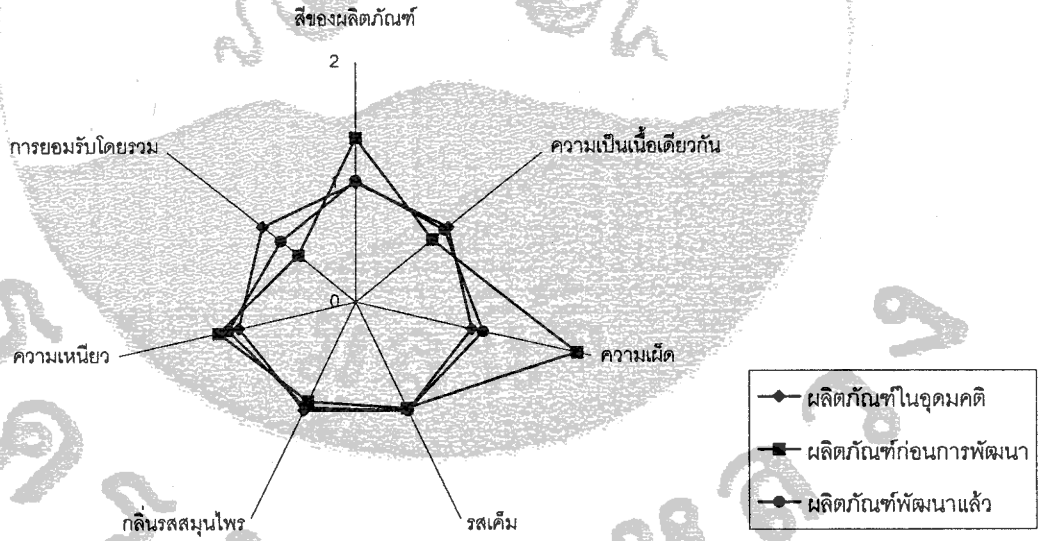
คุณภาพด้านประสาทสัมผัส	
สีปรากฏ	1.02 ± 0.06
ความเป็นเนื้อเดียวกัน	0.96 ± 0.08
รสเผ็ด	1.09 ± 0.12
รสเค็ม	1.00 ± 0.04
กลิ่นสมุนไพร	0.97 ± 0.06
ความเหนียว	1.09 ± 0.09
การยอมรับโดยรวม	0.81 ± 0.09*
คุณภาพด้านกายภาพ	
ค่าสี L (ความสว่าง)	46.65 ± 0.45
ค่าสี a (สีแดง – เขียว)	9.10 ± 0.16
ค่าสี b (สีเหลือง – น้ำเงิน)	23.19 ± 047
คุณภาพด้านเคมี	
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	0.30 ± 0.05
ความชื้น (ร้อยละ)	14.50 ± 0.08
ปริมาณเถ้าทั้งหมด (ร้อยละ)	12.12 ± 0.40
ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)	15.85 ± 1.67
ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	0.01 ± 0.01
ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)	0.02 ± 0.01
คุณภาพด้านจุลินทรีย์	
เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	1.31×10^2 โคโลนี/กรัม
ยีสต์และรา	ไม่พบ
Escherichia Coli.	ไม่พบ

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

*แสดงค่าสัดส่วนเฉลี่ยมีความแตกต่างกับค่าสัดส่วนอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ด้านลักษณะทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา พบว่าผลิตภัณฑ์มีระดับโปรตีนร้อยละ 15.85 และมีไขมันต่ำเพียงร้อยละ 0.01 และมีปริมาณความชื้นต่ำเพียงร้อยละ 14.50 และมีค่านี้ที่เป็นประโยชน์เพียง 0.30 ดังนั้นผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นน่าจะเก็บได้นานเช่นเดียวกับอาหารแห้งประเภทอื่น ๆ ส่วนด้านคุณภาพในด้านจุลินทรีย์ซึ่งชี้บ่งถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคอยู่ในระดับที่ยอมรับได้คือ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $1.31x10^2$ cfu/กรัม ไม่พบยีสต์และราโคลิฟอร์ม

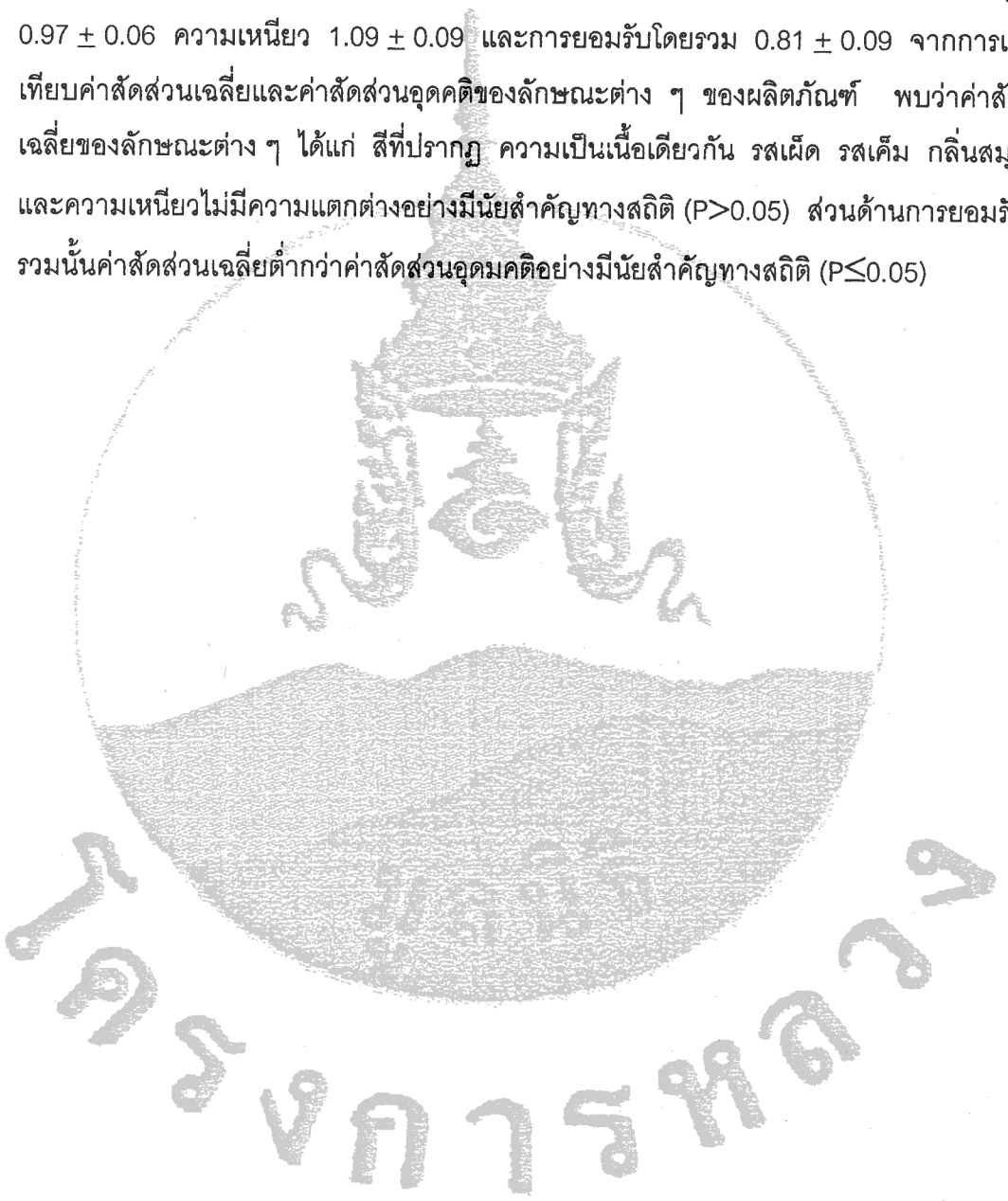
จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ideal ratio profile technique ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม นำมาแสดงได้ดังกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น แสดงดังภาพ 5.16



ภาพ 5.16 : กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้หลังการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิต

จากกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม พบว่า ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย สีที่ปรากฏ ความเป็นเนื้อเดียวกัน รสเผ็ด รสเค็ม กลิ่นสมุนไพร ความเหนียวและการยอมรับโดยรวมมีค่า

ใกล้เคียงกับค่าสัดส่วนอุดมคติมาก คือมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะด้านสีปรากฏ 1.02 ± 0.06 ความเป็นเนื้อเดียวกัน 0.96 ± 0.08 รสเผ็ด 1.09 ± 0.12 รสเค็ม 1.00 ± 0.04 กลิ่นสมุนไพร 0.97 ± 0.06 ความเหนียว 1.09 ± 0.09 และการยอมรับโดยรวม 0.81 ± 0.09 จากการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าสัดส่วนอุดคติของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ พบว่าค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ สีที่ปรากฏ ความเป็นเนื้อเดียวกัน รสเผ็ด รสเค็ม กลิ่นสมุนไพร และความเหนียวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนด้านการยอมรับโดยรวมนั้นค่าสัดส่วนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าสัดส่วนอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)



ตอนที่ 5 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ผลของการผลิตสมุนไพรแผ่น ตามสูตรและกระบวนการที่สรุปได้ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ศึกษาอุณหภูมิในการเก็บรักษา 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 20, 30 และ 37 องศาเซลเซียส บรรจุผลิตภัณฑ์ในจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่กำหนด แล้วสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเมื่อวันเริ่มต้น และช่วงที่มีอายุการเก็บรักษา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 สัปดาห์ รวมเป็นระยะเวลา 3 เดือน

ผลสรุปการศึกษาอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเป็นผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียได้ง่ายจากจุลินทรีย์ นอกจากนี้แสงและอุณหภูมิยังเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ต้องการ เช่น การเปลี่ยนแปลงสี ปฏิกิริยาสีน้ำตาล เป็นต้น

การศึกษาอุณหภูมิการเก็บรักษา พบว่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัสดังนี้

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.23 และภาพที่ 5.17 แสดงให้เห็นว่าค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงการเก็บรักษา เพราะทุก ๆ ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์มีค่าสี L (ความสว่าง) ไม่แตกต่างที่เวลาเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้แล้วอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก็ไม่มีผลทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

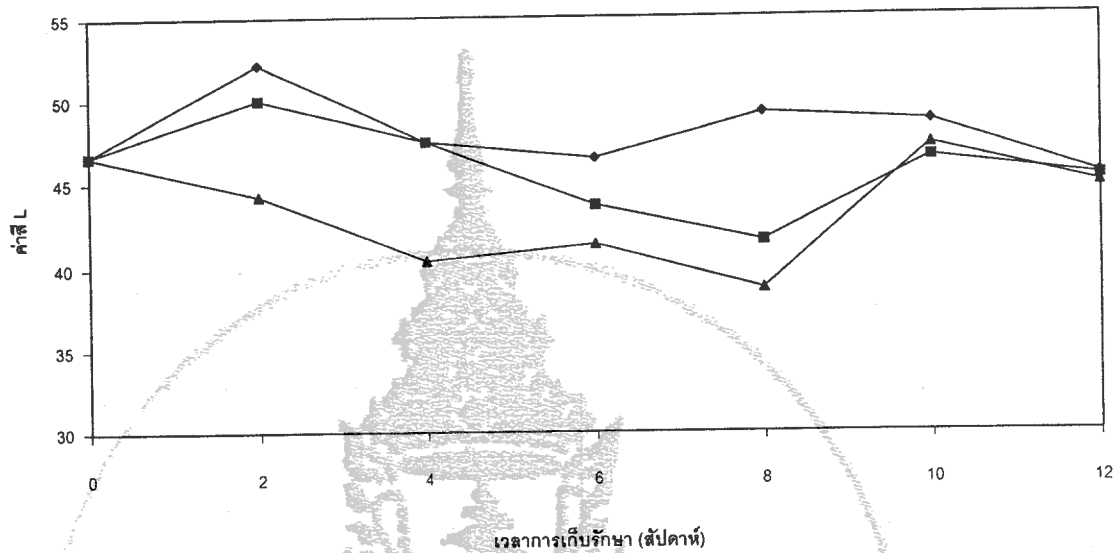
การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.23 และภาพที่ 4.18 แสดงให้เห็นว่าค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อวันเริ่มต้นเป็น 9.1 และมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 2 สัปดาห์ แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตาราง 5.23 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าสี L (ความสว่าง) และค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน

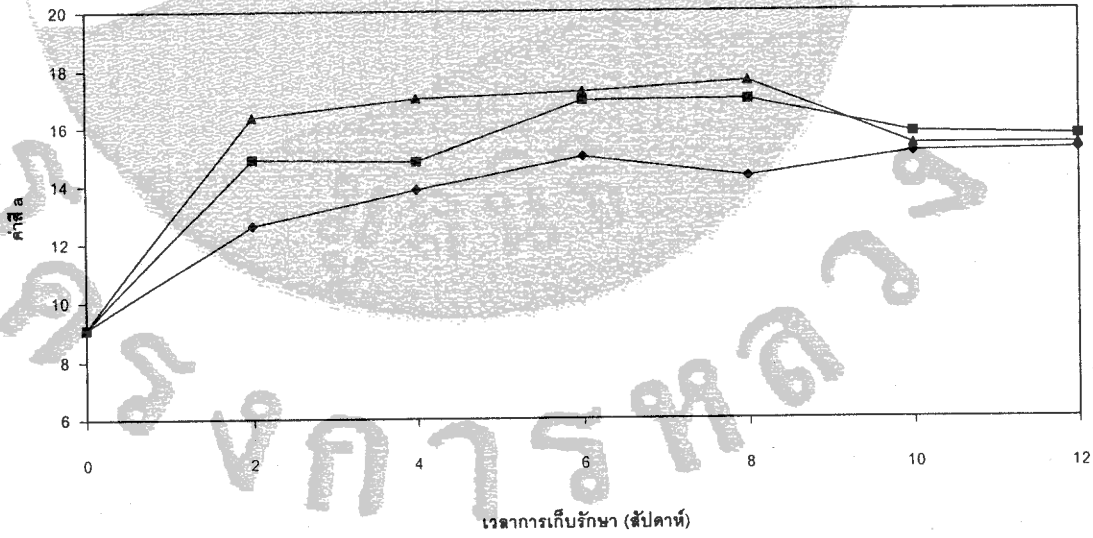
สภาวะการเก็บ	ค่าสี L (ความสว่าง)							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	46.65 ± 0.01	52.18 ± 0.28	47.48 ± 1.04	46.46 ± 0.19	49.13 ± 1.05	48.57 ± 0.36	45.34 ± 0.22	47.97 ± 2.26^{a**}
30 °C	46.65 ± 0.01	49.98 ± 0.49	15.45 ± 0.21	43.58 ± 0.28	41.55 ± 0.56	46.43 ± 0.45	45.22 ± 0.11	45.84 ± 2.73^{ab}
37 °C	46.65 ± 0.01	44.25 ± 0.14	14.59 ± 0.22	41.29 ± 0.19	38.67 ± 0.37	47.15 ± 0.19	44.83 ± 0.18	43.32 ± 3.25^{b}
เฉลี่ย*	46.65 ± 0.01	48.80 ± 4.09	45.11 ± 4.08	43.78 ± 2.59	43.12 ± 5.4	47.38 ± 1.09	45.13 ± 0.27	
สภาวะการเก็บ	ค่าสี a (สีแดง-สีเขียว)							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	9.10 ± 0.01	12.60 ± 0.43	13.86 ± 0.39	14.99 ± 0.06	14.31 ± 0.06	15.12 ± 0.09	15.22 ± 0.11	13.60 ± 2.19
30 °C	9.10 ± 0.01	14.92 ± 0.29	14.84 ± 0.17	16.96 ± 0.11	17.00 ± 0.31	15.83 ± 0.16	15.65 ± 0.32	14.90 ± 2.70
37 °C	9.10 ± 0.01	16.39 ± 0.06	17.02 ± 0.20	17.26 ± 0.06	17.64 ± 0.04	15.40 ± 0.21	15.38 ± 0.29	15.46 ± 2.94
เฉลี่ย*	9.10 ± 0.01^{a*}	14.64 ± 1.91^{b}	15.24 ± 1.62^{b}	16.40 ± 1.23^{b}	16.32 ± 1.77^{b}	15.45 ± 0.36^{b}	15.43 ± 0.23^{b}	

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

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



ภาพ 5.17 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพ 5.18 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

ภาพ 5.17 และ 5.18 —◆— อุณหภูมิ 20 °C —■— อุณหภูมิ 30 °C —▲— อุณหภูมิ 37 °C

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.24 และภาพที่ 5.19 แสดงให้เห็นว่าค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงการเก็บรักษา เพราะทุก ๆ ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์มีค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ไม่แตกต่างที่เวลาเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้แล้วอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก็ไม่มีผลทำให้ค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

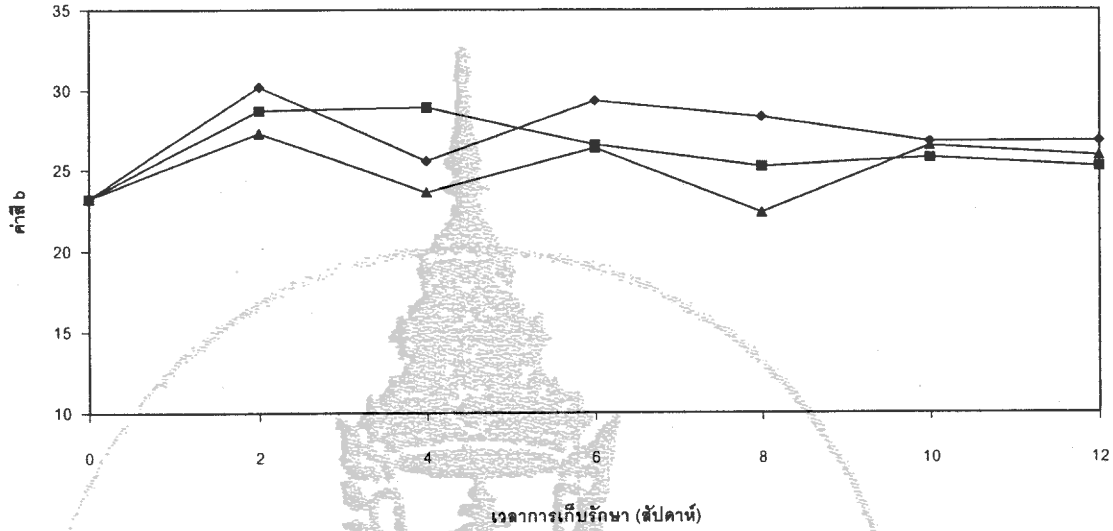
การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.24 และภาพที่ 5.20 แสดงให้เห็นว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อวันเริ่มต้นเป็นร้อยละ 14.50 และมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 6 สัปดาห์ โดยตั้งแต่ 6 สัปดาห์ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงสุดที่ระยะเวลาการเก็บ 12 สัปดาห์ แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ปริมาณความชื้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตาราง 5.24 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน

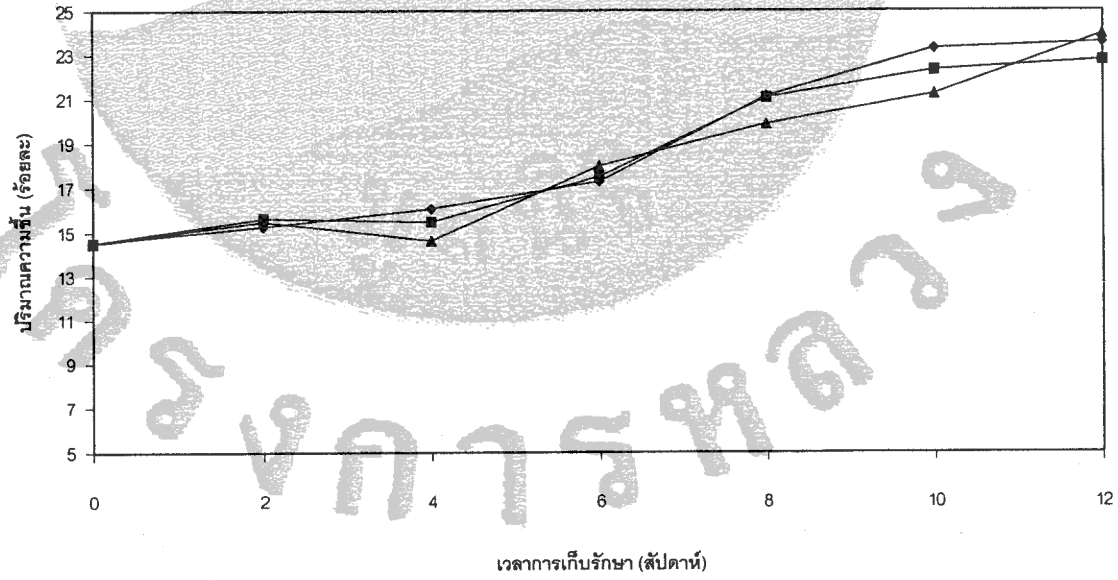
สภาวะการเก็บ	ค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน)							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	23.19 ± 0.01	30.21 ± 1.85	26.56 ± 0.93	29.37 ± 0.37	28.36 ± 0.83	26.78 ± 0.30	26.85 ± 0.27	27.19 ± 2.39
30 °C	23.19 ± 0.01	28.71 ± 1.03	28.92 ± 0.35	26.60 ± 0.44	25.24 ± 0.75	25.74 ± 0.20	25.26 ± 0.12	26.24 ± 2.04
37 °C	23.19 ± 0.01	27.30 ± 0.26	23.60 ± 0.39	26.35 ± 0.17	22.31 ± 0.08	26.49 ± 0.20	25.87 ± 0.21	25.02 ± 1.94
เฉลี่ย*	**23.19 ± 0.01**	**28.74 ± 1.46**	**26.03 ± 2.69**	**27.44 ± 1.68**	**25.30 ± 3.03**	**26.34 ± 0.54**	**25.99 ± 0.80**	
สภาวะการเก็บ	**ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)**							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	14.50 ± 0.01	15.25 ± 0.06	16.03 ± 0.01	17.28 ± 0.06	21.11 ± 0.29	23.33 ± 0.30	23.53 ± 0.28	13.60 ± 2.19
30 °C	14.50 ± 0.01	15.62 ± 0.05	15.45 ± 0.10	17.49 ± 0.11	21.08 ± 0.04	22.28 ± 0.09	22.73 ± 0.11	14.90 ± 2.70
37 °C	14.50 ± 0.01	15.45 ± 0.01	14.59 ± 0.08	17.99 ± 0.06	19.88 ± 0.05	21.21 ± 0.10	23.94 ± 0.34	15.46 ± 2.94
เฉลี่ย*	**14.5 ± 0.01^{a*}**	**15.44 ± 1.91^{a}**	**15.36 ± 1.62^{a}**	**17.59 ± 1.23^{b}**	**20.69 ± 0.70^{c}**	**22.26 ± 1.05^{d}**	**23.40 ± 0.62^{e}**	

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

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



ภาพ 5.19 : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพ 5.20 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

ภาพ 5.19 และ 5.20 —◆— อุณหภูมิ 20 °C —■— อุณหภูมิ 30 °C —▲— อุณหภูมิ 37 °C

การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.25 และภาพที่ 5.21 แสดงให้เห็นว่าค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อวันเริ่มต้นเป็น 0.30 และมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 2 สัปดาห์ โดยผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงสุดที่ระยะเวลาการเก็บ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 0.55 แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ปริมาณความชื้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

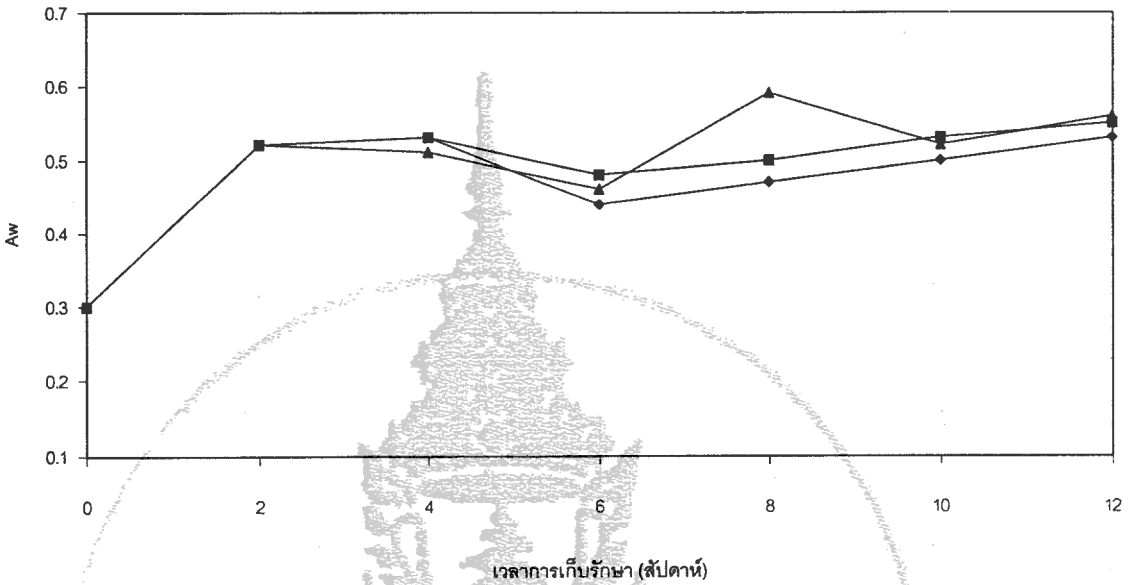
การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีปรากฏ ของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.25 และภาพที่ 5.22 แสดงให้เห็นว่าความชอบด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์มีสีปรากฏแตกต่างจากผลิตภัณฑ์เริ่มต้นตั้งแต่ 2 สัปดาห์ โดยพบว่าที่การเก็บเริ่มต้นผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับด้านสีปรากฏมากที่สุด ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านสีปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตาราง 5.25 : การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) และคะแนนความชอบด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน

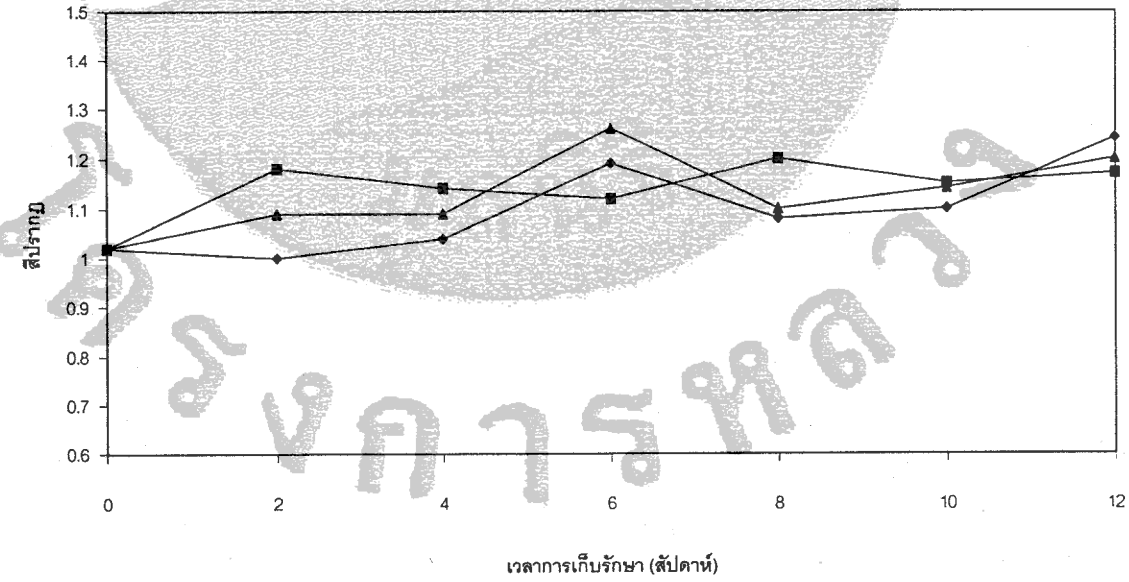
สภาวะการเก็บ	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	0.30 ± 0.01	0.52 ± 0.06	0.53 ± 0.08	0.44 ± 0.20	0.47 ± 0.01	0.50 ± 0.01	0.53 ± 0.03	0.47 ± 0.08
30 °C	0.30 ± 0.01	0.52 ± 0.05	0.53 ± 0.08	0.48 ± 0.03	0.50 ± 0.04	0.53 ± 0.01	0.55 ± 0.01	0.49 ± 0.09
37 °C	0.30 ± 0.01	0.52 ± 0.01	0.51 ± 0.09	0.46 ± 0.03	0.59 ± 0.19	0.52 ± 0.01	0.56 ± 0.01	0.49 ± 0.09
เฉลี่ย*	0.30 ± 0.01^{a*}	0.52 ± 0.01^{c}	0.52 ± 0.01^{c}	0.46 ± 0.02^{b}	0.52 ± 0.06^{c}	0.52 ± 0.02^{c}	0.55 ± 0.02^{c}	
สภาวะการเก็บ	สีปรากฏ							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	1.02 ± 0.01	1.00 ± 0.06	1.04 ± 0.04	1.19 ± 0.09	1.08 ± 0.14	1.10 ± 0.15	1.24 ± 0.09	1.10 ± 0.09
30 °C	1.02 ± 0.01	1.18 ± 0.25	1.14 ± 0.26	1.12 ± 0.09	1.20 ± 0.19	1.15 ± 0.06	1.17 ± 0.08	1.14 ± 0.08
37 °C	1.02 ± 0.01	1.09 ± 0.09	1.09 ± 0.09	1.26 ± 0.18	1.10 ± 0.09	1.14 ± 0.15	1.20 ± 0.14	1.13 ± 0.14
เฉลี่ย*	1.02 ± 0.01^{a*}	1.09 ± 0.17^{b}	1.09 ± 0.16^{b}	1.19 ± 0.13^{cd}	1.13 ± 0.15^{bc}	1.13 ± 0.12^{bc}	1.20 ± 0.11^{d}	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 5.21 : การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพ 5.22 : การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

ภาพ 5.21 และ 5.22 —◆— อุณหภูมิ 20 °C —■— อุณหภูมิ 30 °C —▲— อุณหภูมิ 37 °C

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.26 และภาพที่ 5.23 แสดงให้เห็นว่าทั้งเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ความชอบด้านความเป็นเนื้อเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเผ็ดของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

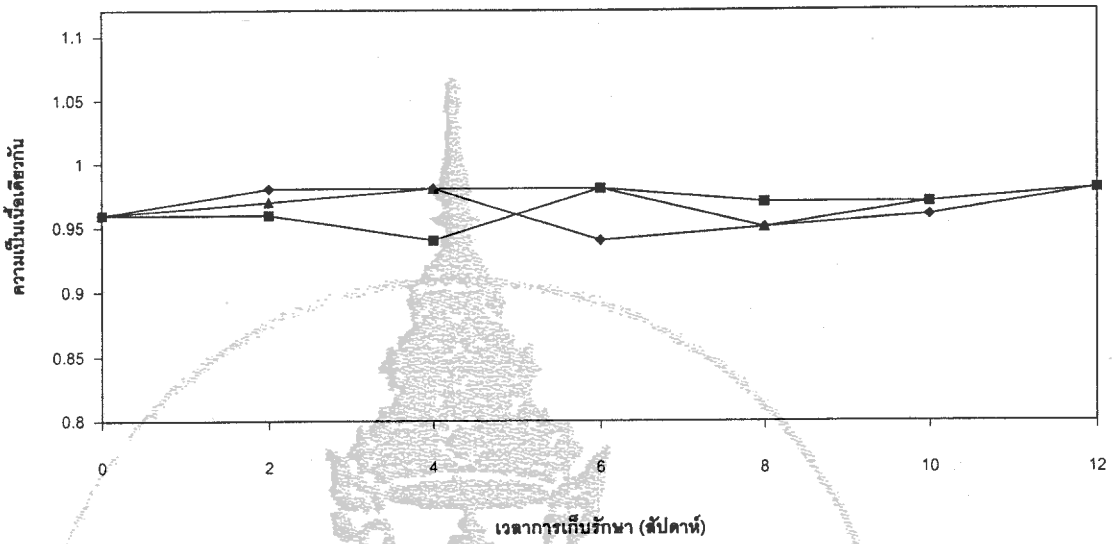
การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเผ็ดของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.26 และภาพ5.24 แสดงให้เห็นว่าความชอบด้านความเผ็ดของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ความเผ็ดลดลงตั้งแต่การเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านความเผ็ดปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตาราง 5.26 : การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน และความเผ็ดของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน

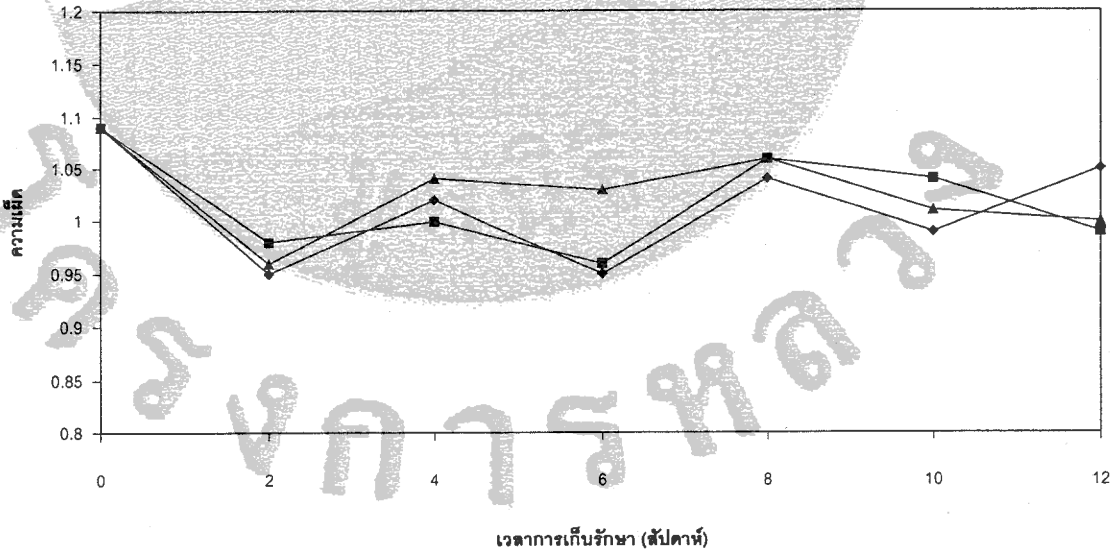
สภาวะการเก็บ	ความเป็นเนื้อเดียวกัน							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	0.96 ± 0.01	0.98 ± 0.06	0.98 ± 0.04	0.94 ± 0.02	0.95 ± 0.03	0.96 ± 0.01	0.98 ± 0.09	0.96 ± 0.04
30 °C	0.96 ± 0.01	0.96 ± 0.09	0.94 ± 0.09	0.98 ± 0.02	0.97 ± 0.03	0.97 ± 0.05	0.98 ± 0.04	0.97 ± 0.05
37 °C	0.96 ± 0.01	0.97 ± 0.08	0.98 ± 0.04	0.98 ± 0.02	0.95 ± 0.07	0.97 ± 0.01	0.98 ± 0.01	0.97 ± 0.05
เฉลี่ย*	0.96 ± 0.01	0.97 ± 0.07	0.96 ± 0.06	0.97 ± 0.05	0.96 ± 0.05	0.97 ± 0.03	0.98 ± 0.03	
สภาวะการเก็บ	ความเผ็ด							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	1.09 ± 0.01	0.95 ± 0.19	1.02 ± 0.04	0.95 ± 0.10	1.04 ± 0.05	0.99 ± 0.06	1.05 ± 0.04	1.01 ± 0.09
30 °C	1.09 ± 0.01	0.98 ± 0.27	1.00 ± 0.10	0.96 ± 0.16	1.06 ± 0.12	1.04 ± 0.07	0.99 ± 0.06	1.02 ± 0.14
37 °C	1.09 ± 0.01	0.96 ± 0.19	1.04 ± 0.06	1.03 ± 0.09	1.06 ± 0.06	1.01 ± 0.06	1.00 ± 0.04	1.03 ± 0.09
เฉลี่ย*	1.09 ± 0.01^{c*}	0.96 ± 0.21^{a}	1.02 ± 0.07^{sb}	0.98 ± 0.13^{s}	1.05 ± 0.08^{bc}	1.01 ± 0.06^{sb}	1.01 ± 0.05^{ab}	

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

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



ภาพ 5.23 : การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพ 5.24 : การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเผ็ดของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

ภาพ 5.23 และ 5.24 —◆— อุณหภูมิ 20 °C —■— อุณหภูมิ 30 °C —▲— อุณหภูมิ 37 °C

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.27 และภาพที่ 5.25 แสดงให้เห็นว่าทั้งเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ความชอบด้านรสเค็มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านกลิ่นสมุนไพรของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

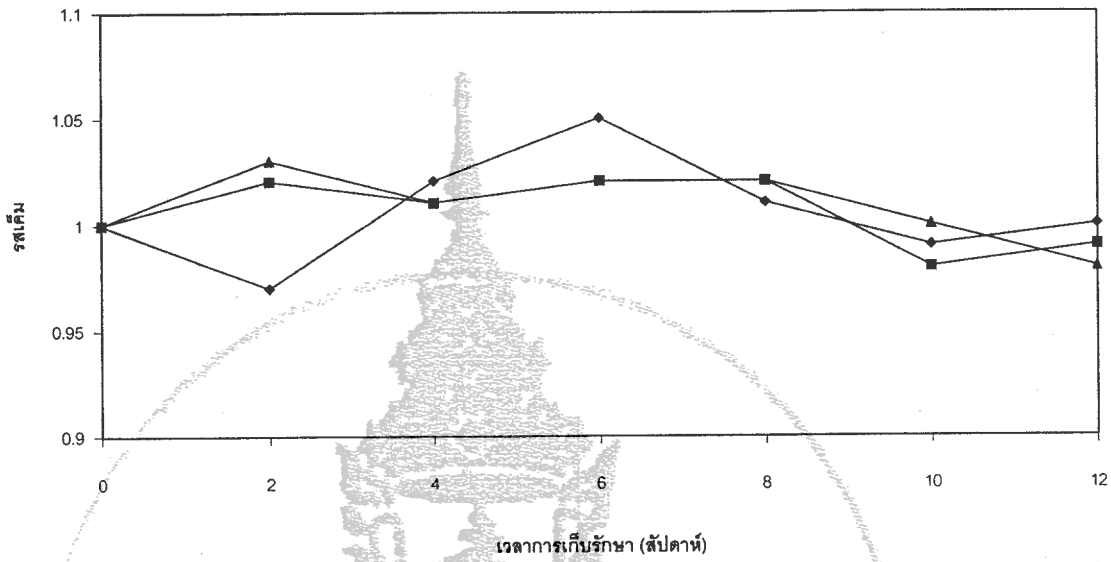
การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านกลิ่นสมุนไพรของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.27 และภาพ 5.26 แสดงให้เห็นว่าความชอบด้านกลิ่นสมุนไพรของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงโดยลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์มีกลิ่นสมุนไพรลดลงตั้งแต่การเก็บรักษา 6 สัปดาห์ ซึ่งความชอบด้านกลิ่นสมุนไพรที่เวลาการเก็บเริ่มต้นมีค่ามากที่สุดคือ 0.97 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านความเผ็ดปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตาราง 5.27 : การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านรสเค็มและกลิ่นสมุนไพรของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน

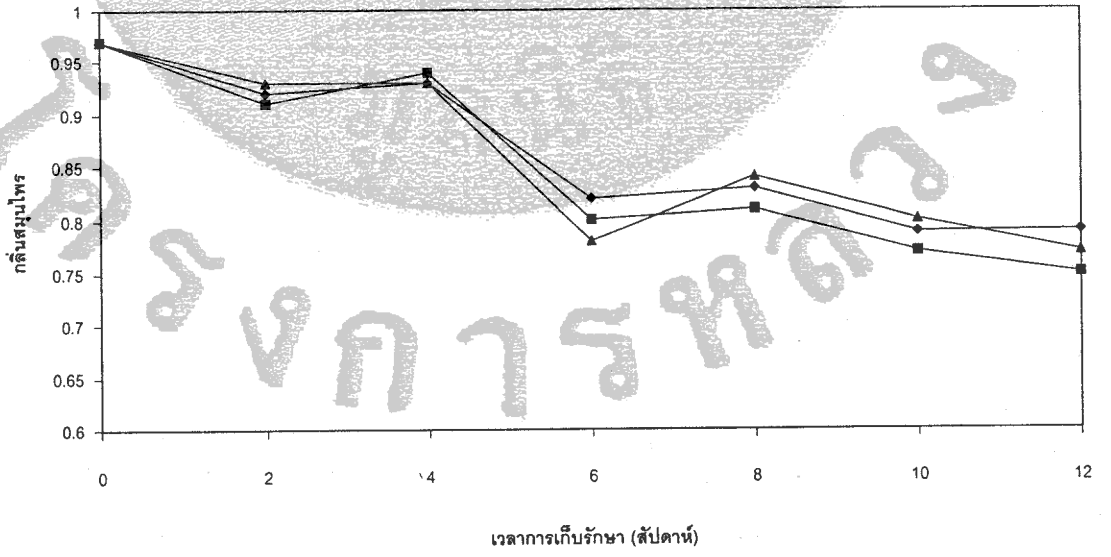
สภาวะการเก็บ	รสเค็ม							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	1.00 ± 0.01	0.97 ± 0.14	1.02 ± 0.04	1.05 ± 0.10	1.01 ± 0.03	0.99 ± 0.02	1.00 ± 0.05	1.01 ± 0.07
30 °C	1.00 ± 0.01	1.02 ± 0.05	1.01 ± 0.05	1.02 ± 0.11	1.02 ± 0.05	0.98 ± 0.03	0.99 ± 0.05	1.01 ± 0.05
37 °C	1.00 ± 0.01	1.03 ± 0.04	1.01 ± 0.03	1.02 ± 0.04	1.02 ± 0.04	1.00 ± 0.02	0.98 ± 0.04	1.01 ± 0.05
เฉลี่ย*	1.00 ± 0.01	1.01 ± 0.09	1.01 ± 0.04	1.03 ± 0.09	1.02 ± 0.04	0.99 ± 0.3	0.99 ± 0.04	
สภาวะการเก็บ	กลิ่นสมุนไพร							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	1.09 ± 0.01	0.92 ± 0.17	0.93 ± 0.09	0.82 ± 0.08	0.83 ± 0.14	0.79 ± 0.13	0.79 ± 0.15	0.86 ± 0.14
30 °C	1.09 ± 0.01	0.91 ± 0.17	0.94 ± 0.04	0.80 ± 0.05	0.81 ± 0.15	0.77 ± 0.14	0.75 ± 0.13	1.15 ± 0.14
37 °C	1.09 ± 0.01	0.93 ± 0.17	0.93 ± 0.08	0.78 ± 0.07	0.84 ± 0.16	0.80 ± 0.17	0.77 ± 0.15	1.13 ± 0.13
เฉลี่ย*	0.97 ± 0.01^{a*}	0.92 ± 0.16^{a}	0.93 ± 0.07^{s}	0.80 ± 0.07^{bc}	0.83 ± 0.14^{b}	0.79 ± 0.14^{bc}	0.77 ± 0.14^{c}	

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

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



ภาพ 5.25 : การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพ 5.26 : การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านกลิ่นสมุนไพรของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

ภาพ 5.25 และ 5.26 —◆— อุณหภูมิ 20 °C —■— อุณหภูมิ 30 °C —▲— อุณหภูมิ 37 °C

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.28 และภาพ 5.27 แสดงให้เห็นว่าเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์มีความเหนียวมากที่สุดที่การเก็บรักษานาน 12 สัปดาห์ ส่วนอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ความชอบด้านความเหนียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงกายยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

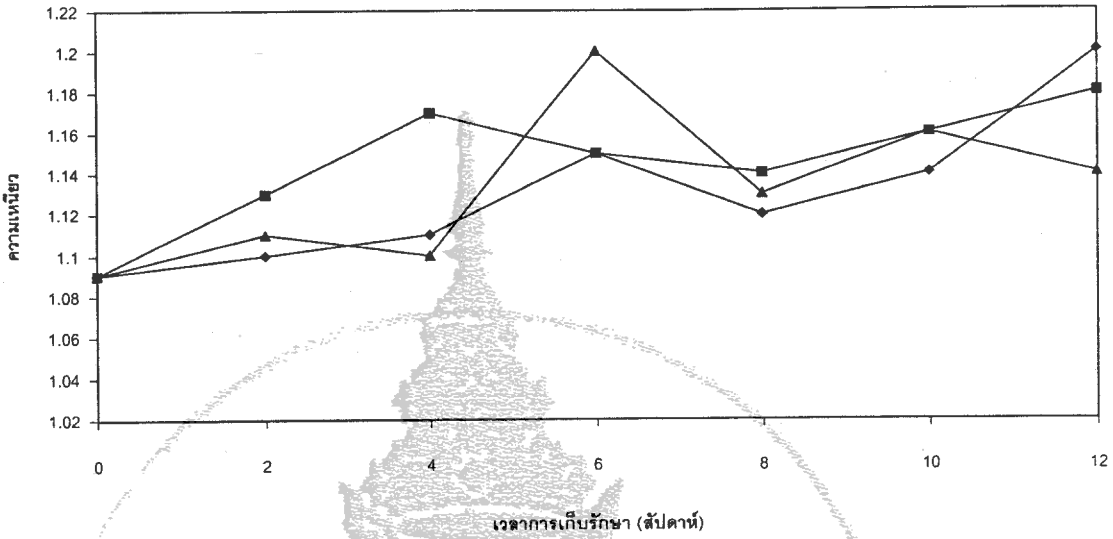
การเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.28 และภาพ 5.28 แสดงให้เห็นว่าการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงโดยลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับโดยรวมลดลงตั้งแต่การเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับโดยรวมมากที่สุดที่เริ่มต้นการเก็บรักษา คือมีค่าเท่ากับ 0.81 ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลทำให้ความชอบด้านความเผ็ดปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตาราง 5.28 : การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเหนียวและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน

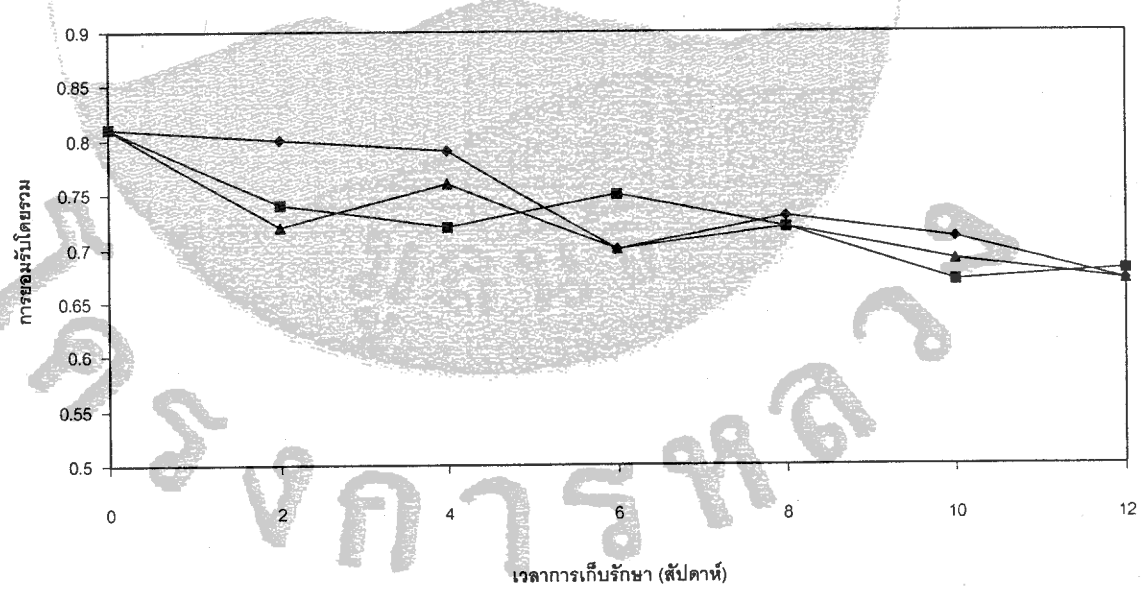
สภาวะการเก็บ	ความเหนียว							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	1.09 ± 0.01	1.10 ± 0.12	1.11 ± 0.12	1.15 ± 0.13	1.12 ± 0.12	1.14 ± 0.12	1.20 ± 0.16	1.13 ± 0.12
30 °C	1.09 ± 0.01	1.13 ± 0.18	1.17 ± 0.15	1.15 ± 0.13	1.14 ± 0.15	1.16 ± 0.15	1.18 ± 0.14	1.15 ± 0.13
37 °C	1.09 ± 0.01	1.11 ± 0.16	1.10 ± 0.11	1.20 ± 0.14	1.13 ± 0.15	1.16 ± 0.15	1.14 ± 0.12	1.13 ± 0.13
เฉลี่ย*	1.09 ± 0.01^{a*}	1.11 ± 0.15^{ab}	1.13 ± 0.13^{abc}	1.16 ± 0.13^{bc}	1.13 ± 0.13^{abc}	1.15 ± 0.13^{bc}	1.17 ± 0.14^{c}	
สภาวะการเก็บ	การยอมรับโดยรวม							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	เฉลี่ย**
20 °C	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.11	0.79 ± 0.08	0.70 ± 0.06	0.73 ± 0.07	0.71 ± 0.07	0.67 ± 0.07	0.74 ± 0.09
30 °C	0.81 ± 0.01	0.74 ± 0.06	0.72 ± 0.06	0.75 ± 0.06	0.72 ± 0.06	0.67 ± 0.06	0.68 ± 0.05	0.73 ± 0.07
37 °C	0.81 ± 0.01	0.72 ± 0.15	0.76 ± 0.08	0.70 ± 0.06	0.72 ± 0.15	0.69 ± 0.09	0.67 ± 0.06	0.72 ± 0.10
เฉลี่ย*	0.81 ± 0.01^{a*}	0.75 ± 0.11^{b}	0.76 ± 0.07^{b}	0.71 ± 0.06^{bc}	0.72 ± 0.10^{bc}	0.69 ± 0.07^{cd}	0.67 ± 0.06^{d}	

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 5.27 : การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์



ภาพ 5.28 : การเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

ภาพ 5.27 และ 5.28 —◆— อุณหภูมิ 20 °C —■— อุณหภูมิ 30 °C —▲— อุณหภูมิ 37 °C

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดแสดงในตารางที่ 5.29 และภาพ 5.29 แสดงให้เห็นว่าเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทรีย์มากที่สุดที่การเก็บรักษานาน 12 สัปดาห์ ส่วนอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลทำให้ความชอบด้านความเหนียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อยีสต์และราของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในสภาวะการเก็บที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงการเชื้อยีสต์และราของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 5.29 และภาพ 5.30 แสดงให้เห็นว่าจำนวนเชื้อยีสต์และราของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 10 สัปดาห์ โดยที่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 8 ผลิตภัณฑ์ไม่พบเชื้อยีสต์และรา ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลงด้านปริมาณยีสต์และราตั้งแต่วันเริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 8 ของการเก็บรักษา (≤ 0.05) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับโดยรวมลดลงตั้งแต่การเก็บรักษา 2 สัปดาห์

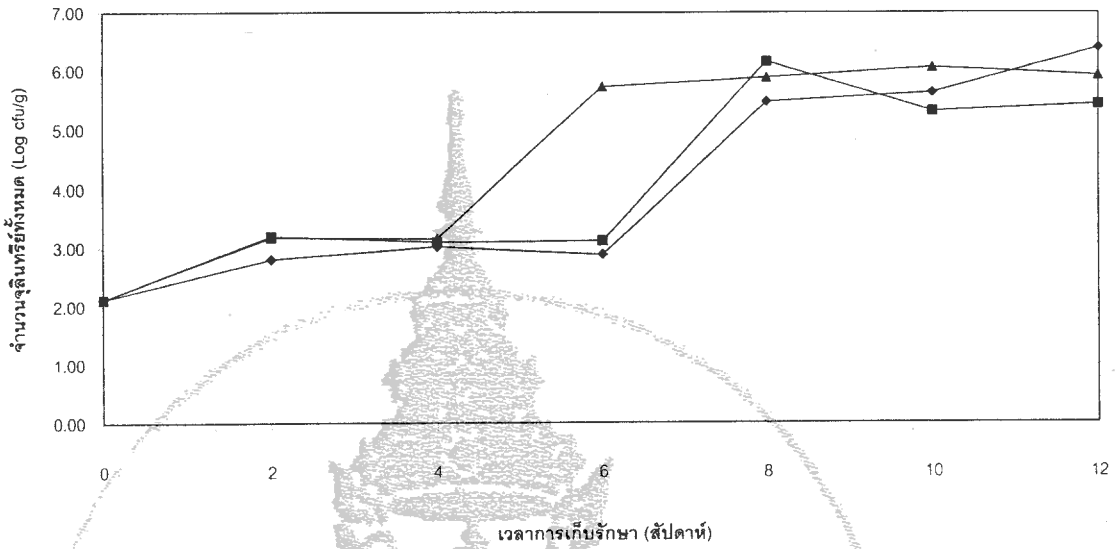
ตาราง 5.29 : การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณเชื้อยีสต์และราของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	**จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log cfu/g)**							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
20 °C	2.12 ± 0.01	2.79 ± 0.04	3.02 ± 0.09	2.88 ± 0.07	5.47 ± 0.12	5.62 ± 0.06	6.39 ± 0.03	**4.04 ± 1.72**
30 °C	2.12 ± 0.01	3.20 ± 0.02	3.10 ± 0.14	3.12 ± 0.05	6.16 ± 0.09	5.32 ± 0.09	5.44 ± 0.14	**4.06 ± 1.54**
37 °C	2.12 ± 0.01	3.18 ± 0.04	3.16 ± 0.06	5.33 ± 0.10	5.88 ± 0.10	6.07 ± 0.08	5.91 ± 0.05	**4.58 ± 1.68**
เฉลี่ย*	**2.12 ± 0.01^{a*}**	**3.06 ± 0.23^{ab}**	**3.09 ± 0.07^{ab}**	**3.91 ± 1.58^{b}**	**5.84 ± 0.35^{c}**	**5.67 ± 0.38^{c}**	**5.91 ± 0.48^{c}**	

สภาวะการเก็บ	**จำนวนเชื้อยีสต์และรา (Log cfu/g)**						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 10 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์
20 °C	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
30 °C	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
37 °C	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

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

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



ภาพ 5.28 : การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

—◆— อุณหภูมิ 20 °C —■— อุณหภูมิ 30 °C —▲— อุณหภูมิ 37 °C

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นพบว่า ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงการเก็บรักษา ทั้งทางด้านเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส ดังนี้ ผลิตภัณฑ์มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ปริมาณความชื้น ค่าสี a (สีแดง-สีเขียว) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะในช่วงการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้รับความชื้นจากภายนอกถุงบรรจุ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น ส่วนด้านสีแดงนั้นอาจเป็นเพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงสี หรือเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารให้สีที่มีในส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตสมุนไพรแผ่น

ทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นมีการเปลี่ยนแปลงความชอบด้านต่าง ๆ ดังนี้ ผลิตภัณฑ์ได้รับความชอบด้านสีปรากฏ และความเหนียวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นั่นแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้นทั้งนี้เพราะเกิดการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ ด้านความเหนียวที่เพิ่มขึ้นเกิดขึ้นเพราะช่วงการเก็บรักษามีอากาศหรือความชื้นเข้าในในถุงบรรจุทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความชื้นเพิ่มขึ้น ความเหนียวจึงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แล้วในทางตรงข้ามกัน ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นมีการเปลี่ยนแปลงความชอบด้านกลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวมลดลง ตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจาก กลิ่นสมุนไพรเกิดการสลายช่วงการเก็บรักษา ความชอบด้านกลิ่นสมุนไพรจึงลดลง และอาจเกิดจากกลิ่นแปลกปลอมได้อีกประการหนึ่ง จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ลดลงในช่วงการเก็บรักษา

ด้านจุลชีววิทยาพบว่า อายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่เวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 2 สัปดาห์นั้นมีปริมาณจุลินทรีย์แตกต่างจากวันเริ่มต้น และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนด้านเชื้อยีสต์และรา พบว่า ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นไม่พบเชื้อยีสต์และราในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับคุณภาพด้านจุลินทรีย์ช่วงการเก็บรักษานานกว่า 3 เดือน

เมื่อพิจารณาด้านอุณหภูมิการเก็บรักษา พบว่าแต่ละอุณหภูมิของการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่าอุณหภูมิที่ใช้ทำการศึกษาอยู่ในช่วงที่ไม่แตกต่างกันมากคือ 20, 30 และ 37 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองทางด้านเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส ทำให้สามารถสรุปอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยเลือกผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์เริ่มต้นในทุก ๆ ด้าน ได้ว่า ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บที่อุณหภูมิใด ๆ ก็ได้ แต่เพื่อความสะดวกและลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาจึงควรที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 3 เดือน เมื่อพิจารณาที่การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ปลอดภัยจากเชื้อยีสต์และราช่วงการเก็บรักษา

ต้นทุนในการผลิตสมุนไพรแผ่น

1. ค่าวัตถุดิบ ทำการประมาณค่าวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต ตามสูตรที่ใช้จริงดังนี้

ตาราง 5.30 : ต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร

ส่วนประกอบ	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต 1 batch 1 กก. (หน่วยกรัม)	ราคาวัตถุดิบ / กก. (บาท)	ราคาวัตถุดิบ / 1 batch (บาท)
แครอท	295	30	8.85
แกนสับปะรด	514	15	7.71
แป้งข้าวเหนียว	86	10	0.86
CMC	105	900	94.50
ยูเอสเอมินต์	0.93	800	0.74
ออริกาโน	0.62	800	0.50
ทายม์	1.55	800	1.24
เกลือ	10	10	0.10
น้ำตาล	30	14	0.42
พริกไทย	6.5	130	0.85
พริกป่น	5	10	0.05
ต้นทุนวัตถุดิบรวมต่อ 1 batch (บาท)			115.82
ต้นทุนวัตถุดิบต่อผลิตภัณฑ์ 1 ถุง (1 batch ผลิตได้ 100ถุง) (บาท)			1.16

2. ค่าภาชนะบรรจุ ประมาณ 0.25 บาท/ถุง
3. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในกระบวนการ ค่าโสหุ้ย ค่าแรงงาน โดยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 30 ของค่าวัตถุดิบและค่าภาชนะบรรจุ ดังนั้นคิดเป็นเงิน 0.42 บาท/ถุง

4. ค่าต้นทุนการผลิตทั้งหมด

- ค่าวัตถุดิบ	1.16	บาท/ถุง
- ค่าภาชนะบรรจุ	0.25	บาท/ถุง
- ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	0.42	บาท/ถุง
รวม	1.83	บาท/ถุง

โครงการหลวง

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

1. ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นเพื่อสร้างเป็นเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สี ความเป็นเนื้อเดียวกัน ความเผ็ด รสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร และความเหนียว

2. จากการศึกษาหาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น พบว่าอัตราส่วนดังกล่าวมีดังนี้

สับปะรด	ร้อยละ 51.4
แครอท	ร้อยละ 29.5
แป้งข้าวเหนียว	ร้อยละ 10.5
CMC	ร้อยละ 8.6

3. เมื่อศึกษาถึงอัตราส่วนของระบบสมุนไพรที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น พบว่าอัตราส่วนของระบบสมุนไพรที่เหมาะสม คือ

ยูเอสเอมินต์	ร้อยละ 30	ของระบบสมุนไพร
ออริกาโน	ร้อยละ 20	ของระบบสมุนไพร
ทายม์	ร้อยละ 50	ของระบบสมุนไพร

4. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น ซึ่งกลั่นกรองเบื้องต้นโดยวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design ที่ประกอบด้วย 12 สิ่งทดลอง พบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก ได้แก่ พริกไทยและระบบสมุนไพร ส่วนปัจจัยรองซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าปัจจัยหลัก ได้แก่ เกลือ น้ำตาล และพริกป่น ซึ่งมีปริมาณการใช้ที่เหมาะสมเท่ากับ ร้อยละ 1.0, 3.0 และ 0.5 ของส่วนประกอบหลักตามลำดับ

5. การหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยหลัก ได้แก่ พริกไทยและระบบสมุนไพร โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment in central composite design จากการทดลองสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้

คุณภาพเคมี

ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	$= 0.01240 + 1.45600 (H) - 1.61777 (H)^2$	$R^2 = 0.7850$
ปริมาณความชื้น	$= 11.37700 + 30.56000 (H) - 33.95555 (H)^2$	$R^2 = 0.6770$

คุณภาพทางกาย

ค่าสี a	$= 15.504 - 6.72666 (H)$	$R^2 = 0.7440$
ค่าสี b	$= 32.659 - 13.6 (H)$	$R^2 = 0.6090$

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

สีของผลิตภัณฑ์	$= 0.61800 + 1.02 (H)$	$R^2 = 0.8740$
ความเผ็ด	$= 0.83433 + 0.19733 (P)$	$R^2 = 0.8950$
กลิ่นรสสมุนไพร	$= 0.36015 + 2.53933 (H) - 1.76222 (H)^2$	$R^2 = 0.9570$

หมายเหตุ : P คือ ปริมาณพริกไทย (ร้อยละ)
H คือ ปริมาณระบบสมุนไพร (ร้อยละ)

จากสมการความสัมพันธ์ที่ได้สามารถสรุปการใช้พริกไทยและระบบสมุนไพรที่เหมาะสมได้ คือ พริกไทย ร้อยละ 1.60 และระบบสมุนไพร ร้อยละ 2.07

6. การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นพบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเก็บรักษา แต่ช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ คือ ด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส และจากการผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นสามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิ 20 30 และ 37 องศาเซลเซียส นานกว่า 3 เดือน

เอกสารอ้างอิง

โครงการหนูรักผักสีเขียว มูลนิธิโตโยต้าประเทศไทยและสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล . 2542. **มหัศจรรย์ผัก** 108. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : โครงการจัดพิมพ์คบไฟ.

ณรงค์ นิยมวิทย์ และอัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. 2528. **วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร**. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2539. **เคมีอาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. **การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มูลนิธิโครงการหลวง. 2542. **พืชสมุนไพรเมืองหนาว**. เอกสารเผยแพร่. สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง. เชียงใหม่.

เรณู ปิ่นทอง .2537. **คู่มือจุลชีววิทยาทางอาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วัญเพ็ญ มีสมญา. 2541. ใยอาหารอันทรงคุณค่า. **อาหาร**. 28(3).

วุฒิชัย นาครักษา. 2536. **คาร์โบไฮเดรตในอาหาร**. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศิริวรรณ สุทธิจิตติ. 2541. **ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อสุขภาพ**. ภาควิชาเภสัชเวท คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศิวาพร ศิวเวช. 2529. **วัตถุเจือปนในอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.

สุภัทร์ ไชยกุล. 2545. **กลูตาเมตและโมโนโซเดียมกลูตาเมต**. โภชนาการ, 37(1) : 37-45.

AOAC. 2000. **Offocial Methods of Analysis of AOAC International.** 17th ed. AOAC International. Maryland, USA.

Dziezak, J.D. 1989. Spices. **Food Technologys**. 43.(1).

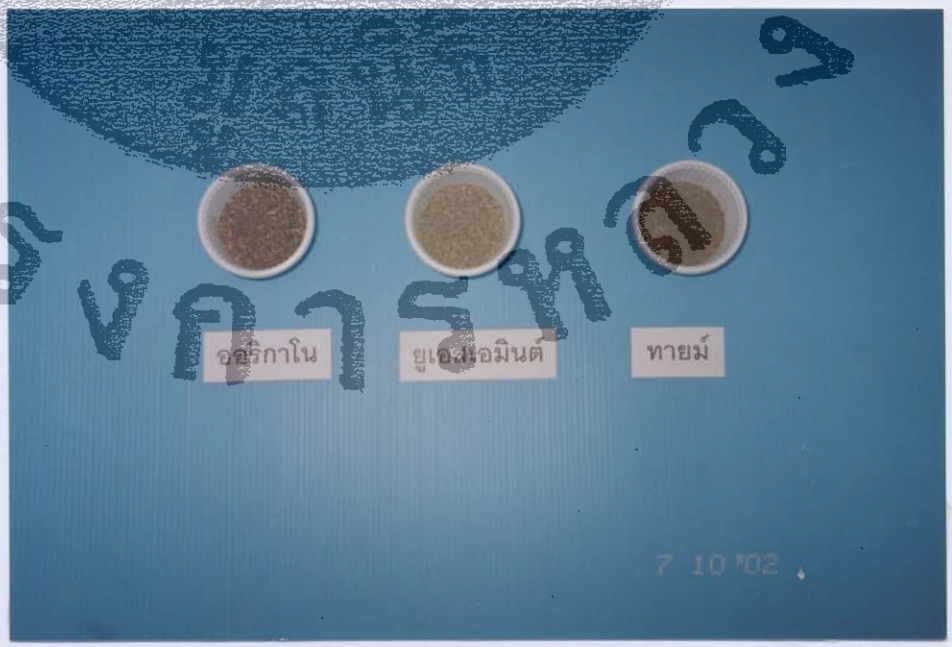
Keville, K. 1991.**The Illustrated Herb Encyclopedia**. Michael Friedman Publishing Group , Inc. USA.

Prakash, V. 1990. **Leafy Spices**. CrC Press,Inc. USA.

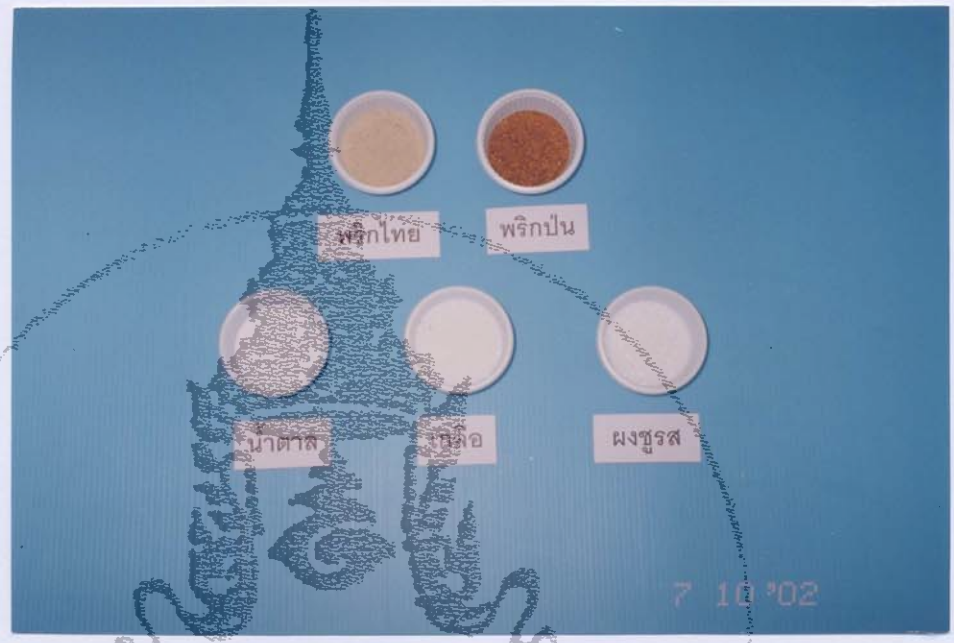
ภาคผนวก ก
รูปภาพประกอบ

โครงการหลวง

ภาพ ก.1 ส่วนผสมหลักในสูตรการผลิต

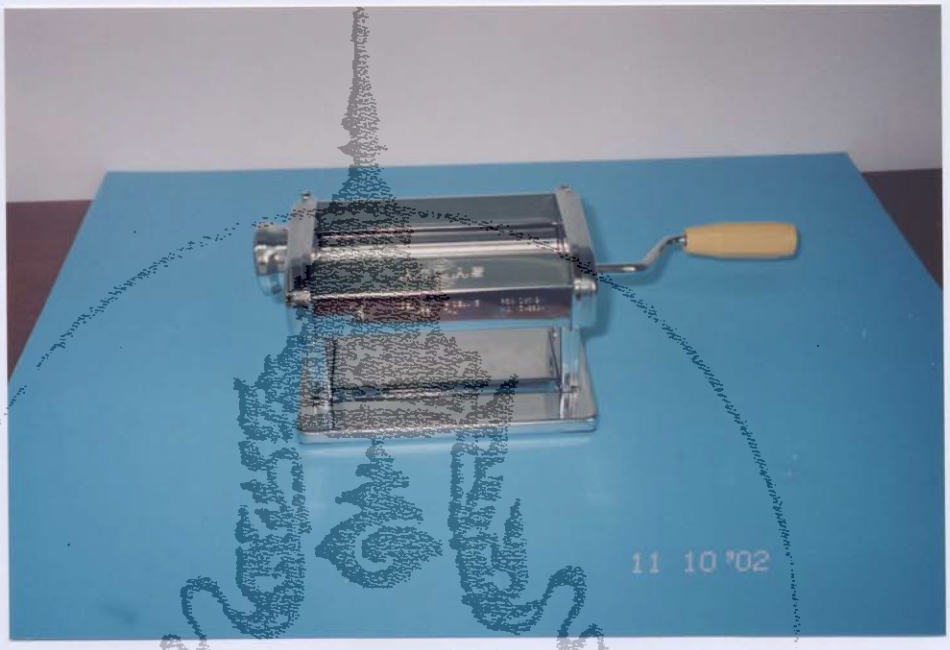


ภาพ ก.2 ส่วนประกอบในระบบสมุนไพร

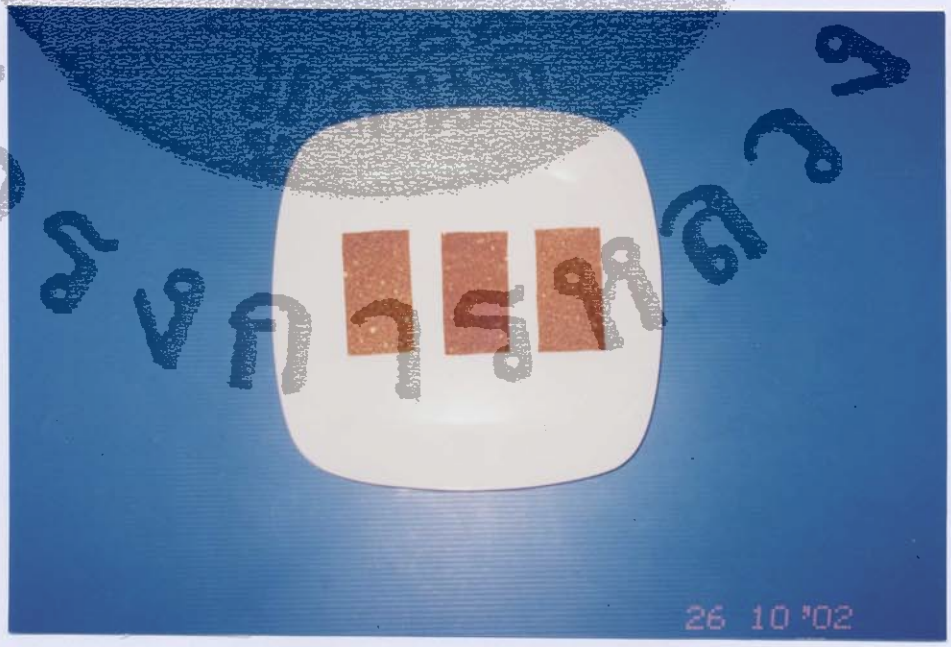


ภาพ ก.3 ส่วนประกอบอื่น ๆ ในสูตรการผลิต

ภาพ ก.4 เครื่องเตรียมอาหารเอนกประสงค์



ภาพ ก.5 เครื่องรีด (Pasta machine)



ภาพ ก.6 ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

โครงการหลวง

แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

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

โปรดกำหนดคุณลักษณะที่ท่านคิดว่าเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น โดยทำเครื่องหมาย X ในตำแหน่งที่ท่านคิดว่าเป็นระดับของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และทำเครื่องหมาย I ในตำแหน่งที่คิดว่าควรจะเป็นในอุดมคติของท่าน

ลักษณะปรากฏ

..... I.....I

....

..... I.....I

....

..... I.....I

....

กลิ่น-รสชาติ

..... I.....I

....

..... I.....I

....

..... I.....I

....

ลักษณะเนื้อสัมผัส

..... I.....I

....

..... I.....I

....

..... I.....I

....

การยอมรับโดยรวม

..... I.....I

....

แบบทดสอบคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น

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

โปรดกำหนดคุณลักษณะที่ท่านคิดว่าเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น โดยทำเครื่องหมาย X ในตำแหน่งที่ท่านคิดว่าเป็นระดับของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และทำเครื่องหมาย I ในตำแหน่งที่คิดว่าควรจะเป็นในอุดมคติของท่าน

ลักษณะปรากฏ

สี I.....I.....I
เหลืองอ่อน น้ำตาลเข้ม

ความเป็นเนื้อเดียวกัน I.....I.....I
น้อย มาก

กลิ่น-รสชาติ

ความเผ็ด I.....I.....I
น้อย มาก

รสเค็ม I.....I.....I
น้อย มาก

กลิ่นรสสมุนไพร I.....I.....I
น้อย มาก

ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความเหนียว I.....I.....I
น้อย มาก

การยอมรับโดยรวม

..... I.....I
น้อย มาก

ภาคผนวก ค

ตารางสถิติ

โครงการหลวง

ตาราง ข.1 The distribution of t

Degree of Freedom	Probability of larger value, sign ignored								
	0.500	0.400	0.200	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005	0.001
1	1.000	1.376	3.078	6.314	12.706	25.452	63.657		
2	0.816	1.061	1.886	2.920	4.303	6.205	9.925	14.089	31.598
3	0.765	0.978	1.638	2.353	3.182	4.176	5.841	7.453	12.941
4	0.741	0.941	1.533	2.132	2.776	3.495	4.604	5.598	8.610
5	0.727	0.920	1.476	2.015	2.571	3.163	4.032	4.773	6.859
6	0.718	0.906	1.440	1.943	2.441	2.969	3.707	4.317	5.959
7	0.711	0.896	1.415	1.895	2.356	2.841	3.499	4.029	5.405
8	0.706	0.889	1.397	1.860	2.306	2.752	3.355	3.832	5.041
9	0.703	0.883	1.383	1.833	2.262	2.685	3.250	3.690	4.781
10	0.700	0.879	1.372	1.812	2.228	2.634	3.169	3.581	4.587
11	0.697	0.876	1.363	1.796	2.201	2.593	3.106	3.497	4.437
12	0.695	0.873	1.356	1.782	2.179	2.560	3.055	3.428	4.318
13	0.694	0.870	1.350	1.771	2.160	2.533	3.012	3.372	4.221
14	0.692	0.868	1.345	1.761	2.145	2.510	2.977	3.326	4.140
15	0.691	0.866	1.341	1.759	2.131	2.490	2.947	3.286	4.073
16	0.690	0.865	1.337	1.746	2.120	2.473	2.921	3.252	4.015
17	0.689	0.863	1.333	1.740	2.110	2.458	2.898	3.222	3.965
18	0.688	0.862	1.330	1.734	2.101	2.445	2.878	3.197	3.922
19	0.688	0.861	1.328	1.729	2.093	2.443	2.861	3.174	3.883
20	0.687	0.860	1.325	1.725	2.086	2.423	2.845	3.153	3.850
21	0.686	0.859	1.323	1.721	2.080	2.414	2.831	3.135	3.819
22	0.686	0.858	1.321	1.717	2.074	2.406	2.819	3.119	3.792
23	0.685	0.858	1.319	1.714	2.069	2.398	2.807	3.104	3.767
24	0.685	0.857	1.318	1.711	2.064	2.391	2.797	3.090	3.745
25	0.684	0.856	1.316	1.708	2.060	2.385	2.787	3.078	3.725
26	0.684	0.856	1.315	1.706	2.056	2.379	2.779	3.067	3.707
27	0.684	0.855	1.314	1.703	2.052	2.373	2.771	3.056	3.690
28	0.683	0.855	1.313	1.701	2.048	2.368	2.763	3.047	3.674
29	0.683	0.854	1.311	1.699	2.045	2.364	2.756	3.038	3.659
30	0.683	0.854	1.310	1.697	2.042	2.360	2.750	3.030	3.646
35	0.682	0.852	1.306	1.690	2.030	2.342	2.724	2.996	3.591
40	0.681	0.851	1.303	1.684	2.021	2.329	2.704	2.971	3.551
45	0.680	0.850	1.301	1.680	2.014	2.319	2.690	2.952	3.520
50	0.680	0.849	1.299	1.680	2.008	2.310	2.678	2.937	3.496
55	0.679	0.849	1.297	1.673	2.004	2.304	2.669	2.925	3.476

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

โครงการหลวง

ตาราง ง.1 สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างอัตราส่วนของส่วนประกอบในระบบเนื้อกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ

สมการความสัมพันธ์	R^2
สีของผลิตภัณฑ์ = 14.130A + 6.888B – 93.183AB	0.9520
สีของผลิตภัณฑ์ = 18.823A + 1.453C – 26.666AC	0.9850
สีของผลิตภัณฑ์ = 11.367A + 3.178D – 29.974AD	0.9850
สีของผลิตภัณฑ์ = 13.660B + 1.932C – 24.136BC	0.9920
สีของผลิตภัณฑ์ = 6.856C + 3.582D – 22.430BD	0.9570
สีของผลิตภัณฑ์ = 1.469C + 4.412D – 6.417CD	0.9860
ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 11.519A + 6.364B – 78.465AB	0.9740
ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 11.177A + 1.286C – 15.064AC	0.9960
ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 11.390A + 2.641D – 32.660AD	0.9710
ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 7.241B + 1.508C – 11.870BC	0.9920
ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 7.429B + 2.980D – 25.751BD	0.9670
ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 1.561C + 4.219D – 7.694CD	0.9950
ความเผ็ด = 12.409A + 8.473B – 103.310AB	0.9690
ความเผ็ด = 12.137A + 1.670C – 19.662AC	0.9900
ความเผ็ด = 12.408A + 3.496D – 43.506AD	0.9620
ความเผ็ด = 9.101B + 1.643C – 147.408BC	0.9960
ความเผ็ด = 7.763B + 3.153D – 23.736BD	0.9720
ความเผ็ด = 1.594C + 3.796D – 6.183CD	0.9970
รสเค็ม = 12.547A + 7.187B – 87.683AB	0.9690
รสเค็ม = 13.578A + 1.470C – 19.374AC	0.9960
รสเค็ม = 12.198A + 3.033D – 35.945AD	0.9710
รสเค็ม = 8.780B + 1.668C – 14.401BC	0.9930
รสเค็ม = 7.942B + 3.302D – 27.070BD	0.9710
รสเค็ม = 1.662C + 4.579D – 8.038CD	0.9960

สมการความสัมพันธ์	R^2
กลิ่นรสสมุนไพร = 10.780A + 7625B – 89.975AB	0.9580
กลิ่นรสสมุนไพร = 11.316A + 1.563C – 19.188AC	0.9940
กลิ่นรสสมุนไพร = 11.058A + 3.233D – 40.079AD	0.9600
กลิ่นรสสมุนไพร = 7.531B + 1.484C – 11.949BC	0.9940
กลิ่นรสสมุนไพร = 7.185B + 2.969D – 23.619BD	0.9780
กลิ่นรสสมุนไพร = 1.387C + 2.967D – 4.530CD	0.9980
ความเหนียว = 1.970C + 7.166D – 13.961CD	0.9830
ความเหนียว = 12.984A + 5.934B – 69.174AB	0.9790
ความเหนียว = 14.861A + 1.200C – 16.973AC	0.9940
ความเหนียว = 12.986A + 2.565D – 30.215AD	0.9850
ความเหนียว = 9.874B + 1.675C – 15.937BC	0.9760
ความเหนียว = 8.305B + 3.313D – 28.178BD	0.9530

ตัวอย่าง ง.1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลัก

นำข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัสมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างอัตราส่วนของส่วนประกอบในระบบเนื้อที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ โดยทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละด้านกับส่วนประกอบในระบบเนื้อครั้งละสองปัจจัย รวมทั้งอิทธิพลร่วม (Interaction) ของสองปัจจัยดังกล่าวด้วย สมการที่ได้จะเป็นสมการที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้

: ยกตัวอย่างความเหนียว

ความเหนียว = 1.970C + 7.166D – 13.961CD $R^2 = 0.9830$ --------(1)

ความเหนียว = 12.984A + 5.934B – 69.174AB $R^2 = 0.9790$ --------(2)

ความเหนียว = 14.861A + 1.200C – 16.973AC $R^2 = 0.9940$ --------(3)

ความเหนียว = 12.986A + 2.565D – 30.215AD $R^2 = 0.9850$ --------(4)

ความเหนียว = 9.874B + 1.675C – 15.937BC R^2 = 0.9760 --------(5)

ความเหนียว = 8.305B + 3.313D – 28.178BD R^2 = 0.9530 --------(6)

เมื่อ A คือ CMC

B คือ แป้งข้าวเหนียว

C คือ แกนสับปะรด

D คือ แครอท

สมการทั้ง 6 สมการจะนำมาทำ Partial derivatives โดยจะทำเทียบกับตัวแปรที่ปรากฏในสมการ ดังนั้นแต่ละสมการจะทำ Partial derivatives ได้ 2 ครั้ง ดังนี้

สมการ (1) ความเหนียว = 1.970C + 7.166D – 13.961CD

ทำ Partial derivatives ได้สมการ

$\frac{\delta \text{ ความเหนียว}}{\delta (D)}$ = 0 = 1.970 – 13.961D ---------- (1.1)

$\frac{\delta \text{ ความเหนียว}}{\delta (C)}$ = 0 = 7.166 – 13.961C ---------- (1.2)

สมการ (2), (3), (4), (5) และ (6) นำมาทำ Partial derivatives เช่นเดียวกันได้สมการดังนี้

0 = 5.934 – 69.174A ---------- (2.1)

0 = 12.984 – 69.174B ---------- (2.2)

0 = 1.200 – 16.973A ---------- (3.1)

0 = 14.861 – 16.973C ---------- (3.2)

0 = 2.565 – 30.215A ---------- (4.1)

0 = 12.986 – 30.215D ---------- (4.2)

0 = 1.675 – 15.937B ---------- (5.1)

0 = 9.874 – 15.937C ---------- (5.2)

0 = 3.313 – 28.178B ---------- (6.1)

0 = 8.305 – 28.178D ---------- (6.2)

จากนั้นนำสมการ (1.1) ถึง (6.2) มาลบด้วยค่า Lag range (λ) ดังนี้

$13.961D - \lambda = 1.970$ ---------- (1.1.1)

$13.961C - \lambda = 7.166$ ---------- (1.2.1)

$69.174A - \lambda = 5.934$ ---------- (2.1.1)

$69.174B - \lambda = 12.984$ ---------- (2.2.1)

$16.973A - \lambda = 1.200$ ---------- (3.1.1)

$16.973C - \lambda = 14.861$ ---------- (3.2.1)

$30.215A - \lambda = 2.565$ ---------- (4.1.1)

$30.215D - \lambda = 12.986$ ---------- (4.2.1)

$15.937B - \lambda = 1.675$ ---------- (5.1.1)

$15.937B - \lambda = 9.874$ ---------- (5.2.1)

$28.178B - \lambda = 3.313$ ---------- (6.1.1)

$28.178B - \lambda = 8.305$ ---------- (6.2.1)

นำสมการที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (POM) เพื่อหาอัตราส่วนของส่วนประกอบในระบบเนื้อที่เหมาะสมสำหรับลักษณะรสเปรี้ยว โดยอัตราส่วนดังกล่าวจะต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนด (Constrains) คือ

$0.03 \leq A \leq 0.10$

$0.05 \leq B \leq 0.15$

$0.50 \leq C \leq 0.70$

$0.10 \leq D \leq 0.50$

$A + B + C + D = 1.00$

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (POM) พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับความเหนียวคือ แกนสับปะรดร้อยละ 51.4 แครอทร้อยละ 29.5 แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 10.5 และ CMC ร้อยละ 8.6

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์คุณภาพ

โครงการหลวง

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

วิธีวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)

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

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC, 1998

1. บันทึกน้ำหนักของกระป๋องอลูมิเนียม (mouisture can) ที่สะอาดผ่านการอบเป็นเวลา 30 นาที และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้ว
2. ใส่ตัวอย่างที่บดแล้วประมาณ 5 กรัม ลงในกระป๋องอลูมิเนียมแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 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 = น้ำหนักของแข้งที่เหลืออยู่หลังการอบ (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธีของ AOAC (2000)

การเตรียมสารเคมี

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 50

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร

- สารละลายกรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 2

ละลายกรดบอริก 2 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรโดยใช้ขวดปรับปริมาตร

- สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น
- สารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
- สารละลายเมธิลเรดอินดิเคเตอร์

ละลายเมธิลเรด 0.016 กรัม และบรอมโมครีซอลกรีน 0.083 กรัม ด้วยเอธานอล แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

- คะตะลิสต์ผสม (Catalyst mixture)

ชั่งโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ 96 กรัม คอปเปอร์ซัลเฟต 3.5 กรัม และซิลิเนียมไดออกไซด์ 0.5 กรัม ผสมให้เข้ากัน

วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่บดละเอียดแล้วประมาณ 0.5-2.0 กรัม (ต้องทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ใน Kjeldahl digestion flask พร้อมด้วยคะตะลิสต์ผสม 8 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยด้วยความร้อนโดยใช้ชุดย่อยโปรตีน (Digestion unit) ทำการย่อยตัวอย่างจนได้สารละลายใส

2. ตั้งทิ้งไว้จนเย็นและไม่มีไอระเหยของกรด จากนั้นนำ Kjeldahl digestion flask ไปต่อกับชุดกลั่นโปรตีน (Distillation apparatus) นำฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตรที่มีสารละลายกรดบอริก 50 มิลลิลิตร และเมธิลเรด 2-3 หยด เพื่อใช้เป็นอินดิเคเตอร์มารองรับที่ปลาย Condenser โดยให้ปลาย Condenser อยู่ต่ำกว่าระดับของสารละลาย

3. เติมน้ำกลั่นปริมาณ 125 มิลลิลิตร ลงใน Kjeldahl digestion flask จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาตร 75 มิลลิลิตร จากนั้นจึงทำการกลั่นด้วยความร้อน จะได้ของเหลวที่ควบแน่นลงมาทาง Condenser อย่างน้อย 300 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นชะปลาย Condenser ลงมาในฟลาสก์ และนำสารละลายทั้งหมดไปไตเตรตกับสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติที่สารละลายเป็นสีส้มแดง

4. บันทึกปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรต นำไปคำนวณหาปริมาณโปรตีนทั้งหมด (Crude protein)

5. ทำการวิเคราะห์ Blank โดยวิธีเดียวกับตัวอย่าง แต่ใช้เพียงคะตะลิสต์ผสมกับกรดซัลฟูริกเข้มข้นเท่านั้น

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{(V_a - V_b) * C * 1.4007}{W}$$

โดยที่ V_a คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง(มิลลิลิตร)

V_b คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรต Blank (มิลลิลิตร)

C คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก (นอร์มัล)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

ปริมาณโปรตีน (ร้อยละของน้ำหนัก) = ปริมาณไนโตรเจน * Factor

โดย Factor ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นในการทดลองนี้เท่ากับ 6.25

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC (2000)

1. นำกระป๋องอลูมิเนียมของเครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet extraction apparatus) ไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักของกระป๋องอลูมิเนียม

2. ชั่งตัวอย่างแห้งผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ได้ผ่านการหาความชื้นมาเรียบร้อยแล้วประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในกระดาษกรองแล้วห่อลงใน Thimble

3. นำ Thimble ใส่ลงในกระป๋องอลูมิเนียมสำหรับสกัดไขมัน สวมหัวยึดที่เป็นโลหะกับส่วนบนของ Thimble แล้วนำไปติดกับตัวยึด Thimble ที่เป็นแม่เหล็กของเครื่องสกัดไขมัน แล้วสกัดไขมันด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ที่มีจุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส ปริมาตร 150-200 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการสกัดประมาณ 2 ชั่วโมง

4. ถอด Thimble ที่มีห่อกระดาษกรองออกจากเครื่องสกัดไขมัน แล้วนำกระป๋องอลูมิเนียมที่มีไขมันที่สกัดได้อยู่ภายใน ไปอบที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที

หรือจนน้ำหนักคงที่ นำกระป๋องอลูมิเนียมไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น บันทึกน้ำหนักของไขมันที่สกัดได้ แล้วคำนวณหาปริมาณไขมันดังนี้

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{A * 100}{B}$$

โดยที่ A คือ น้ำหนักไขมันที่สกัดได้ (กรัม)

B คือ น้ำหนักตัวอย่างแห้งที่นำมาวิเคราะห์ไขมัน รวมน้ำหนักความชื้น (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000)

ชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 2-3 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำไปเผาโดยใช้ตะเกียงบุนเซนจนไม่มีควัน จากนั้นนำไปเผาต่อในเตาเผา (muffle furnace) อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว นำไปทำให้เย็นลงในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักเถ้าแล้วคำนวณหาปริมาณเถ้า ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (กรัม ต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า (กรัม)} * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

การวิเคราะห์ปริมาณกากโดยวิธีการย่อยด้วยกรดและด่าง ตามวิธีของ AOAC (2000)

การเตรียมสารเคมี

- สารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้นร้อยละ 1.25
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.25
- เอธิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้นร้อยละ 95

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ผ่านการสกัดไขมันออกและอบเรียบร้อยแล้ว ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน (W1) ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 1 ลิตร เติมสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่ลูกแก้วขนาดเล็กประมาณ 2-3 เม็ด ต้มบนเตาไฟฟ้า โดยปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา

2. ทิ้งให้เดือด 30 นาที (ควรปิดปากฟลาสค์ด้วยกระจกนาฬิกา พยายามรักษาปริมาตรสารละลาย ถ้าลดลงให้เติมน้ำร้อนให้ปริมาตรเท่าเดิมโดยทำเครื่องหมายไว้) ขณะต้มควรเขย่าฟลาสก์เป็นครั้งคราว

3. เตรียมกรวยกรองชนิดพิเศษ (Buchner funnel) โดยใช้แรงสุญญากาศ กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 54 หรือ 531 ค่อย ๆ เทน้ำเดือดลงใส่ลงในกรวยกรอง ปล่อยทิ้งไว้ให้กรวยกรองร้อน

4. นำสารละลายกรดที่ต้มเดือด 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ 1 นาที เทใส่ในกรวยกรองและกรองกากทั้งหมดให้เสร็จภายใน 10 นาที ล้างกากด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง จนแน่ใจว่าไม่มีกรดเหลืออยู่ในกาก เทกากที่ล้างแล้วนี้ กลับลงฟลาสก์ใบเดิม

5. ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 มิลลิลิตร ล้างกากออกจากกระดาษกรองใส่ลงฟลาสก์ให้หมด ต้มให้เดือดภายใน 1 นาที และปล่อยให้เดือด 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรองโดยใช้แรงสุญญากาศ ให้เสร็จภายใน 10 นาที (เหมือนข้อ 4.) ล้างด้วยน้ำร้อนจนแน่ใจว่าไม่มีด่างเหลืออยู่ เทกากที่ล้างแล้วนี้ กลับลงฟลาสก์ใบเดิม

6. นำกากไปล้างด้วยเอธิลแอลกอฮอล์อีก 2 ครั้ง และนำกากที่เหลือทั้งหมดใส่ลงบนกระดาษกรองชนิดปราศจากเถ้า หรือ porcelain dish (ที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนัก) นำไประเหยให้แห้งบนอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

7. นำไปอบต่อที่ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W2)

8.เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมกากที่อบเรียบร้อยแล้วในเตาเผา อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W3)

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกาก (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{(W2 - W3)\,(100 - MC - F)}{}$$

W1

โดยที่ W1 คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)
W2 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและกากหลังจากอบแห้ง (กรัม)
W3 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและกากหลังจากการเผา (กรัม)
MC คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่าง (กรัม)
F คือ ปริมาณไขมันของตัวอย่าง (กรัม)

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวัดค่าสีในระบบ Hunter Lab (Minolta Camera Co.,Ltd. , 1991)

เป็นการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta Camera : Model CR-310 ซึ่งวัดค่าสีในระบบ Hunter Lab โดยค่าสี L เป็นความสว่าง (Lightness) ค่าสี a เป็นค่าสีแดงและเขียว (Redness/Greeness) และค่าสี b เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (Yellowness/Blueness)

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

ก่อนการวัดค่าสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank ; L = 97.67, a = -0.18 และ b = 1.84) แล้วจึงทำการวัดสีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นที่ผ่านการบดละเอียดแล้วใส่ลงในภาชนะใส (Petri dish) แล้วรองด้วยกระดาษสีขาว ทำการวัดทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
- ตู้บ่มเชื้อ
- หม้อนึ่งความดัน

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

- สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนเดือด
2. นำอาหารเลี้ยงเชื้อไปทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ในหม้อนึ่งความดัน

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 ใช้กรรไกรและปากคีบที่ปราศจากเชื้อ โดยการลดไฟและเช็ดด้วยแอลกอฮอล์ ตัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นจากบริเวณต่าง ๆ มาผสมกัน ชั่งน้ำหนักให้ได้ 10 กรัม ใส่ในถุงตี

บด (Stomacher bag) ที่มีสารลายลายบัฟเฟอร์เปปโตน 90 มิลลิลิตร ผสมอยู่ นำไปตีบดด้วยเครื่องตีบดอาหาร (Stomacher) เป็นเวลา 2 นาที จะได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 หรือ (10^{-1})

1.2 เขย่าให้อาหารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างอาหารที่เจือจาง 1:10 (10^{-1}) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมแบบหมุนวน (Vortex) จะได้อาหารที่เจือจาง 1:100 (10^{-2})

1.3 ทำให้อาหารตัวอย่างมีความเจือจาง 1:1000 (10^{-3}) ด้วยวิธีตามข้อ 1.2

2. การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

2.1 ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจางต่าง ๆ (10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับความเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูดจากระดับความเข้มข้นที่เจือจางสุด

2.2 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่กำลังหลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่าง โดยใส่ลงในจานละประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ให้เสร็จภายในเวลา 1-2 นาที หลังจากที่ใส่ตัวอย่างลงไปแล้ว

2.3 ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัวจึงคว่ำจานเพาะเชื้อลง

2.4 ทำตัวอย่างควบคุม โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 1 มิลลิลิตร แทนสารละลายตัวอย่างอาหาร

3. การบ่มเชื้อ

บ่มจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้เสร็จเรียบร้อยแล้วที่อุณหภูมิ 37$\pm$2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48$\pm$3 ชั่วโมง

4. การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังจากบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 1-300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีจากทั้งสองจานเพาะเชื้อรายงานผลการตรวจนับในรูปโคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม

การหาปริมาณยีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
- ตู้บ่มเชื้อ
- หม้อนึ่งความดัน

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

- สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar
- สารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนเดือด

2. นำอาหารเลี้ยงเชื้อไปทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ในหม้อนึ่งความดัน

3. ปรับอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 3.5 ด้วยสารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยมีอัตราส่วน อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร ต่อสารละลายกรดทาร์ทาริก 1.8 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 ใช้กรรไกรและปากคีบที่ปราศจากเชื้อ โดยการลดไฟและเช็ดด้วยแอลกอฮอล์ ตัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นจากบริเวณต่าง ๆ มาผสมกัน ชั่งน้ำหนักให้ได้ 10 กรัม ใส่ในถุงตีบด (Stomacher bag) ที่มีสารลายลายบัฟเฟอร์เปปโตน 90 มิลลิลิตร ผสมอยู่ นำไปตีบดด้วยเครื่องตีบดอาหาร (Stomacher) เป็นเวลา 2 นาที จะได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 หรือ (10^{-1})

1.2 เขย่าให้อาหารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างอาหารที่เจือจาง 1:10 (10^{-1}) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมแบบหมุนวน (Vortex) จะได้อาหารที่เจือจาง 1:100 (10^{-2})

1.3 ทำให้อาหารตัวอย่างมีความเจือจาง 1:1000 (10^{-3}) ด้วยวิธีตามข้อ 1.2

2. การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

2.1 ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจางต่าง ๆ (10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับความเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูดจากระดับความเข้มข้นที่เจือจางสุด

2.2 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar ที่กำลังหลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่าง โดยใส่ลงในจานละประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ให้เสร็จภายในเวลา 1-2 นาที หลังจากที่ใส่ตัวอย่างลงไปแล้ว

2.3 ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัวจึงคว่ำจานเพาะเชื้อลง

2.4 ทำตัวอย่างควบคุม โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 1 มิลลิลิตร แทนสารละลายตัวอย่างอาหาร

3. การบ่มเชื้อ

บ่มจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้เสร็จเรียบร้อยแล้วที่อุณหภูมิ 30±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72±3 ชั่วโมง

4. การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังจากบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 1-300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีจากทั้งสองจานเพาะเชื้อรายงานผลการตรวจนับในรูปโคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม

การหาปริมาณโคลิฟอร์มและอี.โคไล (Coliform and *E. coli*) **โดยวิธี** MPN (Most probable number method) **ตามวิธีของ** AOAC (2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- หลอดทดลอง (Test tube) พร้องหลอดดักก๊าซ (Durham tube)
- ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
- ตู้บ่มเชื้อ
- หม้อนึ่งความดัน

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

- สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Lauryl sulphate broth
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Brillant green lactose bile broth

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 ใช้กรรไกรและปากคีบที่ปราศจากเชื้อ โดยการลดไฟและเช็ดด้วยแอลกอฮอล์ ตัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นจากบริเวณต่าง ๆ มาผสมกัน ชั่งน้ำหนักให้ได้ 10 กรัม ใส่ในถุงตีบด (Stomacher bag) ที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 90 มิลลิลิตร ผสมอยู่ นำไปตีบดด้วยเครื่องตีบดอาหาร (Stomacher) เป็นเวลา 2 นาที จะได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 หรือ (10^{-1})

1.2 เขย่าให้อาหารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างอาหารที่เจือจาง 1:10 (10^{-1}) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมแบบหมุนวน (Vortex) จะได้อาหารที่เจือจาง 1:100 (10^{-2})

2. การวิเคราะห์แบคทีเรียที่คาดว่าเป็นโคลิฟอร์ม (Presumptive coliforms)

2.1 ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดตัวอย่างที่ระดับเจือจางต่าง ๆ (1, 10^{-1} และ 10^{-2}) ลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Lauryl sulphate broth ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 3 ชุด ชุดละ 5 หลอด

ชุดที่ 1 ปิเปตตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง 5 หลอด

ชุดที่ 2 ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{-1} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง 5 หลอด

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

2.2 บ่มหลอดเลี้ยงเชื้อในตู้บ่มอุณหภูมิ 37$\pm$1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48$\pm$2 ชั่วโมง หากหลอดทดลองใดมีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซ แสดงว่าให้ผลเป็นบวก (Positive) ซึ่งคาดว่าจะมีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดโคลิฟอร์มเจริญอยู่ในตัวอย่างนั้น ถ้าไม่พบก๊าซในหลอดทดลองใดเลย แสดงว่าให้ผลลบ (Negative) และไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดโคลิฟอร์มเจริญอยู่ในตัวอย่าง

2.3 การรายงานจำนวนโคลิฟอร์มในตัวอย่างที่เกิดก๊าซขึ้น ให้เปิดตารางแมคคราดี แล้วรายงานเป็นจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3. การยืนยันโคลิฟอร์ม

3.1 ใช้ห่วง (Loop) เขี่ยเชื้อจากหลอดเลี้ยงเชื้อที่ให้ผลบวก (Positive) จากการทดสอบแบคทีเรียที่คาดว่าเป็นโคลิฟอร์ม ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin methylene blue agar ในจานเพาะเชื้อ

3.2 บ่มจานเพาะเชื้อในตู้บ่มอุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

3.3 ตรวจหาโคโลนีที่เป็นลักษณะเฉพาะของโคลิฟอร์ม โดยโคโลนีของโคลิฟอร์มจะมีสีดำหรือมีสีดำตรงกลางล้อมรอบด้วยบริเวณที่โปร่งใสไม่มีสี โคลิฟอร์มบางโคโลนีมีลักษณะนูนเปียกเยิ้ม (Mucoid)

3.4 บักทึกจำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชุดที่มีเชื้อจุลินทรีย์โคลิฟอร์มที่ได้รับการยืนยันแล้ว

4. การวิเคราะห์แบคทีเรียที่คาดว่าเป็น *E.coli*

4.1 ใช้เข็มเขี่ยเชื้อ (Needle) เขี่ยเชื้อจากหลอดเลี้ยงเชื้อที่ให้ผลบวก (Positive) จากการทดสอบแบคทีเรียที่คาดว่าเป็นโคลิฟอร์ม ลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Brillant green lactose bile broth ปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อต้องปรับให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 44.5 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปใช้

4.2 เขี่ยเชื้อ *E. coli* ซึ่งเป็นเชื้อมาตรฐานลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Brillant green lactose bile broth ปริมาตร 10 มิลลิลิตร อีก 2 หลอด เพื่อใช้เป็นหลอดควบคุม (Control)

4.3 บ่มหลอดเลี้ยงเชื้อลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 44.5±0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

4.4 หลอดทดลองที่มีก๊าซเกิดขึ้นหรือให้ผลบวก (Positive) แสดงว่ามีแบคทีเรียที่คาดว่าจะเป็น *E. coli* ให้ทำการวิเคราะห์เพื่อยืนยัน *E. coli*

5. การวิเคราะห์เพื่อยืนยัน *E. coli*

5.1 เขี่ยเชื้อจากหลอดเลี้ยงเชื้อที่ให้ผลบวก (Positive) จากการทดสอบแบคทีเรียที่คาดว่าเป็น *E. coli* ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin methylene blue agar ในจานเพาะเชื้อ

5.2 บ่มจานเพาะเชื้อในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

5.3 เลือกโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะของ *E. coli* ซึ่งมีสีน้ำเงินอมดำตรงกลางและมีสีเลื่อมมันอมเขียวสะท้อนแสงโดยบางครั้งสีเลื่อมมันอาจไม่ปรากฏ เขี่นเชื้อครั้งละ 1 โคโลนีลงในน้ำทริปโตน (Tryptone water) แล้วบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 44.5±0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.4 เขี่ยเชื้อ *E. coli* มาตรฐานในหลอดน้ำทริปโตน (Tryptone water) เพื่อเป็นตัวอย่างควบคุม

5.5 ทดสอบสารอินโดล หลอดทดลองที่มีอินโดลเกิดขึ้น แสดงว่าเป็นเชื้อ *E. coli* จากนั้นบันทึกจำนวนหลอดทดลองที่ให้ผลบวก (Positive)

5.6 คำนวณและรายงานค่า MPN ของ Coliform และ *E.coli* ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น 1 กรัม

5.7 การทดสอบยืนยันเพิ่มเติมเกี่ยวกับ Coliform และ *E.coli* ควรทำการทดสอบเมธิลเรด (Methyl red) โวเกส-พรอสเกาเออร์ (Voges-Proskauer) และซิเตรต (Citrate test) โดยก่อนจะทดสอบปฏิกิริยาเหล่านี้ต้องแยกเชื้อ *E. coli* ให้บริสุทธิ์ก่อน

ตาราง จ.1 ตารางแมคคราดี

แสดงความน่าจะเป็นของปริมาณแบคทีเรียที่ได้จากการประเมินโดยวิธีหลอดเจือจาง (Dilution tube method) หรือค่าเอ็มพีเอ็น (Most probable number) ในอาหาร 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร เทียบจากหลอดที่ให้ปฏิกิริยาบวก โดย 5 หลอดมีตัวอย่างอาหารที่เจือจาง 10^{-1} จำนวน 10 มิลลิลิตร อีก 5 หลอด มีตัวอย่างอาหารที่เจือจาง 10^{-2} และอีก 5 หลอดมีตัวอย่างอาหารที่เจือจาง 10^{-3} จำนวน 1 มิลลิลิตร

จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อและจำนวนตัวอย่างที่เจือจางระดับต่างๆที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของแบคทีเรียต่อกรัมตัวอย่าง	จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อและจำนวนตัวอย่างที่เจือจางระดับต่างๆที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของแบคทีเรียต่อกรัมตัวอย่าง
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	2	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

ตาราง จ.1 ตารางแมคคราดี (ต่อ)

จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อและจำนวนตัวอย่างที่เจือจางระดับต่างๆที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของแบคทีเรียต่อกรัมตัวอย่าง	จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อและจำนวนตัวอย่างที่เจือจางระดับต่างๆที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของแบคทีเรียต่อกรัมตัวอย่าง
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	0	2	9	4	3	0	27
2	0	3	12	4	3	1	33
2	1	0	7	4	3	2	39
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	4	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	94	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				