รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร

Development of Herbal Seasoning Mix for Chicken

รองศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ วิริยจารี

นางสาวสิริกัลยา ศรียอด

นางรัตติกร เตชะพันธุ์

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง

จังหวัดเชียงใหม่

โครงการหลวง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณการวิจัย ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่โครงการหลวงอาหารสุขภาพ มูลนิธิโครงการหลวงที่ให้ความรู้และเอื้อเฟื้อสถานที่ตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

ขอขอบคุณผู้ทดสอบชิมทุกท่านที่เสียสละเวลาในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาตรี โท และเอก คณะอุตสาหกรรมเกษตรที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้คำแนะนำ และให้ข้อคิดต่าง ๆ จนโครงการนี้ได้บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อสมุนไพรที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ พบว่า โรสแมรี่และทาย์ม ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด รองลงมาเป็นบาล์มและออริกาโน ในการศึกษาอัตราส่วนของสมุนไพร 4 ชนิดที่ใช้ในสูตรการผลิต พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือออริกาโนร้อยละ 19.38 บาล์มร้อยละ 24.71 ทาย์มร้อยละ 28.11 และโรสแมรี่ร้อยละ 27.80 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ น้ำตาลร้อยละ 46.77 เกลือร้อยละ 16.15 ซีอิ๊วผงร้อยละ 25.30 และสมุนไพรร้อยละ 11.78 การศึกษาหาปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมัก พบว่าปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่เหมาะสมคือ 33 กรัมต่อน้ำหนักไก่ 500 กรัม และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมักคือ 20 นาที ที่อุณหภูมิห้อง (28 – 30 องศาเซลเซียส)

ผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพรมีการยอมรับที่ดีจากผู้บริโภคทั้งในด้านลักษณะสีน้ำตาล กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน รสเค็ม ความนุ่ม และการยอมรับรวม โดยมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ในลักษณะดังกล่าวเท่ากับ 1.03, 0.93, 0.95, 1.07, 0.96 และ 0.85 ตามลำดับ

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมเพื่อศึกษาผลของสารป้องกันการเกาะติดและอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา พบว่าการไม่ใช้และการใช้สารป้องกันการเกาะติดไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือที่ 25 องศาเซลเซียส การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ พบว่าผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด สามารถเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ได้นาน 6 เดือน

ABSTRACT

The study of consumer acceptability on the herbal used in formulation, it was found that rosemary and thyme were more acceptable than balm and oregano. The best composition of the herbals were 19.38% oregano, 24.71% balm, 28.11% thyme and 27.80% rosemary. The optimization of the total component system was studied. The total component system composed of 46.77% sugar, 16.15% salt, 25.30% soy sauce powder and 11.78% herbal. In addition, quantity 33 g of the total component system and curing time for conditioning was suitable for 500 g of chicken with 20 min curing time at room temperature (28 – 30 ^{o}C).

The panelists accepted the final product with mean ideal ratio scores of brown color, flavor of herbs, sweetness, saltiness, softness and overall acceptability by the scores of 1.03, 0.93, 0.95, 1.07, 0.96 and 0.85, respectively.

Mixed herbal seasoning for chicken developed from suitable formula and processing were brought to study the effect of silicon dioxide as anticaking agent and temperatures during storage. The study showed that silicon dioxide had no significant effects on quality of the seasoning.

The most suitable storage temperature was 25 ^{o}C. The shelf-life prediction was found to be kept at 25 ^{o}C with no anticaking agent which had the shelf-life of 6 months.

สารบาญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบาญตาราง	ฉ
สารบาญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	40
วัตถุดิบและอุปกรณ์	40
การวางแผนการทดลอง	42
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	51
การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร	51
ศึกษาอัตราส่วนของสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร	54
การหาอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมดที่เหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร	63

ศึกษาปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมัก 70
ศึกษาคุณภาพของผงหมักไก่สมุนไพรที่ผ่านการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตมาแล้ว 82
ศึกษาสารป้องกันการเกาะติด (anticaking agent) และอุณหภูมิในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร 86
การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผงหมักไก่สมุนไพร 137
ต้นทุนการผลิต 141

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 142
สรุปผลการทดลอง 142
ข้อเสนอแนะ 146

เอกสารอ้างอิง 147

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รูปภาพ 152
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส 161
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพ 165
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการวิเคราะห์ทางสถิติ 172

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ระดับค่าน้ำที่เป็นประโยชน์และความสำคัญ	27
3.1	สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design เมื่อผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด	47
3.2	ระดับของแต่ละปัจจัยที่ศึกษาสำหรับการวางแผนการทดลองแบบ Central composite design (CCD)	48
4.1	ค่าคะแนนเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของลักษณะสำคัญของผงหมักไก่สมุนไพรที่ได้จากการสำรวจผู้ทดสอบชิม	52
4.2	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale scoring test ของผงหมักไก่สมุนไพร 4 สูตร	54
4.3	สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design เมื่อผันแปรอัตราส่วนของสมุนไพร	56
4.4	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนของสมุนไพร	57
4.5	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (ค่าสีของผงหมักไก่สมุนไพร) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของสมุนไพร	57
4.6	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (ค่าสีของไก่ทอด) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของสมุนไพร	58
4.7	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Mean ideal ratio scores) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของสมุนไพร	59
4.8	อัตราส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพรที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น	62
4.9	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด	63
4.10	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (ค่าสีของผงหมักไก่สมุนไพร) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด	64

4.11	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (ค่าสีของไก่ทอด) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด	65
4.12	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Mean ideal ratio scores) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด	66
4.13	อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น	69
4.14	สิ่งทดลองสำหรับการหาปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมัก	70
4.15	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรเมื่อผันแปรปริมาณที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก	71
4.16	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร เมื่อผันแปรปริมาณที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก	72
4.17	สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	74
4.18	สมการถดถอยถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์	75
4.19	ค่าเฉลี่ยระดับที่เหมาะสมของปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ (กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม) ต่อคุณภาพทางด้านกลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน และรสเค็ม	81
4.20	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลหมักไก่สมุนไพรที่ทำการผลิตตามสูตรและคะแนนการผลิตที่เหมาะสม	83
4.21	การใช้สารป้องกันการเกาะติดและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร	86
4.22	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	88
4.23	การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (A_w) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	91
4.24	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	94
4.25	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	97

4.26	การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	100
4.27	การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	103
4.28	การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์	104
4.29	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	107
4.30	การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	110
4.31	การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	113
4.32	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	116
4.33	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	119
4.34	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	122
4.35	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	125
4.36	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	128
4.37	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	131

4.38	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน	134
4.39	อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่สภาวะการเก็บรักษาต่าง ๆ	138
4.40	ต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร	141

โครงการหลวง

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	ต้นโรสแมรี่ (Rosemary)	17
2.2	ต้นทาย์ม (Thyme)	18
2.3	ต้นบาล์ม (Balm)	20
2.4	ต้นออริกาโน (Oregano)	21
3.1	กรรมวิธีการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร	43
4.1	กราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร	53
4.2	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร เมื่อใช้อัตราส่วนของสมุนไพรต่างกัน	60
4.3	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร เมื่อใช้อัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมดแตกต่างกัน	67
4.4	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร เมื่อผันแปรปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก	73
4.5	กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพร เมื่อผันแปรปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก	78
4.6	กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวาน เมื่อผันแปรปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก	79
4.7	กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็ม เมื่อผันแปรปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก	80
4.8	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพรที่ผลิตตามสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม	84
4.9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	89
4.10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	89
4.11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	89

4.12	การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	92
4.13	การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	92
4.14	การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	92
4.15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	95
4.16	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	95
4.17	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	95
4.18	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	98
4.19	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	98
4.20	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	98
4.21	การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	101
4.22	การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	101
4.23	การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	101
4.24	การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	105
4.25	การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	105
4.26	การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	105

4.27	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	108
4.28	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	108
4.29	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	108
4.30	การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	111
4.31	การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	111
4.32	การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	111
4.33	การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	114
4.34	การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการ เกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	114
4.35	การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	114
4.36	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	117
4.37	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	117
4.38	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	117

4.39	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	120
4.40	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	120
4.41	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	120
4.42	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	123
4.43	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	123
4.44	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	123
4.45	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	126
4.46	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	126
4.47	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	126
4.48	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	129

4.49	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	129
4.50	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	129
4.51	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	132
4.52	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	132
4.53	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	132
4.54	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	135
4.55	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	135
4.56	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์	135
4.57	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดกับอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติด	139
ก-1	ส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร	153
ก-2	ผงหมักไก่สมุนไพรก่อนอบไล่ความชื้น	153
ก-3	ผงหมักไก่สมุนไพรหลังอบไล่ความชื้น (ผลิตภัณฑ์สุดท้าย)	154
ก-4	ไก่สดก่อนหมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร	154

ก-5	ไก่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร	155
ก-6	เครื่องทอดไก่ ยี่ห้อ TEFAL UNIVERSALIS 1000	155
ก-7	ไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร	156
ก-8	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์บรรจุผงหมักไก่สมุนไพร สำหรับศึกษาอายุการเก็บรักษา	156
ก-9	ผงหมักไก่สมุนไพรวันเริ่มต้นที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด และใช้สารป้องกันการเกาะติด	157
ก-10	ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 2 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด และใช้สารป้องกันการเกาะติด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส	157
ก-11	ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 4 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด และใช้สารป้องกันการเกาะติด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส	158
ก-12	ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 8 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด และใช้สารป้องกันการเกาะติด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส	158
ก-13	ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 12 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด และใช้สารป้องกันการเกาะติด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส	159
ก-14	ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 16 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด และใช้สารป้องกันการเกาะติด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส	159
ก-15	ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 20 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด และใช้สารป้องกันการเกาะติด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส	160
ก-16	ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 24 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด และใช้สารป้องกันการเกาะติด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส	160

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พืชเครื่องเทศและสมุนไพรประกอบด้วยสารหลายชนิด มีทั้งอินทรียสาร วิตามิน แร่ธาตุ เอนไซม์และเกลือแร่ต่าง ๆ ที่จะแปรสภาพไปเป็นพลังงานเพื่อกระตุ้นและแสดงปฏิกิริยาต่อต้านการทำลายของเชื้อโรคต่าง ๆ ให้หยุดการเจริญเติบโตและเพื่อควบคุมระบบต่าง ๆ ของร่างกายให้ทำงานเป็นปกติ ตลอดทั้งเพื่อส่งเสริมระบบต่าง ๆ ของร่างกายให้มีพละกำลังที่จะสามารถทำงานต่อไปได้

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีเครื่องเทศและสมุนไพรเป็นจำนวนมาก ในแต่ละปีคนไทยใช้พืชเครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้พืชเครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดเป็นสินค้าออกที่สำคัญของไทยอีกด้วย แต่จากการที่ลักษณะโครงสร้างการผลิตพืชเครื่องเทศและสมุนไพรยังมีข้อจำกัด การผลิตส่วนใหญ่เป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศ ปัจจุบันสภาวะการณ์เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการพืชเครื่องเทศและสมุนไพรของประเทศต่าง ๆ มีมากขึ้น กอปรทั้งความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของวิทยาการการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูป ยารักษาโรคและเครื่องสำอางต่าง ๆ ได้เจริญรุดหน้าไปมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยมีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชเหล่านี้ ซึ่งพืชบางชนิดยังไม่ได้ทำการเพาะปลูกกันอย่างจริงจัง ไม่ได้เพาะปลูกเป็นการค้า ดังนั้น ปริมาณการผลิตและการควบคุมคุณภาพพืชเครื่องเทศและสมุนไพรจึงกระทำได้ยาก ทั้งที่ประเทศไทยมีพืชเครื่องเทศและสมุนไพรที่สำคัญหลายชนิดที่ตลาดต่างประเทศต้องการ ซึ่งในปีหนึ่ง ๆ พืชเครื่องเทศและสมุนไพรมีการค้าขายอย่างกว้างขวางนับเป็นมูลค่าค่อนข้างสูง (รุ่งรัตน์, 2540)

มูลนิธิโครงการหลวงได้ส่งเสริมให้เกษตรกรทำการเพาะปลูกพืชสมุนไพรมาอย่างต่อเนื่อง ไม่เพียงแต่เฉพาะพืชสมุนไพรไทยเท่านั้นปัจจุบันยังสนับสนุนให้ปลูกพืชสมุนไพรต่างประเทศอีกด้วย เพื่อมุ่งหวังให้ผู้บริโภครู้จักและหันมาให้ความสนใจในการบริโภคพืชสมุนไพร

กันมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถช่วยลดการนำเข้าพืชสมุนไพรจากต่างประเทศได้อีกทางหนึ่ง ตัวอย่างพืชสมุนไพรที่สำคัญได้แก่ มินต์ สวีทบาซิล ซอร์เรล โรสแมรี่ ทาย์ม ออริกาโน นอกจากนี้ยังมีพืชสมุนไพรชนิดต่าง ๆ ที่ยังอยู่ในระหว่างการทดลองตลาดอีกประมาณ 15 ชนิด เช่น เซอร์วิล เลมอนบาล์ม เสจ ลาเวนเดอร์ คาโมมายด์ เนสเตอร์เดียม เป็นต้น (มูลนิธิโครงการหลวง, 2542)

ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการความสะดวกรวดเร็วในการทำหรือบริโภคอาหาร และให้รสชาติที่สม่ำเสมอตามความนิยมของผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูปวางขายตามท้องตลาดอย่างมากมาย และหนึ่งในผลิตภัณฑ์นั้นที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสอาหาร ซึ่งเครื่องปรุงรสที่ใช้เป็นส่วนมากในปัจจุบัน ได้แก่ ซอสปรุงรสชนิดต่าง ๆ ซุปก้อนปรุงรส ผงปรุงรส เครื่องเทศและเครื่องแกงชนิดต่าง ๆ เป็นต้น (สายสนม, 2540 ก)

เพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสอาหารให้มีความหลากหลายมากขึ้น จึงได้คิดค้นและพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ออกมา ให้มีรสชาติแตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์ที่วางขายอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน โดยกำหนดว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนาแล้วนั้นต้องมีคุณภาพที่ดีกว่าหรือเท่ากับผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกันในท้องตลาดได้

กลิ่นรส เป็นลักษณะที่เฉพาะตัวที่สำคัญมากอย่างหนึ่งของอาหารและผลิตภัณฑ์อาหาร และสามารถใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสินคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งแสดงถึงการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้น การปรับปรุงสูตรและรูปแบบของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสอาหารชนิดใหม่ออกมานั้น ก็เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มีมากขึ้นและมีความสะดวกสบายในการปรุงอาหารโดยไม่ต้องใช้เครื่องปรุงหลายชนิดเพื่อปรุงอาหาร (สุมณฑา, 2543)

ดังนั้นการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ มีความสะดวกและรวดเร็วในการประกอบอาหารและให้รสชาติที่สม่ำเสมอ มีสมบัติเป็นอาหารกึ่งยาสมุนไพร รวมทั้งช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตผลจากพืชเครื่องเทศที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ ประกอบกับเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตผงหมักไก่สมุนไพรในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอัตราส่วนของพืชสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร
2. ศึกษาอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร
3. ศึกษาหาปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมัก
4. ศึกษาสารป้องกันการเกาะติด (Anticaking agent) และอุณหภูมิในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถทราบปริมาณที่เหมาะสมของสมุนไพรแต่ละชนิดและสูตรในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร รวมถึงปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสม ตลอดจนทราบถึงการใช้สารป้องกันการเกาะติด (Anticaking agent) และอุณหภูมิในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร

1.4 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาผงหมักไก่สมุนไพร ซึ่งแบ่งการวิจัยออกเป็น 5 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การศึกษาหาอัตราส่วนของสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

ตอนที่ 2 การศึกษาหาอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมดที่เหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

ตอนที่ 3 การศึกษาหาปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมัก

ตอนที่ 4 ศึกษาคุณภาพของผงหมักไก่สมุนไพรที่ผ่านการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตมาแล้วในตอนที่ 1, 2 และ 3

ตอนที่ 5 ศึกษาสารป้องกันการเกาะติด (Anticaking agent) และอุณหภูมิในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การบริโภคอาหาร เมื่ออาหารผ่านเข้าสู่ปากอาหารจะกระตุ้นให้ร่างกายเกิดความรู้สึกต่าง ๆ ผ่านอวัยวะที่เกี่ยวข้องด้านประสาทสัมผัส เช่น ตา หู จมูก ลิ้น ซึ่งอวัยวะเหล่านี้จะสัมผัสกับลักษณะของอาหาร ได้แก่ สี ลักษณะเนื้อ กลิ่น และรส รวมเรียกว่า flavour profile ซึ่งเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นขณะที่อาหารอยู่ในปาก และความรู้สึกส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเนื่องจากกลิ่นและรสของอาหาร

เมื่ออาหารเข้าปาก อวัยวะของร่างกายที่รับความรู้สึกของกลิ่นและรสของอาหารคือจมูกและลิ้น ลิ้นทำหน้าที่รับรสอาหาร เนื่องจากมี taste bud อยู่บนลิ้น และในโพรงจมูกมี olfactory ending เป็นที่รับกลิ่น อาหารบางชนิดอาจมีรสแต่ไม่มีกลิ่น และบางชนิดอาจไม่มีรสแต่มีกลิ่น เมื่อใส่อาหารที่ไม่มีกลิ่นเข้าไปในปาก เปรียบเทียบกับอาหารที่มีกลิ่นหอมจะทำให้เห็นความสำคัญของสารให้กลิ่นในอาหารได้ สารให้กลิ่นในอาหารจึงหมายถึง สารประกอบที่มีกลิ่นเฉพาะและเป็นส่วนผสมอยู่ในอาหาร ดังนั้นอาหารที่ดีควรมีทั้งรสและกลิ่น เมื่อบริโภคอาหารเข้าปากจะทำให้ได้ทั้งรสและกลิ่นพร้อมกัน เรียกว่า รสชาติ (flavour) ดังนั้นรสชาติของอาหารจึงเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งในการตัดสินใจเลือกซื้ออาหารของผู้บริโภค นอกเหนือจากราคา คุณค่าทางอาหาร และความปลอดภัย สารให้รสและกลิ่นจึงเป็นส่วนสำคัญในการเกิดรสชาติของอาหาร (นิธิยา, 2545)

ความหมาย ความสำคัญและประเภทของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส

พฤติกรรมการปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารให้อร่อยและชวนรับประทานนั้นเริ่มตั้งแต่เมื่อใดไม่มีการบันทึกไว้ แต่เชื่อกันว่ามนุษย์เริ่มรู้จักบริโภคอาหารที่มาจากพืชก่อนรู้จักการบริโภคอาหารที่มาจากสัตว์ และเมื่อเริ่มมีการหุงต้มอาหารจึงนำเอาสมุนไพรและเครื่องเทศที่หาได้มาใช้ประโยชน์โดยเลือกชนิดที่มีกลิ่นหอมชวนรับประทาน ดังนั้นเครื่องปรุงรสชนิดแรกที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้จึงน่าจะเป็นเครื่องเทศ และสมุนไพร จึงมีประวัติความเป็นมาที่ยาวนานคู่มาถึงการพัฒนาของมนุษยชาติ

ความหมายของเครื่องปรุงรส (สายสนม, 2540 ก)

คำว่า เครื่องปรุงรส (seasoning) ได้กำหนดไว้ในพจนานุกรมเวปสเตอร์ (webster) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1828 ให้ความหมายไว้ว่าสารประกอบใด หรือสิ่งใดก็ตามที่เติมลงในอาหารชนิดใดชนิดหนึ่ง และช่วยเสริมให้อาหารนั้น ๆ มีรสชาติที่อร่อยขึ้น อาจจะเป็นสารประกอบที่ให้ความเผ็ดร้อน หรือสารประกอบที่ให้กลิ่นหอม เช่น เครื่องเทศ รวมถึงสารประกอบที่ให้รสอาหารเช่น เกลือ น้ำตาล กรด ซึ่งอาจจะใช้เพียงชนิดเดียว หรือใช้ในรูปที่เป็นส่วนผสมของสารประกอบหลายชนิด

ในปี 1985 Farrell ได้ให้ความหมายหรือคำจำกัดความของคำว่า เครื่องปรุงรสให้สมบูรณ์ขึ้น และเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ด้านเทคนิคที่เกี่ยวกับอาหาร โดยให้ความหมายไว้ดังนี้คือ ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยเครื่องเทศหรือสารสกัดจากเครื่องเทศตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไปหรือสารประกอบอื่น ๆ หลายชนิดมาผสมกัน เมื่อเติมลงในอาหารจะเป็นเนื้อหรือผักก็ตามขณะทำการหุงต้มหรือปรุงแต่งก่อนนำเสิร์ฟให้ผู้บริโภคเพื่อเสริมแต่งกลิ่นรสตามธรรมชาติของอาหารจานนั้น ๆ และช่วยเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภคด้วยและเพื่อให้มีความแตกต่างจากคำว่า คอนดิเมนต์ (condiment) ซึ่งจะหมายถึงเครื่องปรุงรสที่ใช้เติมบนโต๊ะอาหารเท่านั้น ซึ่งนิยมเรียกว่าเครื่องจิ้ม

ความสำคัญของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส (สายสนม, 2540 ก ; Ashurst, 1995)

เครื่องปรุงรสไม่ได้จัดเป็นอาหารที่นำมาบริโภคโดยตรง แต่จัดเตรียมไว้เพื่อการปรุงแต่งขณะทำการหุงต้มให้ได้รสชาติตามความนิยมของผู้บริโภคที่มีความคุ้นเคย จึงทำให้เครื่องปรุงรสมีบทบาทที่สำคัญต่อวงการธุรกิจอาหารเกือบทุกประเภท ตั้งแต่การจำหน่ายปลีกให้กับแม่บ้านได้นำมาใช้ปรุงแต่งอาหารเองในครัวเรือนหรือผลิตให้กับภัตตาคารและโรงงานอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูป ความสำคัญของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจัดลำดับได้ในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. ทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการหุงต้มอาหารและให้รสชาติที่สม่ำเสมอตามความนิยมของผู้บริโภค ในสภาพสังคมปัจจุบันแม่บ้านต้องทำงานนอกบ้านอีกทั้งการจราจรติดขัดทำให้ต้องเสียเวลาไปมากมายในแต่ละวัน จึงไม่มีเวลาพอที่จะประกอบอาหารเพื่อบริโภคภายในครอบครัว จำเป็นต้องบริโภคอาหารนอกบ้านหรือซื้ออาหารที่เตรียมเรียบร้อยแล้วมาบริโภคที่บ้าน จากผลการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคอาหารนอกบ้านพบว่า ชาวญี่ปุ่นนิยมมากที่สุดในโลก

คิดเฉลี่ยรายหัวการจ่ายเงินเพื่อบริโภคอาหารนอกบ้านสูงถึง 2,000 ดอลล่าห์อเมริกันต่อปี ส่วนชาวอเมริกันมีการใช้จ่ายเพื่อการนี้เพียง 950 ดอลล่าห์ ผู้บริโภคประเทศต่าง ๆ ในทวีปยุโรปจะนิยมบริโภคอาหารนอกบ้านต่ำกว่าที่กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามมีผู้ประเมินว่าในสภาวะการของสังคมทั่วโลก ปัจจุบันนี้จะมีการบริโภคอาหารที่เตรียมสำเร็จรูปแล้วเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 15 ต่อปี ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ธุรกิจอาหารจานด่วนเพิ่มขึ้นตลอดเวลา และส่งผลให้มีการพัฒนาสูตรของสารปรุงรสให้เป็นที่พอใจของผู้บริโภคและเป็นเอกลักษณ์ของอาหารจานนั้น ๆ และยังต้องสร้างสูตรใหม่ ๆ เพื่อให้ผู้บริโภคมีโอกาสเลือกบริโภคได้ตามรสนิยมด้วย ดังนั้นธุรกิจการผลิตสารปรุงรสจึงเติบโตคู่กับธุรกิจอาหารจานด่วน

2. มีสมบัติที่เป็นอาหารกึ่งยาสมุนไพร หากพิจารณาสูตรเครื่องปรุงรสทั้งหลายจะเห็นว่าเครื่องเทศเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าองค์ประกอบของเครื่องเทศทั้งหลายนอกจากจะให้กลิ่นกับอาหารแล้วยังมีผลทางยาที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาพด้วยซึ่งจัดกลุ่มอาหารประเภทนี้ในชื่อว่า Nutraceutical food หมายถึง อาหารและเครื่องดื่มที่บริโภคแล้วมีผลทางยาที่มีผลต่อสุขภาพได้ด้วย

3. ช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตผลจากพืชเครื่องเทศที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ เพื่อนำมาผสมให้ได้สูตรหรือผลิตภัณฑ์ที่ถูกใจผู้บริโภคดังเช่น เครื่องปรุงต้มยำ ซึ่งคำนี้ได้มีการนำไปใช้ทั่วไปในประเทศมาเลเซีย ที่ผู้บริโภคชอบรสชาติต้มยำของไทยเรา แม้แต่ซุปที่จำหน่ายในประเทศญี่ปุ่นก็พบว่ามีการระบุไว้ที่ฉลากว่ากลิ่นรสของซุปนั้น คือ ต้มยำ ซึ่งถ้ามีผลิตภัณฑ์ประเภทดังกล่าวมากขึ้น จะช่วยเปิดโอกาสให้มีการส่งวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบในเครื่องปรุงรสนั้น ๆ ออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

ประเภทของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส (สายสนม, 2540 ก)

ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสชนิดที่นำไปปรุงแต่งอาหารคาว (savory food) มีจำนวนมากมายและรูปแบบแตกต่างกันไป

จำแนกโดยอาศัยหลักความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสได้ 3 ประเภทคือ

1. เครื่องปรุงรสที่อยู่ในรูปผง เป็นเครื่องปรุงรสที่ผลิตได้ง่ายโดยการนำเครื่องเทศชนิดต่าง ๆ มาผสมกันเพียง 2-3 ชนิด หรือมากกว่านั้นเพื่อจำหน่ายในรูปขายปลีกที่บางครั้งผู้ใช้คิดว่าเป็นส่วนประกอบของอาหารโดยไม่ทราบว่ามาจากส่วนผสมต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น Chili powder จะประกอบด้วยพริกป่นเป็นหลักและมีเครื่องเทศอื่นผสมกันตามความนิยมของผู้ใช้ซึ่งจะแตกต่างกันได้ตามความนิยม เช่น มีความเผ็ดมากน้อยต่างกัน สีต่างกัน ตั้งแต่แดงจัดจนถึงสีน้ำตาลเข้ม เป็นเครื่องปรุงรสพื้นฐานที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมากตามครัวเรือนที่เปรียบเสมือนกับการใช้เครื่องเทศชนิดหนึ่งโดยทั่วไป และอาจจะนำไปผสมกับเครื่องปรุงรสอื่น ๆ เพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไปได้ด้วย เช่น เครื่องปรุงรสสำหรับเนื้อไก่ (poultry seasoning) ที่นิยมใช้ผสมเพื่ออัดเข้าไปในเนื้อไก่เพื่อนำไปอบ หรือผสมในแป้งชุบไก่ทอดหรือการหมักเนื้อไก่ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องเทศประเภทที่ได้จากใบแห้งบดละเอียด

2. เครื่องปรุงรสที่อยู่ในรูปข้นหนืด (paste) จัดเป็นเครื่องปรุงรสที่มีการพัฒนารูปแบบให้มีความเหมาะสมต่อการขนถ่าย เพราะในสภาพที่เป็นผงจะมีปัญหาทางการใช้เพราะมักจะฟุ้งกระจายมาก มีผลกระทบต่อระบบการหายใจของผู้ปฏิบัติงาน จึงมักมีการเติมน้ำมันหรือของเหลวบางอย่างเพื่อปรับให้มีลักษณะจับตัวกันเป็นก้อนสี่เหลี่ยม สะดวกต่อการบรรจุ และการใช้ เช่น ซุปก้อน หรือเครื่องปรุงต้มยำก้อน เป็นต้น นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ถ้าเป็นของสด เช่น น้ำพริกแกงต่าง ๆ นั้น เมื่อบดผสมก็จะมีลักษณะข้นหนืดอยู่แล้วหรือในกรณีที่ใช้ส่วนผสมที่ได้จากสารสกัดจากเครื่องเทศในรูปโอลิโอเรซิน หรือมีส่วนประกอบอื่นที่เป็นของเหลวปะปนอยู่บ้าง ก็จะได้ลักษณะเครื่องปรุงรสที่อยู่ในลักษณะข้นหนืดเช่นกัน

3. เครื่องปรุงรสที่เป็นของเหลว ตัวอย่างเครื่องปรุงรสกลุ่มนี้ ได้แก่ ซอสหอยนางรม ซีอิ๊ว น้ำปลา ซอสมะเขือเทศ ซอสพริก และบาบีคิวซอส เป็นต้น

จำแนกตามชนิดของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสที่นำไปใช้ได้ 4 ประเภทคือ

1. เครื่องปรุงรสผสมแบบง่าย (simple seasoning blends) หมายถึง เครื่องปรุงรสที่มีส่วนประกอบเป็นเครื่องเทศสองสามชนิด หรือมากชนิดที่อยู่ในรูปผงผสมเกลือ และสารป้องกันการเกาะติดเป็นหลัก (anticaking) เพื่อให้มีลักษณะเป็นผงร่วนไม่ติดกัน (free flowing) ตัวอย่างเช่น เกลือกระเทียม (garlic salt) เกลือหอม (onion salt) และเกลือคื่นฉ่าย (celery salt) ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสในกลุ่มนี้บางครั้งผู้นำไปใช้คิดว่าเป็นเครื่องเทศชนิดหนึ่งที่นำมาใช้ปรุงอาหารเพื่อให้

ได้ลักษณะรสชาติตามต้องการหรือทำให้เป็นส่วนผสมเพื่อปรุงรสแป้งชุบทอด (batter) พวกเนื้อไก่ เป็นต้น

2. เครื่องปรุงรสผลิตภัณฑ์เนื้อ (meat seasonings) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูป นับว่าเป็นความสำคัญที่มีส่วนแบ่งทางการตลาดที่มูลค่าสูงและมีผลิตภัณฑ์มากมายหลายรูปแบบ เช่น ไส้กรอกเวียนนา แฟลงเฟอร์เตอร์ ไส้กรอกหมู แฮม เบคอน ซาลามี และอื่น ๆ อีกมาก การแปรรูปเนื้อให้เป็นผลิตภัณฑ์นั้น จำเป็นต้องปรุงแต่งรสชาติให้ถูกใจผู้บริโภค อุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อจึงมักจะต้องควบคู่ไปกับการจัดหาสูตรเครื่องปรุงรสของผลิตภัณฑ์นั้น ส่งให้ผู้ผลิต การแปรรูปนำไปใช้โดยตรงแต่บางแห่งอาจจะจัดเตรียมเอง แต่ส่วนใหญ่นิยมซื้อจากผู้ปรุงแต่งสูตรในรูปที่พร้อมใช้แล้วซึ่งมีผู้ชำนาญเฉพาะเรื่องมากกว่า เพราะสูตรเครื่องปรุงรสผลิตภัณฑ์เนื้อมีความหลากหลายมาก แม้แต่ไส้กรอกเพียงอย่างเดียว ถ้าจำแนกออกแล้วจะมีมากมายหลายชนิดแต่ละชนิดก็จะใช้เครื่องปรุงรสที่ต่างกันไป

3. เครื่องปรุงรสผลิตภัณฑ์อาหารว่าง (snack seasonings) อุตสาหกรรมอาหารว่างโดยเฉพาะที่อยู่ในรูปอาหารคาว คือ มีรสเค็มและกลิ่นรสเป็นพวกเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ได้รับความนิยมในการบริโภคปริมาณสูง และเครื่องปรุงรสนับว่ามีบทบาทสูงต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์นี้เพราะส่วนประกอบหลักของอาหารว่างมักจะเป็นแป้งแล้วทำให้สุกพองมีความกรอบ และแต่งกลิ่นรสโดยใช้สารปรุงรส หรือจากผลิตภัณฑ์พวกมันฝรั่งทอดกรอบ (potato chip) ข้าวโพดกรอบ (corn chip) ข้าวโพดคั่ว ถั่วคั่ว หรือถั่วทอด

4. เครื่องปรุงรสผลิตภัณฑ์ซอสและเกรวี่ (sauces and gravies seasonings) เครื่องปรุงรสประเภทนี้จะมีลักษณะที่อยู่ในรูปของเหลว

เกรวี่จะเป็นน้ำเหลว ๆ ที่นำมาราดบนอาหารที่ทำให้สุกโดยการทอดในน้ำมันน้อย ๆ หรือการอบก่อนเสิร์ฟจะมีน้ำปรุงรสที่ข้นหนืดด้วย การเติมแป้งราดไปบนชิ้นอาหารพวกเนื้อสัตว์ต่าง ๆ สำหรับอาหารไทยที่เทียบได้คือ น้ำก๋วยเตี๋ยวราดหน้าต่าง ๆ หรือข้าวราดหน้าต่าง ๆ รวมถึงน้ำที่ได้จากการผัดแล้วมีน้ำขลุกขลิกก็น่าจะเป็นลักษณะที่เรียกว่า น้ำเกรวี่เช่นกัน

ซอสปรุงรสที่นิยมใช้กับอาหารมีมากมายหลายชนิด ซึ่งพอจะแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้ คือ

1. ซอสปรุงรสที่มีมะเขือเทศเป็นส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ซอสมะเขือเทศ และซอสอื่น ๆ ที่ใช้ซอสมะเขือเทศเป็นหลักแล้วเติมแต่งกลิ่นอื่นเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เฉพาะอย่าง หรือจะใช้เนื้อมะเขือเทศเข้มข้น (tomato paste) แทนก็ได้ ซอสพวกนี้ได้แก่ ซอสสปาเกตตี้ ซอสพิซซ่า เป็นต้น

2. ซอสปรุงรสที่มีครีมเป็นส่วนประกอบหลัก คือซอสที่ใช้ผลิตภัณฑ์นมเป็นส่วนผสมหลักที่รู้จักแพร่หลายมาก ได้แก่ ซอสขาว (white sauce) ซอสอัลฟรีโด (alfredo sauce) และซอสเนยเหลว (cheese sauce)

3. ซอสปรุงรสที่มีโปรตีนพืชหรือโปรตีนสัตว์ไฮโดรไลส์เป็นส่วนประกอบหลัก ซอสปรุงรสนี้นิยมใช้ในประเทศแถบเอเชีย เช่น น้ำปลา ซีอิ๊ว และมีการนำไปปรุงแต่ง เสริมส่วนประกอบอื่น ๆ เพื่อให้ได้ รสชาติแตกต่างออกไปได้อีก

ส่วนประกอบของเครื่องปรุงรส

ส่วนประกอบของเครื่องปรุงรสอาจจะประกอบด้วยเครื่องเทศเพียงชนิดเดียวหรือ 2 ชนิด ที่จัดอยู่ในรูปของเครื่องปรุงรสผสมแบบง่ายหรืออาจจะประกอบด้วยเครื่องเทศหลายชนิดและสารประกอบอื่นผสมผสานให้เกิดรสชาติที่กลมกล่อมถูกใจผู้บริโภค และอาจผสมสารประกอบอื่นที่ไม่มีผลทางกลิ่นรสแต่เพื่อช่วยปรับสภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสให้อยู่ในลักษณะที่เก็บได้นานขึ้นและสะดวกในการนำไปใช้รวมถึงมีลักษณะปรากฏที่พอใจของผู้นำไปใช้เพื่อปรุงแต่งอาหาร จึงทำให้ส่วนประกอบเครื่องปรุงรสประกอบด้วยสารประกอบหลายกลุ่มดังต่อไปนี้ คือ

1. สารประกอบที่ให้กลิ่นรส (flavourings) (สายสนม, 2540 ข ; Ziegler and Ziegler, 1998)

ส่วนประกอบกลุ่มนี้นับว่ามีบทบาทสูงต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสมาก โดยเฉพาะอาหารคาวเพราะนอกจากจะให้กลิ่นแล้วยังมีผลกระตุ้นความรู้สึกที่มีผลต่อการอยากรับประทานอาหาร คือ ความเผ็ด และความเย็นชุ่มคอ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบที่ เรียกว่า chemesthetic flavour compounds

สารประกอบที่ให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสที่นิยมใช้จะแบ่งได้หลายกลุ่ม ได้แก่ เครื่องเทศและสมุนไพรที่ใช้กับอาหารซึ่งอาจจะอยู่ในรูปที่คงลักษณะเดิมทั้งสดและแห้งหรืออาจอยู่ในรูปบดเป็นผง หรือสารสกัดจากเครื่องเทศในรูปน้ำมันหอมระเหยหรือโอลิโอเรซินก็ได้ ส่วนการเลือกใช้เพื่อสร้างกลิ่นในผลิตภัณฑ์นั้นขึ้นอยู่กับความต้องการจะให้มีกลิ่นหอมนุ่มนวลหรือต้องการให้ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสที่มีกลิ่นร้อนแรง ซึ่งในกลุ่มของเครื่องเทศที่มาจากใบและลำต้น (culinary herbs) นั้นจะแบ่งไว้เป็นกลุ่มตามลักษณะของกลิ่นที่จะเลือกนำไปใช้ได้ดังนี้ คือ

1.1 ใบพืชสมุนไพรที่ให้กลิ่นหอม (fresh) และผสมผสานด้วยกลิ่นที่ให้ลักษณะทางยาอ่อน ๆ (medicinatnote) ซึ่งจะเกิดจากสารประกอบซินีอัวและยูคาลิปตัล (ciniole/eucalyptol) ได้แก่ ใบเบย์ (bay) โรสแมรี่ (rosemary) ใบลอเรล (laurel) และเสจจากสเปน (Spanish sage)

1.2 ใบพืชสมุนไพรที่มีกลิ่นยาหอมหวาน (sweet medicinal) และมีลักษณะของกลิ่นหรือเครื่องเทศสมุนไพรที่แรงขึ้นเกิดจากสารประกอบไทมอลและคาวาครอล (thymol / carvacrol) นิยมใช้แต่งกลิ่นอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เช่น ไทม์ (thyme) ออริกาโน (oregano) และเม็กซิกันเสจ (Maxican sage)

1.3 ใบพืชสมุนไพรที่กลิ่นหอมหวานจากแอลกอฮอล์ ได้แก่ โหระพา กะเพรา (basil) มาจอแรม (marjoram) และ ทารากอน (tarragon)

1.4 ใบพืชสมุนไพรที่กลิ่นหอมสดชื่น เกิดจากสารประกอบพวกเมนทอล (menthol) ที่มีอยู่ในสะระแหน่ชนิดต่าง ๆ

1.5 เครื่องเทศจากส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ใบและลำต้น ซึ่งแบ่งตามลักษณะของกลิ่นรสเพื่อการเลือกใช้ได้ดังนี้คือ

1.5.1 เครื่องเทศให้กลิ่นหอมหวาน (aromatic spices) ได้แก่ ลูกจันทน์ ดอกจันทน์ กระวาน อบเชย

1.5.2 เครื่องเทศให้กลิ่นฉุนและความเผ็ดร้อน (pungent spices) ได้แก่ พริกไทย พริกชี้ฟ้า พริกขี้หนู ขิง มัสตาร์ด และฮอสแรดดิช

1.5.3 เครื่องเทศที่มาจากผลของพืชในกลุ่มผักชียี่หร่า (umbilliferous) ซึ่งได้แก่ ผักชีฝรั่ง (parsley) ลูกผักชี (coriander) ยี่หร่า (cumin) รวมถึงส่วนที่ได้จากเมล็ด เช่น

เมล็ดผักชีลาว หรือเทียนตาตั๊กแตน (dill seed) เทียนข้าวเปลือก (fennel seed) เทียนตากบ (caraway seed) เทียนสัตตบุศย์หรืออะหนี (anise seed)

1.5.4 เครื่องเทศที่มีสารฟีนอลิก (phenolic spices) ได้แก่ กานพลู และออลสไปซ์ (allspice)

1.5.5 เครื่องเทศที่ให้สีและกลิ่น (colored spices) ได้แก่ สีจากพริกที่นิยมเรียกว่า พาพริคา (paprika) ขมิ้นและหญ้าฝรั่น (saffron)

2. กลิ่นรสที่ได้จากการแปรรูป (process flavourings) (สายสนม, 2540 ข ; นิธิยา, 2545 ; Andrew, 2002)

กลิ่นรสกลุ่มนี้เกิดขึ้นขณะผลิตหรือเตรียมอาหารด้วยความร้อนจากการปิ้ง ย่าง อบ และการทอด ซึ่งมนุษย์รู้จักและคุ้นเคยกลิ่นรสที่เกิดด้วยการหุงต้ม หรือการแปรรูปมานานมากตั้งแต่เริ่มรู้จักหุงต้มอาหารด้วยความร้อน แต่การอธิบายถึงการเกิดกลิ่นนั้นจะเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ที่กระตุ้นให้เกิดขึ้นด้วยความร้อนหรือ เอนไซม์ ดังนั้นจึงเรียกชื่อกลุ่มสารประกอบที่ให้กลิ่นรสนี้ว่า reaction flavouring และกลิ่นรสในกลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญต่อการแต่งกลิ่นรสอาหารคาวมาก ปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดกลิ่นรสในกลุ่มนี้มีหลายปฏิกิริยาด้วยกันที่สำคัญ ได้แก่

2.1 ปฏิกิริยาเมลลาด (maillard reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดสีน้ำตาลในอาหารที่รู้จักกันโดยทั่วไป ซึ่งเกิดจากสารประกอบคาร์บอนิล (carbobyl compounds) ที่มีอยู่ในอาหารต่าง ๆ ตามธรรมชาติเช่น น้ำตาลรีดิวซ์ ทำปฏิกิริยากับสารประกอบอะมีน (amines) ซึ่งได้แก่ กรดอะมิโนหรือโปรตีน ตัวอย่างเช่น ไลซีน (lycine) ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลซูโครส (sucrose) ได้สารประกอบให้กลิ่นเนื้อเคี่ยว (beef broth) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบที่เกิดในปริมาณเพียงเล็กน้อยควบคู่ไปกับสารประกอบที่ให้สีน้ำตาลพวกเมลานอยดิน (melanoidins) สารให้กลิ่นที่เกิดจากปฏิกิริยานี้ได้แก่ ไพราซีน (pyrazines)

2.2 ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชั่น (caramelization) คือ ปฏิกิริยาที่เกิดจากการสลายตัวของน้ำตาลด้วยความร้อนค่อนข้างสูง (150 องศาเซลเซียส) ขึ้นไปจะให้สีน้ำตาลที่เรียกว่า คาราเมล (caramel) และสารที่ให้กลิ่นพร้อมกันไปคือ กลิ่นน้ำตาลเคี่ยวนั่นเอง

2.3 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis reaction) คือปฏิกิริยาที่ทำให้สารประกอบแตกตัวตรงพันธะเคมีด้วยน้ำสำหรับกรณีในการเกิดกลิ่นนี้จะเป็นการแตกตัวเนื่องจากกรดและมีความร้อนเข้าร่วมด้วย กลิ่นในกลุ่มที่ใช้กันมากได้แก่ โปรตีนไฮโดรไลเซท (protein hydrolysate) โดยเฉพาะที่เป็นโปรตีนพืช ซึ่งนิยมเรียกชื่อย่อว่า HVP ซึ่งย่อมาจาก hydrolyzed vegetable protein หรือได้จากการไฮโดรไลซีสเนื้อสัตว์เช่น พวกปลา และหอย เช่นผลิตภัณฑ์น้ำปลาที่มีกลิ่นรสเฉพาะ นอกจากจะใช้กรดในการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสแล้วยังมีการใช้เอนไซม์ ซึ่งนิยมเรียกปฏิกิริยานี้ว่า เอนไซม์โมไลซีส (enzymeolysis) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ซีอิ๊ว จะผลิตได้ทั้งจากการหมักด้วยเอนไซม์และการไฮโดรไลซีสด้วยกรดแต่ซีอิ๊วที่หมักด้วยเอนไซม์จะเป็นที่ยอมรับกันว่ามีกลิ่นหอมกว่าซีอิ๊วที่ใช้กรดในการไฮโดรไลซีส นอกจากกลิ่นจะด้อยกว่าแล้วมักจะมีรสเค็มจัดเนื่องจากมีเกลือเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่ต้องทำให้เป็นกลาง (neutralization) ก่อนนำมาบริโภค

กลิ่นจากการแปรรูปนี้นอกจากที่เกิดจากปฏิกิริยาดังกล่าวแล้วยังมีการใช้กลิ่นที่ได้จากยีสต์ผงที่หมดกิจกรรมแล้ว (dried inactivated yeast) ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแล้วยังช่วยเพิ่มกลิ่นด้วย นิยมใช้แต่งกลิ่นอาหารพวก ซอส อาหารว่าง และน้ำเกรวี่ นอกจากยีสต์ผงแล้วยังมีการผลิตยีสต์สกัด (yeast extract) มาใช้ในการแต่งกลิ่นอาหารด้วย โดยนำเซลล์ยีสต์มาผ่านความร้อนเพื่อทำลายเซลล์ยีสต์แต่ไม่ให้ระบบเอนไซม์สูญเสียกิจกรรมเพื่อให้ทำหน้าที่ในการสลายตัวของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต สารนิวคลีโอไทด์ เปลี่ยนเป็นสารประกอบให้กลิ่นในลักษณะต่าง ๆ กันไป ยีสต์สกัดที่ยังคงมีเยื่อหุ้มเซลล์ (cell wall) อยู่จะช่วยทำหน้าที่เพิ่มในรูปของอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และเป็นสารช่วยให้ข้นหนืด (thickeners) ได้ด้วย การใช้ยีสต์ผงหรือยีสต์สกัดจะคล้ายคลึงกับการใช้สารประกอบพวกโปรตีนไฮโดรไลเซท จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ประเภทนี้เป็นคู่แข่งกันในทางการค้าอย่างเด่นชัด

อย่างไรก็ตามสารประกอบให้กลิ่นที่ได้จากปฏิกิริยาหรือกระบวนการแปรรูปต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนี้ยังไม่เป็นกลิ่นที่เฉพาะเจาะจงจะนำไปใช้แต่งกลิ่นอาหารได้ทันทีจำเป็นต้องปรับให้มีลักษณะกลิ่น ๆ (profile) ที่เหมาะสมถูกใจผู้นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ ตามด้วยการปรับสูตรให้ได้ลักษณะกลิ่นที่เฉพาะซึ่งมักจะเป็นความลับของบริษัทผู้ผลิตที่ลอกเลียนแบบค่อนข้างยาก

3. กลิ่นรสที่ได้จากการสังเคราะห์ (synthetic flavours) (สายสนม, 2540 ข ; ศิวาพร, 2535)

กลิ่นสังเคราะห์เป็นกลิ่นที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางเคมีโดยตรง จุดประสงค์การผลิตกลิ่นสังเคราะห์นี้เพื่อเลียนแบบกลิ่นที่มีอยู่ตามธรรมชาติซึ่งมีราคาแพง ตัวอย่างกลิ่นสังเคราะห์ที่เลียนแบบธรรมชาติที่นิยมใช้มากที่สุดในประเทศ ได้แก่ กลิ่นแมงดานา ที่นิยมใช้แต่งกลิ่นน้ำพริกพื้นบ้าน

3.1 สารชูรส (flavor enhancers) สารประกอบกลุ่มนี้นิยมเติมลงในอาหารเพื่อช่วยเสริมกลิ่นรสดั้งเดิมของผลิตภัณฑ์นั้นเด่นชัดขึ้น ทั้งที่สารประกอบพวกนี้บางชนิดไม่มีกลิ่นเลย ดังนั้นสารประกอบในกลุ่มนี้จึงได้แก่ สารประกอบที่ใช้รสชาติหลักของอาหารโดยทั่วไปนั่นเอง คือสารที่ให้รสหวาน เปรี้ยวและเค็ม เนื่องจากสารที่ให้รสดังกล่าวจะทำหน้าที่เสมือนเป็นสื่อช่วยนำสารที่ให้กลิ่นไปกระทบกับต่อมรับกลิ่นได้อย่างสม่ำเสมอในขณะเคี้ยวและกลืนอาหาร สารประกอบที่มีบทบาทมากในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำหรับอาหารคาวมากที่สุด ได้แก่ เกลือโมโนโซเดียมกลูตาเมท (monosodium glutamate) หรือที่เรียกกันย่อ ๆ ว่า M.S.G. ที่รู้จักกันทั่วไปคือ ผงชูรสนั่นเอง และสารประกอบกลิ่นกลุ่มนิวคลีโอไทด์ (nucleotides)

3.2 สี จัดเป็นสมบัติประการแรกที่กระทบความรู้สึกนึกคิดของผู้บริโภคที่สัมพันธ์กับการยอมรับหรือไม่ยอมรับอาหารนั้น นอกจากนั้นสีของอาหารยังจัดเป็นคุณภาพของอาหารที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับคุณภาพกลิ่นด้วย หากสีและกลิ่นของอาหารไม่สอดคล้องกัน ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะแยกแยะอาหารนั้นตามสีมากกว่าตามกลิ่นของอาหาร และอาจเกิดความรู้สึกไขว้เขวในการบ่งชี้ชนิดอาหารนั้น ๆ ได้ สีของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจัดว่าเป็นปัจจัยแห่งคุณภาพที่สำคัญและจะมีบทบาทสูงมากถ้าการใช้เครื่องปรุงรสในปริมาณมาก ๆ เพื่อแสดงถึงลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้เครื่องปรุงรสเพียงเล็กน้อย ซึ่งสีอาจจะแตกต่างกันไปบ้างแต่ไม่เป็นที่สังเกตได้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ดังนั้นหากจะต้องใช้สีของเครื่องปรุงเป็นปัจจัยเพื่อแสดงถึงลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์ จำเป็นที่จะต้องเลือกใช้สีให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสด้วย

3.3 สารช่วยปรับเนื้อสัมผัสและความเสถียร (texturizing agents, stabilizers) เครื่องปรุงรสหลายชนิดจำเป็นต้องปรับเนื้อสัมผัสและความรู้สึกสัมผัสภายในปากเป็นอย่างมาก เช่น ซอสและเกรวี่ สารประกอบกลุ่มนี้จะมีบทบาทต่อสมบัติความหนืดข้นของผลิตภัณฑ์ และการไม่

แยกตัวในช่วงการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ สารประกอบที่ช่วยทำหน้าที่ดังกล่าวมีหลายชนิดได้แก่ สตาร์ช สารอนุพันธ์ของเซลลูโลส กัมจากเมล็ดพืชบางชนิด เช่น กัวร์กัม โปรตีนจากสัตว์ เช่น เจลาติน สารสกัดจากสาหร่ายทะเล สารสกัดจากพืช เช่น เพคติน น้ำยางจากพืช เช่น อาราบิกกัม และกัมที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม

3.4 สารประกอบชนิดอื่น ๆ ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสนั้นยังคงมีอีกหลายชนิดแต่ความจำเป็นต้องใช้สารในกลุ่มนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของเครื่องปรุงรสนั้น ๆ ไม่ใช่ส่วนประกอบหลักที่สำคัญดังกล่าวแล้ว ได้แก่

3.4.1 สารป้องกันการเกาะติด (anticaking agents) จำเป็นต้องใช้เมื่อเป็นเครื่องเทศผสมในรูปผงแห้งและมีน้ำมันผสมอยู่บ้าง เพื่อรักษาสมบัติความร่วนไหลได้โดยอิสระของแต่ละอนุภาค (free – flowing property) เพื่อง่ายต่อการบรรจุ การนำมาใช้ และเก็บไว้ได้นาน โดยไม่ดูดความชื้นจากอากาศ สารที่นิยมใช้เพื่อวัตถุประสงค์นี้ ได้แก่ ซิลิคอนไดออกไซด์ (silicon dioxide) โซเดียมอลูมิเนียมซิลิเคท (sodium aluminium silicate) ปริมาณที่ใช้คือประมาณร้อยละ 1-2

3.4.2 สารป้องกันการหืน (antioxidants) จำเป็นต้องใช้ในกรณีที่เครื่องปรุงรสนั้นมีส่วนประกอบเป็นน้ำมันอยู่ด้วย ตัวอย่าง อาหารว่างที่ต้องผ่านการทอด สารกันหืนมีหลายชนิดแต่ที่นิยมใช้ทั่วไปและมักอนุญาตให้ใช้ได้ในหลายประเทศ ได้แก่

BHA ย่อมาจากชื่อเต็ม butylated hydroxyanisole เหมาะจะใช้กับไขมัน น้ำมันจากสัตว์ และทนความร้อนได้สูง

BHT ย่อมาจากชื่อเต็ม butylated hydroxytoluene มีประสิทธิภาพสูงเมื่อใช้กับน้ำมันพืช และยังมีสมบัติที่เสริมฤทธิ์ (synergist) ได้ดีเมื่อใช้ร่วมกับ BHA

โทโคฟอรอล (tocopherol) และสารป้องกันการหืนจากธรรมชาติซึ่งมักพบอยู่ในเครื่องเทศบางชนิดอยู่บ้างแล้ว เช่น ในหอม พริกและโรสแมรี่ เป็นต้น ส่วนโทโคฟอรอลนั้นพบอยู่ในน้ำมัน และช่วยป้องกันการหืนได้อยู่แล้ว แต่สารกันหืนกลุ่มนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าพวกสารสังเคราะห์ที่กล่าวแล้ว

3.4.3 อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifiers) จำเป็นต้องใช้เมื่อเครื่องปรุงรสนั้นมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำมันกับน้ำปนกันอยู่ เช่น พวกซอสและเกรวี่เพื่อช่วยปรับให้ส่วนผสมของน้ำกับน้ำมันผสม

กลมกลืนกันได้ เก็บไว้ไม่แยกตัว ตัวอย่างสารที่นิยมใช้ คือ เลซิทิน (lecithin) กลีเซอริล โมโนสเตียเรท (glyceryl monostearate) GMS

พืชสมุนไพร

หมายถึง พืชที่ใช้ทำเป็นเครื่องยา แต่ในอุตสาหกรรมอาหารโดยทั่วไปสมุนไพรเป็นพืชล้มลุกซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน และในการผลิตเครื่องเทศหรือเครื่องปรุงอาหาร สามารถใช้สมุนไพรเป็นวัตถุดิบได้ทั้งในรูปสดและแห้ง แต่ในรูปสดจะมีกลิ่นที่แรงกว่าเพราะการอบแห้งจะทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นเนื่องจากความร้อน (Heath, 1978)

สมุนไพรเป็นเครื่องเทศที่ได้จากพืชที่มีดอก (flowering plant) ส่วนที่นำมาทำเป็น dried herbs ประกอบด้วย ยอดดอก (flowering top) ที่อาจรวมใบ ก้านเล็ก ๆ ดอกและผลด้วย แต่มักจะมีใบมากกว่าส่วนอื่น

สมุนไพรเป็นเครื่องเทศที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อ ไส้ขนม (stuffing) ซุป และ Fish dressing ตัวอย่างของสมุนไพรได้แก่ เบสิล (basil) สาระแหน่ (mint) bay marjoram sage parsley rosemary savory และ thyme (ลักขณา และนิธิยา, 2544)

ความสำคัญของพืชสมุนไพร (รุ่งรัตน์, 2540)

1. ใช้ในการทำยา

2.ใช้ในการปรุงแต่งรสและกลิ่นอาหารในการประกอบอาหารในครัวเรือน และในอุตสาหกรรมทำอาหารชนิดต่างๆ ทั้งในรูปผง อาหารกระป๋อง อาหารหมักดอง อาหารปรุงสำเร็จ และขนมหวาน เป็นต้น

3. ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำหอมและเครื่องสำอางต่าง ๆ

4. ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มต่างๆ เช่น เบียร์ น้ำชา โกโก้ กาแฟ และเครื่องดื่มบรรจุขวดอื่น ๆ

ประโยชน์ของพืชสมุนไพร (รุ่งรัตน์, 2540)

1. ช่วยเพิ่มกลิ่นและรสของอาหาร เครื่องเทศจะทำให้อาหารมีกลิ่นหอมและรสชาติชวนบริโภคมากยิ่งขึ้น ซึ่งกลิ่นของเครื่องเทศเกิดจากน้ำมันหอมระเหย ซึ่งเป็นสารประกอบพวก terpene ส่วนรสที่ได้จากเครื่องเทศส่วนใหญ่เป็นรสเผ็ดร้อน

2. ช่วยเพิ่มความน่าบริโภคให้กับอาหาร อาหารที่ใส่เครื่องเทศจะเพิ่มรสชาติทำให้อาหารอร่อยขึ้น

3. ช่วยถนอมอาหารและดับกลิ่นอาหาร มนุษย์ในสมัยอดีตกาลเป็นต้นมาได้ใช้เครื่องเทศในการช่วยถนอมอาหารให้เก็บไว้ได้นาน แม้กระทั่งถึงสมัยปัจจุบันก็ยังนิยมกันอยู่ สำหรับเครื่องเทศนิยมนำมาดับกลิ่นคาว

ส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

โรสแมรี่ (Rosemary)

ภาพ 2.1 ต้นโรสแมรี่ (Rosemary)
ที่มา : www.flower.riri.info/f/rosemary.jpg

มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Rosmarinus Officinalis* เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง ใบมีลักษณะเป็นเส้นตรงรียาวประมาณ 2-4 เซนติเมตร มีสีเขียวถึงเขียวอมเทา ใบจะเป็นที่สะสมน้ำมันหอมระเหย กลิ่นคล้ายการบูร (มูลนิธิโครงการหลวง, 2542) โดยปกติจะมีความสูงประมาณ 2 เมตร แต่เดิมปลูกแถบเมดิเตอร์เรเนียน จากนั้นมีการขยายการเพาะปลูกไปอย่างกว้างขวางได้แก่ แคลิฟอร์เนีย อังกฤษ ฝรั่งเศส สเปน โปรตุเกต โมรอคโค และจีน (Keville, 1991)

ในด้านองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 0.5(Merory, 1968) ประกอบด้วย flavonoid, phenolic acids, carnosic acid, rosemaricine, rosmanol และ carnosol นอกจากนี้ยังมี cineole, borneol, camphor, linalool (Newall et al., 1996 ; Prakash, 1990)

สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์จะใช้ส่วนของใบนำไปแต่งกลิ่น และรสชาติของซอส อาหารประเภทเนื้อ สัตว์ปีก ขนมหวานที่ทำจากผลิตภัณฑ์นมแช่แข็ง ลูกกวาด ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เจลาตินและพุดดิ้ง นอกจากนี้ยังสามาถนำไปทำอาหารเพื่อสุขภาพโดยใช้ในรูปผงและสารสกัดในรูปแห้ง ช่วยกระตุ้นการไหลเวียนโลหิต เป็นตัวกระตุ้นและขับลมในกระเพาะช่วยรักษาระบบการย่อยอาหาร อาการปวดศรีษะ อาการเครียด นอกจากนี้พบว่ามีการใช้ป้องกันโรคมะเร็งและมีคุณสมบัติเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่ได้จากธรรมชาติ (Keville, 1991)

ทาย์ม (Thyme)

ภาพ 2.2 ต้นทาย์ม (Thyme)

ที่มา : www.aromatherapy-oil.co.uk/images/lemon-thyme.jpg

มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Thymus citroodows* เป็นไม้พุ่ม ลำต้นตั้งตรง ดอกและใบมีขนาดเล็ก เดิมปลูกแถบเมดิเตอร์เรเนียน ต่อมาได้มีการขยายการเพาะปลูกไปสู่แถบ ฝรั่งเศส สเปน อเมริกา (Keville, 1991)

ในด้านองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 2.5 ประกอบด้วย thymol (เป็นสารหลัก) α - pinene, terpinene, camphene, carvacrol, geraniol, terpen – 4 ol, borneol, l – linalool (Newall et al., 1996 ; Prakash, 1990)

สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ จะใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องเทศสำหรับใช้กับอาหารประเภทสลัดโดยเฉพาะ นอกจากนี้ยังใช้กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์เนื้อ เครื่องปรุงรส ซุป น้ำเกรวี่ ไขมัน และน้ำมัน รวมทั้งเครื่องดื่มที่มีและไม่มีแอลกอฮอล์ ลูกกวาด เจลาตินและพุดดิ้ง เป็นส่วนผสมในการให้กลิ่นรสในชา (Keville, 1991) เป็นส่วนผสมของน้ำยาบ้วนปาก ยาแก้ไอ และช่วยในการย่อยอาหาร (Newall et al., 1996 ; Prakash, 1990)

น้ำมันของทาย์มและ thymol มีคำอธิบายว่าเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ ในเนื้อหมูแห้ง labiatic acid ที่มีอยู่ในทาย์มก็มีคุณสมบัติเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ได้ดีพอ ๆ กับ ออริกาโน เสจ มาเจอรัมและมินต์สายพันธุ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ thymol ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีอยู่ในน้ำมันของทาย์ม มีการรายงานว่ามีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งเชื้อรา

ในใบของทาย์มพบว่าเป็นที่สะสมของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งสามารถสกัดได้โดยใช้วิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation) โดยมีน้ำมันหอมระเหยอยู่ร้อยละ 1.0 – 2.5 ซึ่งจะพบสาร thymol และ carvacrol เป็นองค์ประกอบหลักที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหย (Pokorny et al., 2001) และมีรายงานว่าสาร thymol และ carvacrol เป็นสารที่มีฤทธิ์ป้องกันการหืน สามารถยับยั้งหรือต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันหรือน้ำมันได้ (Dapkevicius et al., 2002) ส่วน labiatic acid ที่มีอยู่ในทาย์มก็มีคุณสมบัติเป็นสารป้องกันการหืนได้ดีพอ ๆ กับออริกาโน เสจ มาเจอรัม และมินต์สายพันธุ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังพบว่า thymol มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ (Wang et al., 1999)

บาล์ม (Balm)

ภาพ 2.3 ต้นบาล์ม (Balm)
ที่มา : รัตติกร (2544)

มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Melissa Officinalis* คล้ายมินต์ ใบมีขนมาก ขอบใบหยิก (มูลนิธิโครงการหลวง, 2542) เป็นไม้ยืนต้น มีความสูงประมาณ 1 เมตร นิยมปลูกแถบเมดิเตอร์เรเนียน เอเชียตะวันตกและตะวันตกเฉียงใต้ ไซบีเรีย และแอฟริกาเหนือ นิยมใช้ส่วนของใบและดอก (Keville, 1991)

ในด้านองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 0.1 – 0.2 โดยมีสารประกอบที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น citral, caryophyllene oxide, citronellal, eugenol acetate, geraniol และมี terpene hydrocarbon อีกเล็กน้อย polyphenols (caffeic acid, protocatechuic acid) glucoside ของ geraniol, nerol, eugenol, benzyl alcohol, β- phenylethyl alcohol, neric acid และ geranic acid (Prakash, 1990)

สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ พบว่าน้ำมันจากบาล์มมีผลในการยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย ใช้เป็นยาแก้หวัดและยาแก้อาการชักกระตุก ใช้เป็นยาขับลม และเป็นยาสลบอย่างอ่อน

น้ำมันจะใช้เป็นส่วนประกอบของน้ำหอม บาล์มสกัดและน้ำมันส่วนใหญ่ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ (vermouth และอื่น ๆ) และเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ ของหวานที่ทำจากผลิตภัณฑ์นมแช่แข็ง ลูกกวาด ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เจลาตินและพุดดิ้ง (Keville, 1991)

ออริกาโน (Oregano)

ภาพ 2.4 ต้นออริกาโน (Oregano)
ที่มา : www.bbcfarm.org.uk/…/flowers/main/oregano.jpg

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

มีองค์ประกอบเป็นน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 0.5 ซึ่งประกอบด้วย thymol, origanene และ carvacrol ทางการแพทย์สามารถใช้บรรเทาอาการปวดศีรษะ อาการระคายเคือง

ต่าง ๆ และสามารถใช้กำจัดพยาธิในลำไส้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นน้ำมันทาเพื่อบรรเทาอาการอันเนื่องจากแมลงกัด อาการปวดฟัน และเกลื้อน อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการบำบัดรักษาด้วยกลิ่น (aromatherapy)

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

น้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารประกอบที่ใช้ปรุงอาหารเช่นเดียวกับเกลือ น้ำตาลที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อ ได้แก่ น้ำตาลทราย เด็กโตรส แลคโตส และคอร์นไซรัป จุดประสงค์เพื่อเพิ่มรสชาติ ช่วยลดรสกระด้างของเกลือทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสกลมกล่อมและมีลักษณะเนื้อชุ่มฉ่ำขึ้น และช่วยปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีได้สารสีน้ำตาลที่คงทน (Ruiter, 1979)

น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลที่ใช้ประจำบ้านและในอุตสาหกรรม โดยใช้กันมาตั้งแต่สมัยโบราณ ลักษณะเป็นผลึกสีขาว มีรสหวาน หลอมตัวที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการละลายในแอลกอฮอล์ได้น้อย สามารถละลายในน้ำได้ 204 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง สารละลายน้ำตาลซูโครสอิ่มตัวจะมีน้ำตาลซูโครส 67.1 กรัมต่อสารละลาย 100 กรัมที่อุณหภูมิห้องแต่ที่ 100 องศาเซลเซียส น้ำตาลซูโครสสามารถละลายได้ในน้ำ 100 กรัมเป็นจำนวน 487 กรัม น้ำตาลซูโครสเองไม่สามารถป้องกันจุลินทรีย์ได้ โดยเฉพาะถ้ามีปริมาณน้อย ๆ จะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาการต่อต้านจุลินทรีย์ของน้ำตาลซูโครสเกิดจาก น้ำตาลซูโครสไปลดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ในระบบ การถนอมอาหารอาจทำได้โดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลหรือเติมน้ำตาลลงไปในอาหารโดยตรงก็ได้ ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ที่ลดลงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ (ไพบูลย์, 2532)

หน้าที่ของน้ำตาล (ฉรงค์ และอัญชนีย์, 2528)

1. เป็นสารให้ความหวาน น้ำตาลเป็นสารให้ความหวานซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้ว การนำไปทำเป็นอาหาร หรือใส่ลงในอาหารจึงเป็นที่นิยมกันมาก และใช้กันอย่างกว้างขวาง การใช้

น้ำตาลเพื่อเป็นสารให้ความหวานนั้นมีปัจจัยหลายประการที่ต้องคำนึงถึง เช่น ความเข้มข้น ความเป็นกรด อุณหภูมิ เกลือ และส่วนประกอบอื่น ๆ

2. เป็นสารกันบูด ทั้งนี้เพราะน้ำตาลมีคุณสมบัติที่จะป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ถ้าความเข้มข้นสูงมากพอ ผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่เก็บได้นานได้อาศัยคุณสมบัติดังกล่าวนี้ เช่น แยม เยลลี่ ผลไม้แช่อิ่ม เป็นต้น

3. ให้เนื้อแก่อาหาร (body or texture) ลักษณะเนื้อเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับอาหารบางครั้งเรียกว่า “mouth feel” น้ำตาลให้ลักษณะดังกล่าวแก่อาหาร เช่น เครื่องดื่มที่ใส่น้ำตาล เจลาติน และของหวานที่ใส่เพคติน ลักษณะเนื้อส่วนหนึ่งของอาหารมาจากน้ำตาล

4. ให้กลิ่นรสแก่อาหาร การใช้น้ำตาลเพียงเล็กน้อยจะมีผลทำให้รสอาหารเปลี่ยนไป เช่น ใส่น้ำตาลลงในมายองเนส ซุป ซอสมะเขือเทศ และเนื้อสัตว์ น้ำตาลจะทำให้อาหารมีรสดีขึ้น

5. ให้สี เมื่อน้ำตาลมาทำให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 175 องศาเซลเซียสจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาลในที่สุด เมื่อนำไปละลายน้ำจะให้สีคาราเมล

6. ทำให้เกิดเจลหรือป้องกันการเกิดเจล น้ำตาลเป็นสารประกอบสำคัญที่ทำให้เพคตินเกิดเจล แต่ในทางตรงข้ามจะป้องกันมิให้แป้งเกิดเจล

เกลือบริโภค (sodium chloride)

เกลือบริโภคในรูปของ sodium chloride (NaCl) จัดเป็นสารประกอบที่มีบทบาทในอุตสาหกรรมแปรรูปหลายด้าน จัดเป็นสารที่ให้รสพื้นฐานที่มนุษย์ยอมรับที่ราคาถูกที่สุดนอกจากจะให้รสเค็มแล้วยังช่วยกระตุ้นระบบการย่อยอาหารด้วย อีกทั้งยังช่วยเสริมรสหวานของน้ำตาลและช่วยลดความเปรี้ยวของกรดลงได้ ระดับความเค็มที่มนุษย์ยอมรับโดยทั่วไปจะอยู่ในระดับร้อยละ 2 โดยทั่วไปร่างกายต้องการเกลือโดยเฉลี่ยประมาณ 5 กรัมต่อวัน ถ้าร่างกายได้รับมากเกินไปหรือน้อยเกินไปจะเป็นผลเสียต่อระบบการทำงานของร่างกายได้ (สายสนม, 2540 ข)

ในผลิตภัณฑ์เนื้อเกลือเป็นตัวทำหน้าที่เพิ่มรสชาติ ช่วยชะลอการทำงานของน้ำย่อยบางชนิด ช่วยสกัดโปรตีนจากกล้ามเนื้อ จึงเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทไส้กรอก ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ประมาณการใช้เกลือบริโภคในอาหารจะแตกต่างไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์ (Karmas, 1976)

เกลือที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นเกลือบริสุทธิ์ การปนเปื้อนของแคลเซียมและแมกนีเซียมทำให้อาหารมีรสขม และเกิด hardness ในอาหารประเภทผัก อนุมูลเหล็ก และทองแดงเป็นตัวเร่งให้อาหารเกิดการหืนเร็วขึ้น (Joslyn and Heid, 1964) เกลือบริสุทธิ์มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว รูปร่างไม่คงที่ มีสมบัติในการดูดความชื้น สมบัตินี้จะเพิ่มขึ้นถ้าเกลือไม่บริสุทธิ์ เกลือบริโภคละลายน้ำได้ประมาณร้อยละ 26.4 โดยน้ำหนัก โมเลกุลของเกลือสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้ออาหารได้ดี ทำให้เกลือมีสมบัติถนอมอาหารได้สูง ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของอาหาร อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของเกลือ (Borgstrom, 1971)

Pearson (1976) ได้กล่าวถึงสมบัติของเกลือในการถนอมอาหารไว้ว่า เกลือลดความชื้นของอาหาร ทำให้สมบัติของน้ำในอาหารเปลี่ยนไป จุลินทรีย์ใช้น้ำในการเจริญเติบโตยากขึ้น และยังช่วยเพิ่มความดันออสโมซิส ทำให้เซลของจุลินทรีย์เกิดพลาสโมไลซีส (plasmolysis) และหยุดการเจริญเติบโต นอกจากนั้นเกลือยังช่วยลดการแทรกซึมของออกซิเจน ทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนเจริญได้ยาก และทำลายเอนไซม์บางชนิด ทำให้โปรตีนภายในเซลล์จุลินทรีย์สลายตัว สูญเสียสมบัติบางประการ จึงไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ประการสุดท้าย เกลือมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์โดยตรง พบว่าอนุมูลโซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม มีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์โดยตรงที่ความเข้มข้นสูง อนุมูลคลอไรด์มีความเป็นพิษสูง สามารถชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้โดยตรง เกลือโซเดียมซัลเฟตมีความเป็นพิษสูงกว่าเกลือโซเดียมคลอไรด์และเกลือโซเดียมคลอไรด์มีความเป็นพิษสูงกว่าเกลือโปแตสเซียมคลอไรด์ ตามลำดับ

สมบัติของเกลือที่มีบทบาทในเรื่องรสชาติอาหารคือ (สายสนม, 2540 ข)

1. อัตราการละลายได้ของเกลือ เกลือที่มีรูปผลึกและขนาดที่แตกต่างจะมีอัตราการละลายต่างกันอัตราการละลายของเกลือจะมีผลต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์โดยตรง เกลือที่ละลายได้รวดเร็วที่สุด คือ เกลือที่เรียกว่า เกลือเด็นดริติก (dendritic salt)

2. ความคงทนในการเกาะติดกันเป็นก้อน เกลือที่ไม่เกาะติดกันเป็นก้อนเมื่อเก็บรักษานั้นจะช่วยให้สะดวกและง่ายต่อการนำมาใช้และละลายง่ายด้วย เกลือที่มีขนาดผลึกเล็กละเอียดจะเกาะติดกันเป็นก้อนง่ายจึงต้องมีการเติมสารป้องกันการเกาะติด (anticaking) ชนิดที่นิยมและอนุญาตให้ใช้ได้คือ ไตรคัลเซียมฟอสเฟต (tricalcium phosphate) และคัลเซียมโพลิซิลิเคท (calcium polysilicate)

3. สมบัติการเกาะติดกับผลิตภัณฑ์ เป็นสมบัติที่สำคัญควรพิจารณาในการเลือกใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารว่างและพวกถั่วต่าง ๆ เกลือที่มีผิวหน้าผลึกไม่เรียบ มีรูปทรงแบนและมีความหนาแน่นต่ำจะให้สมบัติการเกาะติดกับผลิตภัณฑ์ดี

4. สมบัติการดูดซับ เป็นสมบัติอีกประการหนึ่งที่ควรพิจารณาในการเลือกใช้เกลือ เพราะจะช่วยดูดซับพวกกลิ่นไว้ไม่ให้สูญเสียไปมากขณะผสม และยังช่วยให้เกิดการกระจายตัวที่ดีในการผสมของเหลวกับของแห้งให้กลมกลืนกันได้ดี เกลือเด็นดริติกจะให้สมบัตินี้ดีกว่าเกลือชนิดอื่น (สายสนม, 2540 ข)

ซีอิ๊วผง (fermented soy sauce powder)

ลักษณะปรากฏเป็นผงสีน้ำตาลไม่เกาะกันเป็นก้อน ซึ่งผ่านการแปรสภาพมาจากซีอิ๊วโดยกรรมวิธีการทำให้แห้งเป็นผง

ซีอิ๊วมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันมากมายตามท้องถิ่นและภาษาที่แตกต่างกันออกไป เช่น shoyu ในภาษาญี่ปุ่น (White and White, 1997) ส่วนในภาษาอังกฤษเรียกว่า soy sauce สำหรับในภาษาไทยจะเรียกว่า ซีอิ๊ว หรือหมายถึงซีอิ๊วหมัก โดยเรียกทับศัพท์ตามภาษาจีนแต้จิ๋ว หรือถ้าเป็นซีอิ๊วเคมี จะเรียกว่าซอสปรุงรส (seasoning sauce) เพื่อบอกถึงความแตกต่าง และในภาษาจีนจะมีชื่อเรียก ซีอิ๊วกันมากมายหลายสิบชื่อ ตามภาษาท้องถิ่น และมีชื่อหลักที่เรียกกันติดปากว่าเจี่ยงอิ๊ว ซึ่งเป็นภาษาจีนกลางและให้ถือว่าเป็นชื่อที่ใช้เรียกกันเป็นทางการด้วย โดยตามหลักของพจนานุกรมจีน (ไพบูลย์, 2521) ซีอิ๊ว จะหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอาถั่วเหลือง ข้าว แป้งสาลี มาเพาะด้วยเชื้อแล้วเติมน้ำเกลือ นำไปตากแดด จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสี กลิ่นรสตามความต้องการ ส่วนในประเทศอินโดนีเซีย เรียกว่า kekap หรือ kecap ในประเทศเกาหลี เรียกว่า kanjang และในประเทศฟิลิปปินส์ เรียกว่า toyo (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532) เป็นต้น

กระบวนการทำแห้งอาหาร

การทำแห้ง (drying) หมายถึง การใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหารโดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดของน้ำแข็งในการอบแห้งแบบระเหิด (freeze drying) วัตถุประสงค์ของการอบแห้งคือ การยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (water activity, Aw) ซึ่งมีผลไปยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการไม่สูงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

นอกจากนั้นการลดน้ำหนักและปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและการขนส่ง 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, 2541 ; Fellows, 1997)

ความชื้นในอาหาร

ความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารและเมล็ดพืชนั้น ประกอบด้วยความชื้นที่เกาะติดที่ผิวของอาหาร (unbound moisture) ซึ่งสามารถขจัดความชื้นนี้ออกไปได้หมดโดยการให้ความร้อนและความชื้นที่เกาะอยู่ภายในผนังด้านในท่อเล็ก ๆ (capillaries) ที่อยู่ภายในเนื้ออาหาร (bound moisture) โดยไม่สามารถไล่ความชื้นภายในอาหารนี้ได้หมด (วิไล, 2543)

ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (water activity, Aw)

ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ หรือ วอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity, Aw) หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็นน้ำที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลทางเคมีของอาหาร (bound water) และยังเป็นอิสระ (free water) อยู่ในอาหาร ถ้ามีมากจะทำให้อาหารเก็บไว้ได้ไม่นาน หรือเรียกว่าอายุการเก็บรักษาสั้น (วิไล, 2543 ; Fellows, 1997)

อาหารที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำจะทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ช้าลง ลดปฏิกิริยาของเอนไซม์จึงลดการเกิดสีน้ำตาลและลดการเหม็นหืน ดังนั้นอาหารที่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำจึงมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าอาหารที่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์สูง อาหารที่สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดคือ อาหารที่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.2 - 0.4 นอกจากนี้แล้วค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ยังมีความสำคัญกับด้านต่าง ๆ ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 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 (1997)

กลไกการทำแห้ง

ในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่อาหาร ทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนจากธรรมชาติและกระแสลมที่พัดผ่านอาหารทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำ เนื่องจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิไม่สูงนัก และกระแสลมธรรมชาติไม่สูงพอ ทำให้การตากแห้งต้องใช้เวลานาน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเครื่องอบที่มีการให้พลังงานความร้อนในปริมาณที่ควบคุมได้และมีอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวอาหาร การถ่ายเทความร้อนและมวลสารเกิดได้เร็วอาหารจึงแห้งได้เร็วขึ้น การถ่ายเทความร้อนและมวลสารระหว่างการอบแห้งทำได้หลายวิธี

การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2543)

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งดังนี้คือ

1. การหดตัว เนื่องจากการเสียน้ำในเซลล์อาหารหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้า ๆ

2. การเปลี่ยนสี อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิและช่วงเวลาที่อาหารมีความชื้นร้อยละ 10 - 20 มีผลต่อความเข้มของสี จึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

3. การเกิดเปลือกแข็ง เป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ เกิดจากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายของน้ำตาล โปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงโดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร

4. การเสียความสามารถในการคืนสภาพ อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิมเพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ สตาร์ชและโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ อาหารที่ทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งจะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุด เพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ชและโปรตีน

5. การเสียคุณค่าทางอาหารและสารระเหย เกิดการเสื่อมสลายของวิตามินซีและแคโรทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไรโบฟลาวินจากแสง ไทอะมีนจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาทำแห้งนานการสูญเสียก็ยิ่งมาก โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนด้วยความร้อนเช่นเดียวกัน การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดน้อยลงหรือแตกต่างไปจากเดิม

การเก็บอาหารแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2543)

อาหารแห้งที่เก็บที่ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 0.70 จะปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์แต่ทั้งนี้จะต้องรักษาค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ไม่ให้เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามยังมีการเสื่อมเสียอื่น ๆ อีกทำให้ต้องเก็บอาหารแห้งที่ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่านี้มาก และหลีกเลี่ยงสภาวะที่ส่งเสริมการเสื่อมเสียของอาหารแห้ง

การเสื่อมเสียของอาหารแห้งเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้

1. การออกซิไดส์เอง (autooxidation) เนื่องจากอากาศ มักเกิดกับไขมันทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน เกิดกับวิตามินเอ ซี ทำให้เสื่อมคุณค่าอาหาร หากเกิดกับคลอโรฟิลล์ แอนโทไซยานิน ทำให้สีซีด เกิดกับน้ำมันระเหยและสารให้กลิ่นทำให้กลิ่นเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงปัจจัยที่เสริมปฏิกิริยาคือ แสงและอุณหภูมิสูง

2. เนื่องจากเอนไซม์ที่อยู่ในอาหารแต่แรกหรือมาจากแหล่งอื่นภายหลังจึงต้องมีการทำลายเอนไซม์

3. การเปลี่ยนสีเนื่องจากอุณหภูมิ หลีกเลี่ยงโดยไม่เก็บในที่ร้อนหรือเก็บในที่อากาศถ่ายเท

4. การเกาะจับตัวเป็นก้อน เนื่องจากดูดความชื้นจากอากาศ หลีกเลี่ยงโดยการเก็บในภาชนะปิดสนิท เมื่อเก็บอาหารที่มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นสมดุลกับบรรยากาศเฉลี่ย อาหารจะดูดความชื้นจากอากาศ จึงต้องเก็บในภาชนะปิดสนิท แต่อาหารที่มีความชื้นสูงกว่าความชื้นสมดุล เช่น หอม กระเทียมแห้ง จะต้องเก็บในภาชนะโปร่งระบายอากาศได้เพราะจะมีการระเหยน้ำจากหอมและกระเทียมถ้าอยู่ในภาชนะปิดน้ำที่ระเหยออกมาจะควบแน่นเป็นหยดน้ำเปียกที่ผิว ทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย

ประโยชน์ของการทำแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2543)

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

บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร

บรรจุภัณฑ์มีหน้าที่รวบรวมผลิตภัณฑ์ให้เป็นหน่วยเดียวและปกป้องผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ที่ดีจะต้องสามารถป้องกันปัจจัยต่าง ๆ ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในเกิดความเสียหายหรือเสื่อมคุณภาพ รวมทั้งช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์จำเป็นต้องทราบถึงความต้องการในการปกป้องผลิตภัณฑ์และคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดในการป้องกันที่แตกต่างกัน คือ

1. โพลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate – PET) (ปุ่น และ สมพร, 2541)

PET ในรูปฟิล์มซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี จึงมีการนำไปเคลือบหลายชั้นทำเป็นซองสำหรับบรรจุอาหารที่มีความไวต่อก๊าซ เช่น อาหารขบเคี้ยว เป็นต้น นอกจากนี้ ฟิล์ม PET ยังมีคุณสมบัติเด่นอีกหลายประการ เช่น ทนแรงยืดและแรงกระแทก เสียดสีได้ดี จุดหลอมเหลวสูง แต่ข้อด้อยคือ ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อน และเปิดฉีกยาก ทำให้โอกาสใช้ฟิล์ม PET อย่างเดียวน้อยมาก แต่มักใช้เคลือบชั้นกับพลาสติกอื่น ๆ

2. โพลิเอทิลีน (Polyethylene – PE)

PE นับเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและราคาถูก สืบเนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่น ๆ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ

3. อลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil) (Wilmer and James, 1991)

อลูมิเนียมฟอยล์ มีข้อดีคือ ป้องกันผลิตภัณฑ์จากก๊าซ ความชื้น และแสงสว่างได้ดีมาก มีความทึบแสงและมีความเงาวาวทำให้ดึงดูดใจผู้พบเห็น แต่ข้อเสียของอลูมิเนียมฟอยล์ก็คือไม่สามารถที่จะปิดผนึกด้วยความร้อนได้ และอลูมิเนียมฟอยล์ยังฉีกขาดได้ง่าย

4. เซอร์ลิน (surlyn) (http://www.portplastics.com/download/pdf/plastics/Commodities/Commodities138.pdf)

ฟิล์มชนิดนี้มักไม่นิยมใช้เดี่ยว ๆ แต่จะใช้ร่วมกับพลาสติกชนิดอื่น โดยทำหน้าที่เป็นวัสดุช่วยการปิดผนึกด้วยความร้อน อีกทั้งช่วยป้องกันการซึมผ่านของไขมัน / น้ำมัน ป้องกัน

การซึมผ่านของไอน้ำ มีความต้านทานต่อแรงดึงและแรงกระแทก และมีความต้านทานต่อการทิ่มทะลุได้สูง นอกจากนี้ยังทนทานต่อสารเคมีสูง ไม่ว่าจะเป็นกรด ด่าง หรือตัวทำละลาย

เทคนิคในการยืดอายุการเก็บรักษา

เทคนิคการถนอมอาหาร คือ การหาวิธียับยั้งการเปลี่ยนแปลงมิให้อาหารเสื่อมคุณภาพไปก่อนเวลาอันควร อาหารเสื่อมคุณภาพมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์และเอนไซม์เป็นสำคัญ การยืดอายุการเก็บรักษาอาหารจึงอาศัยหลักการทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ แต่การใช้วิธีการที่รุนแรงเพื่อการทำลายจุลินทรีย์ย่อมมีผลต่อคุณภาพและรสชาติของผลิตภัณฑ์อาหารด้วย การควบคุมจุลินทรีย์จึงเป็นทางเลือกใหม่ของการถนอมอาหารที่คำนึงถึงความสดของอาหารตามธรรมชาติเป็นสำคัญ วิธีการถนอมอาหารวิธีนี้จึงได้ชื่อว่า Minimally Processing Technology ซึ่งสอดคล้องกับค่านิยมของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ต้องการอาหารที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับอาหารตามธรรมชาติมากกว่าอาหารที่ผ่านการแปรรูป เฮอร์เดิลเทคโนโลยี (hurdle technology) ซึ่งแนะนำโดย Leistner ในปี ค.ศ. 1978 (Leistner, 1978) เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส เนื่องจากอาศัยหลักการควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสียและทำให้เกิดโรคโดยการสร้างอุปสรรค (barriers) ร่วมที่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติ ผลของเฮอร์เดิล (hurdle effect) จำแนกออกได้ดังนี้

1. เฮอร์เดิลทางกายภาพ (physical hurdles) ตัวอย่างเช่น การใช้อุณหภูมิสูง – ต่ำ รังสีต่าง ๆ พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (อาทิ พลังงานจากคลื่นไมโครเวฟ พลังงาน ณ ความถี่ของคลื่นวิทยุ พลังงานจากการสั่นสะเทือนของสนามแม่เหล็ก และพลังงานจากการเหนี่ยวนำของสนามไฟฟ้าเป็นต้น) การใช้แรงดันสูง (ultrahigh pressure) อัลตร้าซาวน์ (ultrasonication) แผ่นฟิล์มบรรจุอาหาร การดัดแปลงบรรยากาศ (modified – atmosphere packaging) การบรรจุแบบปลอดเชื้อ การลดขนาดโครงสร้างอาหารเป็นต้น

2. เฮอร์เดิลทางเคมีฟิสิกส์ (physicochemical hurdles) ตัวอย่างเช่น การใช้วอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำ pH ต่ำ การจำกัดปริมาณออกซิเจน การใช้เกลือแกง ดินประสิว ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซโอโซน กรดอินทรีย์ต่าง ๆ และเกลือของกรด การรมควัน การใช้วัตถุเจือปนเครื่องเทศและเอนไซม์เพื่อยับยั้งจุลินทรีย์และเอนไซม์เป็นต้น

3. เฮอร์เดิลทางชีวภาพ (biological hurdles) เป็นการใช้สิ่งมีชีวิตหรือสารที่สิ่งมีชีวิตสร้างขึ้นเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ เช่น การควบคุมจุลินทรีย์ในการหมักอาหารโดยเติมจุลินทรีย์ที่ต้องการลงไป (competitive flora) การสร้างภูมิคุ้มกัน (protective cultures) การใช้สารที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค เช่น แบคทีริโอซิน (bacteriocins) และสารปฏิชีวนะ (antibiotics) เป็นต้น

4. เฮอร์เดิลร่วม (miscellaneous hurdles) ในทางปฏิบัตินิยมใช้หลาย ๆ เฮอร์เดิลร่วมกัน เช่น การใช้สารฆ่าเชื้อโรคร่วมกับการดัดแปลงบรรยากาศ การใช้ไคโตซาน (chitosan) จากเปลือกกุ้งในการผลิตเป็นฟิล์มที่ใช้บริโภคได้ นอกจากจะช่วยรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแล้ว ไคโตซานยังให้ประโยชน์ต่อร่างกายอีกด้วย (สุมณฑา, 2543)

ผลของเฮอร์เดิลที่ประยุกต์ใช้ในการถนอมอาหารเป็นที่น่าพอใจ จนได้รับความนิยมแพร่หลาย สำหรับเฮอร์เดิลที่ใช้กันมาก คือ การใช้อุณหภูมิสูง – ต่ำ วอเตอร์แอคติวิตี้ ความเป็นกรด การลดปริมาณออกซิเจน การใช้จุลินทรีย์แข่งขันกันเอง และการใช้วัตถุกันเสียเป็นต้น (Leistner and Gorris, 1995)

ปัจจัยที่ทำให้อาหารแห้ง (dehydrated food) เสื่อมคุณภาพ คือ

1. *ผลของออกซิเจน* Bishov et al. (1971) ค้นพบว่า ที่บรรยากาศออกซิเจนเป็นศูนย์ (zero oxygen headspace) มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจากพืชและสัตว์ มีคุณภาพด้านกลิ่นรสคล้ายของสด ศึกษาโดยเก็บผลิตภัณฑ์อาหารในบรรยากาศของก๊าซไนโตรเจนที่มีก๊าซไฮโดรเจนร้อยละ 5 โดยใช้โลหะพัลเลเดียมเป็นคะตะลิสต์ ณ บรรยากาศดังกล่าวก๊าซออกซิเจนจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยมีปริมาตรต่ำกว่าร้อยละ 0.001 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อาหารที่เก็บในบรรยากาศซึ่งมีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนร้อยละ 2 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในบรรยากาศออกซิเจนเกือบจะเป็นศูนย์นั้นมีคุณภาพดีกว่ามาก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อออกซิเจน เช่น แครอทและมันฝรั่งหวาน แม้ว่าจะบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีออกซิเจนอยู่เพียงร้อยละ 0.5 ก็ยังเสื่อมคุณภาพ จนผู้บริโภคไม่ยอมรับเมื่อเก็บรักษาไว้ ณ อุณหภูมิ 37.7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน

2. *ผลของความชื้น* Salwin (1963) รายงานว่า ผัก น้ำผลไม้ และเนยแข็งที่ทำแห้งแบบระเหิด (Freeze drying) จะมีความคงตัวที่ความชื้นเป็นศูนย์ ส่วนอาหารประเภทที่ผ่านการทำให้สุก

ชั่วคราวและอาหารเนื้อสัตว์ดิบ คือ เนื้อหมูและเนื้อไก่ มันฝรั่ง และข้าวโพด จะมีความคงตัวสูงสุดที่ระดับความชื้นต่ำ เมื่อน้ำอิสระระเหยออกไปหมดแล้ว (monomolecular moisture content) กองทัพบกแห่งสหรัฐอเมริกา ได้วางข้อกำหนดของอาหารที่ผ่านกระบวนทำแห้งแบบระเหิด (Freeze drying) ว่า มีความชื้นสูงสุดได้ไม่เกินร้อยละ 2 อย่างไรก็ดีอาหารที่แห้งเกินไป (มีความชื้นต่ำหรือความชื้นเป็นศูนย์) โดยมากไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงเป็นข้อจำกัดในการใช้วิธีการนี้เพื่อควบคุมจุลินทรีย์ ด้วยเหตุนี้ การควบคุมความชื้นในอาหารว่าควรจะเป็นเท่าใดจึงขึ้นอยู่กับ ธรรมชาติของผลิตภัณฑ์อาหารและความต้องการของผู้บริโภคด้วย ทั้งนี้ควรคำนึงด้วยว่าน้ำที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตอยู่ในส่วนที่เป็นน้ำอิสระ เรียกว่า วอเตอร์แอคติวิตี้ อาหารที่มีความชื้นต่ำไม่ได้หมายความว่าจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำตามไปด้วย แต่จะขึ้นอยู่กับสมดุลของการเคลื่อนย้ายน้ำในผลิตภัณฑ์อาหารกับความชื้นในบรรยากาศที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร สารบางชนิดในส่วนประกอบของอาหารที่จะรวมตัวกับน้ำในอาหาร (hysteriosis activity) มีผลทำให้น้ำอิสระลดลง หรือค่า Aw ลดลง สารนี้จัดอยู่ในประเภทสารดูดความชื้น (humectant) ตัวอย่างเช่น น้ำตาล เกลือ น้ำผึ้ง กัมต่าง ๆ เป็นต้น

3. *ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา* (สุมณฑา, 2543) อุณหภูมิมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหาร เพราะอุณหภูมิสูงที่ระดับหนึ่งไม่เพียงแต่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสารในอาหารเท่านั้น แต่จะมีผลทำให้อาหารเน่าเสียด้วย การเสื่อมคุณภาพของอาหารเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยมีอุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นปัจจัยเร่ง ดังนั้น ถ้าสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ และจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ก็จะช่วยชะลอหรือหยุดยั้งการเสื่อมคุณภาพของอาหารลงได้

4. *ผลของแสงแดด* อุณหภูมิและแสงแดดมีผลกระทบต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนในกระบวนการออกซิเดชั่นของไขมันในอาหาร Davis et al. (1993) ได้ศึกษาการออกซิเดชั่นของไขมันในระหว่างการตากแดดปลา โดยใช้ระดับไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันปลาเป็นตัววัดค่าการบริโภคออกซิเจน เมื่ออุณหภูมิในการตากแดดปลาเพิ่มขึ้นจาก 30 องศาเซลเซียส เป็น 41 องศาเซลเซียส การบริโภคออกซิเจนเพิ่มขึ้นร้อยละ 82 ในสภาวะที่ไม่มีแสงแดด แต่ในสภาวะที่มีแสงการบริโภคออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 200 นั่นคือ แสงแดดเป็นปัจจัยเสริมกับปัจจัยด้านอุณหภูมิเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของอาหารไขมัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chipault et al. (1952) ได้ศึกษาถึงการนำเครื่องเทศบางชนิดมาใช้เป็นสารกันหืนพบว่ามีหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพสูง และนำมาใช้กันถึงปัจจุบัน ได้แก่สารประกอบที่มีชื่อว่า โรสแมรี่ไดฟีนอล (rosmaridiphenol) โรสแมรี่ควินโนน (rosmariquinone) คาร์โนซอล (carnosol) และโรสมานอล (rosmanol) ซึ่งสกัดจากเครื่องเทศโรสแมรี่ และมีรายงานว่าโรสแมรี่ เป็นแหล่งของสารกันหืนประเภทฟีนอลิค สารสกัดจากโรสแมรี่มีความเข้มข้นช่วงร้อยละ 0.02 – 0.5 โดยน้ำหนัก จะยับยั้งออกซิเดชั่นใน เนื้อ หมู ไก่งวง ไก่ และไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์

Chipault et al. (1956) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการป้องกันการหืนของเครื่องเทศ ทั้งหมด 17 ชนิด ในสารตั้งต้น (substrate) ที่แตกต่างกัน พบว่ามีเครื่องเทศเพียง 6 ชนิดเท่านั้นที่มีความสามารถในการป้องกันการหืน คือ allspice, cloves, oregano, rosemary, sage และ thyme โดยที่เมื่อทดสอบในน้ำมันหมู พบว่า rosemary และ sage มีความสามารถป้องกันการหืนมากที่สุด และเมื่อทดสอบในอิมัลชัน (น้ำมัน / น้ำ) และเนื้อหมูบด cloves มีความสามารถป้องกันการหืนมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเลือกสารตั้งต้นมีความสำคัญต่อความสามารถในการป้องกันการหืนของเครื่องเทศ

Cort (1974) ได้ศึกษาความสามารถในการป้องกันการหืนของเครื่องเทศในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเทศแห้ง (whole spice) และ สารสกัดเครื่องเทศ (spice extract) ซึ่งศึกษาเครื่องเทศทั้งหมด 9 ชนิด คือ nutmeg, mace, rosemary, allspice, turmeric, sage, clove, marjoram และ thyme ในน้ำมันดอกคำฝอย พบว่าสารสกัดเครื่องเทศเกือบทั้งหมดมีความสามารถในการป้องกันการหืนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเทศแห้ง โดยเฉพาะ rosemary และ mace แสดงให้เห็นว่าลักษณะการเตรียมเครื่องเทศมีความสำคัญต่อความสามารถในการป้องกัน การหืน

Brookman (1991) ศึกษาสารแอนตี้ออกซิแดนท์และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าข้ออภิปรายถึงการใช้ BHA ในอาหารนั้นบ่งบอกถึงผู้บริโภคส่วนใหญ่จะยอมรับกับผลิตภัณฑ์ที่มาจากธรรมชาติมากกว่า ข้อเสียเปรียบในการใช้สารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่ได้จากเครื่องเทศ (oregano, rosemary, mace, nutmeg, sage and tumeric) คือการเกิดลักษณะแปลกปลอมใน

ผลิตภัณฑ์และสภาวะที่ไม่แน่นอนจากความแตกต่างด้านชนิด พันธุ์ และการเก็บเกี่ยวพืชที่เป็นเครื่องเทศ

การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ ascorbly palmitate ในน้ำมันพืชที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสนั้นมีมากที่สุด ที่การใช้ ascorbly palmitate ความเข้มข้น 500 ppm ซึ่งพบว่าการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ ascorbly palmitate มีมากกว่า BHA หรือ BHT เมื่อนำไปใช้ในน้ำมันพืช หรือน้ำมันเจียวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 และ 40 ชั่วโมง

ผลจากการใช้สารแอนตี้ออกซิแดนท์ซึ่งประกอบไปด้วย ascorbly palmitate, di – alpha – tocopherol และ lecithin นั้นให้ผลที่ดีกว่าการใช้ BHA หรือ BHT ในน้ำมันพืชหรือน้ำมันเจียวที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 – 5 วัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้อย่างชัดเจนในผลิตภัณฑ์ เนยเหลว น้ำสลัด ซอคโกแลตสำหรับสอดไส้บิสกิต และผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ และยังมีการนำสารต้านออกซิแดนซ์ผสมไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกและซาลามี่อีกด้วย

Iriarte et al. (1992) ได้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดโดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันสูง อย่างเช่นในหมูหมักซึ่งง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำการเปรียบเทียบผลของสารที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ดังนี้

(1) เติมสารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่มีขายในเชิงการค้า ความเข้มข้น 300 ppm
(2) สารสกัดจากโรสแมรี่ ความเข้มข้น 150 ppm
(3) สารสกัดจากโรสแมรี่ ความเข้มข้น 300 ppm
(4) ตัวอย่างควบคุมซึ่งไม่เติมอะไรเลย

ทำการวัดค่า เปอร์ออกไซด์ (peroxide Value) และค่ากรด ภายหลังจากทำการเก็บไว้ 4, 8, 12, 16 และ 20 วัน ที่ระดับอุณหภูมิปกติ (11 - 23 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิอุ่น (19 - 24 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิในตู้เย็น (8 - 9 องศาเซลเซียส) พบว่า สารสกัดจากโรสแมรี่ มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้มากกว่าสารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่มีขายในเชิงการค้า และการใช้สารสกัดจากโรสแมรี่ ความเข้มข้น 300 ppm ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด

Pizzocaro et al. (1994) ได้ทำการทดลองเติมใบโรสแมรี่สดบดละเอียด (ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก) หรือโรสแมรี่ผสมกับเสจ (ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก) ลงในแฮมเบอร์เกอร์เนื้อแช่แข็ง เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เติม BHT ร้อยละ 0.03 และตัวอย่างควบคุมซึ่งไม่มีการเติมสารแอนตี้ออกซิแดนท์หรือสมุนไพร ทำการเก็บผลิตภัณฑ์เป็นเวลานาน 10 เดือนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ระหว่างนี้ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทางเคมี ได้แก่ ความแน่นเนื้อโดยวิเคราะห์ในรูปของค่าไฮโปรแซนทิน (hypoxanthin value) และไขมัน (ซึ่งวิเคราะห์ในรูปค่า TBA และองค์ประกอบของไขมัน) พบว่า สมุนไพรมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในเนื้อและยังช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อให้กับผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้โรสแมรี่และเสจยังช่วยปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้แก่ผลิตภัณฑ์อีกด้วย

Wada and Xin – Fang (1994) ได้ศึกษาผลจากการทำงานเสริมกันของสารแอนตี้ออกซิแดนท์ 2 ชนิด คือ โรสแมรี่และอัลฟาโทโคฟีรอล โดยได้ทำการทดสอบกับปลาซาร์ดีนอบแห้ง เนื้อปลาซาร์ดีนจะถูกนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส น้ำมันปลาซาร์ดีนจะถูกนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เพื่อสังเกตผลการทดลองอัลฟาโทโคฟีรอลและสารสกัดจากโรสแมรี่จะถูกเติมลงในเนื้อและน้ำมันปลาซาร์ดีน โดยเติมสารแอนตี้ออกซิแดนท์ดังกล่าวที่ปริมาณร้อยละ 0.07 ของสารแต่ละชนิด และดูการทำงานร่วมกันของสารสกัดโรสแมรี่และอัลฟาโทโคฟีรอล โดยเติมผสมกัน อย่างละร้อยละ 0.035 ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้สารสกัดโรสแมรี่และอัลฟาโทโคฟีรอลร่วมกันนั้นจะช่วยยับยั้งการเกิด hydroperoxidase และ กิจกรรมของอัลฟาโทโคฟีรอลนั้นคงอยู่ได้นานกว่าการใช้สารแอนตี้ออกซิแดนท์เพียงชนิดเดียว

เนื้อปลาซาร์ดีนที่ทำการเติมสารผสมระหว่างโรสแมรี่กับอัลฟาโทโคฟีรอล มีค่าเปอร์ออกไซด์ที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น ๆ และจากการเปรียบเทียบอัตราส่วนของกรดไขมัน eicosapentaenoic (EPA) และ docosahexaenoic (DHA) ต่อกรดไขมันที่มีคาร์บอน 16 อะตอม และไม่มีพันธะคู่ (C16 : O) ซึ่งจะมี EPA และ DHA สูงในเนื้อปลาอบแห้งที่เติมสารแอนตี้ออกซิแดนท์ผสมกัน 2 ชนิด ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ที่ใช้สารแอนตี้ออกซิแดนท์เพียงชนิดเดียวหรือตัวอย่างควบคุม แสดงให้เห็นว่า การเกิดออกซิเดชั่นในกรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่มากจะสามารถถูกยับยั้งได้โดยการใช้สารแอนตี้ออกซิแดนท์ 2 ชนิดเพื่อเสริมฤทธิ์กัน ซึ่งตลอดช่วงการเก็บรักษานั้นไม่พบกรดไขมันอิสระเลย เป็นผลมาจากไม่เกิดการ hydrolysis ของไตรกลีเซอไรด์

ผลดังกล่าวสรุปได้ว่า ผลการเสริมฤทธิ์กันของสารแอนตี้ออกซิแดนท์ 2 ชนิดนั้น อาจมีความสำคัญต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำมันปลา

Gerard et al. (1995) ทำการสกัดสารประกอบ phenolic diterpenes จากโรสแมรี่และเสจ และทำการศึกษาคุณสมบัติของสารแอนตี้ออกซิแดนท์ พบว่าสารประกอบ phenolic diterpenes ที่มีอยู่ในโรสแมรี่และเสจมากที่สุดคือ carnosol acid (ร้อยละ 77 ของสารประกอบ phenolic diterpenes

ทั้งหมด) นำสารสกัดโรสแมรี่ที่ได้เติมลงในไขมันหมูพบว่าการใช้สารสกัดจากโรสแมรี่เพียง 200 ppm ก็สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ จากนั้นนำสารสกัดที่ได้จากเสจและโรสแมรี่ไปเติมลงในน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ และ paprika oleoresin ทำการวัดความคงตัวของแคโรทีนอยด์เพื่อดูคุณสมบัติของสารแอนตี้ออกซิแดนท์ พบว่าสารสกัดจากโรสแมรี่มีคุณสมบัติในการต่อต้าน แสง ความร้อนและออกซิเจน สามารถสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้อย่างมากในการใช้ประโยชน์สารสกัดจากโรสแมรี่และเสจ เพราะนอกจากใช้ในปริมาณที่น้อยแล้วยังไม่มีผลต่อกลิ่นรสและสีของอาหาร อีกทั้งยังละลายได้ง่าย ทนต่อความร้อนและสามารถระบุลงบนฉลากอาหารได้ว่าใช้สารแอนตี้ออกซิแดนท์สกัดจากธรรมชาติ

Yanishlieva et al. (1999) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นขององค์ประกอบหลักของทาย์ม คือ thymol และ carvacrol โดยศึกษาในน้ำมันหมูและน้ำมันดอกทานตะวัน (thymol - น้ำมันหมู : thymol - น้ำมันดอกทานตะวัน : carvacrol - น้ำมันหมู : carvacrol - น้ำมันดอกทานตะวัน) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวัดค่าสารเปอร์ออกไซด์ พบว่า thymol มีประสิทธิภาพในการป้องกันการหืนในน้ำมันดอกทานตะวันมากกว่าในน้ำมันหมู ส่วนสาร carvacrol นั้นมีประสิทธิภาพในการป้องกันการหืนน้อยกว่า thymol และพบว่า carvacrol ไม่ทำให้การหืนในน้ำมันหมูและน้ำมันดอกทานตะวันแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า thymol มีประสิทธิภาพในการป้องกันการหืนในไขมันทั้งสองชนิดได้ดีกว่า carvacrol

Andreja et al. (2000) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารแอนตี้ออกซิแดนท์จากธรรมชาติ 4 ชนิด ได้แก่ สารสกัดจากโรสแมรี่ α - tocopherol ascorbyl palmitate และกรด ซิตริก ในน้ำมันดอกทานตะวันโดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยการวัดค่า peroxide และ anisidine พบว่าสารสกัดจากโรสแมรี่มีคุณสมบัติเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ได้ดีที่สุด

Bitznane and Dalaine (2000) ได้ทำการศึกษาความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาของน้ำมันเมล็ดฝ้าย ซึ่งมีการเติมสารสกัดป้องกันการหืนจากธรรมชาติ เช่น โรสแมรี่ เสจ ทาย์ม และวิตามินอี โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่มีการเติมสารป้องกันการหืนสังเคราะห์ คือ TBHQ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มตัวอย่างที่ 0, 5, 8, 14, 20 และ 28 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางกายภาพ คือ วัดสี ทางเคมี คือ ค่าสารเปอร์ออกไซด์ และการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าสารสกัดป้องกันการหืนจากธรรมชาติมีประสิทธิภาพในการป้องกันการหืนน้อยกว่า

สารป้องกันการหืนสังเคราะห์ TBHQ แต่สารสกัดป้องกันการหืนจากธรรมชาติเหล่านี้สามารถทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดได้ช้าลง

Sanchez – Escalante et al. (2001) ศึกษาผลของกรดแอสคอบิค ทัวรีน (taurine) คาร์โนซีน (carnosine) และโรสแมรี่ผงที่มีต่อสีและเสถียรภาพของไขมันของชิ้นเนื้อวัวที่เก็บในสภาวะที่มีการดัดแปลงบรรยากาศ จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้เพื่อประเมินการยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของชิ้นเนื้อวัวที่ถูกบรรจุในสภาวะที่ดัดแปลงบรรยากาศ (มีปริมาณออกซิเจนร้อยละ 70 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 20 และไนโตรเจนร้อยละ 10) ร่วมกับการใช้สารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่ได้จากธรรมชาติ คือ กรดแอสคอบิค 500 ppm ทัวรีนความเข้มข้น 50 มิลลิโมล คาร์โนซีนความเข้มข้น 50 มิลลิโมล ผงโรสแมรี่ 1000 ppm และสารดังกล่าวซึ่งนำมาใช้ร่วมกัน การเตรียมตัวอย่างทำได้โดย นำชิ้นเนื้อวัวมาเก็บไว้ที่ 2 $\pm$ 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน เพื่อประเมินค่าสี (L*, a*, b*, C* และ H^{o}) ค่า TBARS การเกิด metmyoglobin (ดูจากร้อยละของ myoglobin ทั้งหมด) ตรวจนับจุลินทรีย์ที่ทนความเย็น ทำการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และสีที่เปลี่ยนไป

การใช้โรสแมรี่เพียงอย่างเดียวและใช้ร่วมกับกรดแอสคอบิคจะให้ประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเกิด metmyoglobin และการเกิดออกซิเดชั่น ซึ่งการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสก็ให้ผลที่สอดคล้องกับผลดังกล่าว ในการใช้กรดแอสคอบิค กรดแอสคอบิคร่วมกับทัวรีนและกรดแอสคอบิคร่วมกับคาร์โนซีน นั้นให้ผลที่จำกัดในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของ myoglobin ในขณะที่การใช้คาร์โนซีน และคาร์โนซีนร่วมกับกรดแอสคอร์บิคจะให้ประสิทธิภาพดีในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน มีเพียงทัวรีนเท่านั้นที่ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่น ซึ่งหลักการในการวิเคราะห์องค์ประกอบก็จะสามารถยืนยันผลดังกล่าวได้

Mc Carthy et al. (2001) ศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของสารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่ได้จากอาหารและสารสกัดจากพืช ในเนื้อหมูสดและเนื้อหมูที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง พบว่า การต้านการเกิดออกซิเดชั่นของว่านหางจระเข้ เฟนูกรีก (fenugreek) ขิง มัสตาร์ด โรสแมรี่ เสจ โปรตีนถั่วเหลือง ชาคาเทชีน และเวย์โปรตีนเข้มข้น (ปริมาณโปรตีนร้อยละ 35) จะนำมาประเมินโดยการเติมลงในชิ้นเนื้อหมู โดยใช้เนื้อหมูสดและเนื้อหมูที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง (-20 องศาเซลเซียส) ผลจากการวิเคราะห์ทางเคมีแสดงให้เห็นว่า องค์ประกอบของเนื้อหมูแช่เยือกแข็งนั้นจะมีผลในการช่วยลดการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน ชาคาเทชีน โรสแมรี่ และเสจจะถูกกำหนดให้เป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชั่นที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยมีการเรียงลำดับประสิทธิภาพคือ ชาคาเทชีนมาก

ที่สุดรองลงมาคือ โรสแมรี่ และเสจ ตามลำดับ ปริมาณที่เหมาะสมในการเติมสารดังกล่าวคือ ชาคาเทชีนร้อยละ0.25 โรสแมรี่ร้อยละ 0.10 และเสจร้อยละ 0.05

การเติมโปรตีนถั่วเหลืองที่ร้อยละ 0.10 จะเพิ่มค่าสีแดงในชิ้นเนื้อหมูสดซึ่งแสดงในค่า a จากการวัดด้วยเครื่องวัดสีระบบ Hunter สูงกว่าตัวควบคุมโดยทำการวัดเมื่อเวลาผ่านไป 0, 3 และ 6 วัน อย่างไรก็ตามเฟนูกรีกที่เติมร้อยละ 0.01 จะมีผลในการเพิ่มค่าสี a ในเนื้อหมูที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง และไม่พบความแตกต่างของค่าสี L และ b ในทุกตัวอย่างในระหว่างการเก็บ ใน ตัวอย่างที่เติม ชาคาเทชิน เสจ และโปรตีนถั่วเหลือง จะมีการผันแปรของค่าความเป็นกรด – ด่าง ชิ้นเนื้อหมูสดที่ถูกเติมมัสตาร์ด และขิง จะมีผลคือค่าความเป็นกรด – ด่าง ลดลงในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นในภายหลัง และเฟนูกรีกที่เติมลงไปจะทำให้เพิ่มค่าความเป็นกรด – ด่างมากขึ้น และเมื่อเวลาผ่านไป 3 วันค่าความเป็นกรด – ด่าง จึงลดลง

Nassu et al. (2003) ศึกษาเสถียรภาพต่อการเกิดออกซิเดชั่นของไส้กรอกเปรี้ยวจากเนื้อแพะที่เติมสารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่ระดับต่าง ๆ กัน โดยทำการเตรียมเนื้อแพะเพื่อทำไส้กรอก และเติมสารแอนตี้ออกซิแดนท์เป็น 2 ระดับ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และนำมาวัดค่า thiobarbituric reactive substance (TBARS) ตามเวลาที่กำหนด โดยตัวอย่างทั้งหมดยังคงได้รับการยอมรับจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส เมื่อเวลาผ่านไป 90 วัน ค่าเริ่มต้นของ TBARS จะแสดงให้เห็นถึงการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักไส้กรอก ผลจากการวัดค่า TBARS และการวิเคราะห์ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสนั้นให้ผลไปในทางเดียวกัน ยกเว้นกลิ่นที่เกิดจากการออกซิเดชั่นในตัวควบคุม โดยตัวอย่างทั้งหมดยังคงได้รับการยอมรับเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 75 วัน

สูตรที่เติมโรสแมรี่ร้อยละ 0.05 จะแสดงให้เห็นว่ามีเสถียรภาพต่อการเกิดออกซิเดชั่นที่ดีที่สุด โดยจะมีค่า TBARS เริ่มต้นต่ำที่สุด มีผลรวมของค่าที่ได้จากการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ค่าสีแดงสูงที่สุด และมีกลิ่นที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เติมโรสแมรี่ ร้อยละ 0.025

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัตถุดิบและอุปกรณ์

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

- โรสแมรี่ (Rosemary , มูลนิธิโครงการหลวง จ. เชียงใหม่)
- เลมอนบาล์ม (Lemon balm , มูลนิธิโครงการหลวง จ. เชียงใหม่)
- เลมอนทายม์ (Lemon thyme , มูลนิธิโครงการหลวง จ. เชียงใหม่)
- ออริกาโน (Oregano , มูลนิธิโครงการหลวง จ. เชียงใหม่)
- น้ำตาลทรายขาว (มิตรผล)
- เกลือ (ปรุงทิพย์)
- ซีอิ๊วผง (Fermented soy sauce powder ; FK 1537, Inthaco, Thailand)
- สารป้องกันการเกาะติด (Anticaking agents ; Silicon dioxide 99.5 %, Food grade, Intergoods, Thailand)
- ถุงอลูมิเนียมฟอยล์สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ เป็นถุงสี่ชั้น ชั้นในเป็นเซอร์ลินหนา 40 ไมครอน ชั้นถัดมาเป็นอลูมิเนียมฟอยล์หนา 7 ไมครอน โพลิเอทิลีนหนา 30 ไมครอน และโพลิเอทิลีน เทเรฟทาเลตหนา 12 ไมครอน (PET 12 / PE 30 / ALU 7 / Surlyn 40) ขนาด 135 x 187 มิลลิเมตร (Huhtamaki, Thailand LTD.)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

- เครื่องทอด (TEFAL UNIVERSALIS 1000)
- เครื่องผสม (Mixer, KitchenAid : Model 5K5SS, USA)
- เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray drier : Model HA 200, Thailand)
- เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum drier : Model of Royal Project Foundation, Chiangmai, Thailand)
- เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Semi-accurate balance, Mettler : Model BB120, Switzerland)

- เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance, Precisa : Model XT320M, Switzerland)
- เครื่องปั่นผสม (Blender, National : Model MX-T1PN, Taiwan)

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- เครื่องวิเคราะห์ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw-box, Novasina : AWC200, Switzerland)
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, Memmert : Model ULM-400, USA)
- เตาเผาเถ้า (Oven, Gallenkamp, Muffle Furnace, England)

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR-300, Japan)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron Universal Testing Machine : Model 5565)

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

- เครื่องผสมแบบหมุนวน (Vortex geniez, Scientific Industries : Model G560E)
- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator, Hereaus : Model D-6450 Hanna, Germany)
- หม้อนึ่งความดัน (Autoclave, Iwaki Glass CO.,Ltd : Model AVC-3167, Japan)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, GFL : Model D1004, Germany)

4. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
- แบบสอบถาม (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

สารเคมี

- PCA Plate Count Agar (Difco, USA)
- PDA Potato Dextrose Agar (Difco, USA)
- Peptone (Difco, USA)
- กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid ; $C_4H_6O_6$, Merck, Germany)

เครื่องประมวลผลทางสถิติ

- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel
- โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0
- โปรแกรมสำเร็จรูป Mathcad 7 professional
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistica version 5.0
- โปรแกรมสำเร็จรูป XVERT
- โปรแกรมสำเร็จรูป POM

การวางแผนการทดลอง

กรรมวิธีการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

นำโรสแมรี่ ทาย์ม บาล์ม และออริกาโนมาล้างทำความสะอาด แล้วสะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปอบให้แห้งด้วยระบบสุญญากาศเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงของสีและการสูญเสียกลิ่น โดยอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และอบต่อที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (มูลนิธิโครงการหลวง จ. เชียงใหม่) แล้วนำมาขยำและบดแบบละเอียด ผสมกับน้ำตาลทรายขาวบดละเอียด เกลือ ซีอิ๊วผง ให้เข้ากัน จะได้ผงหมักไก่สมุนไพร บรรจุภาชนะบรรจุ กรรมวิธีการผลิตผงหมักไก่สมุนไพรแสดงดังภาพ 3.1

ภาพ 3.1 กรรมวิธีการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

การเตรียมตัวอย่างชิม

โดยการนำเนื้อส่วนอกไก่มาล้างทำความสะอาด หั่นให้ได้ขนาดเท่า ๆ กันประมาณ 3 x 3 x 2 เซนติเมตร โดยในแต่ละสิ่งทดลองจะใช้เนื้อไก่ในการหมักในปริมาณที่เท่ากันทุกสิ่งทดลอง คือ 500 กรัม ตลอดการทดลอง จากนั้นนำไปหมักกับผงหมักไก่สมุนไพรในปริมาณและระยะเวลาที่เท่ากันทุกสิ่งทดลองที่ระดับกลางของการทดลองตอนที่ 3 คือ ปริมาณ 27.5 กรัม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ปริมาณและเวลาในการหมักไม่ตรงกับที่แสดงในตอนที่ 3 เนื่องจากการวางแผนการทดลองในตอนแรกกำหนดช่วงของปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ และระยะเวลาในการหมักแคบเกินไป ทำให้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติไม่สมบูรณ์ จึงต้องกำหนดช่วงดังกล่าวให้กว้างขึ้น) เมื่อครบกำหนดนำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที (อุณหภูมิและเวลาในการทอดนี้ได้มาจากการทดลองทอดไก่ที่มีขนาดและปริมาณชิ้นไก่ที่กำหนด) ทอดเสร็จแล้ว ซับน้ำมัน เตรียมใส่จานให้ผู้ทดสอบชิม

การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร (ไพโรจน์, 2545)

ก่อนทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องทราบข้อมูลเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ก่อน เพื่อทราบแนวทางในการพัฒนาที่ถูกต้อง ว่ามีลักษณะใดของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและต้องการให้พัฒนาไปในทิศทางใด การหาเค้าโครงผลิตภัณฑ์ใช้หลักการของ Ideal ratio profile เป็นวิธีการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อดูลักษณะผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วน โดยใช้สเกลเส้นตรงแบบ Horizontal line scale และให้ผู้ทดสอบเป็นคนกำหนดลักษณะต่างๆด้วยตนเอง ซึ่งลักษณะที่ใช้ในการทดสอบแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะคือลักษณะปรากฏภายนอก กลิ่นและรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม จากนั้นให้ผู้ทดสอบชิมทำเครื่องหมายลงบนสเกลในตำแหน่งที่เห็นว่าเป็นคุณลักษณะที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal) และทำอีกเครื่องหมายในตำแหน่งที่ผู้บริโภคเห็นว่าเป็นคุณลักษณะจริงของตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวอย่างอ้างอิงในการทดสอบ หาค่าสัดส่วนของระยะทางระหว่างตำแหน่งทั้งสองเพื่อเป็นข้อมูลเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาในการทดลองต่อไปตามแบบการทดสอบของวิธี Ideal ratio profile ซึ่งถ้าค่าสัดส่วนของลักษณะใดมีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่าตัวอย่างมีลักษณะนั้นตามที่ผู้บริโภคต้องการจึงไม่ต้องทำการพัฒนาต่อไป แต่ถ้าค่าสัดส่วนมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า 1 หมายความว่าต้องพัฒนาให้ลักษณะนั้นมีค่ามากขึ้นหรือน้อยลงตามลำดับเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด ภาพรวมจากค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะเรียกว่า Numerical product profile จากนั้นนำค่าสัดส่วนเฉลี่ยดังกล่าวมาสร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะรูปวงกลมใยแมงมุม (Cyclic profile)

ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของผงหมักไก่สมุนไพรจะใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายอยู่แล้วในตลาดเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่างอ้างอิง ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน เป็นผู้กำหนดลักษณะคุณภาพต่าง ๆ ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ และจะถือเอาเค้าโครงที่ได้ในขั้นตอนนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตลอดการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาหาอัตราส่วนของสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

1.1 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อสมุนไพรที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

สมุนไพรที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพรมีทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ โรสแมรี่ ทาย์ม บาล์ม และออริกาโน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ดังนั้นจำเป็นต้องทราบการยอมรับของผู้บริโภคต่อสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดทิศทางปริมาณการใช้สมุนไพรทั้ง 4 ชนิดในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อไป โดยทำการหมักไก่ด้วยผงหมักไก่สมุนไพร 4 สูตร โดยแต่ละสูตรจะใช้ชนิดของสมุนไพรที่แตกต่างกัน ได้แก่ โรสแมรี่ ทาย์ม บาล์ม และออริกาโน ทำการทดสอบทางด้านประสาทแบบ Hedonic scale scoring test (ไพโรจน์, 2545) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทราบถึงการยอมรับของผู้บริโภคต่อสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด

1.2 การหาอัตราส่วนของสมุนไพรทั้ง 4 ชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์

จากการทดลองที่ 1.1 ทำให้ทราบทิศทางการยอมรับของผู้บริโภคต่อสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการกำหนดช่วงของปริมาณสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด จากนั้นทำการทดลองหาอัตราส่วนของสมุนไพรทั้ง 4 ชนิดที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2539 ก) ซึ่งมีหลักการว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใด ส่วนประกอบที่เหลือในสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วย และผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 1.0 หรือ ร้อยละ 100 เมื่อได้เป็นผงหมักไก่สมุนไพรนำมาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (2000)
- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ โดยเครื่องวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw-box, Novasina : AWC 200, Switzerland)

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสีระบบ Hunter (L, a และ b) โดยเครื่องวัดสี Minolta camera, Chroma Meter CR-300, Japan (Minolta Camera CO., Ltd., 1991)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ใช้ Ideal Ratio Profile Technique (ไพโรจน์, 2539 ก) ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ซึ่งเป็นลักษณะที่ได้จากการสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์

ให้รหัสกับตัวอย่างไก่ทอดด้วยตัวเลข 3 ตัวและใช้ผู้ทดสอบชิม 8-12 คน

วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อทราบอัตราส่วนของสมุนไพรทั้ง 4 ชนิดที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

ตอนที่ 2 การศึกษาหาอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมดที่เหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนของส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ซึ่งมีทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ น้ำตาล เกลือ ซีอิ๊วผง และสมุนไพร เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยอาศัยการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design

สิ่งที่ทำการศึกษา

น้ำตาล	ร้อยละ 40 - 60
เกลือ	ร้อยละ 10 - 20
ซีอิ๊วผง	ร้อยละ 20 - 30
สมุนไพร	ร้อยละ 5 – 15

ผลของ Mixture design ที่ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป XVERT สามารถนำมาใช้เป็นสิ่งทดลองได้ดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design เมื่อผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด

สิ่งทดลอง	น้ำตาล (ร้อยละ)	เกลือ (ร้อยละ)	ซีอิ๊วผง (ร้อยละ)	สมุนไพร (ร้อยละ)
1	55	10	30	5
2	55	20	20	5
3	45	20	30	5
4	55	10	20	15
5	45	10	30	15
6	45	20	20	15
7	40	20	30	10
8	40	15	30	15
9	40	20	25	15

ทำการบันทึกข้อมูลทางด้านเคมี กายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.2) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติ เพื่อทราบอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด ที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

ตอนที่ 3 การศึกษาหาปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมัก

กำหนดปัจจัยทดลองที่ต้องการศึกษาดังนี้

ปัจจัย A : ปริมาณผงหมักไก่ที่ใช้

ปัจจัย B : ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก

วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with central composite design (CCD)ที่ประกอบด้วย 2 ปัจจัยข้างต้น ทำให้ได้สิ่งทดลองดังแสดงในตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ระดับของแต่ละปัจจัยที่ศึกษาสำหรับการวางแผนการทดลองแบบ Central composite design (CCD)

สิ่งทดลอง	ปัจจัย	
	A	B
1	-1	-1
2(a)	+1	-1
3(b)	-1	+1
4(ab)	+1	+1
5(-αa)	-1.414	0
6(+αa)	+1.414	0
7(-αb)	0	-1.414
8(+αb)	0	+1.414
9(Cp1)	0	0
10(Cp2)	0	0
11(Cp3)	0	0

โดย

ปัจจัย	-1.414	-1	Center point	+1	+1.414
ปริมาณที่ใช้ (กรัม/ไก่ 500 กรัม)	10	15.856	30	44.144	50
ระยะเวลาในการหมัก (นาที)	20	34.64	70	105.36	120

ทำการบันทึกข้อมูลทางด้านเคมี กายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.2) แต่เพิ่มการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ :

- ค่าแรงเฉือน โดยเครื่อง Instron Model 5565, USA (Instron, 1993)

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติ เพื่อหาข้อสรุปจากการทดลอง

ตอนที่ 4 ศึกษาคุณภาพของผงหมักไก่สมุนไพรที่ผ่านการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตมาแล้วในตอนที่ 1 2 และ 3

ทำการผลิตผงหมักไก่สมุนไพรโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่ได้ทำการพัฒนามาแล้วในตอนที่ 1, 2 และ 3 ทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา ตลอดจนทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี :

- ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (2000)
- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ โดยเครื่องวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw-box, Novasina : AWC 200, Switzerland)
- ปริมาณเถ้าทั้งหมด ตามวิธี AOAC (2000)

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ :

- ค่าสีระบบ Hunter (L, a และ b) โดยเครื่องวัดสี Minolta camera, Chroma Meter CR-300, Japan (Minolta Camera CO., Ltd., 1991)

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ :

- หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี Total plate count (AOAC, 2000)
- หาปริมาณยีสต์และเชื้อรา โดยวิธี Pour Plate (AOAC, 2000)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส :

โดยใช้ Ideal Ratio Profile Technique ทดสอบลักษณะปรากฏ กลิ่น รส เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม เช่นเดียวกับการทดสอบในข้างต้น (ไพโรจน์, 2539 ก)

ตอนที่ 5 ศึกษาสารป้องกันการเกาะติด (anticaking agent) และอุณหภูมิในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร

ผงหมักไก่สมุนไพรที่ทำการผลิตตามสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม ต้องนำมาเก็บรักษาในสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์คงคุณภาพดีได้นาน เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทางกายภาพและการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ จึงทำการศึกษาสารป้องกันการเกาะติดและอุณหภูมิในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร

โดยบรรจุผงหมักไก่สมุนไพรในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งเป็นถุงสี่ชั้น ชั้นในเป็นเซอร์ลินหนา 40 ไมครอน ชั้นถัดมาเป็นอลูมิเนียมฟอยล์หนา 7 ไมครอน โพลิเอทิลีนหนา 30 ไมครอน และโพลิเอทิลีน เทเรฟทาเลตหนา 12 ไมครอน (PET 12 / PE 30 / ALU 7 / Surlyn 40) ขนาด 135 x 187 มิลลิเมตร

ปัจจัยในการทดลอง คือ การใช้สารป้องกันการเกาะติด และอุณหภูมิในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร

ปัจจัยแรก คือ การใช้สารป้องกันการเกาะติด ซึ่งมี 2 ลักษณะคือ ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด และใช้สารป้องกันการเกาะติดร้อยละ 0.8 (Intergoods, Thailand)

ปัจจัยที่สอง คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษา มี 3 ระดับ คือ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial experiment in completely randomized design ทำการวิเคราะห์คุณภาพของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ โดยวิเคราะห์ในวันเริ่มต้น สัปดาห์ที่ 2, 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 คุณภาพที่ทำการวิเคราะห์ (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 4)

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งหมดจะนำมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS 10.0 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้สารป้องกันการเกาะติด และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ เพื่อสรุปอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร

ทำการสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิค Ideal ratio profile เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามที่ผู้บริโภคต้องการ โดยนำผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดคือผงหมักไก่ตราโลโบหมักไก่ในปริมาณ 27.5 กรัมต่อไก่น้ำหนัก 500 กรัมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที ทอดเสร็จแล้วซับน้ำมัน เตรียมใส่จานให้ผู้ทดสอบชิม โดยใช้แบบทดสอบชิมดังแสดงในภาคผนวก ข ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน กำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบชิมกำหนด มีดังนี้

1. ลักษณะปรากฏ

ผู้ทดสอบชิมบอกถึง สีน้ำตาลของไก่ทอด	8 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึง จำนวนชิ้นสมุนไพร	3 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึง ขนาดชิ้นไก่	3 คน

2. กลิ่นและรสชาติ

ผู้ทดสอบชิมบอกถึง กลิ่นรสสมุนไพร	8 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึง รสหวาน	7 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึง รสเค็ม	8 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึง กลิ่นเนื้อไก่	1 คน

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

ผู้ทดสอบชิมบอกถึง ความนุ่ม	10 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึง ความเหนียว	4 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึง ความฉ่ำน้ำของเนื้อไก่	1 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึง การอมน้ำมันของไก่ทอด	1 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึง ความกลมกลืนของส่วนผสม	1 คน

4. การยอมรับรวม

ผู้ทดสอบชิมบอกถึง การยอมรับรวม	10 คน

ในข้อมูลข้างต้นสามารถคัดเลือกลักษณะที่ผู้ทดสอบชิมเห็นว่าเป็นลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ โดยเลือกจากลักษณะที่ผู้ทดสอบชิมลงความเห็นตั้งแต่ 5 คนขึ้นไปมี 6 ลักษณะ คือ สีน้ำตาล กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน รสเค็ม ความนุ่ม และการยอมรับรวม มีค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean score) และค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) เป็นดังนี้

ตาราง 4.1 ค่าคะแนนเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของลักษณะสำคัญของผงหมักไก่สมุนไพรที่ได้จากการสำรวจผู้ทดสอบชิม

ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์	คะแนนเฉลี่ยที่ตัวอย่างได้รับ	คะแนนเฉลี่ยที่ต้องการในอุดมคติ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
สีน้ำตาล	5.80 ± 1.19	5.89 ± 1.10	0.99 ± 0.16
กลิ่นรสสมุนไพร	4.44 ± 1.21	7.03 ± 0.84	0.64 ± 0.16*
รสหวาน	4.17 ± 1.46	4.04 ± 0.88	1.07 ± 0.43
รสเค็ม	4.24 ± 1.00	4.73 ± 0.87	0.89 ± 0.13
ความนุ่ม	3.96 ± 0.79	5.94 ± 0.89	0.67 ± 0.08*
การยอมรับรวม	5.62 ± 1.28	10.00 ± 0.00	0.56 ± 0.13*

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

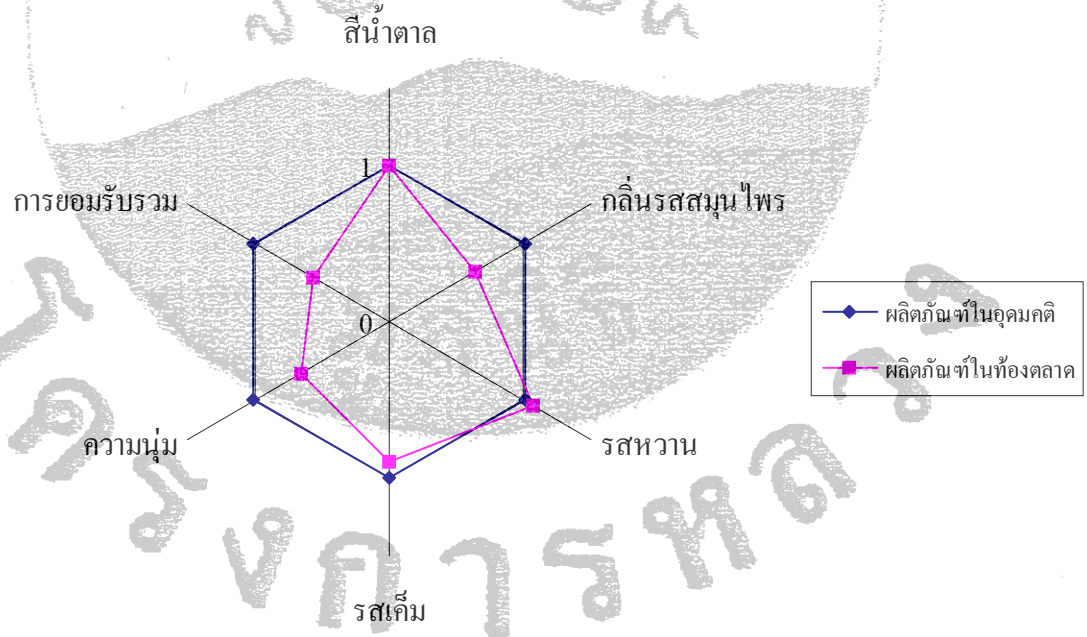
* แสดงถึงค่า Ideal ratio score มีความแตกต่างจากค่า Ideal (1.00) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

นำค่าคะแนนการยอมรับของตัวอย่างและค่าคะแนนในอุดมคติของแต่ละลักษณะที่ได้จากผู้ทดสอบชิมมาหาค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ดังตาราง 4.1 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้นี้จะถูกนำมาสร้างกราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ เพื่อเปรียบเทียบกับค่าในอุดมคติซึ่งมีค่าเป็น 1.00 ดังภาพ 4.1 ซึ่งจะแสดงทิศทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป ดังนี้

ถ้าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ถ้าสัดส่วนมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้น ๆ มีความจำเป็นต้องพัฒนาให้มีค่าลดลง

ถ้าสัดส่วนน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้น ๆ มีความจำเป็นต้องพัฒนาให้มีค่าเพิ่มขึ้น



ภาพ 4.1 กราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร

พิจารณาจากกราฟเค้าโครงพบว่ากลิ่นรสสมุนไพร ความนุ่ม และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดมีค่าคะแนนความชอบน้อยกว่า 1 หมายความว่าผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสสมุนไพร ความนุ่ม และการยอมรับรวมน้อยกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร จึงควรเน้นการพัฒนาเพื่อเพิ่มกลิ่นรสสมุนไพร ความนุ่ม และการยอมรับรวมให้มากขึ้นจนกระทั่งมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 สำหรับสีน้ำตาล รสหวาน และรสเค็มนั้นพบว่าผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติแล้ว

จากการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ทำให้สามารถกำหนดค่าอุดมคติถาวร (Fixed ideals) ของแต่ละลักษณะได้ โดยการนำค่าอุดมคติของลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจุดอุดมคติถาวรนี้จะนำไปใช้ตลอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร และกราฟเค้าโครงที่ได้นี้จะนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

4.1 ศึกษาหาอัตราส่วนของสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

4.1.1 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อสมุนไพรที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ดังนั้นจำเป็นต้องทราบการยอมรับของผู้บริโภคต่อสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดทิศทางปริมาณการใช้สมุนไพร ทั้ง 4 ชนิดในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อไป สมุนไพรที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพรมีทั้งหมด 4 ชนิดได้แก่ โรสแมรี่ ทาย์ม บาล์ม และออริกาโน โดยทำการหมักไก่ด้วยผงหมักไก่สมุนไพร 4 สูตร โดยแต่ละสูตรจะใช้ชนิดของสมุนไพรที่แตกต่างกัน ได้แก่ โรสแมรี่ ทาย์ม บาล์ม และออริกาโน ทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale scoring test (ไพโรจน์, 2545)

ตาราง 4.2 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale scoring test ของผงหมักไก่สมุนไพร 4 สูตร

ชนิดของสมุนไพร	คะแนนความชอบ
โรสแมรี่	7.9 ± 0.99^{a}
ทาย์ม	7.8 ± 1.03^{a}
บาล์ม	6.6 ± 1.65^{b}
ออริกาโน	6.0 ± 1.25^{b}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดสอบดังตาราง 4.2 เมื่อนำข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาความแปรปรวนหรือ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's multiple range test พบว่าโรสแมรี่และทาย์มผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด รองลงมาเป็นบาล์มและออริกาโน จากการเปรียบเทียบนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการกำหนดช่วงของปริมาณสมุนไพรทั้ง 4 ชนิดในตอนต่อไป

4.1.2 การหาอัตราส่วนของสมุนไพรทั้ง 4 ชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนของสมุนไพรที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ โรสแมรี่ ทาย์ม บาล์มและออริกาโน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยอาศัยการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2539 ก) และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป XVERT ในการผันแปรและเลือกสิ่งทดลองที่อยู่ภายใต้ขอบเขตของระดับตัวแปรที่กำหนด

จากการทดลอง 4.1.1 สามารถกำหนดช่วงของปริมาณโรสแมรี่และทาย์มในระดับสูง สำหรับบาล์มและออริกาโนใช้ระดับต่ำ ได้ดังนี้

สิ่งที่ทำการศึกษา

ออริกาโน	ร้อยละ 10 - 40
บาล์ม	ร้อยละ 15 - 45
ทาย์ม	ร้อยละ 20 - 75
โรสแมรี่	ร้อยละ 20 - 80

ผลของ Mixture design ที่ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป XVERT สามารถนำมาใช้เป็นสิ่งทดลองได้ดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design เมื่อผันแปรอัตราส่วนของสมุนไพร

สิ่งทดลอง	ออริกาโน (ร้อยละ)	บาล์ม (ร้อยละ)	ทาย์ม (ร้อยละ)	โรสแมรี่ (ร้อยละ)
1	10	15	20	55
2	10	45	20	25
3	40	15	20	25
4	10	15	55	20
5	10	45	25	20
6	40	15	25	20
7	15	45	20	20
8	40	20	20	20

จากสิ่งทดลองทั้ง 8 สิ่งทดลองนี้สามารถผลิตผงหมักไก่สมุนไพรได้ 8 สูตรโดยกำหนดให้ปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ น้ำตาล เกลือ ซีอิ๊วผง ปริมาณผงหมักไก่ที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก เป็นปัจจัยคงที่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างตัวแปร และใช้โปรแกรม POM ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) เพื่อหาอัตราส่วนของสมุนไพรทั้ง 4 ชนิดที่ดีที่สุด ทั้งนี้อัตราส่วนดังกล่าวจะต้องอยู่ในข้อจำกัด (Constrains) ที่ตั้งไว้โดยใช้เทคนิค Lag range ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส แสดงดังตาราง 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 และภาพ 4.2 ตามลำดับ

ตาราง 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนของสมุนไพร

สิ่งทดลอง	ปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)
1	0.18 ± 0.00	3.53 ± 0.14
2	0.18 ± 0.00	3.45 ± 0.14
3	0.18 ± 0.00	3.38 ± 0.08
4	0.18 ± 0.01	4.01 ± 0.72
5	0.18 ± 0.00	3.65 ± 0.50
6	0.17 ± 0.00	3.49 ± 0.46
7	0.17 ± 0.00	3.60 ± 0.34
8	0.18 ± 0.00	3.23 ± 0.16

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (ค่าสีของผงหมักไก่สมุนไพร) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของสมุนไพร

สิ่งทดลอง	L	a	b
1	69.62 ± 0.72^{a}	-2.86 ± 0.08^{a}	18.62 ± 0.11^{a}
2	72.91 ± 1.29^{b}	-3.26 ± 0.11^{bc}	17.71 ± 0.08^{b}
3	74.64 ± 1.00^{c}	$-3.08 \pm 0.04^{a\,c}$	19.37 ± 0.25^{c}
4	73.02 ± 0.29^{b}	-2.92 ± 0.15^{a}	18.67 ± 0.26^{a}
5	72.60 ± 0.92^{b}	-3.23 ± 0.12^{bc}	18.70 ± 0.28^{a}
6	74.87 ± 0.81^{c}	-3.47 ± 0.15^{b}	19.19 ± 0.51^{cd}
7	72.94 ± 0.68^{b}	-3.47 ± 0.05^{b}	19.07 ± 0.15^{acd}
8	72.51 ± 0.40^{b}	-3.47 ± 0.22^{b}	18.87 ± 0.11^{ad}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์และปริมาณความชื้น) ของผงหมักไก่สมุนไพรทั้ง 8 สิ่งทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อยู่ในช่วง 0.17 ถึง 0.18 และอยู่ในช่วง 3.23 ถึง 4.01 ตามลำดับ

ตาราง 4.5 แสดงคุณภาพทางกายภาพ (ค่าสีของผงหมักไก่สมุนไพร) ทั้ง 8 สิ่งทดลอง พบว่าค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 69.62 ถึง 74.87 ส่วนค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) อยู่ในช่วง -3.47 ถึง -2.86 และค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) อยู่ในช่วง 17.71 ถึง 19.37 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 8 สิ่งทดลองมีค่าสี L, a และ b แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) นั่นเป็นเพราะส่วนผสมสมุนไพรได้แก่ ออริกาโน บาล์ม ทาย์ม และโรสแมรี่ ในสูตรการผลิตแต่ละสิ่งทดลองให้สีเขียวไม่เหมือนกันโดยโรสแมรี่มีสีคล้ำกว่า

ตาราง 4.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (ค่าสีของไก่ทอด) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของสมุนไพร

สิ่งทดลอง	L	a	b
1	45.98 ± 2.30^{abc}	9.96 ± 0.79^{a}	28.12 ± 0.36^{a}
2	48.24 ± 2.59^{b}	5.04 ± 1.08^{b}	23.29 ± 1.46^{bcd}
3	46.97 ± 4.25^{bc}	5.70 ± 1.20^{bc}	23.54 ± 1.20^{bcd}
4	40.99 ± 1.57^{de}	8.00 ± 0.39^{d}	21.81 ± 2.01^{b}
5	43.34 ± 2.58^{e}	7.07 ± 1.82^{cd}	24.75 ± 3.23^{cd}
6	46.29 ± 2.30^{abc}	7.09 ± 1.45^{cd}	25.68 ± 2.22^{ad}
7	44.25 ± 1.51^{ace}	7.12 ± 0.79^{cd}	22.14 ± 0.81^{bc}
8	39.09 ± 1.95^{d}	7.49 ± 1.27^{d}	22.11 ± 2.45^{bc}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตาราง 4.6 แสดงคุณภาพทางกายภาพ (ค่าสีของไก่ทอด) ที่ผ่านการหมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรทั้ง 8 สิ่งทดลอง พบว่าค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 39.09 ถึง 48.24 ส่วนค่า สี a (สีแดง - สีเขียว) อยู่ในช่วง 5.04 ถึง 9.96 และค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) อยู่ในช่วง 21.81 ถึง 28.12 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 8 สิ่งทดลอง มีค่าสี L, a และ b แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

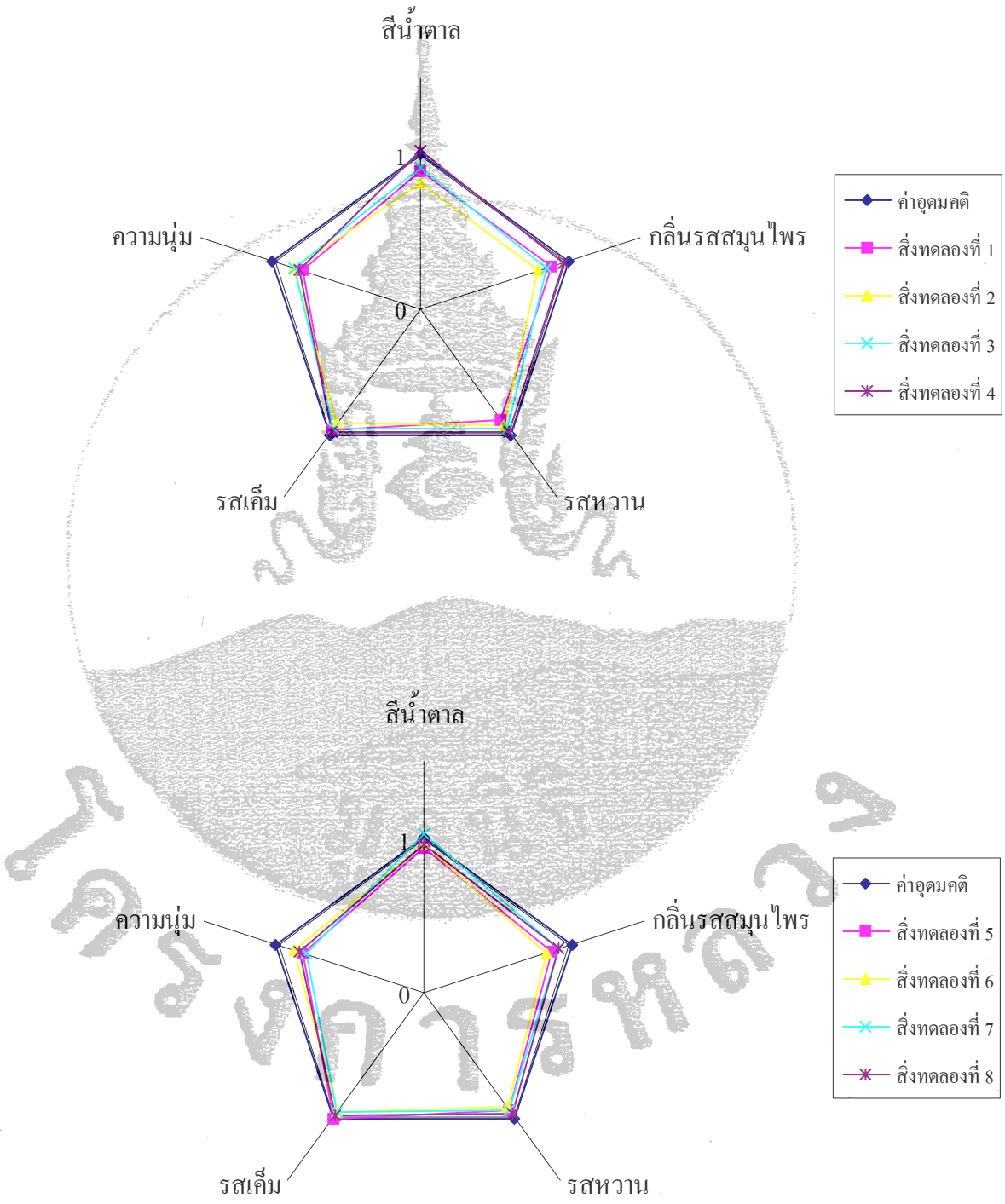
นั่นเป็นเพราะส่วนผสมสมุนไพรของผงหมักไก่ในสูตรการผลิตแต่ละสิ่งทดลองให้สีเขียวไม่เหมือนกันโดยโรสแมรี่มีสีคล้ำกว่า นอกจากนี้การสุ่มตัวอย่างไก่ทอดมาวัดค่าสี และตำแหน่งที่วัดค่าสีให้ค่าสีที่ต่างกัน ทั้งนี้เพราะไก่ทอดที่ได้มีสีไม่สม่ำเสมอในแต่ละสิ่งทดลอง

ตาราง 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Mean ideal ratio scores) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของสมุนไพร

สิ่งทดลอง	สีน้ำตาล	กลิ่นรสสมุนไพร	รสหวาน	รสเค็ม	ความนุ่ม	การยอมรับรวม
1	0.89 ± 0.19	0.89 ± 0.14	0.88 ± 0.15	0.97 ± 0.16	0.81 ± 0.21	0.61 ± 0.17
2	0.82 ± 0.22	0.81 ± 0.16	0.93 ± 0.12	0.91 ± 0.17	0.86 ± 0.25	0.63 ± 0.19
3	0.92 ± 0.19	0.86 ± 0.21	0.95 ± 0.17	0.95 ± 0.14	0.86 ± 0.21	0.67 ± 0.20
4	1.03 ± 0.13	0.97 ± 0.12	0.98 ± 0.11	0.98 ± 0.10	0.83 ± 0.22	0.70 ± 0.16
5	0.94 ± 0.14	0.87 ± 0.12	0.94 ± 0.14	1.00 ± 0.12	0.83 ± 0.19	0.70 ± 0.19
6	0.96 ± 0.14	0.84 ± 0.16	0.92 ± 0.14	0.95 ± 0.11	0.88 ± 0.21	0.68 ± 0.12
7	1.03 ± 0.14	0.91 ± 0.14	0.94 ± 0.11	0.96 ± 0.09	0.81 ± 0.26	0.69 ± 0.19
8	0.96 ± 0.13	0.91 ± 0.08	0.97 ± 0.13	0.98 ± 0.10	0.85 ± 0.19	0.67 ± 0.16

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสิ่งทดลองมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม ดังแสดงในภาพ 4.2



ภาพ 4.2 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร เมื่อใช้อัตราส่วนของสมุนไพรต่างกัน

ตาราง 4.7 และภาพ 4.2 แสดงให้เห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีค่าคะแนนลักษณะด้านประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะแตกต่างกันบ้าง แต่ในภาพรวมมีทิศทางคล้ายคลึงกันดังนี้คือ สิ่งทดลองมีค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาล กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน รสเค็ม ใกล้เคียงค่าในอุดมคติ แต่พบว่าสิ่งทดลองมีค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มและการยอมรับรวมต่ำกว่าค่าในอุดมคติ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความนุ่มน้อยกว่าระดับที่ผู้บริโภคต้องการ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไก่ทอดที่เตรียมให้ผู้ทดสอบชิมผ่านการทอดมาแล้วระยะหนึ่งซึ่งจะมีความนุ่มน้อยกว่าไก่ที่ผ่านการทอดทันที

ในการวิเคราะห์หาอัตราส่วนของสมุนไพรที่เหมาะสมนั้นทำได้โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส ในแต่ละสิ่งทดลองมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างอัตราส่วนของสมุนไพรที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองกับลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา หาความสัมพันธ์ของลักษณะนั้นกับอัตราส่วนของสมุนไพร 4 ปัจจัย ทีละคู่ รวมถึงอิทธิพลร่วม (Interaction) ของอัตราส่วนดังกล่าวด้วย อัตราส่วนของสมุนไพรที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองและอิทธิพลร่วม (Interaction) แสดงดังตารางที่ ง.1 ในภาคผนวก ง

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

ตาราง 4.8 อัตราส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพรที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

ลักษณะสำคัญ	ออริกาโน (ร้อยละ)	บาล์ม (ร้อยละ)	ทาย์ม (ร้อยละ)	โรสแมรี่ (ร้อยละ)
สีน้ำตาล	19.79	24.88	28.05	27.27
กลิ่นรสสมุนไพร	19.31	24.81	28.05	27.81
รสหวาน	19.41	24.94	27.90	27.75
รสเค็ม	19.27	24.85	28.09	27.78
ความนุ่ม	19.42	24.67	27.97	27.94
การยอมรับรวม	19.49	24.94	28.12	27.43
ค่าสีผงหมักไก่สมุนไพร L	19.46	24.74	27.96	27.84
ค่าสีผงหมักไก่สมุนไพร a	20.13	25.48	27.41	26.99
ค่าสีผงหมักไก่สมุนไพร b	19.60	24.66	27.93	27.81
ค่าสีไก่ทอด L	19.15	24.56	27.79	28.49
ค่าสีไก่ทอด a	18.49	23.62	29.73	28.18
ค่าสีไก่ทอด b	19.01	24.33	28.32	28.33
ค่าเฉลี่ย (mean)	19.38	24.71	28.11	27.80
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	0.40	0.44	0.55	0.43

ตาราง 4.8 สามารถอธิบายได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพร ขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้านสีน้ำตาล กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน รสเค็ม ความนุ่ม การยอมรับรวม ค่าสีผงหมักไก่สมุนไพร L, a, b ค่าสีไก่ทอด L, a และ b เมื่อนำค่าอัตราส่วนของออริกาโน : บาล์ม : ทาย์ม : โรสแมรี่ ของลักษณะทั้งหมดในตาราง 4.8 มาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพรที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพรดังนี้

ออริกาโน ร้อยละ 19.38 ± 0.40

บาล์ม ร้อยละ 24.71 ± 0.44

ทาย์ม ร้อยละ 28.11 ± 0.55

โรสแมรี่ ร้อยละ 27.80 ± 0.43

4.2 การหาอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมดที่เหมาะสมต่อการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

ส่วนผสมทั้งหมดที่ทำการศึกษาคือ น้ำตาล เกลือ ซีอิ๊วผง และสมุนไพร ในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมทำได้โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2539 ก) ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง เมื่อนำสูตรการผลิตทั้ง 9 สูตรไปทำการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยใช้อัตราส่วนผสมของสมุนไพรที่ได้จากการทดลอง 4.1.2 และกำหนดให้ปัจจัยอื่น ๆ เป็นปัจจัยคงที่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างตัวแปรและใช้โปรแกรม POM ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) เพื่อหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของส่วนผสมทั้งหมด ทั้งนี้อัตราส่วนดังกล่าวจะต้องอยู่ในข้อจำกัด (Constrains) ที่ตั้งไว้โดยใช้เทคนิค Lag range ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส แสดงดังตาราง 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 และภาพ 4.3 ตามลำดับ

ตาราง 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เมื่อผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด

สิ่งทดลอง	ปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)
1	0.17 ± 0.00^{ab}	4.84 ± 0.25^{a}
2	0.17 ± 0.00^{bd}	3.69 ± 0.14^{b}
3	0.14 ± 0.00^{c}	4.26 ± 0.04^{cd}
4	0.18 ± 0.01^{d}	4.72 ± 0.22^{a}
5	0.16 ± 0.00^{a}	5.40 ± 0.09^{e}
6	0.17 ± 0.00^{bd}	4.28 ± 0.19^{cd}
7	0.15 ± 0.00^{c}	4.20 ± 0.39^{c}
8	0.17 ± 0.01^{ab}	4.60 ± 0.09^{ad}
9	0.16 ± 0.01^{a}	4.28 ± 0.20^{cd}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์และปริมาณความชื้น) ของผงหมักไก่สมุนไพรทั้ง 9 สิ่งทดลอง พบว่าทั้งปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์และปริมาณความชื้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อยู่ในช่วง 0.14 ถึง 0.18 และอยู่ในช่วง 3.69 ถึง 5.40 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมดซึ่งได้แก่ น้ำตาล เกลือ ซีอิ๊วผง และสมุนไพร จึงทำให้สิ่งทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลองมีคุณภาพทางเคมีต่างกัน

ตาราง 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (ค่าสีของผงหมักไก่สมุนไพร) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด

สิ่งทดลอง	L	a	b
1	78.59 ± 0.28^{a}	-3.03 ± 0.15^{a}	20.77 ± 0.43^{a}
2	79.31 ± 0.21^{b}	-3.74 ± 0.09^{b}	18.88 ± 0.26^{b}
3	77.42 ± 0.31^{c}	-2.77 ± 0.13^{c}	21.34 ± 0.28^{c}
4	74.69 ± 0.63^{d}	-4.39 ± 0.08^{d}	17.14 ± 0.12^{d}
5	74.74 ± 1.16^{d}	-3.24 ± 0.15^{e}	19.57 ± 0.44^{e}
6	73.29 ± 0.24^{e}	-4.27 ± 0.08^{d}	17.7 ± 0.23^{f}
7	74.05 ± 0.28^{f}	-2.99 ± 0.06^{a}	21.34 ± 0.21^{c}
8	72.17 ± 0.35^{g}	-3.67 ± 0.07^{b}	20.68 ± 0.34^{a}
9	70.20 ± 0.87^{h}	-3.95 ± 0.14^{f}	19.88 ± 0.35^{e}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.10 แสดงคุณภาพทางกายภาพ (ค่าสีของผงหมักไก่สมุนไพร) ทั้ง 9 สิ่งทดลอง พบว่าค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 70.20 ถึง 79.31 ส่วนค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) อยู่ในช่วง -4.39 ถึง -2.77 และค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) อยู่ในช่วง 17.14 ถึง 21.34 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 9 สิ่งทดลอง มีค่าสี L, a และ b แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นั่นเป็นเพราะส่วนผสมทั้งหมด ได้แก่ น้ำตาล เกลือ ซีอิ๊วผง และสมุนไพร ในสูตรการผลิตแต่ละสิ่งทดลองมีปริมาณแตกต่างกัน จึงทำให้ค่าสีของผงหมักไก่สมุนไพรมีความแตกต่างกัน

ตาราง 4.11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (ค่าสีของไก่ทอด) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด

สิ่งทดลอง	L	a	b
1	43.84 ± 6.91[a]	6.92 ± 2.42	21.85 ± 4.07[abc]
2	44.02 ± 3.56[a]	7.83 ± 2.09	23.89 ± 3.39[bc]
3	44.53 ± 3.47[a]	5.66 ± 2.34	24.60 ± 3.54[c]
4	37.67 ± 4.96[bc]	8.88 ± 2.03	18.93 ± 4.70[a]
5	37.07 ± 4.45[bc]	7.41 ± 1.90	19.64 ± 3.64[ab]
6	40.84 ± 5.56[abc]	8.12 ± 1.80	22.13 ± 3.24[abc]
7	42.14 ± 7.30[ac]	7.96 ± 1.99	24.42 ± 5.81[c]
8	35.81 ± 3.51[b]	9.16 ± 1.63	19.77 ± 3.54[ab]
9	41.23 ± 4.55[ac]	8.51 ± 1.91	23.29 ± 4.34[abc]

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

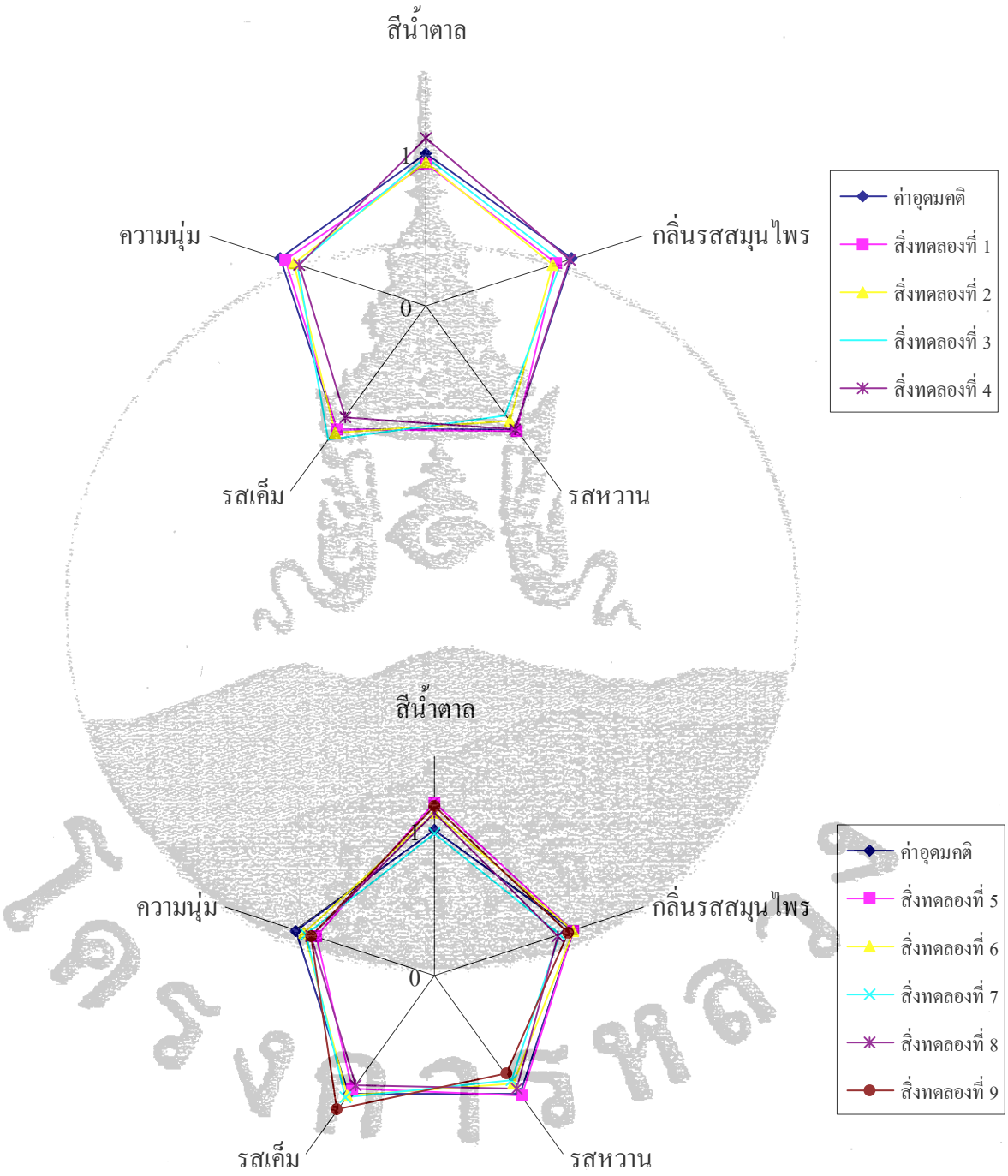
ตาราง 4.11 แสดงคุณภาพทางกายภาพ (ค่าสีของไก่ทอด) ที่ผ่านการหมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรทั้ง 9 สิ่งทดลอง พบว่าค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 35.81 ถึง 44.53 ค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) อยู่ในช่วง 18.93 ถึง 24.60 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 9 สิ่งทดลอง มีค่าสี L และ b แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) อยู่ในช่วง 5.66 ถึง 9.16 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นั่นเป็นเพราะส่วนผสมทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรในสูตรการผลิตแต่ละสิ่งทดลองมีปริมาณแตกต่างกัน

ตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Mean ideal ratio scores) เมื่อผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด

สิ่งทดลอง	สีน้ำตาล	กลิ่นรสสมุนไพร	รสหวาน	รสเค็ม	ความนุ่ม	การยอมรับรวม
1	0.93 ± 0.10	0.90 ± 0.10	1.01 ± 0.15	1.00 ± 0.14	0.96 ± 0.08	0.75 ± 0.13
2	0.94 ± 0.10	0.87 ± 0.08	0.93 ± 0.10	1.02 ± 0.16	0.91 ± 0.07	0.73 ± 0.16
3	0.97 ± 0.06	0.93 ± 0.11	0.88 ± 0.30	1.09 ± 0.21	0.88 ± 0.12	0.74 ± 0.14
4	1.10 ± 0.16	0.99 ± 0.06	1.00 ± 0.13	0.89 ± 0.12	0.87 ± 0.13	0.74 ± 0.15
5	1.18 ± 0.19	1.00 ± 0.09	1.01 ± 0.03	0.96 ± 0.10	0.85 ± 0.13	0.77 ± 0.16
6	1.11 ± 0.16	1.00 ± 0.07	0.91 ± 0.24	1.02 ± 0.11	0.94 ± 0.08	0.78 ± 0.11
7	0.97 ± 0.13	0.90 ± 0.13	0.89 ± 0.09	1.03 ± 0.14	0.92 ± 0.10	0.76 ± 0.13
8	1.11 ± 0.14	0.89 ± 0.09	0.96 ± 0.11	0.93 ± 0.16	0.89 ± 0.08	0.75 ± 0.13
9	1.16 ± 0.19	0.96 ± 0.06	0.83 ± 0.29	1.14 ± 0.27	0.89 ± 0.10	0.75 ± 0.16

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสิ่งทดลองมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม ดังแสดงในภาพ 4.3



ภาพ 4.3 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร เมื่อใช้อัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมดแตกต่างกัน

ตาราง 4.12 แสดงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร เมื่อผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ซึ่งนำมาสร้างเป็นกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ได้ดังภาพ 4.3 จะเห็นว่า แต่ละสิ่งทดลองมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละด้านดีแตกต่างกัน สาเหตุเนื่องจากสิ่งทดลองต่าง ๆ มีการผันแปรอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมทั้งหมดจึงอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมดที่เหมาะสม นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส ในแต่ละสิ่งทดลองมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองกับลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา โดยทำการหาความสัมพันธ์ค่าของลักษณะนั้นกับอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมด 4 ปัจจัย ทีละคู่ รวมถึงอิทธิพลร่วม (Interaction) ของอัตราส่วนดังกล่าวด้วย สมการเชิงเส้น (Linear regression) ที่ได้จะนำมาทำ Partial derivatives และใช้เทคนิค Lag range จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์เพื่อหาอัตราส่วนของส่วนผสมทั้งหมดที่เหมาะสมต่อลักษณะนั้น ๆ ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (POM) ตัวอย่างการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมแสดงได้ดังตัวอย่าง ง.1 ในภาคผนวก ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตาราง 4.13 อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

ลักษณะสำคัญ	น้ำตาล (ร้อยละ)	เกลือ (ร้อยละ)	ซีอิ๊วผง (ร้อยละ)	สมุนไพร (ร้อยละ)
สีน้ำตาล	45.93	15.50	24.66	13.89
กลิ่นรสสมุนไพร	46.29	15.94	25.60	12.13
รสหวาน	43.58	17.76	25.82	12.85
รสเค็ม	47.63	17.32	24.37	10.70
ปริมาณความชื้น	44.18	19.38	24.36	12.08
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	45.77	15.73	26.03	12.47
ค่าสีผงหมักไก่สมุนไพร a	56.14	10.72	25.53	7.75
ค่าสีผงหมักไก่สมุนไพร b	47.40	15.32	26.74	10.54
ค่าสีไก่ทอด L	44.77	17.74	24.02	13.47
ค่าสีไก่ทอด b	46.05	16.11	25.83	12.00
ค่าเฉลี่ย (mean)	46.77	16.15	25.30	11.78
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	3.53	2.30	0.89	1.77

ตาราง 4.13 สามารถอธิบายได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมทั้งหมด ขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้านสีน้ำตาล กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน รสเค็ม ปริมาณความชื้น ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ ค่าสีผงหมักไก่สมุนไพร a, b ค่าสีไก่ทอด L และ b เมื่อนำค่าอัตราส่วนของน้ำตาล : เกลือ : ซีอิ๊วผง : สมุนไพร ของลักษณะทั้งหมดในตาราง 4.13 มาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพรดังนี้

น้ำตาล	ร้อยละ 46.77 ± 3.53
เกลือ	ร้อยละ 16.15 ± 2.30
ซีอิ๊วผง	ร้อยละ 25.30 ± 0.89
สมุนไพร	ร้อยละ 11.78 ± 1.77

4.3 ศึกษาหาปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมัก

เมื่อหาสูตรของผงหมักไก่สมุนไพรที่เหมาะสมได้แล้ว การทดลองขั้นต่อไปนี้จะเป็นการศึกษาหาระดับที่เหมาะสมของปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with central composite design มีจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 11 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตาราง 4.14

ตาราง 4.14 สิ่งทดลองสำหรับการหาปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมัก

สิ่งทดลอง	รหัส	ปริมาณ		เวลา	
		ระดับ	กรัม	ระดับ	นาที
1	(1)	-1	15.86	-1	34.64
2	a	+1	44.14	-1	34.64
3	b	-1	15.86	+1	105.36
4	ab	+1	44.14	+1	105.36
5	$-\alpha a$	$-\alpha$	10	0	70
6	$+\alpha a$	$+\alpha$	50	0	70
7	$-\alpha b$	0	30	$-\alpha$	20
8	$+\alpha b$	0	30	$+\alpha$	120
9	cp1	0	30	0	70
10	cp2	0	30	0	70
11	cp3	0	30	0	70

ทั้งนี้ผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ศึกษาปริมาณและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมักมีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ 0.16 $\pm$ 0.01 ปริมาณความชื้นร้อยละ 2.75 $\pm$ 0.06 และมีค่าสี L (ความสว่าง) 75.78 $\pm$ 0.04 ค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) -3.90 $\pm$ 0.09 ค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) 18.73 $\pm$ 0.25

ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตาราง 4.15 และ 4.16

ตาราง 4.15 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรเมื่อผันแปรปริมาณที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก

สิ่งทดลอง	ค่าสี			แรงเฉือน (นิวตัน)
	L	a	b	
1	42.24 ± 4.34^{abc}	8.73 ± 2.89	22.11 ± 3.05^{abc}	52.36 ± 13.03
2	42.54 ± 2.82^{abc}	5.39 ± 2.76	20.52 ± 2.31^{ab}	48.30 ± 17.63
3	46.12 ± 3.78^{c}	8.71 ± 1.74	26.56 ± 3.30^{c}	51.76 ± 16.00
4	44.42 ± 2.94^{bc}	4.99 ± 2.37	21.43 ± 3.47^{ab}	47.81 ± 16.56
5	46.91 ± 3.34^{c}	7.32 ± 1.19	24.70 ± 3.42^{bc}	45.32 ± 18.14
6	43.08 ± 5.56^{abc}	5.94 ± 3.10	21.21 ± 3.40^{ab}	51.62 ± 14.90
7	39.97 ± 6.57^{ab}	6.75 ± 2.26	19.10 ± 5.44^{a}	53.79 ± 21.57
8	42.33 ± 5.31^{abc}	7.86 ± 3.22	22.49 ± 2.86^{abc}	42.45 ± 14.71
9	38.19 ± 3.05^{a}	6.31 ± 2.16	20.40 ± 3.63^{ab}	45.25 ± 11.20
10	44.86 ± 3.26^{bc}	7.44 ± 1.60	25.08 ± 3.05^{bc}	48.06 ± 20.58
11	39.38 ± 3.81^{ab}	8.83 ± 3.49	23.62 ± 4.25^{abc}	39.00 ± 12.71

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.15 แสดงคุณภาพทางกายภาพของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรทั้ง 11 สิ่งทดลอง พบว่าไก่ทอดมีค่าสี L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 38.19 ถึง 46.91 ค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) อยู่ในช่วง 19.10 ถึง 26.56 และผลิตภัณฑ์ทั้ง 11 สิ่งทดลอง มีค่าสี L และ b แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) อยู่ในช่วง 4.99 ถึง 8.83 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นั่นเป็นเพราะมีการผันแปรปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก นอกจากนี้การสุ่มตัวอย่างไก่ทอดมาวัดค่าสี และตำแหน่งที่วัดค่าสีให้ค่าสีที่ต่างกัน ทั้งนี้เพราะไก่ทอดที่ได้มีสีไม่สม่ำเสมอในแต่ละสิ่งทดลอง

ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรทั้ง 11 สิ่งทดลอง มีค่าแรงเฉือน (N) อยู่ในช่วง 39.00 ถึง 53.79 และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมักไม่มีผลต่อ

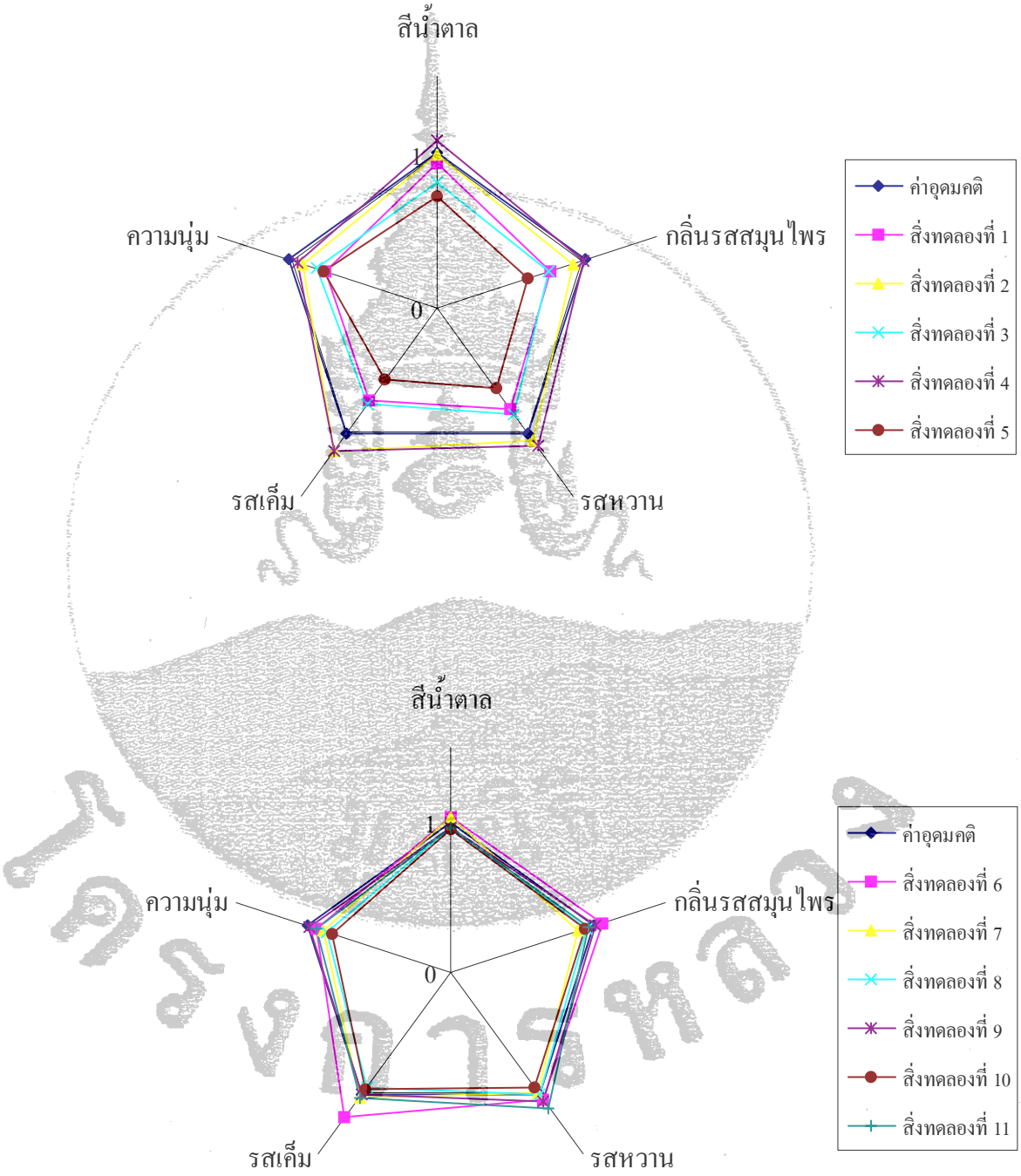
ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่ทอด และจากข้อมูลแรงเฉือน (N) จะเห็นว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง นั่นเป็นเพราะลักษณะชิ้นไก่ทอดที่นำมาวัดแรงเฉือนมี 2 ลักษณะคือ ตามเนื้อและขวางเนื้อ โดยขวางเนื้อแรงเฉือนจะสูงกว่าตามเนื้อ เมื่อนำค่ามาเฉลี่ยกันจึงทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง

ตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร (Mean ideal ratio scores) เมื่อผันแปรปริมาณที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก

สิ่งทดลอง	สีน้ำตาล	กลิ่นรสสมุนไพร	รสหวาน	รสเค็ม	ความนุ่ม	การยอมรับรวม
1	0.94 ± 0.22	0.77 ± 0.23	0.81 ± 0.20	0.74 ± 0.21	0.76 ± 0.30	0.67 ± 0.19
2	0.99 ± 0.27	0.92 ± 0.20	1.06 ± 0.34	1.14 ± 0.20	0.91 ± 0.17	0.63 ± 0.24
3	0.81 ± 0.25	0.75 ± 0.20	0.85 ± 0.31	0.77 ± 0.18	0.82 ± 0.21	0.65 ± 0.20
4	1.08 ± 0.24	0.99 ± 0.15	1.11 ± 0.26	1.14 ± 0.33	0.95 ± 0.12	0.68 ± 0.16
5	0.72 ± 0.27	0.62 ± 0.28	0.64 ± 0.30	0.58 ± 0.21	0.77 ± 0.27	0.54 ± 0.23
6	1.03 ± 0.32	1.07 ± 0.13	1.05 ± 0.36	1.20 ± 0.22	0.94 ± 0.21	0.68 ± 0.16
7	1.04 ± 0.20	0.89 ± 0.20	0.99 ± 0.23	1.03 ± 0.26	0.90 ± 0.19	0.69 ± 0.21
8	0.96 ± 0.11	0.95 ± 0.11	1.00 ± 0.20	0.94 ± 0.15	0.87 ± 0.25	0.80 ± 0.07
9	0.97 ± 0.30	1.01 ± 0.17	1.06 ± 0.27	1.01 ± 0.27	0.99 ± 0.12	0.70 ± 0.14
10	0.95 ± 0.13	0.94 ± 0.11	0.95 ± 0.15	0.96 ± 0.19	0.82 ± 0.26	0.77 ± 0.12
11	0.97 ± 0.28	0.97 ± 0.09	1.12 ± 0.28	1.03 ± 0.14	0.94 ± 0.20	0.78 ± 0.16

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสิ่งทดลองมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบกราฟใยแมงมุม ดังภาพ 4.4



ภาพ 4.4 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร เมื่อผันแปรปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก

นำค่าเฉลี่ยคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ที่ได้ ไปวิเคราะห์ทางสถิติหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก) และตัวแปรตาม (คุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์) โดยเลือกตัวแปรอิสระที่ทำการศึกษาเข้ามาในโครงสร้างของสมการ การวิเคราะห์แบบ Stepwise regression จะทำการคัดเลือกเฉพาะตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น ซึ่งตัวแปรอิสระที่ไม่มีผลต่อตัวแปรตามจะถูกตัดออกไป สมการที่ได้จึงเป็นสมการที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้อย่างถูกต้อง (อนันต์, 2536)

จากการวิเคราะห์หาสมการถดถอยด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 พบว่าปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้มีความสัมพันธ์กับคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ แต่ระยะเวลาในการหมักไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตาราง 4.17

ตาราง 4.17 สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส		R^2
คุณภาพทางกายภาพ		
ค่าสี L	$= 41.148 + 2.177(Q)^2$	0.3830
ค่าสี a	$= 7.115 - 1.127(Q)$	0.5500
คุณภาพทางประสาทสัมผัส		
สีน้ำตาล	$= 0.951 + 0.095(Q)$	0.6750
กลิ่นรสสมุนไพร	$= 0.942 + 0.128(Q) - 0.06(Q)^2$	0.8760
รสหวาน	$= 1.029 + 0.136(Q) - 0.09(Q)^2$	0.9000
รสเค็ม	$= 0.995 + 0.206(Q) - 0.05(Q)^2$	0.9760
ความนุ่ม	$= 0.879 + 0.065(Q)$	0.5710
การยอมรับรวม	$= 0.743 - 0.07(Q)^2$	0.5960

หมายเหตุ : Q คือ ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ (กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม)

R^2 คือ Coefficient of multiple determination

สมการที่ได้ข้างต้นเป็นสมการที่มีการให้รหัสของตัวแปรอิสระที่ระดับต่าง ๆ (Coded equation) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามให้อยู่ในรูปของสมการถดถอย ดังนั้นจะต้องทำการถอดรหัสของตัวแปรอิสระ (Decoding) ให้สมการอยู่ในรูปที่ถอดรหัส (Decoded equation) ซึ่งจะสามารถนำสมการไปใช้ในการคาดคะเนผลต่อไป สมการที่เลือกจะต้องเป็นสมการที่มี R^2 (Coefficient of multiple determination) สูงมากกว่าหรือเท่ากับ 0.8000 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

การถอดรหัสของสมการ (Decoding) ทำได้โดยนำเอาสมการที่ยังไม่ถอดรหัสของตัวแปรอิสระหรือปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัสมาแก้ไขในสมการ ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

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

จากนั้นนำเอาปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสที่ได้จากสูตรข้างต้นไปแทนในสมการที่ยังไม่ถอดรหัสเดิม สมการใหม่ที่ได้จะเป็นสมการที่ถอดรหัสแล้ว ซึ่งสามารถนำเอาสมการที่ได้นี้ไปคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ที่ระดับต่าง ๆ ได้ แต่การ คาดคะเนจะต้องกระทำในขอบเขตของช่วงหรือระดับต่ำ-สูงที่ได้จากการทดลองจริงเท่านั้น สมการที่ถอดรหัสแล้วแสดงดังตาราง 4.18

ตาราง 4.18 สมการถดถอยถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

สมการถดถอยถอดรหัส		R^2
คุณภาพทางประสาทสัมผัส		
(1) กลิ่นรสสมุนไพร	$= 0.615 + 0.0154\,(Q) - 0.00015(Q)^2$	0.8760
(2) รสหวาน	$= 0.6225 + 0.0203\,(Q) - 0.000225(Q)^2$	0.9000
(3) รสเค็ม	$= 0.5735 + 0.0178\,(Q) - 0.000125\,(Q)^2$	0.9760

หมายเหตุ : Q คือ ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ (กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม)

R^2 คือ Coefficient of multiple determination

สมการถดถอยถอดรหัสสามารถนำไปคาดคะเนผลที่เกิดขึ้น โดยแทนค่าระดับปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ ในช่วงที่ทำการศึกษา คือ (10 – 50 กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม) เพื่อให้ได้ค่าตอบสนองของแต่ละลักษณะให้มีค่า Mean ideal ratio score เข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังนี้

(1) กลิ่นรสสมุนไพร = $0.615 + 0.0154\,(Q) - 0.00015(Q)^2$ $R^2 = 0.8760$

แทนค่า f (ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้) ได้ผลดังนี้

f(40) = 0.991 f(43) = 1

f(41) = 0.994 f(44) = 1.002

f(42) = 0.997 f(45) = 1.004

จากการแทนค่าในสมการของกลิ่นรสสมุนไพร แสดงให้เห็นว่าการใช้ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพร 43 (กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นรสสมุนไพรเท่ากับ 1 ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยถอดรหัสที่ได้ไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง (Response surface) ดังภาพ 4.5

(2) รสหวาน = $0.6225 + 0.0203\,(Q) - 0.000225(Q)^2$ $R^2 = 0.9000$

แทนค่า f (ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้) ได้ผลดังนี้

f(24) = 0.98 f(26.2) = 1

f(25) = 0.989 f(26.3) = 1.001

f(26) = 0.998 f(27) = 1.007

จากการแทนค่าในสมการของรสหวาน แสดงให้เห็นว่าการใช้ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพร 26.2 (กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะรสหวานเท่ากับ 1 ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยถอดรหัสที่ได้ไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง (Response surface) ดังแสดงในภาพ 4.6

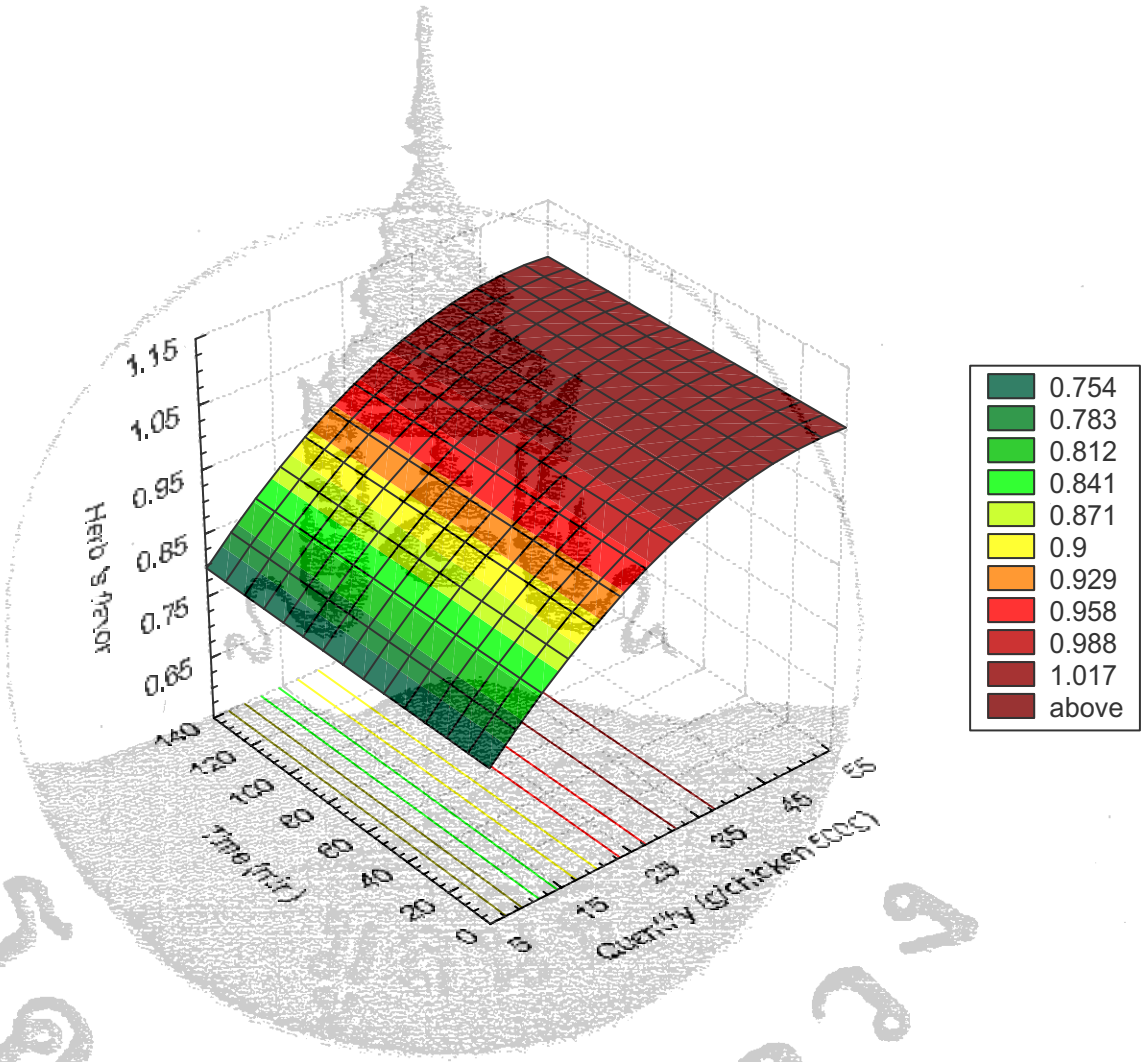
(3) รสเค็ม = $0.5735 + 0.0178\ (Q) - 0.000125\ (Q)^2$ $R^2 = 0.9760$

แทนค่า f (ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้) ได้ผลดังนี้

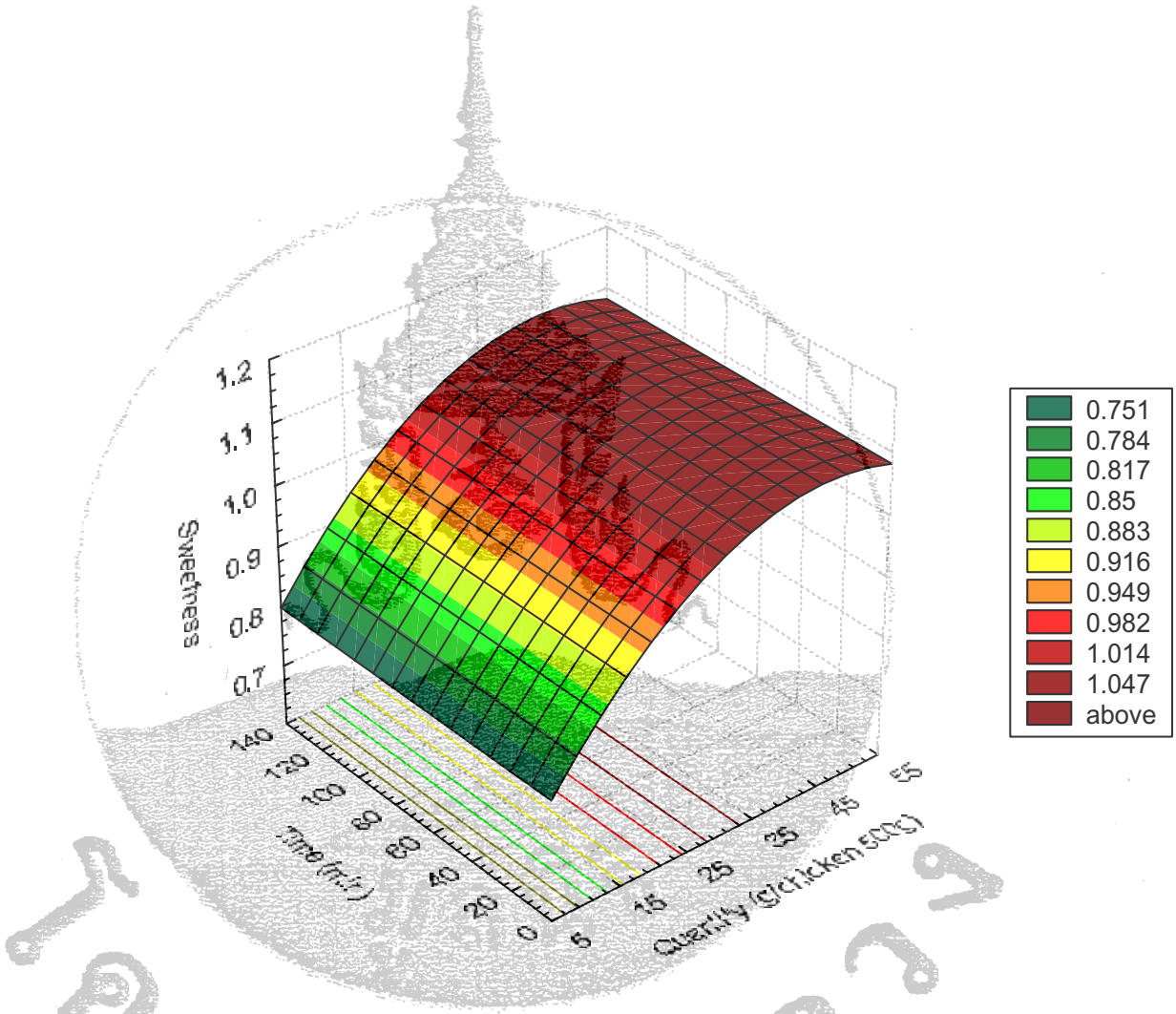
f(28) = 0.974	f(30.5) = 1
f(29) = 0.985	f(31) = 1.005
f(30) = 0.995	f(32) = 1.015

จากการแทนค่าในสมการของรสเค็ม แสดงให้เห็นว่าการใช้ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพร 30.5 (กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะรสเค็มเท่ากับ 1 ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยถอดรหัสที่ได้ไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง (Response surface) ดังภาพ 4.7

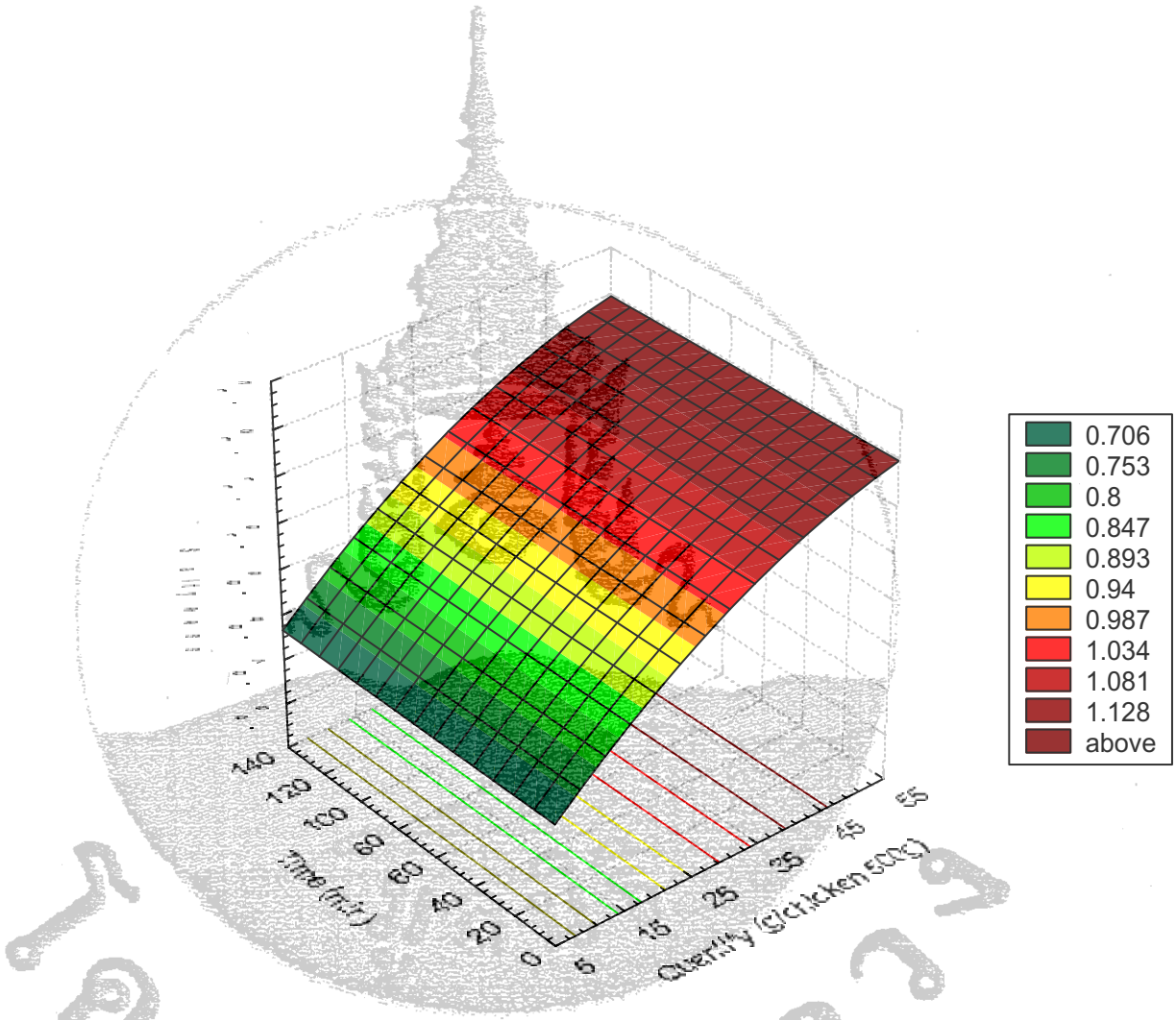
โครงการหลวง



ภาพ 4.5 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพร เมื่อผันแปรปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก



ภาพ 4.6 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวาน เมื่อผันแปรปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก



ภาพ 4.7 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็ม เมื่อผันแปรปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาในการหมัก

จากการแทนค่าในสมการของกลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน และรสเค็ม พบว่าปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้มีความแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านประสาทสัมผัสที่เหมาะสมทั้งด้านกลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน และรสเค็ม จึงต้องหาค่าเฉลี่ยระหว่างระดับที่เหมาะสมของลักษณะดังกล่าว ดังตาราง 4.19

ตาราง 4.19 ค่าเฉลี่ยระดับที่เหมาะสมของปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ (กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม) ต่อคุณภาพทางด้านกลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน และรสเค็ม

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ (กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม)
กลิ่นรสสมุนไพร	43.00
รสหวาน	26.20
รสเค็ม	30.50
เฉลี่ย	**33.23**

ตาราง 4.19 แสดงว่าระดับที่เหมาะสมของปริมาณผงหมักไก่ที่ใช้คือ 33.23 แต่เพื่อความสะดวกในการใช้จึงเลือกระดับปริมาณผงหมักไก่ที่ใช้เป็น 33 (กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม) ซึ่งที่ระดับนี้จะทำให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสสมุนไพรเป็น 0.96 ด้านรสหวานเป็น 1.05 และด้านรสเค็มเป็น 1.02

ดังนั้นการใช้ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่เหมาะสมคือ 33 (กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม) และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมักคือ 20 นาที เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการหมักที่สั้นที่สุดจากช่วงที่ทำการศึกษา

4.4 ศึกษาคุณภาพของผงหมักไก่สมุนไพรที่ผ่านการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตมาแล้วในการทดลอง 4.1, 4.2 และ 4.3

ผงหมักไก่สมุนไพรที่ผ่านการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตมาแล้วในการทดลอง 4.1, 4.2 และ 4.3 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.75 ซึ่งใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของวัตถุปรุงแต่งรสอาหารชนิดปรุงรส ที่กำหนดให้ปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 3 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533) ดังนั้นจึงต้องนำผงหมักไก่สมุนไพรไปอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (Adam et al., 2000) เพื่อให้ผงหมักไก่สมุนไพรมีปริมาณความชื้นลดลง ก่อนที่จะบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สำหรับศึกษาอายุการเก็บรักษา

ค่าการวิเคราะห์คุณภาพของผงหมักไก่สมุนไพรที่ทำการผลิตตามสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมแสดงดังตาราง 4.20 และภาพ 4.8

ตาราง 4.20 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผงหมักไก่สมุนไพรที่ทำการผลิตตามสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

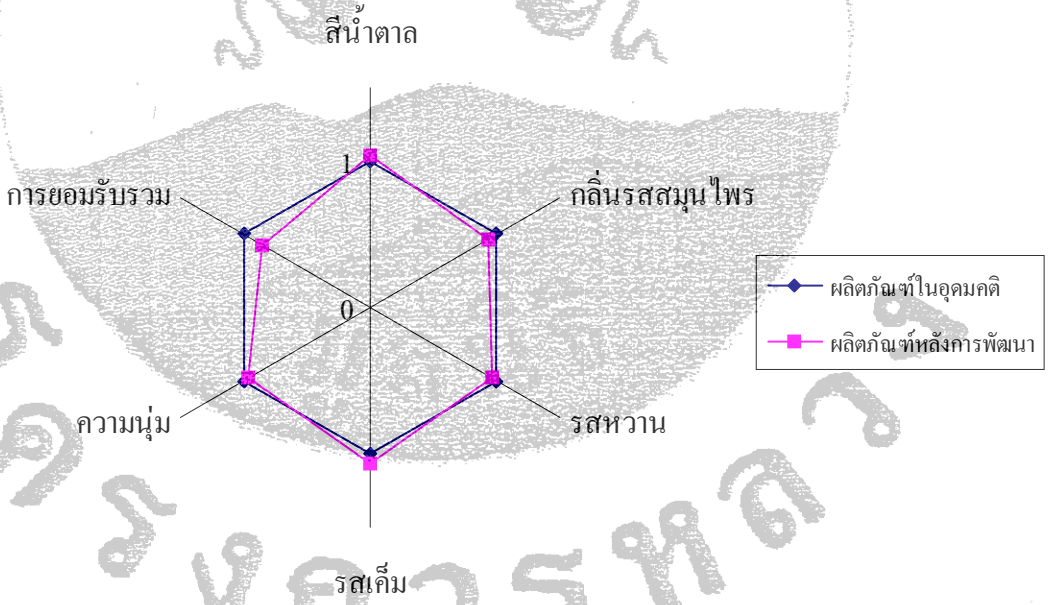
ค่าวิเคราะห์	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้
ทางด้านเคมี	
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	1.97 ± 0.05
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	0.122 ± 0.001
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	30.55 ± 0.98
ทางด้านกายภาพ	
ผงหมักไก่สมุนไพร : ค่าสี L (ความสว่าง)	74.92 ± 0.13
ค่าสี a (สีแดง - สีเขียว)	-3.78 ± 0.06
ค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน)	20.68 ± 0.15
ไก่ทอด : ค่าสี L (ความสว่าง)	38.70 ± 5.69
ค่าสี a (สีแดง - สีเขียว)	10.26 ± 2.80
ค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน)	21.23 ± 3.96
ทางด้านจุลชีววิทยา	
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)	3.71 ± 0.09
ยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)	< 30
ทางด้านประสาทสัมผัส (Mean ideal ratio scores)	
สีน้ำตาล	1.03 ± 0.12
กลิ่นรสสมุนไพร	0.93 ± 0.08*
รสหวาน	0.95 ± 0.08
รสเค็ม	1.07 ± 0.08*
ความนุ่ม	0.96 ± 0.07
การยอมรับรวม	0.85 ± 0.14*

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* แสดงถึงค่า Ideal ratio score มีความแตกต่างจากค่า Ideal (1.00) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา พบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นร้อยละ 1.97 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดและน่าจะมีอายุการเก็บรักษาที่นาน หากเก็บในถุงบรรจุที่มีคุณภาพดี ส่วนด้านคุณภาพทางจุลชีววิทยาซึ่งชี้บอกถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของวัตถุปรุงแต่งรสอาหารชนิดปรุงรสตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกล่าวไว้ว่าจุลินทรีย์ที่อาจมีในชนิดปรุงรส มีจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 10^5 โคโลนีต่อกรัม ราไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ideal ratio profile technique ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม นำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพ



ภาพ 4.8 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพรที่ผลิตตามสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพรจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม พบว่าค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย สีน้ำตาล กลิ่นรสสมุนไพร

รสหวาน รสเค็ม ความนุ่ม และการยอมรับรวม มีค่าใกล้เคียงกับค่าสัดส่วนอุดมคติมาก คือมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะด้านสีน้ำตาล 1.03 ± 0.12 กลิ่นรสสมุนไพร 0.93 ± 0.08 รสหวาน 0.95 ± 0.08 รสเค็ม 1.07 ± 0.08 ความนุ่ม 0.96 ± 0.07 และการยอมรับรวม 0.85 ± 0.14 จากการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าสัดส่วนอุดมคติของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ พบว่าค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ สีน้ำตาล รสหวาน และความนุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนด้านกลิ่นรสสมุนไพรและการยอมรับรวมนั้นมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าสัดส่วนอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ด้านรสเค็มนั้นค่าสัดส่วนเฉลี่ยสูงกว่าค่าสัดส่วนอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.5 ศึกษาสารป้องกันการเกาะติด (anticaking agents) และอุณหภูมิในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร

ผงหมักไก่สมุนไพรที่ทำการผลิตตามสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม ต้องนำมาเก็บรักษาในสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์คงคุณภาพดีได้นาน ป้องกันการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทางกายภาพและการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ จึงทำการศึกษาสารป้องกันการเกาะติด และอุณหภูมิในการเก็บรักษาดังตาราง 4.21

ตาราง 4.21 การใช้สารป้องกันการเกาะติดและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร

สิ่งทดลอง	การใช้สารป้องกันการเกาะติด	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1	ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด	25
2	ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด	30
3	ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด	40
4	ใช้สารป้องกันการเกาะติดร้อยละ 0.8	25
5	ใช้สารป้องกันการเกาะติดร้อยละ 0.8	30
6	ใช้สารป้องกันการเกาะติดร้อยละ 0.8	40

ทำการบรรจุผงหมักไก่สมุนไพรในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งเป็นถุงสี่ชั้น ชั้นในเป็นเซอร์ลินหนา 40 ไมครอน ชั้นถัดมาเป็นอลูมิเนียมฟอยล์หนา 7 ไมครอน โพลิเอทิลีนหนา 30 ไมครอน และโพลิเอทิลีน เทเรฟทาเลตหนา 12 ไมครอน (PET 12 / PE 30 / ALU 7 / Surlyn 40) ขนาด 135 x 187 มิลลิเมตร โดยไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด และใช้สารป้องกันการเกาะติดร้อยละ 0.8 จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ในวันเริ่มต้น สัปดาห์ที่ 2, 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 รวมระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 6 เดือน

การศึกษาการใช้สารป้องกันการเกาะติดและอุณหภูมิในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา และลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรแสดงดังตาราง 4.22 ปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.9 พบว่าอุณหภูมิต่าง ๆ ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.61 - 1.66 ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กล่าวคือเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรจะลดลง ปริมาณความชื้นในวันเริ่มต้นคือร้อยละ 1.97 และในสัปดาห์ที่ 24 คือ 1.66

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.10 พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อความชื้น โดยที่อุณหภูมิ 25 และ 40 องศาเซลเซียสมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน คือร้อยละ 1.66 และ 1.63 และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสมีปริมาณความชื้นร้อยละ 1.56 ไม่แตกต่างจากที่ 40 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นผงหมักไก่สมุนไพรมีปริมาณความชื้นร้อยละ 1.82 และสัปดาห์ที่ 24 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 1.73 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของวัตถุปรุงแต่งรสอาหารชนิดปรุงรส ที่กำหนดให้ปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 3 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533)

เมื่อเปรียบเทียบการไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดในผงหมักไก่สมุนไพรดังภาพ 4.11 พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

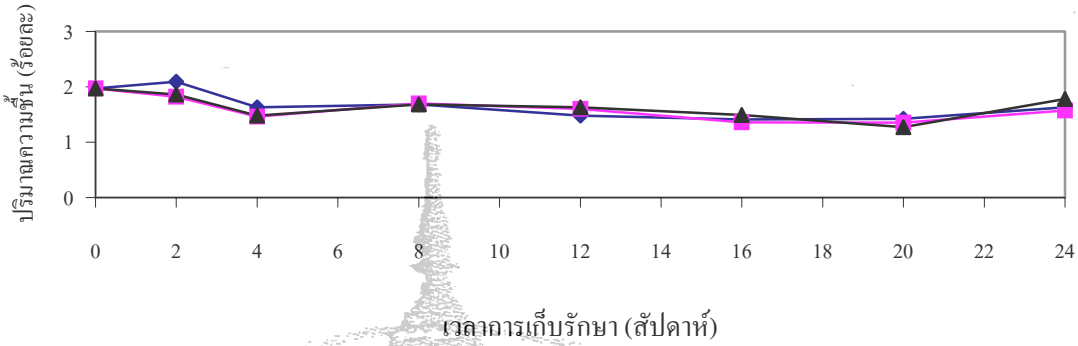
ตาราง 4.22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (ร้อยละ)								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	1.97 ± 0.05	2.09 ± 0.09	1.63 ± 0.04	1.68 ± 0.07	1.48 ± 0.07	1.41 ± 0.03	1.42 ± 0.03	1.63 ± 0.06	**1.66 ± 0.24**
30	1.97 ± 0.05	1.82 ± 0.11	1.46 ± 0.05	1.70 ± 0.02	1.60 ± 0.04	1.36 ± 0.05	1.35 ± 0.06	1.57 ± 0.04	**1.61 ± 0.22**
40	1.97 ± 0.05	1.86 ± 0.06	1.48 ± 0.02	1.68 ± 0.10	1.63 ± 0.08	1.49 ± 0.03	1.27 ± 0.07	1.78 ± 0.04	**1.64 ± 0.22**
เฉลี่ย*	**1.97 ± 0.04^{a}**	**1.92 ± 0.15^{a}**	**1.52 ± 0.09^{d}**	**1.69 ± 0.06^{b}**	**1.59 ± 0.11^{cd}**	**1.42 ± 0.06^{e}**	**1.35 ± 0.08^{e}**	**1.66 ± 0.10^{bc}**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	1.82 ± 0.08	2.05 ± 0.02	1.86 ± 0.06	1.81 ± 0.11	1.47 ± 0.26	1.32 ± 0.09	1.33 ± 0.03	1.64 ± 0.05	**1.66 ± 0.27^{a}**
30	1.82 ± 0.08	1.78 ± 0.01	1.57 ± 0.11	1.66 ± 0.06	1.33 ± 0.04	1.51 ± 0.06	1.20 ± 0.18	1.62 ± 0.22	**1.56 ± 0.22^{b}**
40	1.82 ± 0.08	2.00 ± 0.18	1.47 ± 0.06	1.66 ± 0.10	1.47 ± 0.11	1.30 ± 0.08	1.38 ± 0.12	1.94 ± 0.09	**1.63 ± 0.27^{ab}**
เฉลี่ย*	**1.82 ± 0.07^{ab}**	**1.94 ± 0.16^{a}**	**1.63 ± 0.19^{c}**	**1.71 ± 0.11^{bc}**	**1.42 ± 0.16^{d}**	**1.38 ± 0.12^{d}**	**1.30 ± 0.13^{d}**	**1.73 ± 0.20^{bc}**	

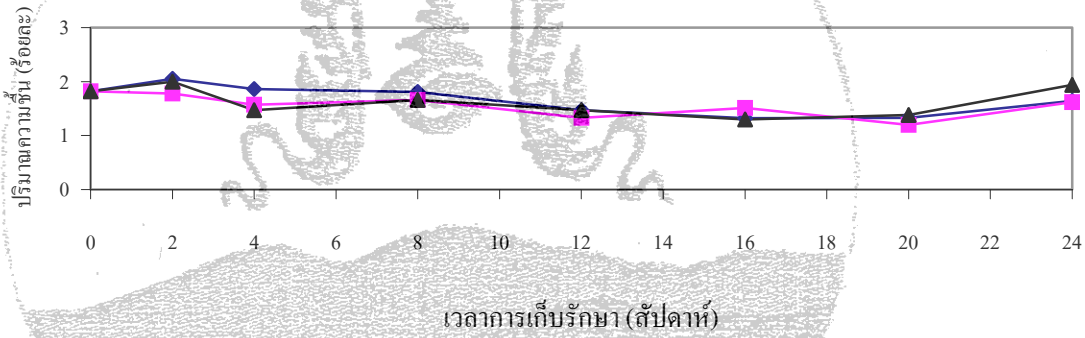
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

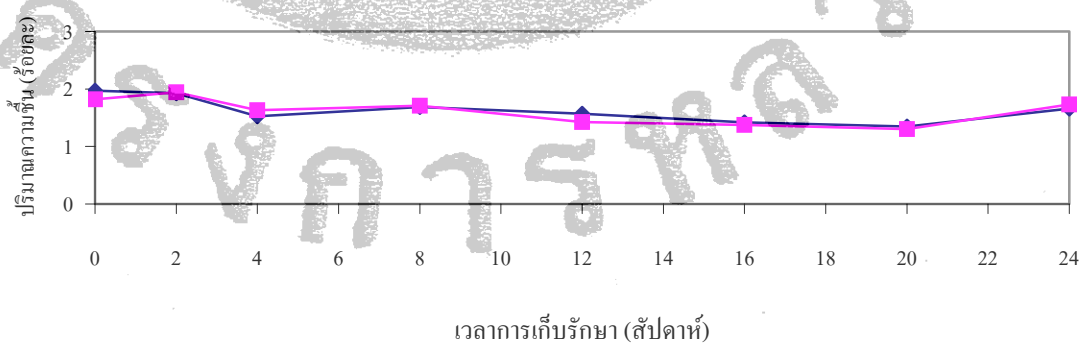
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.9 และ 4.10 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.11 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรแสดงดังตาราง 4.23 ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.12 พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าน้ำที่เป็นประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียสมีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกันคือ 0.129 และ 0.134 แต่มีความแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสที่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ 0.148 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรจะเพิ่มขึ้น โดยเริ่มต้นคือ 0.122 และในสัปดาห์ที่ 24 คือ 0.156

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.13 พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ โดยที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียสมีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน คือ 0.142 และ 0.146 แต่มีความแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสที่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ 0.133 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำที่เป็นประโยชน์เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเหมือนกับผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในวันเริ่มต้นคือ 0.124 และในสัปดาห์ที่ 24 คือ 0.165

เมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.14 พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่าน้ำที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

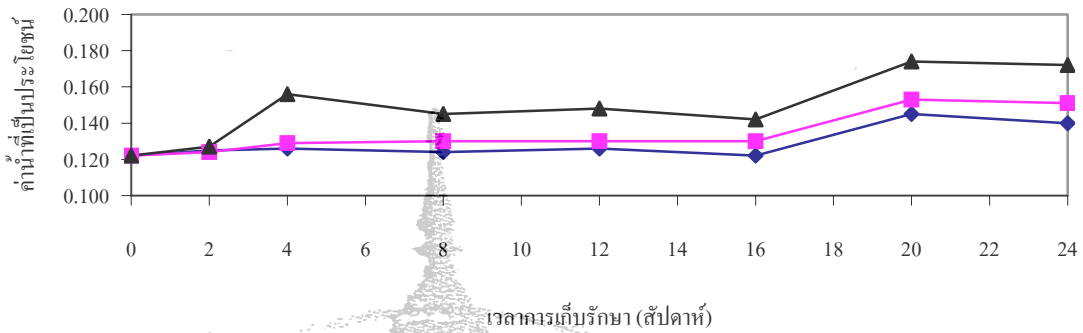
ตาราง 4.23 การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (A_w) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (A_w)								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	0.122 ± 0.001	0.125 ± 0.003	0.126 ± 0.001	0.124 ± 0.002	0.126 ± 0.000	0.122 ± 0.001	0.145 ± 0.004	0.140 ± 0.009	**0.129 ± 0.009^{b}**
30	0.122 ± 0.001	0.124 ± 0.001	0.129 ± 0.001	0.130 ± 0.001	0.130 ± 0.001	0.130 ± 0.001	0.153 ± 0.005	0.151 ± 0.006	**0.134 ± 0.012^{b}**
40	0.122 ± 0.001	0.127 ± 0.001	0.156 ± 0.011	0.145 ± 0.003	0.148 ± 0.004	0.142 ± 0.002	0.174 ± 0.007	0.172 ± 0.006	**0.148 ± 0.018^{a}**
เฉลี่ย*	**0.122 ± 0.000^{d}**	**0.125 ± 0.002^{cd}**	**0.137 ± 0.016^{b}**	**0.133 ± 0.010^{b}**	**0.135 ± 0.011^{b}**	**0.132 ± 0.009^{bc}**	**0.157 ± 0.014^{a}**	**0.156 ± 0.014^{a}**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	0.124 ± 0.002	0.126 ± 0.001	0.133 ± 0.001	0.128 ± 0.001	0.132 ± 0.001	0.122 ± 0.000	0.159 ± 0.006	0.142 ± 0.002	**0.133 ± 0.012^{b}**
30	0.124 ± 0.002	0.124 ± 0.001	0.140 ± 0.004	0.136 ± 0.002	0.124 ± 0.001	0.136 ± 0.001	0.178 ± 0.015	0.170 ± 0.004	**0.142 ± 0.021^{a}**
40	0.124 ± 0.002	0.138 ± 0.005	0.130 ± 0.003	0.130 ± 0.001	0.153 ± 0.001	0.130 ± 0.001	0.174 ± 0.012	0.184 ± 0.006	**0.146 ± 0.022^{a}**
เฉลี่ย*	**0.124 ± 0.002^{c}**	**0.130 ± 0.007^{bc}**	**0.134 ± 0.005^{bc}**	**0.132 ± 0.004^{bc}**	**0.137 ± 0.013^{b}**	**0.129 ± 0.006^{bc}**	**0.170 ± 0.012^{a}**	**0.165 ± 0.020^{a}**	

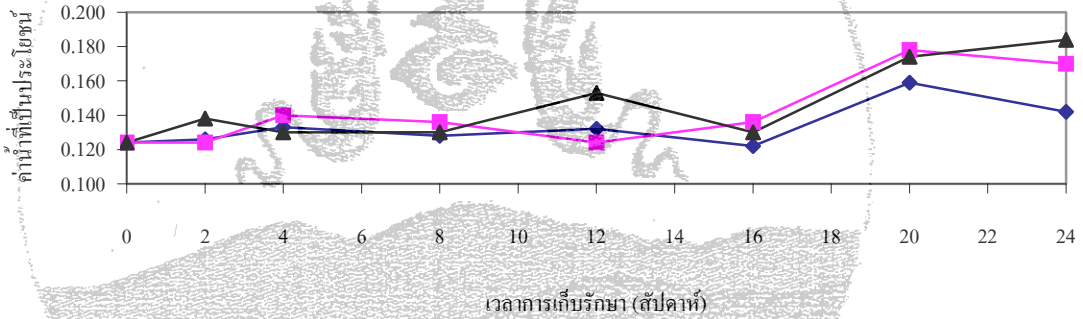
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

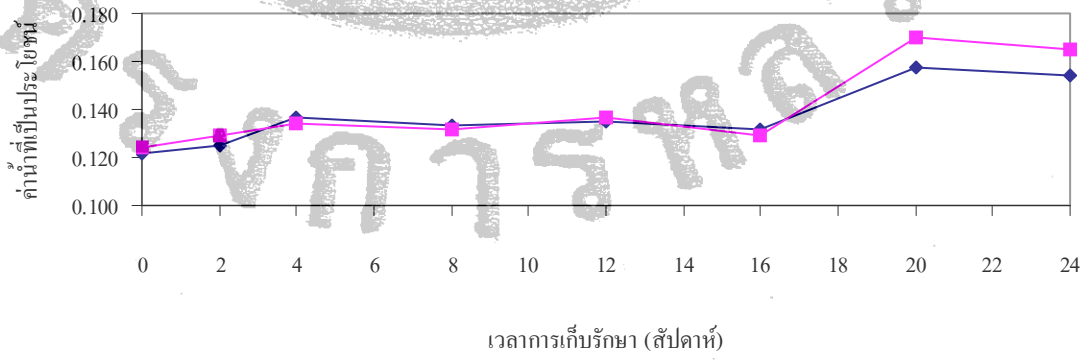
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$



ภาพ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.12 และ 4.13 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.14 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรแสดงดังตาราง 4.24 ปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.15 พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณเถ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 30.35 - 30.73 ส่วนอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีปริมาณเถ้าร้อยละ 30.56 และสัปดาห์ที่ 24 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 31.00

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติด ดังภาพ 4.16 พบว่าอุณหภูมิต่าง ๆ ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณเถ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 30.53 - 31.33 แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าในผงหมักไก่สมุนไพรเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเหมือนกับผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด คืออายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นคือร้อยละ 29.88 และในสัปดาห์ที่ 24 คือร้อยละ 30.85

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.17 พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปริมาณเถ้ามีแนวโน้มคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

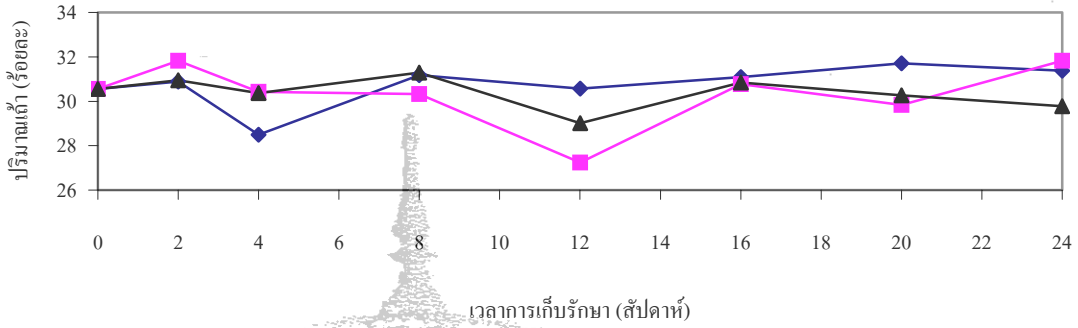
ตาราง 4.24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	30.55 ± 0.98	30.89 ± 1.41	28.50 ± 0.50	31.17 ± 0.09	30.57 ± 0.87	31.09 ± 0.93	31.71 ± 0.78	31.37 ± 0.16	**30.73 ± 1.12**
30	30.55 ± 0.98	31.82 ± 1.00	30.43 ± 0.18	30.32 ± 0.53	27.24 ± 0.24	30.77 ± 0.09	29.84 ± 1.24	31.83 ± 0.77	**30.35 ± 1.50**
40	30.55 ± 0.98	30.94 ± 0.06	30.37 ± 0.15	31.29 ± 0.79	29.01 ± 0.38	30.84 ± 0.74	30.27 ± 0.42	29.78 ± 0.25	**30.38 ± 0.81**
เฉลี่ย*	**30.56 ± 0.76^{ab}**	**31.22 ± 0.90^{a}**	**29.77 ± 1.01^{bc}**	**30.93 ± 0.64^{ab}**	**28.94 ± 1.56^{c}**	**30.90 ± 0.55^{ab}**	**30.60 ± 1.11^{ab}**	**31.00 ± 1.03^{ab}**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	29.88 ± 0.37	30.86 ± 0.78	29.43 ± 0.06	31.90 ± 0.98	31.34 ± 1.80	30.93 ± 0.40	31.78 ± 0.86	30.16 ± 1.24	**30.78 ± 1.12**
30	29.88 ± 0.37	32.90 ± 0.26	30.75 ± 0.25	32.54 ± 1.17	30.42 ± 1.16	30.92 ± 0.20	31.60 ± 0.17	31.50 ± 0.87	**31.33 ± 1.16**
40	29.88 ± 0.37	31.77 ± 0.93	30.35 ± 0.03	28.08 ± 0.64	31.03 ± 0.48	31.13 ± 0.60	31.11 ± 1.80	30.88 ± 0.90	**30.53 ± 1.27**
เฉลี่ย*	**29.88 ± 0.29**	**31.84 ± 1.07**	**30.17 ± 0.62**	**30.89 ± 2.35**	**30.93 ± 1.07**	**30.99 ± 0.35**	**31.50 ± 0.95**	**30.85 ± 0.99**	

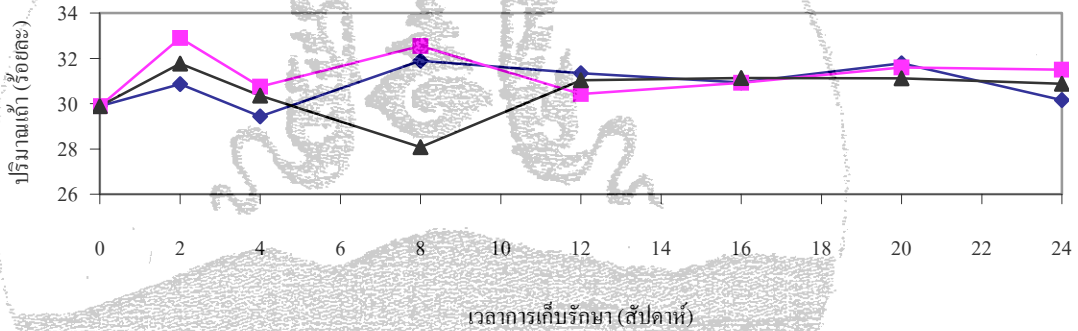
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

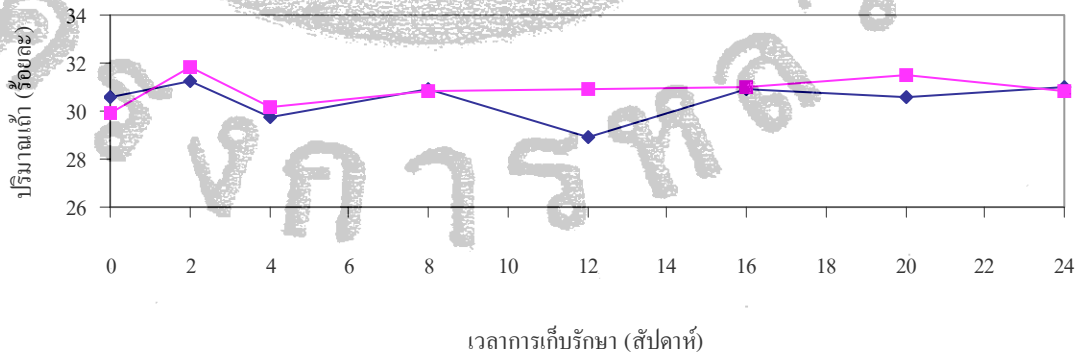
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.15 และ 4.16 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.17 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L หรือความสว่างของผงหมักไก่สมุนไพรแสดงดังตาราง 4.25 ค่าความสว่างของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.18 พบว่าที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียสผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 74.63 และ 74.44 แต่แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสที่มีค่าความสว่างเป็น 70.74 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กล่าวคือที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสทำให้ค่าความสว่างลดลงและเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความสว่างก็จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเริ่มต้นผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าความสว่าง 74.92 จนถึงสัปดาห์ที่ 24 ค่าความสว่างลดลงเหลือ 71.81 เนื่องมาจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานทำให้เม็ดสีแคโรทีนอยด์ซีดจางลง และนอกจากนี้ยังเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ หรือ Maillard Reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางอินทรีย์สารเกิดจากกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซิ่งซึ่งจะทำให้เกิดสีน้ำตาลอีกด้วย (กุลยา, 2541 ; ไพบูลย์, 2532)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติด ก็มีแนวโน้มของค่าความสว่างไปในทิศทางเดียวกันดังภาพ 4.19 คือที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียสผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 74.26 และ 73.93 แต่มีความแตกต่างจากค่าความสว่างของผงหมักไก่สมุนไพรที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสที่เป็น 70.12 ดังนั้นการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพรที่อุณหภูมิต่ำทำให้มีค่าความสว่าง สูงกว่า และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความสว่างก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เริ่มต้นผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าความสว่าง 74.67 จนถึงสัปดาห์ที่ 24 ค่าความสว่างลดลงเหลือ 70.33 ค่าความสว่างที่ลดลงแสดงถึงสีของผงหมักไก่สมุนไพรมีการเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.20 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าความสว่างของผงหมักไก่สมุนไพรจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

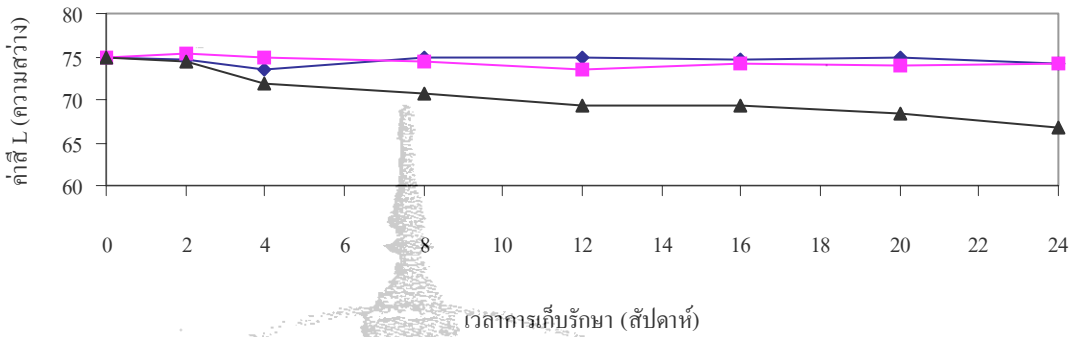
ตาราง 4.25 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่ แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี L (ความสว่าง) ของผงหมักไก่สมุนไพร								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	74.92 ± 0.13	74.73 ± 0.35	73.58 ± 0.93	74.92 ± 0.09	74.97 ± 0.36	74.74 ± 0.40	74.91 ± 0.20	74.28 ± 0.49	**74.63 ± 0.59^{a}**
30	74.92 ± 0.13	75.26 ± 0.35	74.93 ± 0.14	74.50 ± 0.25	73.44 ± 1.73	74.17 ± 0.60	74.00 ± 0.37	74.28 ± 0.22	**74.44 ± 0.80^{a}**
40	74.92 ± 0.13	74.51 ± 0.45	71.96 ± 0.32	70.81 ± 0.31	69.37 ± 0.37	69.19 ± 0.35	68.26 ± 0.59	66.86 ± 0.23	**70.74 ± 2.78^{b}**
เฉลี่ย*	**74.92 ± 0.11^{a}**	**74.83 ± 0.47^{a}**	**73.49 ± 1.38^{b}**	**73.41 ± 1.97^{b}**	**72.59 ± 2.66^{bc}**	**72.70 ± 2.67^{bc}**	**72.39 ± 3.14^{bc}**	**71.81 ± 3.72^{c}**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	74.67 ± 0.54	74.18 ± 0.20	73.17 ± 1.18	74.30 ± 0.18	74.74 ± 0.54	74.44 ± 0.43	74.11 ± 0.20	74.49 ± 0.18	**74.26 ± 0.65^{a}**
30	74.67 ± 0.54	74.46 ± 0.45	74.38 ± 0.42	73.75 ± 0.19	74.02 ± 0.53	74.15 ± 0.56	72.99 ± 0.17	73.01 ± 0.19	**73.93 ± 0.70^{a}**
40	74.67 ± 0.54	72.59 ± 0.10	73.37 ± 0.18	73.03 ± 0.24	66.81 ± 0.52	71.38 ± 0.44	65.66 ± 0.59	63.49 ± 1.05	**70.12 ± 4.02^{b}**
เฉลี่ย*	**74.67 ± 0.47^{a}**	**73.74 ± 0.91^{ab}**	**73.64 ± 0.84^{ab}**	**73.69 ± 0.58^{ab}**	**71.86 ± 3.82^{bc}**	**73.32 ± 1.52^{ab}**	**70.92 ± 3.99^{c}**	**70.33 ± 5.20^{c}**	

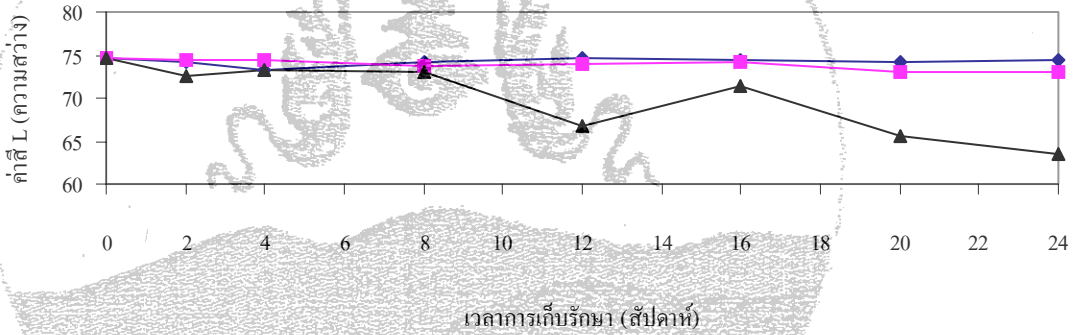
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

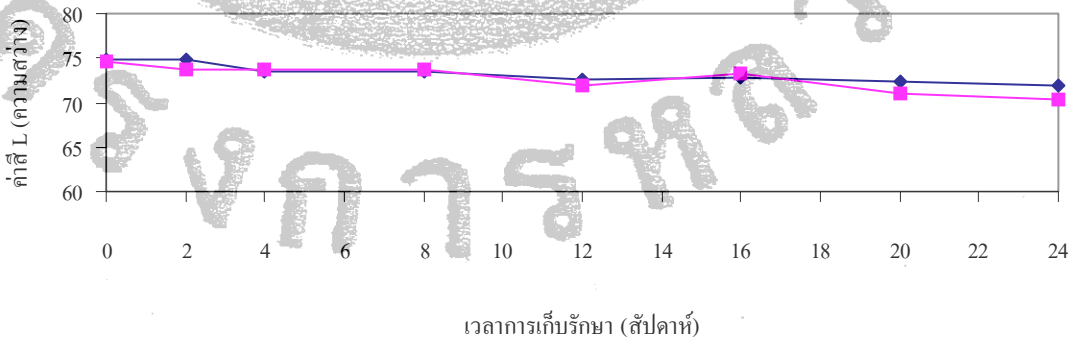
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.18 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.20 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.18 และ 4.19 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.20 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรแสดงดังตาราง 4.26 โดยค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.21 พบว่าที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียสผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ –3.67 และ –3.50 แต่แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสที่มีค่า a (สีแดง – สีเขียว) เป็น –1.42 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กล่าวคือที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสผงหมักไก่สมุนไพรมีสีแดงมากกว่าที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผงหมักไก่สมุนไพรจะมีสีแดงมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเริ่มต้นผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) –3.78 จนถึงสัปดาห์ที่ 24 ค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) เพิ่มขึ้นเป็น –2.22

สำหรับผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดก็มีแนวโน้มของค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ไปในทิศทางเดียวกันดังภาพ 4.22 คือที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียสผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ –3.66 และ –3.31 แต่มีความแตกต่างจากค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสที่เป็น –1.68 ดังนั้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทำให้ผงหมักไก่สมุนไพรมีสีเขียวมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง และเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นผงหมักไก่สมุนไพรจะมีสีแดงมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เริ่มต้นผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) –3.79 จนถึงสัปดาห์ที่ 24 ค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) เพิ่มขึ้นเป็น –2.10 ค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงสีของผงหมักไก่สมุนไพรมีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติด ดังภาพ 4.23 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยผงหมักไก่สมุนไพรจะมีสีแดงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

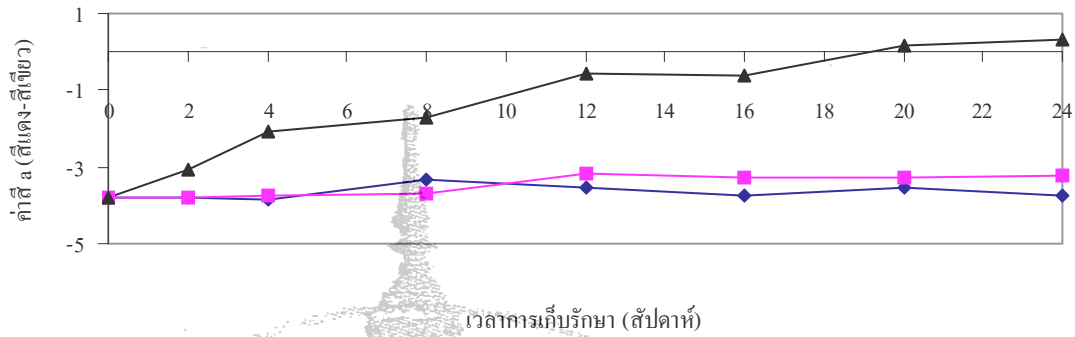
ตาราง 4.26 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพร								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	-3.78 ± 0.06	-3.82 ± 0.14	-3.86 ± 0.18	-3.35 ± 0.35	-3.55 ± 0.08	-3.73 ± 0.06	-3.55 ± 0.20	-3.75 ± 0.12	**-3.67 ± 0.22^{b}**
30	-3.78 ± 0.06	-3.81 ± 0.07	-3.76 ± 0.06	-3.67 ± 0.08	-3.19 ± 0.03	-3.30 ± 0.13	-3.29 ± 0.10	-3.20 ± 0.16	**-3.50 ± 0.28^{b}**
40	-3.78 ± 0.06	-3.07 ± 0.39	-2.08 ± 0.08	-1.73 ± 0.30	-0.54 ± 0.16	-0.63 ± 0.16	0.14 ± 0.49	0.30 ± 0.14	**-1.42 ± 1.44^{a}**
เฉลี่ย*	**-3.78 ± 0.05^{d}**	**-3.57 ± 0.43^{cd}**	**-3.23 ± 0.87^{cd}**	**-2.92 ± 0.93^{bc}**	**-2.43 ± 1.43^{ab}**	**-2.55 ± 1.46^{ab}**	**-2.23 ± 1.80^{ab}**	**-2.22 ± 1.91^{a}**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	-3.79 ± 0.11	-3.81 ± 0.10	-4.00 ± 0.06	-3.63 ± 0.08	-3.11 ± 0.30	-3.50 ± 0.02	-3.60 ± 0.10	-3.83 ± 0.12	**-3.66 ± 0.28^{b}**
30	-3.79 ± 0.11	-3.69 ± 0.17	-3.56 ± 0.09	-3.59 ± 0.10	-3.46 ± 0.10	-2.61 ± 0.41	-2.97 ± 0.05	-2.78 ± 0.08	**-3.31 ± 0.46^{b}**
40	-3.79 ± 0.11	-2.94 ± 0.09	-2.75 ± 0.13	-2.50 ± 0.22	-0.55 ± 0.21	-1.66 ± 0.14	0.45 ± 0.22	0.32 ± 0.66	**-1.68 ± 1.54^{a}**
เฉลี่ย*	**-3.79 ± 0.10^{c}**	**-3.48 ± 0.42^{c}**	**-3.44 ± 0.56^{c}**	**-3.24 ± 0.57^{bc}**	**-2.37 ± 1.39^{a}**	**-2.59 ± 0.83^{ab}**	**-2.04 ± 1.89^{a}**	**-2.10 ± 1.90^{a}**	

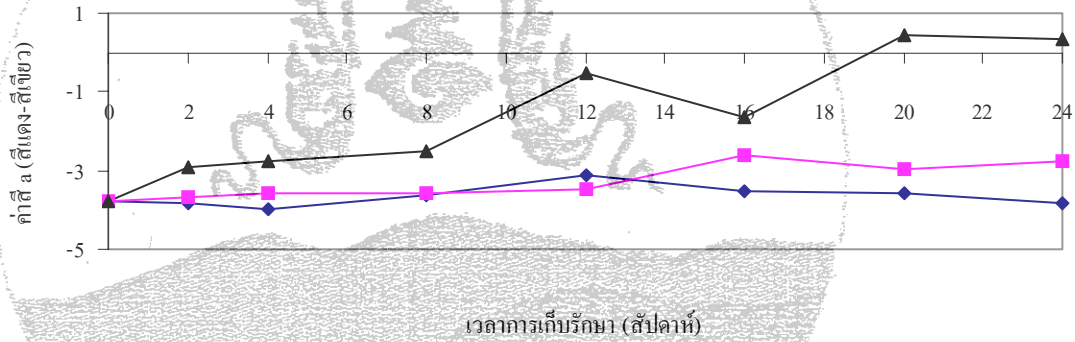
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

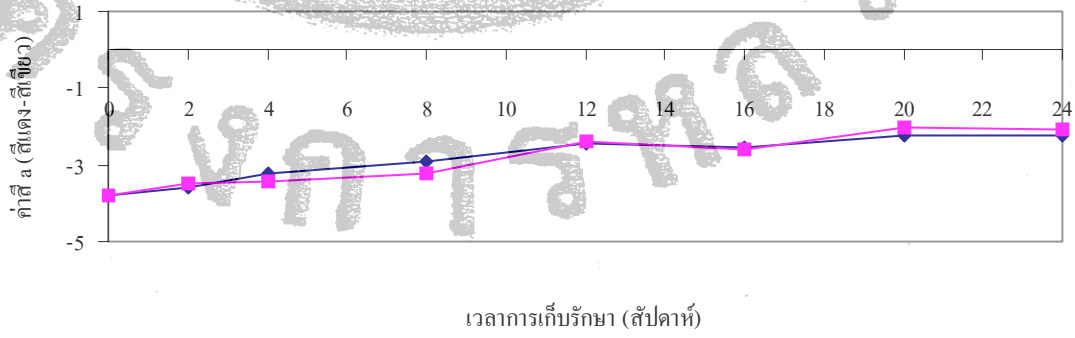
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.21 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.22 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิ ต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.23 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.21 และ 4.22 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.23 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรแสดงดังตาราง 4.27 สำหรับผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.24 พบว่าที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส ค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ 25 องศาเซลเซียสมีค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) น้อยที่สุด คือ 20.57 ส่วนที่ 30 และ 25 องศาเซลเซียสมีค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) เป็น 20.94 และ 21.92 ตามลำดับ อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่สูงขึ้นทำให้ผงหมักไก่สมุนไพรมีสีเหลืองมากขึ้น และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผงหมักไก่สมุนไพรก็จะมีสีเหลืองมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) 20.68 จนถึงสัปดาห์ที่ 24 ค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) จะเพิ่มขึ้นเป็น 21.63

สำหรับผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดก็มีแนวโน้มของค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ไปในทิศทางเดียวกันกับที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.25 คือที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียสผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นผงหมักไก่สมุนไพรก็มีแนวโน้มเป็นสีเหลืองมากขึ้น โดยที่ 25 องศาเซลเซียสผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) น้อยที่สุดคือ 21.06 ส่วนที่ 30 และ 40 องศาเซลเซียสผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) เป็น 21.48 และ 21.86 ตามลำดับ และอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผงหมักไก่สมุนไพรมีสีเหลืองมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นผงหมักไก่สมุนไพรมีค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) 21.00 และเพิ่มขึ้นเป็น 21.64 ในสัปดาห์ที่ 24

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังตาราง 4.28 ภาพ 4.26 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่เวลาในการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0, 2, 4, 8 และ 16 มีค่าน้อยกว่าค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติด แสดงถึงเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผงหมักไก่สมุนไพรที่เวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ดังกล่าว

ตาราง 4.27 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพร								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	20.68 ± 0.15	20.19 ± 0.45	20.45 ± 0.61	20.54 ± 0.48	20.22 ± 0.40	20.41 ± 0.16	21.31 ± 0.45	20.78 ± 0.42	**20.57 ± 0.49^{c}**
30	20.68 ± 0.15	20.65 ± 0.12	20.91 ± 0.12	20.95 ± 0.21	20.37 ± 0.54	21.19 ± 0.22	21.33 ± 0.16	21.47 ± 0.36	**20.94 ± 0.42^{b}**
40	20.68 ± 0.15	21.28 ± 0.35	21.78 ± 0.25	22.04 ± 0.48	22.06 ± 0.26	22.62 ± 0.24	22.28 ± 0.16	22.64 ± 0.19	**21.92 ± 0.68^{a}**
เฉลี่ย*	**20.68 ± 0.13^{d}**	**20.71 ± 0.56^{d}**	**21.05 ± 0.67^{bcd}**	**21.18 ± 0.76^{bc}**	**20.88 ± 0.96^{cd}**	**21.41 ± 0.99^{ab}**	**21.64 ± 0.54^{a}**	**21.63 ± 0.86^{a}**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	21.00 ± 0.33	20.81 ± 0.32	20.72 ± 0.62	21.32 ± 0.15	20.65 ± 0.28	21.23 ± 0.26	21.62 ± 0.14	21.17 ± 0.17	**21.06 ± 0.41^{c}**
30	21.00 ± 0.33	21.12 ± 0.15	21.67 ± 0.21	21.19 ± 0.15	20.57 ± 0.23	21.98 ± 0.12	22.21± 0.30	22.09 ± 0.32	**21.48 ± 0.59^{b}**
40	21.00 ± 0.33	21.80 ± 0.24	22.39 ± 0.36	22.58 ± 0.26	21.21 ± 0.25	22.33 ± 0.25	21.96 ± 0.40	21.65 ± 1.24	**21.86 ± 0.69^{a}**
เฉลี่ย*	**21.00 ± 0.28^{c}**	**21.24 ± 0.49^{bc}**	**21.59 ± 0.82^{ab}**	**21.70 ± 0.68^{ab}**	**20.81 ± 0.37^{c}**	**21.85 ± 0.52^{a}**	**21.93 ± 0.37^{a}**	**21.64 ± 0.74^{ab}**	

หมายเหตุ :

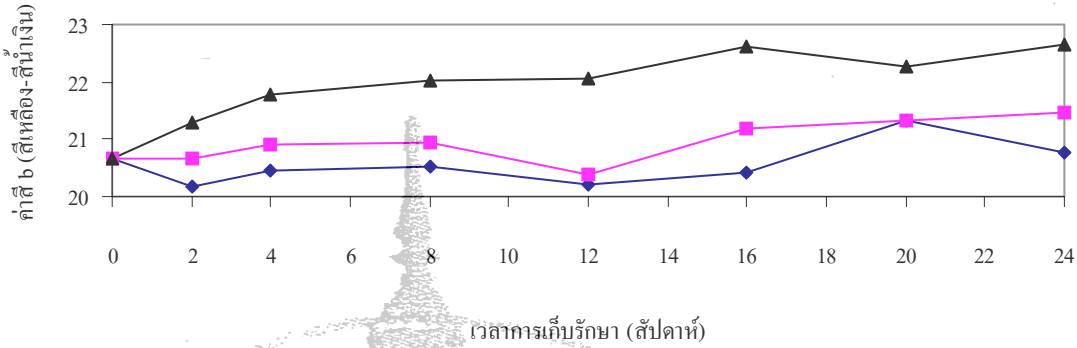
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

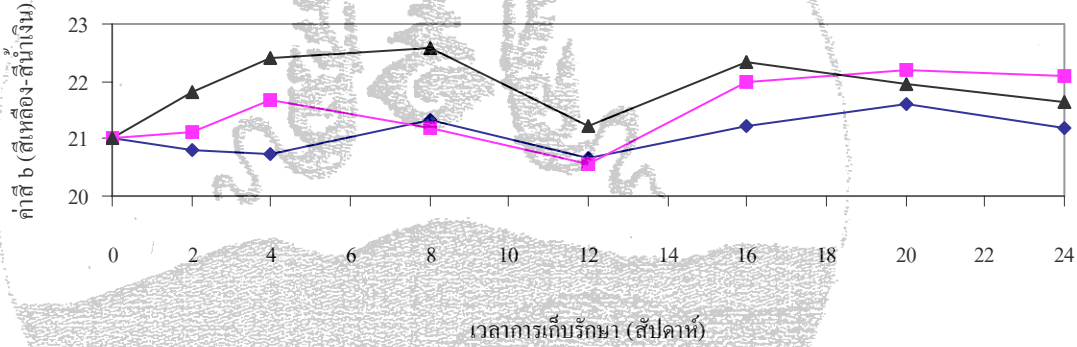
ตาราง 4.28 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์

อายุการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน)	
	ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด	ใช้สารป้องกันการเกาะติด
0	20.68 ± 0.13^{b}	21.00 ± 0.28^{a}
2	20.71 ± 0.56^{b}	21.24 ± 0.49^{a}
4	21.05 ± 0.67^{b}	21.59 ± 0.82^{a}
8	21.18 ± 0.76^{b}	21.70 ± 0.68^{a}
12	20.88 ± 0.96	20.81 ± 0.37
16	21.41 ± 0.99^{b}	21.85 ± 0.52^{a}
20	21.64 ± 0.54	21.93 ± 0.37
24	21.63 ± 0.86	21.64 ± 0.74

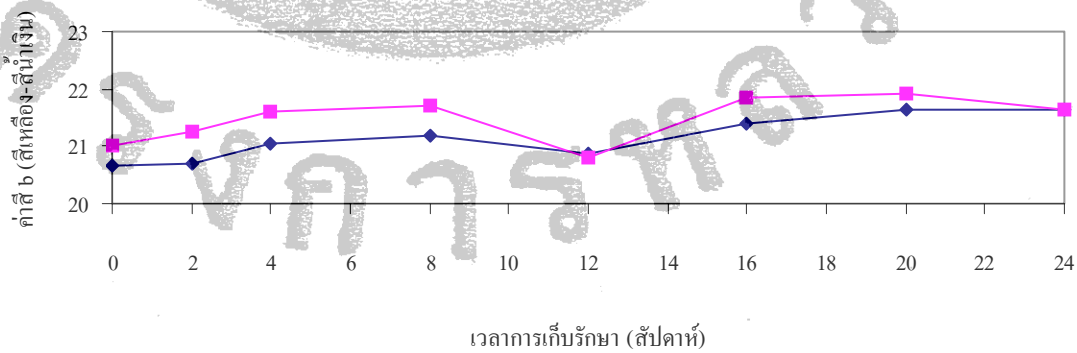
หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพ 4.24 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.25 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.26 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.24 และ 4.25 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.26 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L หรือความสว่างของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร แสดงดังตาราง 4.29 ค่าความสว่างของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.27 พบว่าอุณหภูมิต่าง ๆ ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าความสว่างอยู่ในช่วง 35.97 - 37.41 และอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นก็ไม่มีผลต่อค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีค่าความสว่าง 38.70 และสัปดาห์ที่ 24 มีค่าความสว่าง 35.62

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติด ก็มีแนวโน้มของค่าความสว่างไปในทิศทางเดียวกันดังภาพ 4.28 คือที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียสมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าความสว่าง 36.02 - 37.44 และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความสว่างก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีค่าความสว่าง 38.84 และในสัปดาห์ที่ 24 คือ 37.43

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.29 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าความสว่างของไก่ทอดที่ใช้ผงหมักไก่สมุนไพรมีแนวโน้มคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

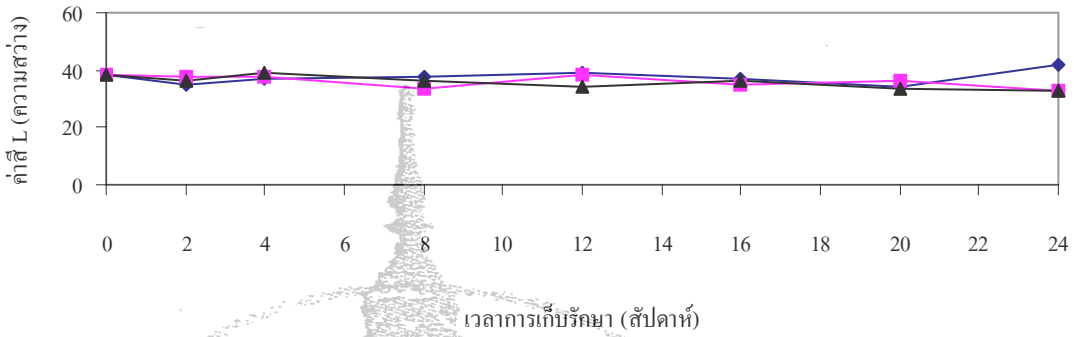
ตาราง 4.29 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี L (ความสว่าง) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	38.70 ± 5.69	34.84 ± 3.85	36.84 ± 4.80	37.74 ± 3.23	39.05 ± 2.94	36.65 ± 3.16	33.88 ± 3.43	41.55 ± 2.59	**37.41 ± 3.96**
30	38.70 ± 5.69	37.83 ± 6.20	37.52 ± 1.34	33.83 ± 4.17	38.48 ± 7.60	34.81 ± 3.88	36.16 ± 3.88	32.63 ± 3.34	**36.24 ± 4.60**
40	38.70 ± 5.69	36.58 ± 4.30	39.18 ± 6.00	36.53 ± 3.18	34.23 ± 4.33	36.36 ± 4.45	33.47 ± 5.11	32.68 ± 2.06	**35.97 ± 4.41**
เฉลี่ย*	**38.70 ± 4.92**	**36.42 ± 4.43**	**37.85 ± 4.04**	**36.03 ± 3.53**	**37.25 ± 5.15**	**35.94 ± 3.46**	**34.50 ± 3.85**	**35.62 ± 5.03**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	38.84 ± 4.89	38.47 ± 3.94	34.88 ± 4.12	35.21 ± 5.24	38.77 ± 4.44	39.54 ± 3.32	35.94 ± 4.34	37.86 ± 3.20	**37.44 ± 3.94**
30	38.84 ± 4.89	33.39 ± 1.89	38.50 ± 4.61	35.06 ± 3.94	33.72 ± 7.29	36.14 ± 4.25	36.49 ± 2.31	36.04 ± 2.29	**36.02 ± 4.03**
40	38.84 ± 4.89	35.69 ± 3.68	40.76 ± 3.68	36.23 ± 3.01	39.21 ± 3.40	35.08 ± 2.64	33.16 ± 3.09	38.39 ± 4.24	**37.17 ± 3.88**
เฉลี่ย*	**38.84 ± 4.23**	**35.85 ± 3.61**	**38.05 ± 4.42**	**35.50± 3.65**	**37.23 ± 5.30**	**36.92 ± 3.62**	**35.20 ± 3.29**	**37.43 ± 3.08**	

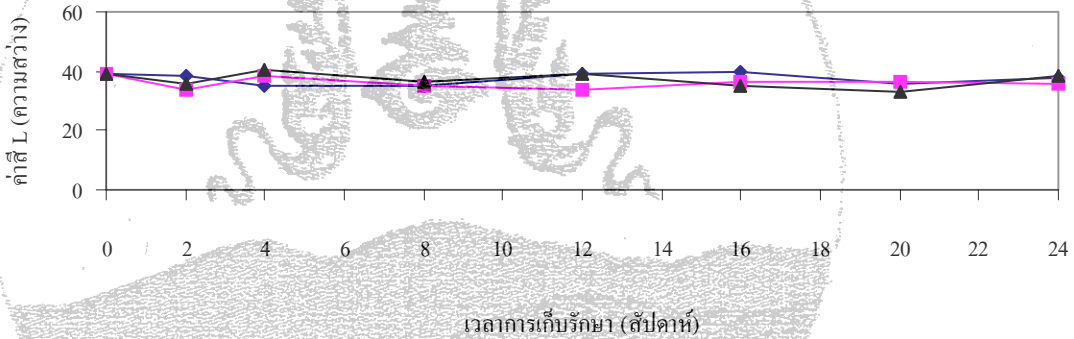
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

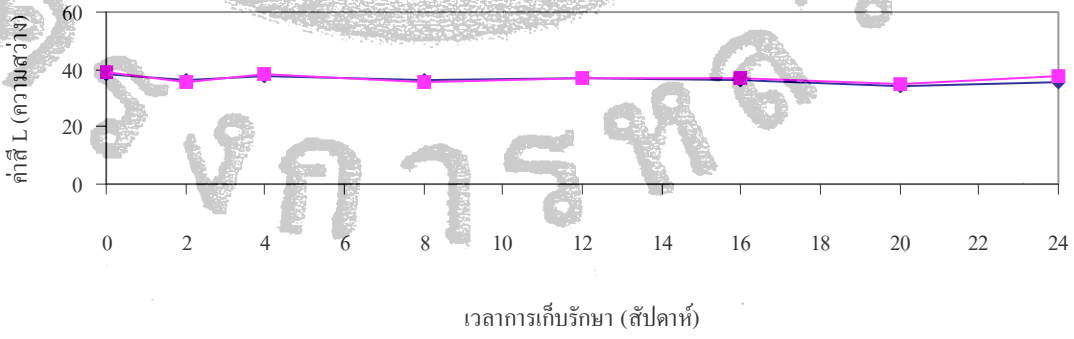
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.27 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.28 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.29 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.27 และ 4.28 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.29 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร แสดงดังตาราง 4.30 ค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.30 พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ของไก่ทอด โดยที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียสมีค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ไม่แตกต่างกันคือ 9.87 และ 10.73 และที่ 40 องศาเซลเซียสมีค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) 11.76 ไม่แตกต่างจากที่ 30 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) 10.26 และสัปดาห์ที่ 24 มีค่าเป็น 11.87

สำหรับไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.31 พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) คือที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ไก่ทอดมีค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 11.51 และ 12.23 แต่มีความแตกต่างจากที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสที่มีค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) เป็น 10.07 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) อายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ของไก่ทอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นไก่ทอดมีค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) 12.84 และสัปดาห์ที่ 24 มีค่าเป็น 11.34

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.32 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าสี a (สีแดง – สีเขียว) มีแนวโน้มคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

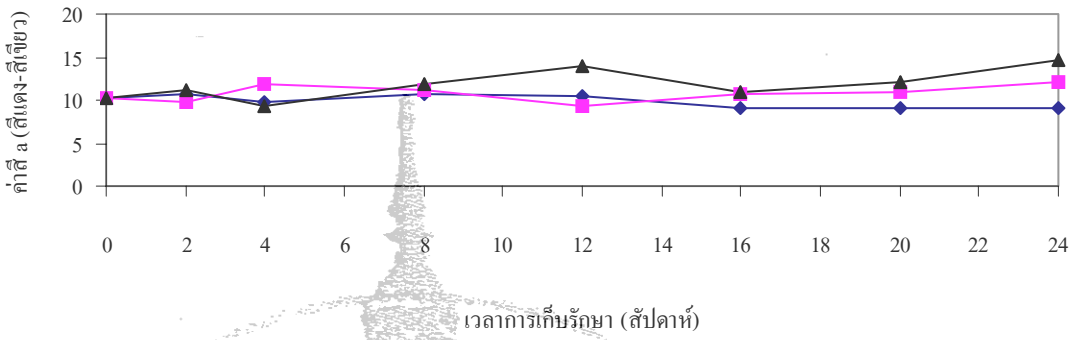
ตาราง 4.30 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	10.26 ± 2.80	10.64 ± 1.67	9.73 ± 2.04	10.65 ± 2.62	10.40 ± 1.81	9.16 ± 1.64	9.15 ± 1.12	8.96 ± 2.23	**9.87 ± 1.84^{b}**
30	10.26 ± 2.80	9.73 ± 2.15	11.81 ± 1.92	11.08 ± 1.53	9.31 ± 1.99	10.81 ± 0.99	10.84 ± 1.12	12.01 ± 2.16	**10.73 ± 1.83^{ab}**
40	10.26 ± 2.80	11.26 ± 1.18	9.23 ± 1.83	11.83 ± 1.5	13.85 ± 1.47	10.89 ± 2.01	12.11 ± 2.09	14.64 ± 1.54	**11.76 ± 2.31^{a}**
เฉลี่ย*	**10.26 ± 2.42**	**10.54 ± 1.62**	**10.26 ± 2.05**	**11.19 ± 1.77**	**11.19 ± 2.56**	**10.29 ± 1.62**	**10.70 ± 1.84**	**11.87 ± 3.01**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	12.84 ± 1.95	7.78 ± 1.97	9.70 ± 1.30	10.70 ± 2.88	8.08 ± 2.22	10.12 ± 2.92	10.83 ± 1.89	10.54 ± 1.75	**10.07 ± 2.38^{b}**
30	12.84 ± 1.95	9.78 ± 1.89	9.71 ± 2.39	12.98 ± 1.56	12.71 ± 2.35	12.16 ± 2.02	12.26 ± 3.35	9.61 ± 1.45	**11.51 ± 2.34^{a}**
40	12.84 ± 1.95	11.90 ± 2.09	9.39 ± 1.52	12.25 ± 2.21	13.13 ± 1.81	12.10 ± 1.80	12.38 ± 3.34	13.87 ± 2.63	**12.23 ± 2.25^{a}**
เฉลี่ย*	**12.84 ± 1.68^{a}**	**9.82 ± 2.48^{bc}**	**9.60 ± 1.56^{c}**	**11.98 ± 2.22^{ab}**	**11.31 ± 3.05^{abc}**	**11.46 ± 2.23^{abc}**	**11.82 ± 2.66^{abc}**	**11.34 ± 2.60^{abc}**	

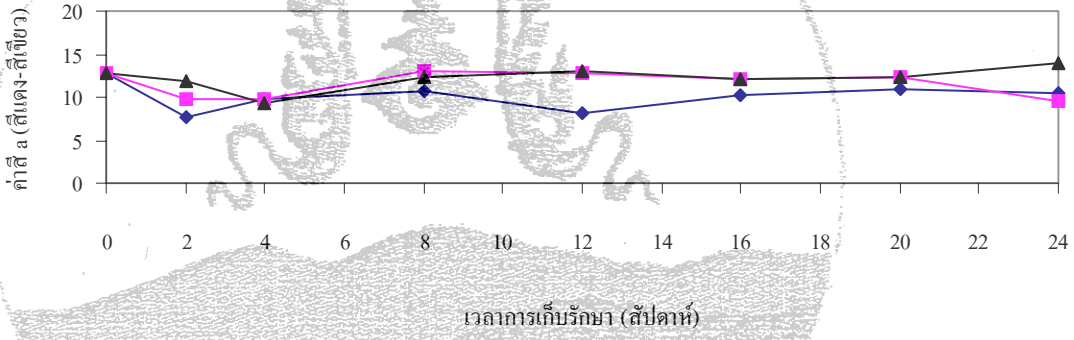
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

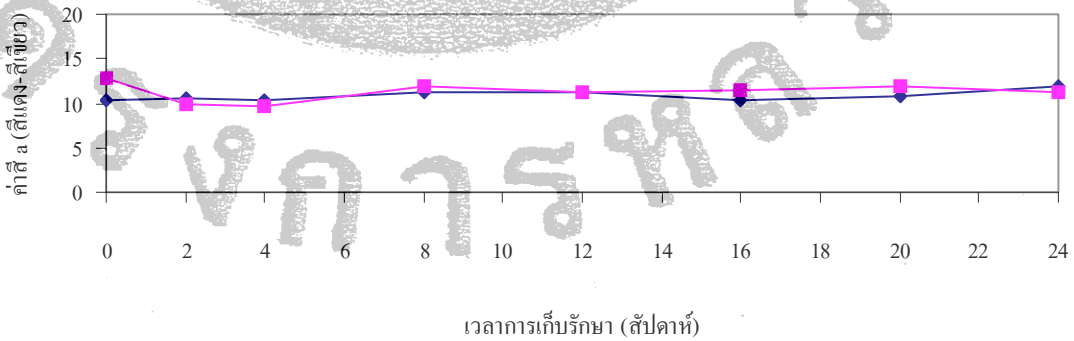
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.30 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.31 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการ เกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.32 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.30 และ 4.31 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.32 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรแสดงดังตาราง 4.31 สำหรับไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.33 พบว่าอุณหภูมิต่าง ๆ ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) อยู่ในช่วง 18.96 - 19.83 และอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นไก่ทอดมีค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) 21.23 และสัปดาห์ที่ 24 มีค่าเป็น 18.19

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.34 พบว่าอุณหภูมิต่าง ๆ ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นเดียวกับไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด โดยมีช่วงของค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) อยู่ในช่วง 20.07 - 21.76 และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เริ่มต้นไก่ทอดมีค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) 25.86 จนถึงสัปดาห์ที่ 24 ค่าสีลดลงเหลือ 19.25

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.35 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

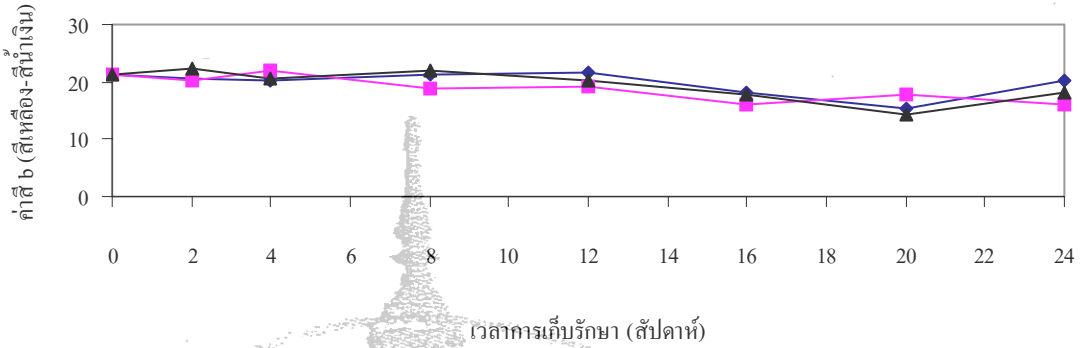
ตาราง 4.31 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	21.23 ± 3.96	20.70 ± 4.20	20.15 ± 2.97	21.14 ± 2.25	21.58 ± 1.62	18.26 ± 3.50	15.26 ± 2.32	20.33 ± 3.59	**19.83 ± 3.32**
30	21.23 ± 3.96	20.08 ± 3.96	22.15 ± 4.19	18.94 ± 6.11	19.34 ± 6.61	16.21 ± 5.03	17.63 ± 3.58	16.06 ± 4.05	**18.96 ± 4.53**
40	21.23 ± 3.96	22.38 ± 5.45	20.75 ± 6.12	21.97 ± 4.45	20.19 ± 5.28	17.84 ± 5.54	14.18 ± 3.50	18.17 ± 2.83	**19.59 ± 4.75**
เฉลี่ย*	**21.23 ± 3.43^{a}**	**21.05 ± 4.10^{a}**	**21.02 ± 4.09^{a}**	**20.68 ± 4.17^{a}**	**20.37 ± 4.42^{a}**	**17.44 ± 4.23^{ab}**	**15.69 ± 3.15^{b}**	**18.19 ± 3.57^{ab}**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	25.86 ± 5.80	21.18 ± 2.33	19.05 ± 2.01	19.38 ± 4.15	18.97 ± 2,01	22.09 ± 2.96	18.88 ± 6.68	20.64 ± 3.12	**20.76 ± 4.03**
30	25.86 ± 5.80	18.65 ± 4.56	19.63 ± 2.93	19.94 ± 3.00	20.08 ± 7.67	18.68 ± 4.61	21.64 ± 3.76	16.11 ± 4.46	**20.07 ± 4.84**
40	25.86 ± 5.80	21.59 ± 1.94	23.22 ± 2.45	22.80 ± 3.10	25.22 ± 2.66	17.28 ± 2.85	17.09 ± 4.83	21.01 ± 3.99	**21.76 ± 4.36**
เฉลี่ย*	**25.86 ± 5.02^{a}**	**20.47 ± 3.07^{b}**	**20.63 ± 2.91^{b}**	**20.71 ± 3.39^{b}**	**21.42 ± 5.08^{b}**	**19.35 ± 3.76^{b}**	**19.20 ± 4.94^{b}**	**19.25 ± 4.12^{b}**	

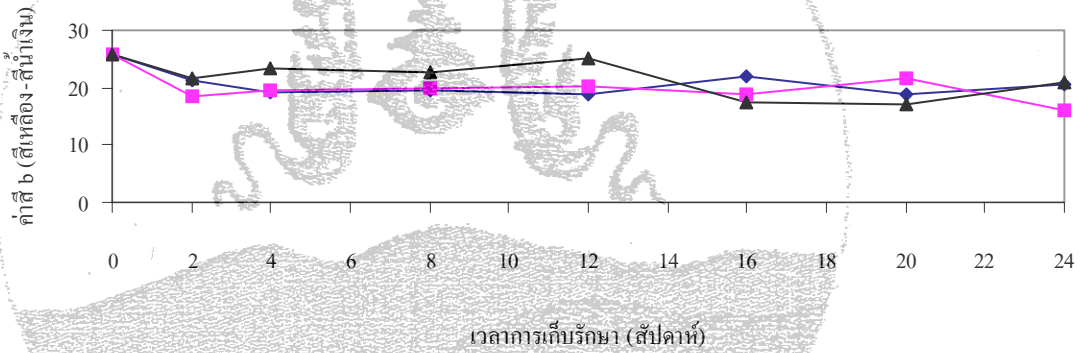
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

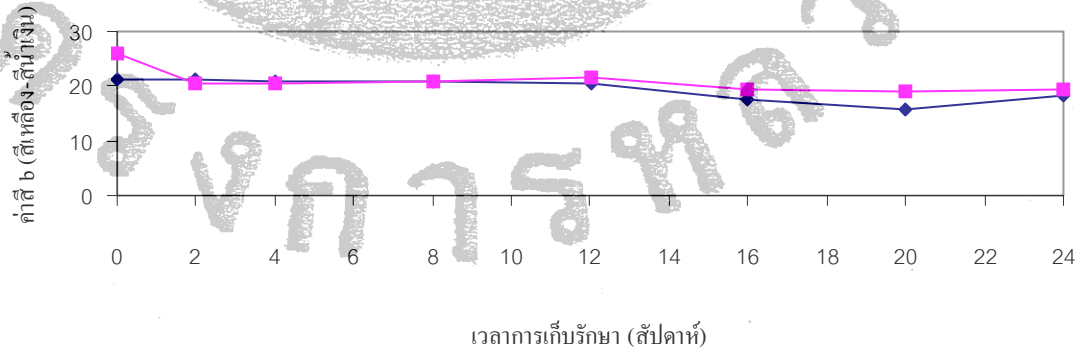
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.33 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.34 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการ เกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.35 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.33 และ 4.34 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.35 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรแสดงดังตาราง 4.32 โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.36 พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมีผลต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียสมีจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันคือ 4.59 และ 4.65 log cfu/g แต่มีจำนวนที่แตกต่างจากอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสที่มีจำนวน 4.74 log cfu/g อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.71 log cfu/g จนถึงสัปดาห์ที่ 24 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 5.03 log cfu/g ซึ่งสอดคล้องกับค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาสูงขึ้น ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้จุลินทรีย์มีน้ำที่จะใช้ในการยังชีพ จึงทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น (กุลยา, 2541)

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดแสดงดังภาพ 4.37 พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสผงหมักไก่สมุนไพรมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดคือ 4.59 log cfu/g ส่วนที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียสผงหมักไก่สมุนไพรมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.66 และ 4.76 log cfu/g ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดก็จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นผงหมักไก่สมุนไพรมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.75 log cfu/g และเพิ่มขึ้นเป็น 5.06 log cfu/g ในสัปดาห์ที่ 24

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.38 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

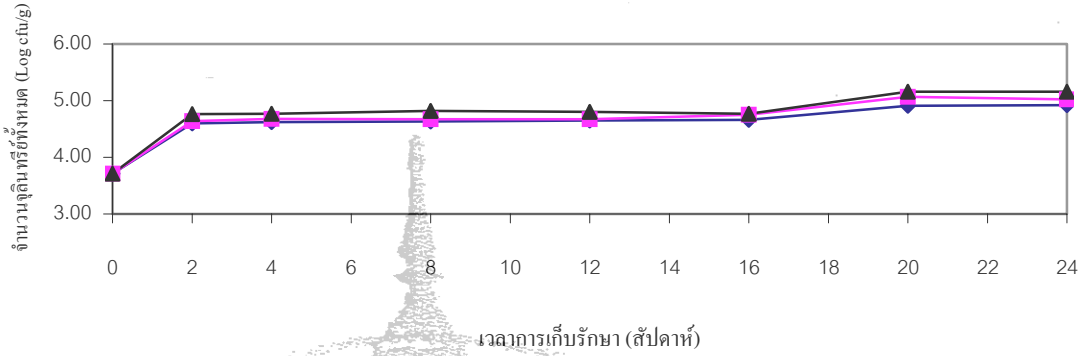
ตาราง 4.32 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	3.71 ± 0.09	4.60 ± 0.07	4.62 ± 0.14	4.63 ± 0.19	4.65 ± 0.22	4.66 ± 0.26	4.91 ± 0.06	4.92 ± 0.02	**4.59 ± 0.38** [b]
30	3.71 ± 0.09	4.64 ± 0.13	4.68 ± 0.06	4.67 ± 0.15	4.67 ± 0.14	4.75 ± 0.06	5.07 ± 0.01	5.02 ± 0.04	**4.65 ± 0.41** [b]
0	3.71 ± 0.09	4.76 ± 0.10	4.77 ± 0.07	4.82 ± 0.03	4.80 ± 0.02	4.77 ± 0.02	5.16 ± 0.02	5.16 ± 0.07	**4.74 ± 0.44** [a]
เฉลี่ย*	**3.71 ± 0.06** [c]	**4.66 ± 0.11** [b]	**4.69 ± 0.10** [b]	**4.70 ± 0.14** [b]	**4.70 ± 0.14** [b]	**4.72 ± 0.14** [b]	**5.04 ± 0.11** [a]	**5.03 ± 0.11** [a]	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	3.75 ± 0.06	4.57 ± 0.05	4.59 ± 0.10	4.63 ± 0.15	4.72 ± 0.06	4.66 ± 0.09	4.92 ± 0.12	4.91 ± 0.14	**4.59 ± 0.36** [c]
30	3.75 ± 0.06	4.59 ± 0.12	4.63 ± 0.08	4.65 ± 0.08	4.74 ± 0.14	4.74 ± 0.00	5.10 ± 0.13	5.09 ± 0.15	**4.66 ± 0.41** [b]
40	3.75 ± 0.06	4.66 ± 0.16	4.79 ± 0.07	4.80 ± 0.05	4.81 ± 0.04	4.84 ± 0.03	5.18 ± 0.00	5.20 ± 0.01	**4.76 ± 0.44** [a]
เฉลี่ย*	**3.75 ± 0.04** [d]	**4.61 ± 0.10** [c]	**4.67 ± 0.12** [bc]	**4.69 ± 0.12** [bc]	**4.76 ± 0.08** [b]	**4.75 ± 0.09** [b]	**5.07 ± 0.15** [a]	**5.06 ± 0.16** [a]	

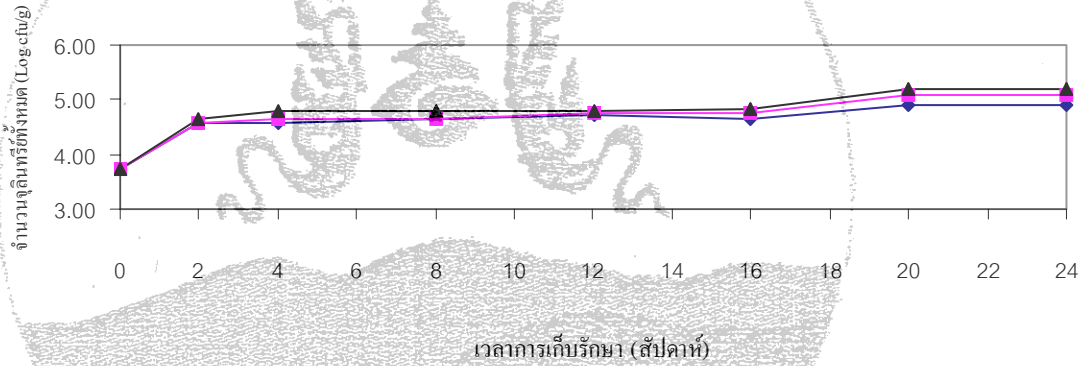
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

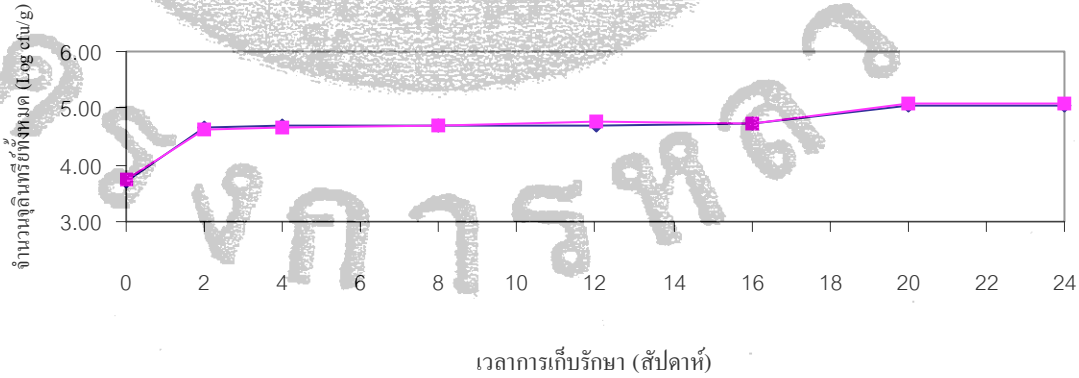
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.36 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.37 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.38 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.36 และ 4.37 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.38 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อยีสต์และราของผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

ปริมาณเชื้อยีสต์และราต่ำกว่า 30 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ เนื่องจากมีการอบแห้งสมุนไพรก่อนนำไปผลิตผงหมักไก่สมุนไพร ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผงหมักไก่สมุนไพรมีโอกาสด้อยคุณภาพเนื่องจากเชื้อยีสต์และราน้อยมาก

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

ตาราง 4.33 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติด โดยค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.39 พบว่าอุณหภูมิต่าง ๆ ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลอยู่ในช่วง 1.00 - 1.02 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าคะแนนในอุดมคติ เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มมากขึ้น พบว่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยเริ่มต้นมีค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาล 1.03 และสัปดาห์ที่ 24 มีค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาล 1.02

ส่วนไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดก็มีแนวโน้มของค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลไปในทิศทางเดียวกันดังภาพ 4.40 คืออุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลอยู่ในช่วง 0.99 - 1.01 และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาล 1.02 และในสัปดาห์ที่ 24 คือ 1.01

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.41 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลมีแนวโน้มคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

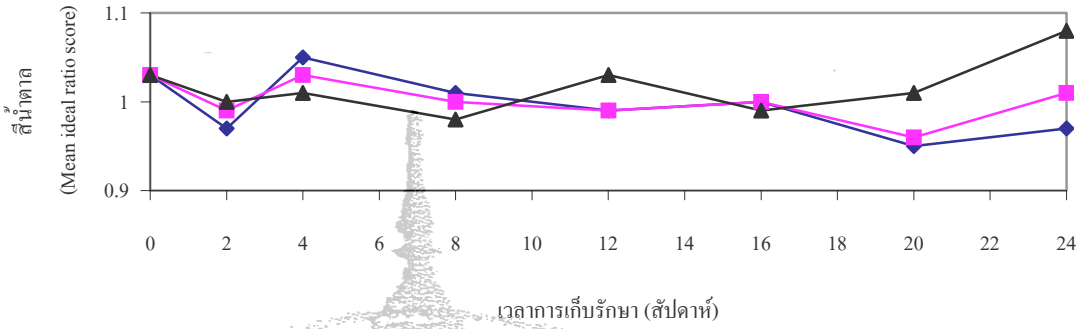
ตาราง 4.34 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	**ค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร (Mean ideal ratio score)**								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	0.93 ± 0.08	1.00 ± 0.06	0.96 ± 0.13	0.95 ± 0.10	0.98 ± 0.05	0.95 ± 0.12	0.94 ± 0.13	0.94 ± 0.17	**0.96 ± 0.11**
30	0.93 ± 0.08	1.00 ± 0.05	0.94 ± 0.13	0.96 ± 0.06	0.95 ± 0.08	0.92 ± 0.12	0.91 ± 0.13	0.95 ± 0.11	**0.95 ± 0.10**
40	0.93 ± 0.08	0.97 ± 0.05	0.98 ± 0.08	0.97 ± 0.11	0.98 ± 0.08	0.97 ± 0.06	0.93 ± 0.10	0.96 ± 0.09	**0.96 ± 0.08**
เฉลี่ย*	**0.93 ± 0.08**	**0.99 ± 0.05**	**0.96 ± 0.11**	**0.96 ± 0.09**	**0.96 ± 0.07**	**0.95 ± 0.10**	**0.93 ± 0.12**	**0.95 ± 0.12**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	0.94 ± 0.08	0.98 ± 0.07	0.95 ± 0.12	0.94 ± 0.11	0.95 ± 0.08	0.94 ± 0.12	0.93 ± 0.13	0.95 ± 0.15	**0.95 ± 0.11**
30	0.94± 0.08	0.98 ± 0.03	0.94 ± 0.12	0.97 ± 0.11	0.98 ± 0.03	0.97 ± 0.09	0.89 ± 0.16	0.92 ± 0.15	**0.95 ± 0.10**
40	0.94 ± 0.08	0.99 ± 0.03	0.97 ± 0.08	0.95 ± 0.11	0.97 ± 0.08	0.98 ± 0.06	0.88 ± 0.20	0.91 ± 0.11	**0.95 ± 0.10**
เฉลี่ย*	**0.94 ± 0.08**	**0.98 ± 0.05**	**0.95 ± 0.11**	**0.95 ± 0.10**	**0.97 ± 0.07**	**0.96 ± 0.09**	**0.90 ± 0.16**	**0.93 ± 0.13**	

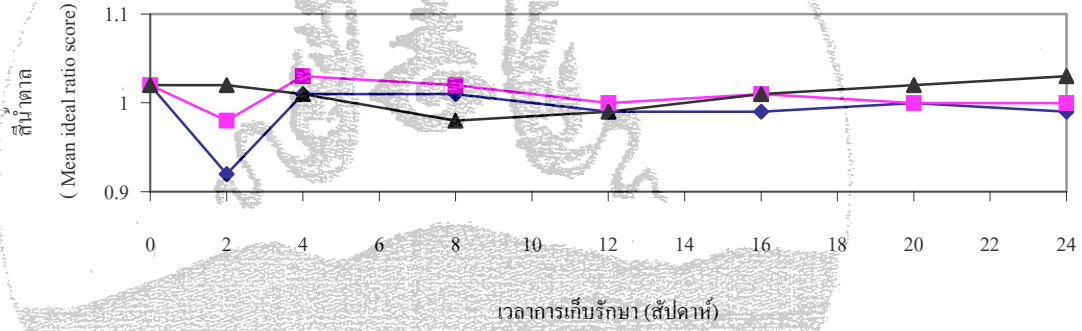
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

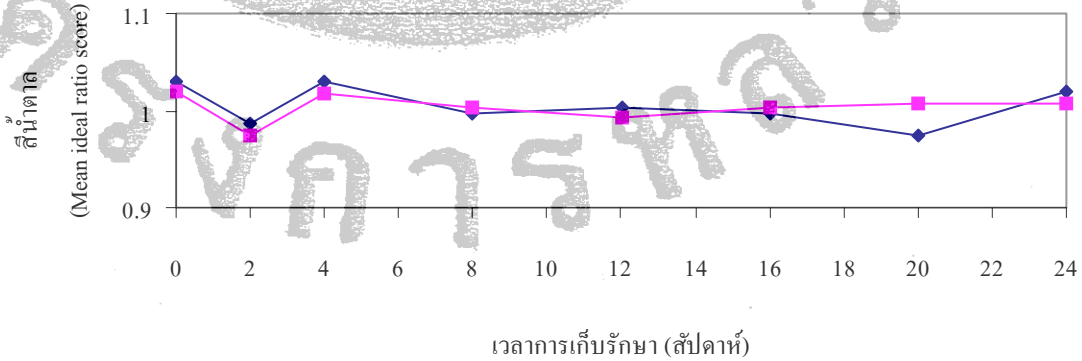
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$



ภาพ 4.39 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.40 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.41 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านสีน้ำตาลของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.39 และ 4.40 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.41 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรแสดงดังตาราง 4.34 ไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดมีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรดังภาพ 4.42 พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรอยู่ในช่วง 0.95 - 0.96 และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพร 0.93 และสัปดาห์ที่ 24 มีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพร 0.95

สำหรับการเปลี่ยนแปลงคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.43 พบว่ามีแนวโน้มของค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรไปในทิศทางเดียวกันกับที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด คืออุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรคงที่คือ 0.95 และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพร 0.94 และสัปดาห์ที่ 24 คือ 0.93

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.44 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรมีแนวโน้มคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

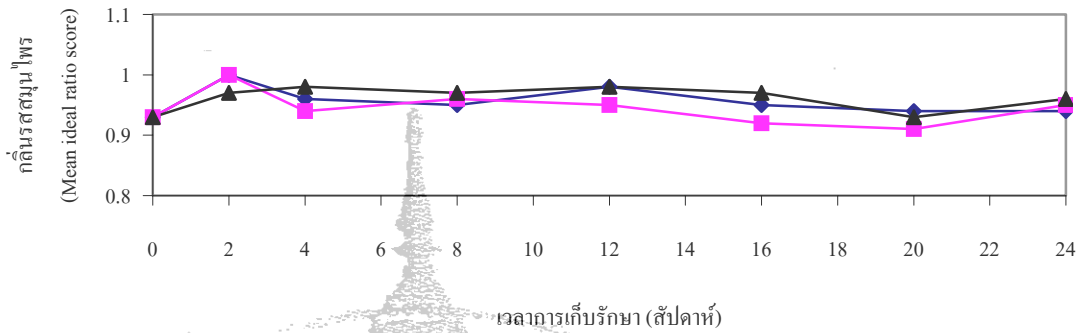
ตาราง 4.35 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร (Mean ideal ratio score)								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	0.95 ± 0.08	0.92 ± 0.12	1.00 ± 0.06	1.02 ± 0.05	0.95 ± 0.06	0.94 ± 0.13	0.94 ± 0.11	0.97 ± 0.10	**0.96 ± 0.09**
30	0.95 ± 0.08	0.99 ± 0.06	0.98 ± 0.06	0.98 ± 0.10	0.97 ± 0.05	0.98 ± 0.05	0.94± 0.11	0.98 ± 0.09	**0.97 ± 0.08**
40	0.95 ± 0.08	0.96 ± 0.07	0.98 ± 0.07	0.97 ± 0.09	0.95 ± 0.07	1.00 ± 0.04	0.95 ± 0.13	0.98 ± 0.11	**0.97 ± 0.08**
เฉลี่ย*	**0.96 ± 0.08**	**0.96 ± 0.09**	**0.99 ± 0.06**	**0.99 ± 0.08**	**0.96 ± 0.06**	**0.96 ± 0.08**	**0.94 ± 0.11**	**0.98 ± 0.09**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	0.98 ± 0.05	0.94 ± 0.11	0.99 ± 0.05	0.97 ± 0.08	0.95 ± 0.07	1.00 ± 0.03	0.94 ± 0.13	0.98 ± 0.09	**0.97 ± 0.08**
30	0.98 ± 0.05	1.02 ± 0.04	0.97 ± 0.09	0.97 ± 0.06	0.95 ± 0.08	0.99 ± 0.03	0.92 ± 0.11	0.98 ± 0.08	**0.97 ± 0.07**
40	0.98 ± 0.05	1.01 ± 0.02	0.99 ± 0.08	0.99 ± 0.04	0.96 ± 0.05	1.00 ± 0.04	0.90 ± 0.18	0.98 ± 0.11	**0.98 ± 0.09**
เฉลี่ย*	**0.98 ± 0.04^{ab}**	**0.99 ± 0.07^{ab}**	**0.98 ± 0.07^{ab}**	**0.98 ± 0.06^{ab}**	**0.95 ± 0.07^{bc}**	**1.00 ± 0.03^{a}**	**0.92 ± 0.14^{c}**	**0.98 ± 0.09^{ab}**	

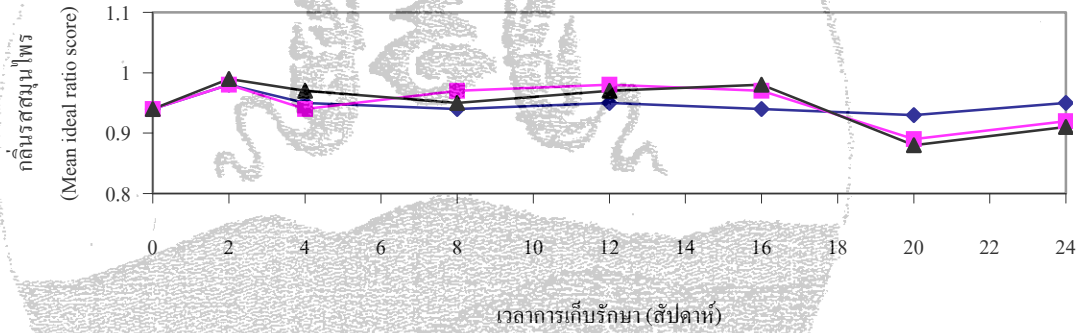
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

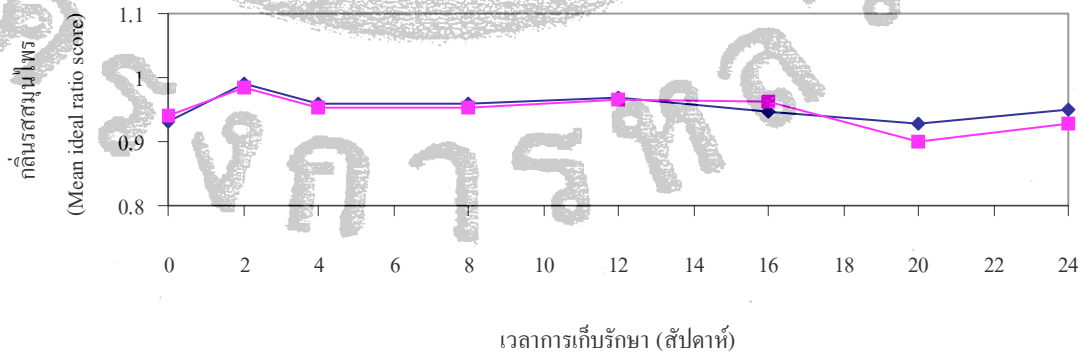
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.42 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.43 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.44 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.42 และ 4.43 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.44 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานแสดงดังตาราง 4.35 ไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดมีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานดังภาพ 4.45 พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานอยู่ในช่วง 0.96 - 0.97 และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นคะแนนลักษณะด้านรสหวานก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวาน 0.96 และสัปดาห์ที่ 24 มีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวาน 0.98

ส่วนไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติด ก็มีแนวโน้มของค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานไปในทิศทางเดียวกันดังภาพ 4.46 คืออุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานอยู่ในช่วง 0.97 - 0.98 และอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นและสัปดาห์ที่ 24 มีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวาน 0.98 เท่ากัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.47 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานมีแนวโน้มคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

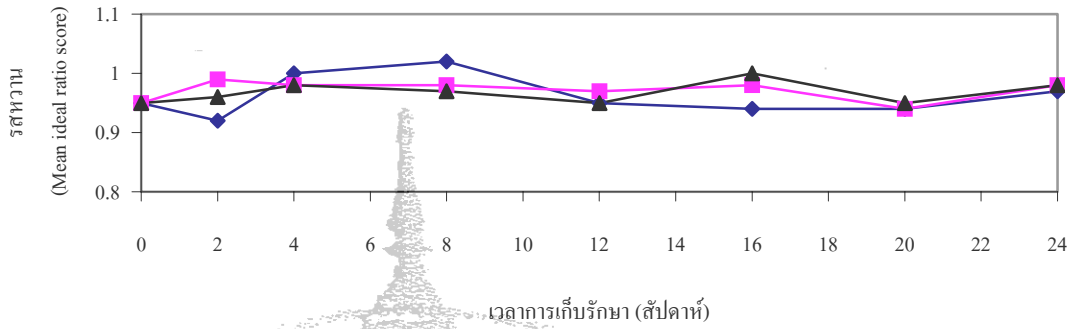
ตาราง 4.36 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร (Mean ideal ratio score)								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	1.07 ± 0.08	1.05 ± 0.11	0.99 ± 0.05	0.99 ± 0.04	1.03 ± 0.10	1.02 ± 0.03	0.98 ± 0.10	1.03 ± 0.09	**1.02 ± 0.08**
30	1.07 ± 0.08	0.99 ± 0.02	1.00 ± 0.05	1.01 ± 0.05	1.00 ± 0.04	0.98 ± 0.04	1.01 ± 0.11	1.07 ± 0.08	**1.02 ± 0.07**
40	1.07 ± 0.08	1.00 ± 0.12	0.97 ± 0.08	1.01 ± 0.04	1.03 ± 0.04	1.00 ± 0.03	1.02 ± 0.10	1.06 ± 0.10	**1.02 ± 0.08**
เฉลี่ย*	**1.07 ± 0.08^{a}**	**1.01 ± 0.09^{c}**	**0.99 ± 0.06^{c}**	**1.00 ± 0.04^{c}**	**1.02 ± 0.06^{bc}**	**1.00 ± 0.03^{c}**	**1.00 ± 0.10^{c}**	**1.06 ± 0.09^{ab}**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	1.04 ± 0.08	1.03 ± 0.08	0.98 ± 0.04	0.98 ± 0.05	1.02 ± 0,08	1.00 ± 0.02	1.02 ± 0.13	1.06 ± 0.10	**1.02 ± 0.08**
30	1.04 ± 0.08	1.01 ± 0.02	1.02 ± 0.08	1.00 ± 0.04	1.05 ± 0.08	1.01 ± 0.02	0.97 ± 0.14	1.04 ± 0.06	**1.02 ± 0.08**
40	1.04 ± 0.08	1.01 ± 0.03	0.97 ± 0.06	1.01 ± 0.03	1.04 ± 0.05	1.01 ± 0.04	0.94 ± 0.20	1.02 ± 0.10	**1.00 ± 0.09**
เฉลี่ย*	**1.04 ± 0.07^{a}**	**1.02 ± 0.05^{ab}**	**0.99 ± 0.06^{b}**	**1.00 ± 0.04^{ab}**	**1.03 ± 0.07^{a}**	**1.00 ± 0.02^{ab}**	**0.98 ± 0.16^{b}**	**1.04 ± 0.09^{a}**	

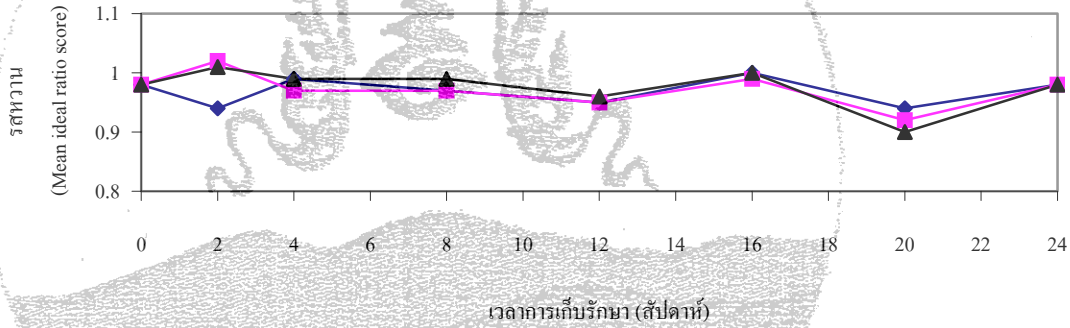
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

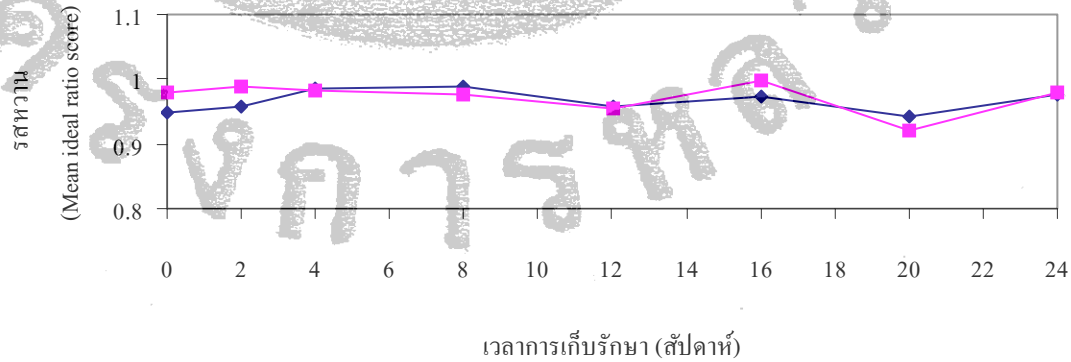
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.45 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.46 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.47 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.45 และ 4.46 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.47 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มแสดงดังตาราง 4.36 ไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดมีค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มดังภาพ 4.48 พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็ม 1.02 เท่ากัน และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นคะแนนลักษณะด้านรสเค็มก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยเริ่มต้นมีค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็ม 1.07 และสัปดาห์ที่ 24 มีค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็ม 1.06

สำหรับการเปลี่ยนแปลงคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.49 พบว่ามีแนวโน้มของค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มไปในทิศทางเดียวกันกับที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด คืออุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มอยู่ในช่วง 1.00 - 1.02 และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวันเริ่มต้นและสัปดาห์ที่ 24 มีค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มเท่ากันคือ 1.04

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.50 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มมีแนวโน้มคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

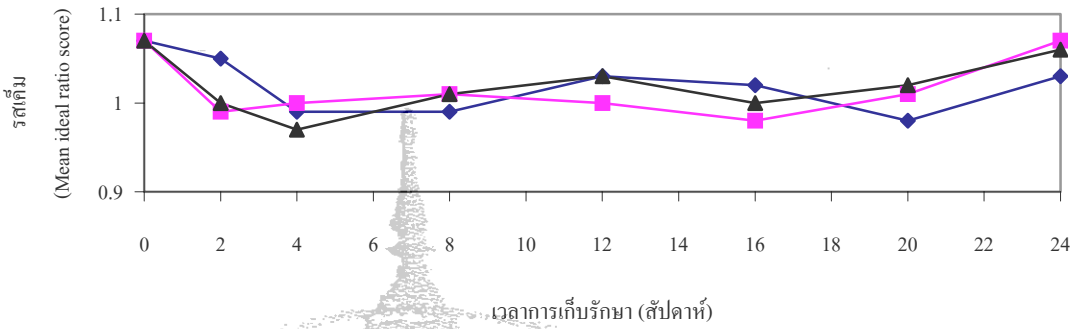
ตาราง 4.36 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร (Mean ideal ratio score)								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	1.07 ± 0.08	1.05 ± 0.11	0.99 ± 0.05	0.99 ± 0.04	1.03 ± 0.10	1.02 ± 0.03	0.98 ± 0.10	1.03 ± 0.09	**1.02 ± 0.08**
30	1.07 ± 0.08	0.99 ± 0.02	1.00 ± 0.05	1.01 ± 0.05	1.00 ± 0.04	0.98 ± 0.04	1.01 ± 0.11	1.07 ± 0.08	**1.02 ± 0.07**
40	1.07 ± 0.08	1.00 ± 0.12	0.97 ± 0.08	1.01 ± 0.04	1.03 ± 0.04	1.00 ± 0.03	1.02 ± 0.10	1.06 ± 0.10	**1.02 ± 0.08**
เฉลี่ย*	**1.07 ± 0.08^{a}**	**1.01 ± 0.09^{c}**	**0.99 ± 0.06^{c}**	**1.00 ± 0.04^{c}**	**1.02 ± 0.06^{bc}**	**1.00 ± 0.03^{c}**	**1.00 ± 0.10^{c}**	**1.06 ± 0.09^{ab}**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	1.04 ± 0.08	1.03 ± 0.08	0.98 ± 0.04	0.98 ± 0.05	1.02 ± 0,08	1.00 ± 0.02	1.02 ± 0.13	1.06 ± 0.10	**1.02 ± 0.08**
30	1.04 ± 0.08	1.01 ± 0.02	1.02 ± 0.08	1.00 ± 0.04	1.05 ± 0.08	1.01 ± 0.02	0.97 ± 0.14	1.04 ± 0.06	**1.02 ± 0.08**
40	1.04 ± 0.08	1.01 ± 0.03	0.97 ± 0.06	1.01 ± 0.03	1.04 ± 0.05	1.01 ± 0.04	0.94 ± 0.20	1.02 ± 0.10	**1.00 ± 0.09**
เฉลี่ย*	**1.04 ± 0.07^{a}**	**1.02 ± 0.05^{ab}**	**0.99 ± 0.06^{b}**	**1.00 ± 0.04^{ab}**	**1.03 ± 0.07^{a}**	**1.00 ± 0.02^{ab}**	**0.98 ± 0.16^{b}**	**1.04 ± 0.09^{a}**	

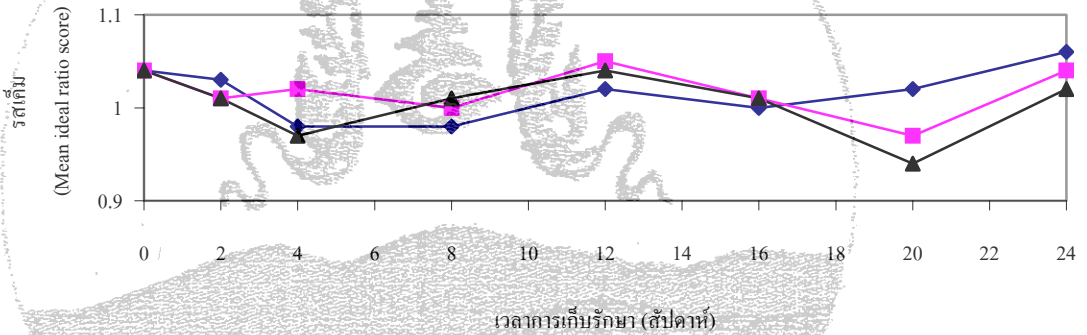
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

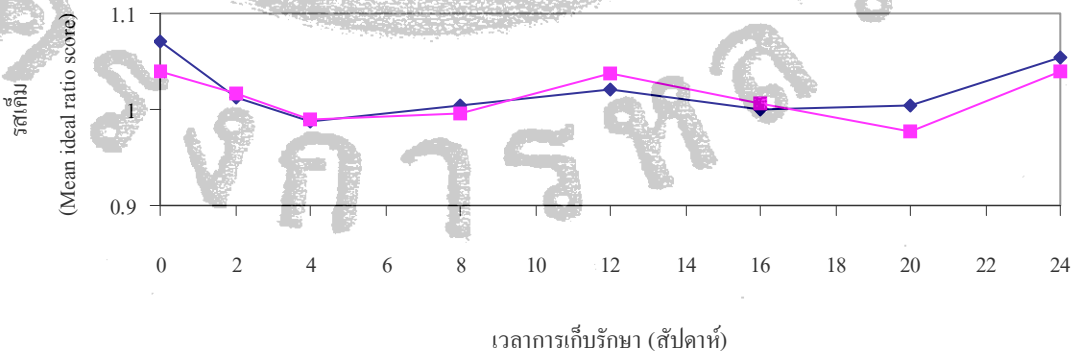
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.48 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.49 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.50 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านรสเค็มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.48 และ 4.49 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.50 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มแสดงดังตาราง 4.37 ไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดมีค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มดังภาพ 4.51 พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มอยู่ในช่วง 0.92 - 0.95 และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นคะแนนลักษณะด้านความนุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่ม 0.96 และสัปดาห์ที่ 24 มีค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่ม 0.93

ส่วนไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติด ก็มีแนวโน้มของค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มไปในทิศทางเดียวกันดังภาพ 4.52 คืออุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มอยู่ในช่วง 0.94 - 0.96 และอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นและสัปดาห์ที่ 24 มีค่าคะแนนลักษณะด้านรสหวานเป็น 0.97 และ 0.96 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.53 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มมีแนวโน้มคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

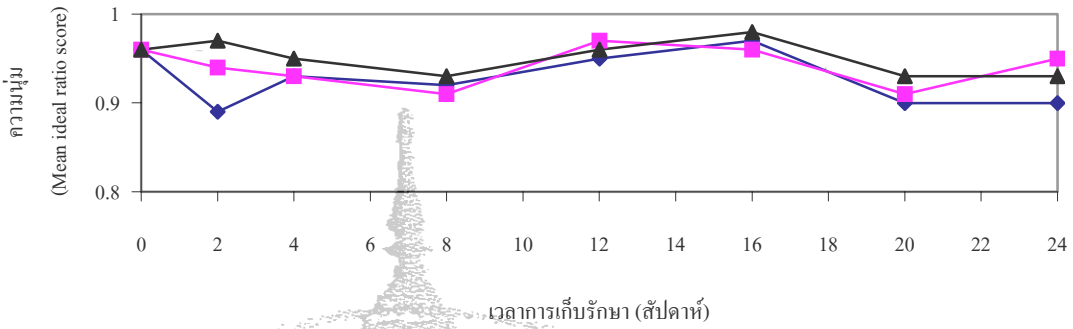
ตาราง 4.37 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร (Mean ideal ratio score)								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	0.96 ± 0.07	0.89 ± 0.11	0.93 ± 0.11	0.92 ± 0.10	0.94 ± 0.06	0.97 ± 0.08	0.90 ± 0.15	0.90 ± 0.11	**0.92 ± 0.10**
30	0.96 ± 0.07	0.94 ± 0.08	0.93 ± 0.11	0.91 ± 0.09	0.97 ± 0.06	0.96 ± 0.10	0.91 ± 0.11	0.96 ± 0.06	**0.94 ± 0.08**
40	0.96 ± 0.07	0.97 ± 0.06	0.95 ± 0.08	0.93 ± 0.10	0.96 ± 0.06	0.98 ± 0.06	0.92 ± 0.14	0.93 ± 0.09	**0.95 ± 0.08**
เฉลี่ย*	**0.96 ± 0.07**	**0.93 ± 0.09**	**0.94 ± 0.10**	**0.92 ± 0.09**	**0.96 ± 0.06**	**0.97 ± 0.08**	**0.91 ± 0.13**	**0.93 ± 0.09**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	0.97 ± 0.05	0.95 ± 0.10	0.95 ± 0.09	0.88 ± 0.15	0.94 ± 0.06	0.96 ± 0.12	0.91 ± 0.13	0.94 ± 0.08	**0.94 ± 0.10**
30	0.97 ± 0.05	0.98 ± 0.04	0.92 ± 0.11	0.90 ± 0.15	0.97 ± 0.05	0.98 ± 0.07	0.91 ± 0.10	0.95 ± 0.08	**0.94 ± 0.09**
40	0.97 ± 0.05	0.97 ± 0.05	0.96 ± 0.10	0.98 ± 0.05	0.97 ± 0.06	0.97 ± 0.06	0.87 ± 0.19	0.99 ± 0.09	**0.96 ± 0.10**
เฉลี่ย*	**0.97 ± 0.05^{a}**	**0.96 ± 0.07^{a}**	**0.94 ± 0.10^{ab}**	**0.92 ± 0.13^{ab}**	**0.96 ± 0.06^{a}**	**0.97 ± 0.09^{a}**	**0.89 ± 0.14^{b}**	**0.96 ± 0.09^{a}**	

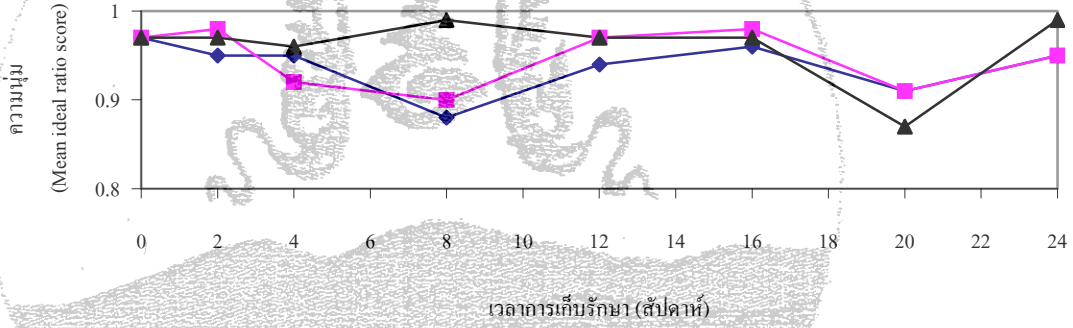
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

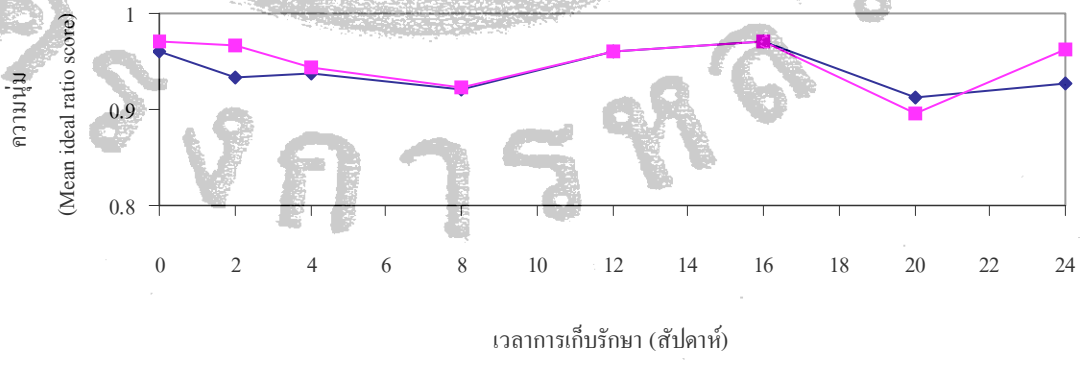
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05



ภาพ 4.51 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.52 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.53 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนลักษณะด้านความนุ่มของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.51 และ 4.52 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.53 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมแสดงดังตาราง 4.38 ไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดมีค่าคะแนนการยอมรับรวมดังภาพ 4.54 พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีช่วงของค่าคะแนนการยอมรับรวมอยู่ในช่วง 0.83 - 0.85 และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นคะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีค่าคะแนนการยอมรับรวม 0.85 และสัปดาห์ที่ 24 มีค่าคะแนนการยอมรับรวม 0.84

สำหรับการเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.55 พบว่ามีแนวโน้มของค่าคะแนนการยอมรับรวมไปในทิศทางเดียวกันกับที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด คืออุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าคะแนนการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าคะแนนการยอมรับรวมอยู่ในช่วง 0.85 - 0.87 และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าคะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในวันเริ่มต้นมีค่าคะแนนการยอมรับรวม 0.90 และสัปดาห์ที่ 24 คือ 0.86

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดดังภาพ 4.56 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าคะแนนการยอมรับรวมมีแนวโน้มคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

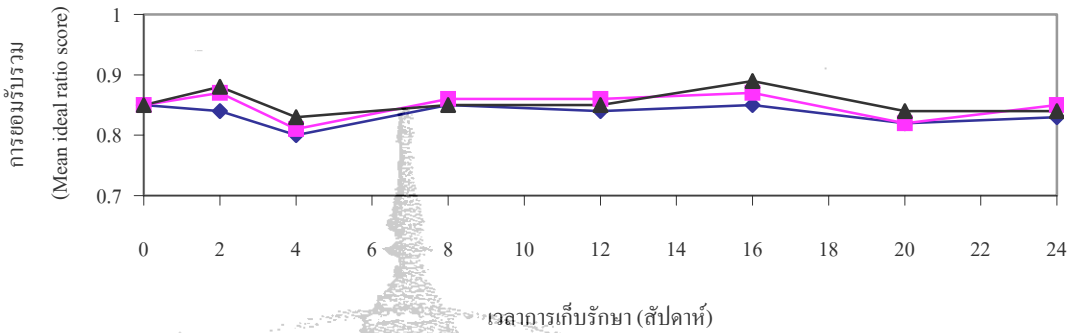
ตาราง 4.38 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่แตกต่างกัน

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร (Mean ideal ratio score)								
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 12 สัปดาห์	อายุการเก็บ 16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 20 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย****
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	0.85 ± 0.14	0.84 ± 0.13	0.80 ± 0.13	0.85 ± 0.15	0.84 ± 0.13	0.85 ± 0.15	0.82 ± 0.14	0.83 ± 0.13	**0.83 ± 0.13**
30	0.85 ± 0.14	0.87 ± 0.10	0.81 ± 0.14	0.86 ± 0.14	0.86 ± 0.13	0.87 ± 0.15	0.82 ± 0.15	0.85 ± 0.11	**0.85 ± 0.13**
40	0.85 ± 0.14	0.88 ± 0.13	0.83 ± 0.13	0.85 ± 0.16	0.85 ± 0.14	0.89 ± 0.13	0.84 ± 0.13	0.84 ± 0.10	**0.85 ± 0.13**
เฉลี่ย*	**0.85 ± 0.13**	**0.86 ± 0.12**	**0.81 ± 0.13**	**0.85 ± 0.14**	**0.85 ± 0.13**	**0.87 ± 0.14**	**0.83 ± 0.14**	**0.84 ± 0.11**	
ใช้สารป้องกันการเกาะติด									
25	0.90 ± 0.10	0.86 ± 0.12	0.81 ± 0.13	0.84 ± 0.16	0.84 ± 0.13	0.87 ± 0.14	0.83 ± 0.16	0.86 ± 0.11	**0.85 ± 0.13**
30	0.90 ± 0.10	0.90 ± 0.10	0.81 ± 0.13	0.82 ± 0.16	0.86 ± 0.12	0.88 ± 0.14	0.82 ± 0.16	0.86 ± 0.14	**0.86 ± 0.13**
40	0.90 ± 0.10	0.90 ± 0.09	0.82 ± 0.13	0.87 ± 0.14	0.88 ± 0.15	0.89 ± 0.14	0.82 ± 0.17	0.87 ± 0.11	**0.87 ± 0.13**
เฉลี่ย*	**0.90 ± 0.09**	**0.89 ± 0.10**	**0.82 ± 0.13**	**0.84 ± 0.15**	**0.86 ± 0.13**	**0.88 ± 0.13**	**0.82 ± 0.16**	**0.86 ± 0.12**	

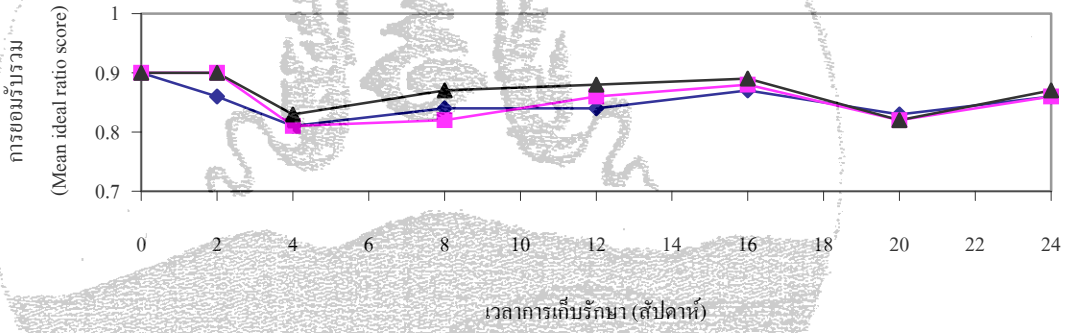
หมายเหตุ :

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

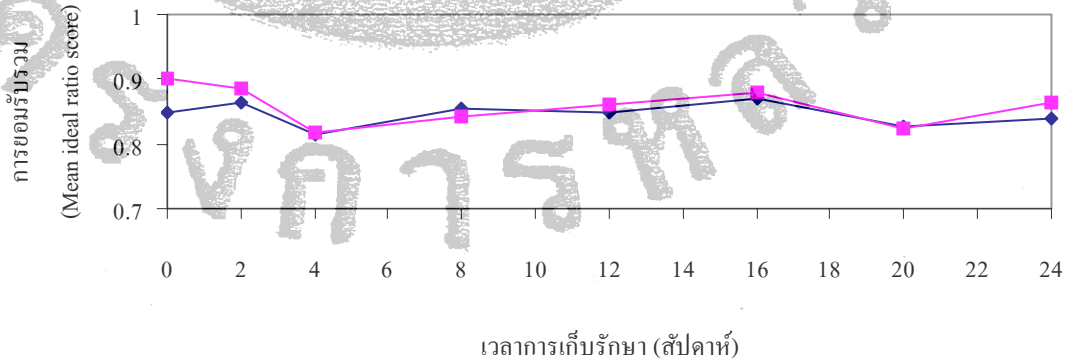
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$



ภาพ 4.54 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.55 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



ภาพ 4.56 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับรวมของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและใช้สารป้องกันการเกาะติดระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ภาพ 4.54 และ 4.55 —υ— 25 องศาเซลเซียส —ν— 30 องศาเซลเซียส —σ— 40 องศาเซลเซียส

ภาพ 4.56 —υ— ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด —ν— ใช้สารป้องกันการเกาะติด

สรุปผลของการใช้สารป้องกันการเกาะติดและและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพร

ผลการทดลองตอนที่ 4.5 พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมี คือปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าน้ำที่เป็นประโยชน์จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนคุณภาพทางด้านกายภาพ พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) และค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นผงหมักไก่สมุนไพรมีความสว่างลดลง แต่มีสีแดงและสีเหลืองมากขึ้น สำหรับค่าสีของไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) และค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น ทั้งนี้การสุ่มตัวอย่างไก่ทอดมาวัดค่าสี และตำแหน่งที่วัดค่าสีให้ค่าสีที่ต่างกันเพราะไก่ทอดที่ได้มีสีไม่สม่ำเสมอในแต่ละสิ่งทดลอง จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สีน้ำตาล กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน รสเค็ม ความนุ่ม และการยอมรับรวม ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือ 25 องศาเซลเซียส

สำหรับการใช้สารป้องกันการเกาะติด พบว่าการไม่ใช้และการใช้สารป้องกันการเกาะติดไม่ทำให้ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีเพียงแต่ค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดที่เวลาในการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0, 2, 4, 8 และ 16 มีค่าน้อยกว่าค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) ของผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติด แสดงถึงเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผงหมักไก่สมุนไพรที่เวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ดังกล่าว

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผงหมักไก่สมุนไพร

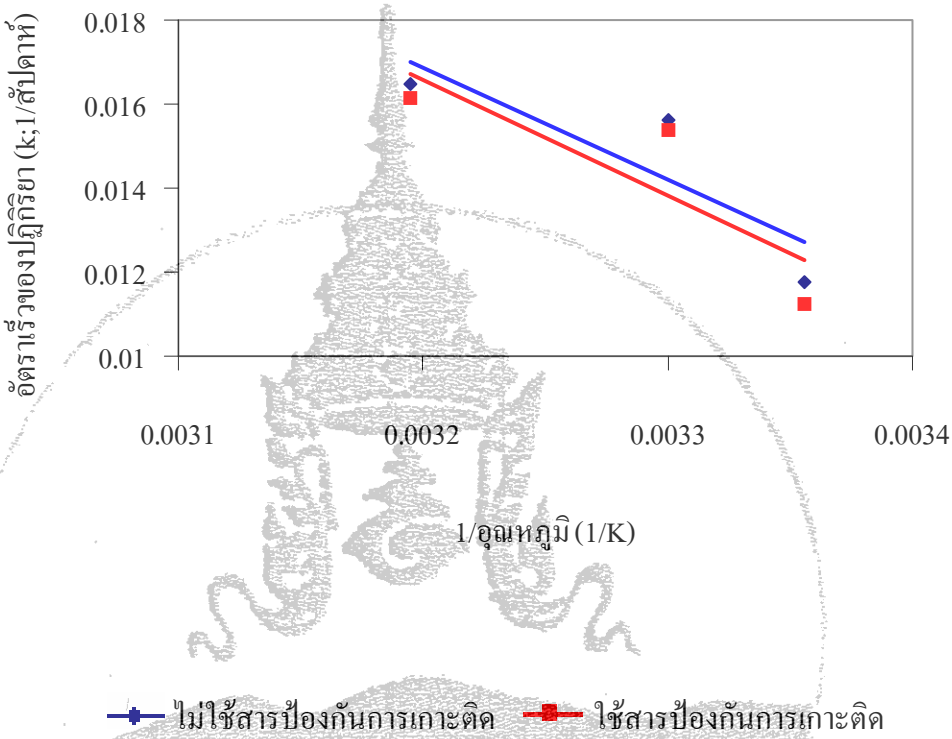
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผงหมักไก่สมุนไพรระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ พบว่าคุณภาพทางจุลชีววิทยามีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของวัตถุปรุงแต่งรสอาหารชนิดปรุงรส ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 5 log cfu/g โดยที่ระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียสผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลิทรีย์ทั้งหมดเกินเกณฑ์กำหนด ดังนั้นจึงถือว่าคุณภาพทางจุลชีววิทยาซึ่งพิจารณาที่จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผงหมักไก่สมุนไพร ทำได้โดยศึกษาอัตราเร็วและอันดับของปฏิกิริยา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมีขององค์ประกอบของอาหารเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง คือ มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลาเป็นแบบ Logarithmic ดังนั้นจึงสามารถหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ หรือค่า k ได้จากสมการของ Arrhenius (ดังแสดงในภาคผนวก ง) อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ แสดงในตาราง 4.39 และภาพ 4.57

ตาราง 4.39 อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่สภาวะการเก็บรักษาต่าง ๆ

สภาวะการเก็บรักษา		
การใช้สารป้องกันการเกาะติด	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราเร็วของปฏิกิริยา (k ; 1/สัปดาห์)
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด	25	0.0118
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด	30	0.0156
ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด	40	0.0165
ใช้สารป้องกันการเกาะติด	25	0.0112
ใช้สารป้องกันการเกาะติด	30	0.0154
ใช้สารป้องกันการเกาะติด	40	0.0162

ตาราง 4.39 แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดที่สภาวะการเก็บรักษาต่าง ๆ (k) มีแนวโน้มไปในทำนองเดียวกัน คือ อัตราเร็วของปฏิกิริยามีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น เมื่อพิจารณาอัตราเร็วของปฏิกิริยาระหว่างการไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติด พบว่าการไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดมีอัตราเร็วของปฏิกิริยาสูงกว่าการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส



ภาพ 4.57 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดกับอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติด

ค่า k ที่ได้ เมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า k และอุณหภูมิ$^{-1}$ ดังภาพ 4.57 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วของปฏิกิริยา (k) การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติด ซึ่งแสดงว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่า k จะเพิ่มขึ้น และเมื่อสร้างสมการถดถอย (Linear regression) เพื่อใช้คาดคะเนอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้สมการดังนี้

$k = 0.102 - 26.655\ (1/T)$ $\quad R^2 = 0.748$ .....(1)

$k = 0.105 - 27.547\ (1/T)$ $\quad R^2 = 0.723$ .....(2)

เมื่อ T คือ อุณหภูมิ (องศาเคลวิน)

สมการที่ 1 หมายถึง อัตราเร็วของปฏิกิริยาเมื่อไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด

สมการที่ 2 หมายถึง อัตราเร็วของปฏิกิริยาเมื่อใช้สารป้องกันการเกาะติด

สมการถดถอยที่ได้ สามารถนำมาหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยการหาค่า k ที่อุณหภูมิใด ๆ ที่ต้องการทราบอายุการเก็บรักษาจากสมการ 1 หรือ 2 ตามการใช้สารป้องกันการเกาะติด จากนั้นแทนค่าลงในสมการของ Arrhenius เพื่อหาอายุการเก็บรักษา เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของดัชนีบ่งชี้การเสื่อมเสีย (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) จากตาราง 4.32 มีค่าเท่ากับ 3.71 และ 3.75 log cfu/g ส่วนความเข้มข้นสุดท้ายของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้สารป้องกันการเกาะติดมีค่าเท่ากับ 5.07 และ 5.10 log cfu/g

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพรที่อุณหภูมิสูงทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นกว่า และการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดมีอายุมากกว่าการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่า การเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพรโดยไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาเป็น 6.22, 5.56 และ 4.64 เดือนตามลำดับ ส่วนผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาคือ 6.12, 5.46 และ 4.52 เดือนตามลำดับ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพรโดยไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานที่สุดคือ 6.22 เดือนหรือประมาณ 6 เดือน ทั้งนี้หากมีการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ก่อนการศึกษาอายุการเก็บรักษาให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง คาดว่าอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น่าจะนานกว่านี้

ต้นทุนการผลิต (ไพโรจน์, 2539 ข)

1. ค่าวัตถุดิบ ทำการประมาณค่าวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต ตามสูตรที่ใช้จริงดังนี้

ตาราง 4.40 ต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

วัตถุดิบ	ส่วนประกอบ (ร้อยละ)	ราคาวัตถุดิบ 1,000 กรัม (บาท)	ราคาวัตถุดิบต่อผลิตภัณฑ์ 1,000 กรัม (บาท)
โรสแมรี่	3.28	730	23.94
เลมอนบาล์ม	3.32	630	20.92
เลมอนทาย์ม	2.91	580	16.88
ออริกาโน	2.29	330	7.56
น้ำตาล	46.80	14	6.55
เกลือ	16.10	10	1.61
ซีอิ๊วผง	25.30	170	43.01
ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ 1000 กรัม			120.47
ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยบรรจุ (70 กรัม)			8.43

2. ค่าภาชนะบรรจุ ประมาณ 1.50 บาท ต่อหน่วยบรรจุ

3. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในกระบวนการ ค่าโสหุ้ย ค่าแรงงาน โดยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 30 ของค่าวัตถุดิบและค่าภาชนะบรรจุ ดังนั้นคิดเป็นเงิน 2.98 บาทต่อหน่วยบรรจุ

ดังนั้นต้นทุนการผลิตทั้งหมด ต่อผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยบรรจุ (70 กรัม)

- ค่าวัตถุดิบ	8.43	บาท
- ค่าภาชนะบรรจุ	1.50	บาท
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	2.98	บาท
รวม	**12.91**	**บาท**

เมื่อเทียบกับราคาผงหมักไก่ตราโลโบที่มีขายอยู่ในท้องตลาดที่มีราคา 16 บาทต่อหน่วยบรรจุ 100 กรัม ราคาผงหมักไก่สมุนไพรมีราคาแพงกว่า แต่ผงหมักไก่สมุนไพรก็น่าจะมีโอกาสทางการตลาดเพราะมีส่วนผสมของสมุนไพรที่มีประโยชน์และมีกลิ่นรสสมุนไพร

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. ในการสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ใช้เทคนิค Ideal ratio profile กำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพรที่ผู้ทดสอบชิมกำหนดมี 6 ลักษณะ คือ สีน้ำตาล กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน รสเค็ม ความนุ่ม และการยอมรับรวม

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพร 4 ชนิด คือ ออริกาโน บาล์ม ทาย์ม และโรสแมรี่ โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ที่มีการผันแปรอัตราส่วนของสมุนไพร และกำหนดให้ส่วนผสมอื่นคงที่ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพร ขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้านสีน้ำตาล กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน รสเค็ม ความนุ่ม การยอมรับรวม ค่าสีผงหมักไก่สมุนไพร L, a, b ค่าสีไก่ทอด L, a และ b เมื่อนำค่าของอัตราส่วนที่เหมาะสมของลักษณะสำคัญดังกล่าวมาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมดังนี้

ออริกาโน	ร้อยละ 19.38 $\pm$ 0.40
บาล์ม	ร้อยละ 24.71 $\pm$ 0.44
ทาย์ม	ร้อยละ 28.11 $\pm$ 0.55
โรสแมรี่	ร้อยละ 27.80 $\pm$ 0.43

3. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพรซึ่งประกอบด้วย น้ำตาล เกลือ ซีอิ๊วผง และสมุนไพร โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมทั้งหมด ขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้านสีน้ำตาล กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน รสเค็ม ปริมาณความชื้น ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ ค่าสีผงหมักไก่สมุนไพร a, b ค่าสีไก่ทอด L และ b เมื่อนำค่าของอัตราส่วนที่เหมาะสมของลักษณะสำคัญดังกล่าวมาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมทั้งหมด ดังนี้คือ

น้ำตาล	ร้อยละ 46.77 $\pm$ 3.53
เกลือ	ร้อยละ 16.15 $\pm$ 2.30
ซีอิ๊วผง	ร้อยละ 25.30 $\pm$ 0.89
สมุนไพร	ร้อยละ 11.78 $\pm$ 1.77

4. การศึกษาหาปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมัก วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with central composite design สามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และเวลาในการหมักต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

กลิ่นรสสมุนไพร	$= 0.615 + 0.0154 (Q) - 0.00015 (Q)^2$	$R^2 = 0.8760$
รสหวาน	$= 0.6225 + 0.0203 (Q) - 0.000225 (Q)^2$	$R^2 = 0.9000$
รสเค็ม	$= 0.5735 + 0.0178 (Q) - 0.000125 (Q)^2$	$R^2 = 0.9760$

เมื่อ : Q คือ ปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้ (กรัม/น้ำหนักไก่ 500 กรัม)

R^2 คือ Coefficient of multiple determination

เมื่อพิจารณาจากสมการความสัมพันธ์สามารถสรุปปริมาณผงหมักไก่สมุนไพรที่ใช้และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการหมักได้ คือหมักไก่น้ำหนัก 500 กรัม ด้วยผงหมักไก่สมุนไพร 33 กรัม เป็นเวลา 20 นาที

5. ผงหมักไก่สมุนไพรที่ผลิตโดยใช้สูตรและกระบวนการที่เหมาะสมดังกล่าวมีคุณภาพทางเคมีดังนี้ ปริมาณความชื้นร้อยละ 1.97 $\pm$ 0.05 ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 0.122 $\pm$ 0.001 ปริมาณเถ้าร้อยละ 30.55 $\pm$ 0.98 และคุณภาพทางกายภาพของผงหมักไก่สมุนไพร มีค่าสี L (ความสว่าง) เท่ากับ 74.92 $\pm$ 0.13 ค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) เท่ากับ -3.78 $\pm$ 0.06 ค่าสี b (สีเหลือง – สีน้ำเงิน) เท่ากับ 20.68 $\pm$ 0.15 สำหรับไก่ทอด ค่าสี L (ความสว่าง) เท่ากับ 38.70 $\pm$ 5.69 ค่าสี a (สีแดง - สีเขียว) เท่ากับ 10.26 $\pm$ 2.80 ค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) เท่ากับ 21.23 $\pm$ 3.96

ส่วนคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.71 $\pm$ 0.09 log cfu/g ยีสต์และรา $<$ 30 โคโลนี/กรัม

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี Ideal ratio profile test พบว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีดังนี้ สีน้ำตาลเท่ากับ 1.03 $\pm$ 0.12 กลิ่นรสสมุนไพรเท่ากับ 0.93 $\pm$ 0.08 รสหวานเท่ากับ 0.95 $\pm$ 0.08 รสเค็มเท่ากับ 1.07 $\pm$ 0.08 ความนุ่มเท่ากับ 0.96 $\pm$ 0.07 และการยอมรับรวมเท่ากับ 0.85 $\pm$ 0.14

6. การศึกษาสารป้องกันการเกาะติดและอุณหภูมิในการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพรโดยไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด และใช้สารป้องกันการเกาะติดร้อยละ 0.8 จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ในวันเริ่มต้นสัปดาห์ที่ 2, 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 รวมระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 6 เดือน ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือ 25 องศาเซลเซียส สำหรับการไม่ใช้และการใช้สารป้องกันการเกาะติดมีผลต่อค่าสี b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) เท่านั้น ส่วนลักษณะคุณภาพด้านอื่นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการศึกษาการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ที่สภาวะการเก็บรักษาต่าง ๆ ดังกล่าว โดยมีคุณภาพทางว่าคุณภาพทางจุลชีววิทยาซึ่งพิจารณาที่จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) เป็นดัชนีบ่งชี้การเสื่อมคุณภาพ สามารถสร้างสมการคาดคะเนอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อุณหภูมิต่าง ๆ เมื่อ

ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด คือ

$$k = 0.102 - 26.655\ (1/T) \qquad R^2 = 0.748$$

และใช้สารป้องกันการเกาะติด คือ

$$k = 0.105 - 27.547\ (1/T) \qquad R^2 = 0.723$$

เมื่อ k คือ อัตราเร็วของปฏิกิริยา และ T คือ อุณหภูมิ (องศาเคลวิน)

ค่า k ที่ได้จากสมการสามารถนำมาใช้คาดคะเนอายุการเก็บรักษาได้ โดยใช้สมการของ Arrhenius จากผลการทดลอง พบว่าการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพรที่อุณหภูมิสูงทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นกว่า และการเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพรที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติดมีอายุมากกว่าการใช้สารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่า การเก็บรักษาผงหมักไก่สมุนไพรโดยไม่ใช้

สาร ป้องกันการเกาะติดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานที่สุดคือ 6 เดือน

7. เมื่อคำนวณต้นทุนการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร พบว่าผลิตภัณฑ์มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 12.91 บาท ต่อหน่วยบรรจุ (70 กรัม)

ข้อเสนอแนะ

1. การคัดเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยเฉพาะสมุนไพร ซึ่งได้แก่ โรสแมรี่ เลมอนบาล์ม เลมอนทาย์ม และออริกาโน ควรเลือกสมุนไพรที่มีความสดใหม่ และมีคุณภาพดี นอกจากนี้การล้างทำความสะอาดสมุนไพรก่อนนำไปอบแห้ง ก็มีความสำคัญมาก เพราะมีผลต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์

2. กระบวนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการผลิต เช่น การบดสมุนไพร การบดน้ำตาลทรายขาว ควรเตรียมให้ได้ลักษณะละเอียดเท่า ๆ กันในทุกครั้ง หากส่วนประกอบที่ใช้มีการเตรียมไม่ดี เช่น บดไม่ละเอียดเพียงพอ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่คงที่

3. การผสมส่วนประกอบต่าง ๆ ในการทดลองนี้ใช้เครื่องผสมขนาดเล็กที่มีความจุประมาณ 500 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณการผลิตขนาดทดลอง ดังนั้นหากทำการผลิตในปริมาณมากด้วยเครื่องผสมขนาดใหญ่ ระยะเวลาการผสมส่วนประกอบต่าง ๆ ควรเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจสังเกตด้วยตาเปล่าว่าส่วนประกอบต่าง ๆ มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอหรือไม่ เพราะถ้าส่วนประกอบไม่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอจะทำให้คุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไม่คงที่

4. ในขั้นตอนการอบไล่ความชื้นของผงหมักไก่สมุนไพรก่อนศึกษาอายุการเก็บรักษา ไม่ควรผสมส่วนผสมสมุนไพรลงไป เพราะอาจมีการสูญเสียกลิ่นรสสมุนไพร

5. ควรมีการศึกษาบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเพิ่มเติม โดยมีความเหมาะสมและเป็นไปได้ในทางการค้า เพื่อผลิตผงหมักไก่สมุนไพรที่มีหลายขนาด โดยคำนึงถึงความทันสมัย และการดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคที่ไม่เคยใช้ผลิตภัณฑ์นี้มาก่อน ให้อยากลองซื้อไปใช้

6. ควรศึกษาสมุนไพรชนิดอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสมในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร เพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

กุลยา จันทร์อรุณ. 2541. กรรมวิธีการผลิตผักและผลไม้อบแห้ง. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก.

ณรงค์ นิยมวิทย์ และ อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. 2528. วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2543. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. บรรจุภัณฑ์อาหาร. บริษัท แพคเมทส์ จำกัด. กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่. สงขลา.

ไพบูลย์ สุเมธาอักษร. 2521. การทำซีอิ๊วในเมืองไทย. มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

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

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539 ข. หลักการทางเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เล่มที่ 2. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

รัตติกร ธเนศราภา. 2544. “การพัฒนาการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. พืชเครื่องเทศและสมุนไพร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2544. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. โอ เอส พรินติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

วิไล รังสาดทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2540 ก. ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส. *อุตสาหกรรมเกษตร*. 8(2) : 45 - 52.

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2540 ข. ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส. *อุตสาหกรรมเกษตร*. 8(3) : 4 - 13.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2543. "กระบวนการทำแห้งอาหาร" ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 164 - 172.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์ สมโภช พจนพิมล วรางคณา สมพงษ์ สิริพร พิพัฒน์สัตยานุวงค์ และ สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2543. การพัฒนาเทคโนโลยีการเก็บรักษาเครื่องแกงเผ็ดและอาหารเครื่องปรุงแต่งกลิ่น - รสของไทย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : วัตถุปรุงแต่งรสอาหาร มอก. 932 - 2533. กระทรวงอุตสาหกรรม.

อนันต์ อิสระเสนีย์. 2536. การใช้โปรแกรมสถิติ Statistix version 1.1 และ 3.5. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Adam, E., Muhlbauer, W., Esper, A., Wolf, W. and Spiess, W. 2000. Quality changes of onion (*Allium Cepa L.*) as affected by the drying process. *Nahrung* . 44 : 32 - 27.

Andreja, R. H., Majda, H., Zeljko, K. and Davorin, B. 2000. Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with alpha - tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. *Food Chemistry*. 71(2) : 229 - 233.

Andrew, J. T. 2002. Food Flavour Technology. Sheffield Academic Press. UK.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. AOAC International. Maryland. USA.

Ashurst, P. R. 1995. Food Flavorings. Blackie Academic and Professional. Glasgow.

Bishov, S. J., Henick, A. S., Nil, J. W., Prell, P. A. and Wolf, M. 1971. Quality and stability of some freeze - dried foods in 'zero' oxygen head space. *J. Food. Sci*. 36 : 532 - 535.

Bitzane, G. and Dalaine, K. 2000. Potential antioxidant benefits of sage, thyme, rosemary and alpha - tocopherol at sensory acceptable levels on shelf stability of cottonseed oil. [Online] Available. http://www.dbonline.lib.cm.ac.th/dao/detail.nsp (30 September 2003)

Borgstrom, G. 1971. Principle of Food Science Vol 1. New york : Macmillan Company.

Brookman, P. 1991. Antioxidants and consumer acceptance. *Food Technology in New Zealand*. 26(10) : 24 - 28.

Chipault, J. R., Mizuno, G. R., Hawkins, J. M. and Lundberg, W. O. 1952. The antioxidant properties of natural spices. *Food Res Technol*. 17 : 46 - 55.

Chipault, J. R., Mizuno, G. R. and Lundberg, W. O. 1956. The Antioxidant properties of spices in foods. *Food Technol*. 10 : 209 - 211.

Cort, M. W. 1974. Heamoglobin peroxidation test screens antioxidant. *Food Technol*. 50(10) : 54 - 99.

Davis, L., Goodwin, L., Smith, G. and Hole, M. 1993. Lipid oxidation in salted - dried fish : the effect of temperature and light on the rate of oxidation of a fish oil. *J. Sci. Food Agric*. 62 : 355 – 359.

Dapkevicius, A., Van Beek, T. A., Lelyveld, G. P., Veldhuizen, A. V., Groot, A. D., Linssen, A. P. H. and Venskutonis, R. 2002. Isolation and structure elucidantion of radical scavengers from *Thymus Vulagaris* leaves. *J. Nat. Prod*. 65 : 892 - 896.

Fellows, P. J. 1997. Food Processing Technology Principles and Practice. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. England.

Gerard, D., Quirin, K. W. and Schwarz, E. 1995. CO_2 extracts from rosemary and sage. *Food - Marketing & Technology*. 9(5) : 46 - 55.

Heath, H. B. 1978. Flavor Technology : Profiles, Products, Application. AVI publishing company Inc. London.

http://www.Aromatherapy - oil.co.uk/Lemon - thyme.htm (2 February 2004)

http://www.bbcfarm.org.uk/picture gallery/flowers/Oregano.htm (2 February 2004)

http://www.flower.riri.info/2.html (2 February 2004)

http://www.portplastics.com/download/pdf/plastics/Commodities/Commodities138.pdf (5 November 2004)

Instron Corporation. 1993. Instron Series 5565. Load Frams and Instron Merlin Software. Canton, Massachusetts. USA.

Iriarte, J., Villanueva, M. R. and Iturri, J. M. 1992. Comparative study of antioxidants in meat products. Effects of substitution with extract of rosemary. *J. Alimentacion - Equipos - y –Tecnologia*. 11(3) : 87 - 92.

Joslyn, M. A. and Heid, J. L. 1964. Food Processing Operation. Wesport : The AVI Publishing.

Karmas, E. 1976. Meat Product Manufacture. New Jersey : Noyes pata corporation.

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

Leistner, L. 1978. Food Quality and Nutrition. Downey, W. K., (ed). Elsevier.

Leistner, L. and Gorris, L. G. M. 1995. Food preservation by hurdle technology. *Trends in Food science and Technology*. 6 : 41 - 46.

Man, C. M. D. and Jones, A. A. 1994. Shelf - life Evaluation of Food. Chapman & Hall. London.

Mc Carthy, T. L., Kerry, J. P. Kerry, J. F., Lynch, P. B. and Buckley, D. J. 2001. Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. *Meat Science.* 57 : 177 - 184.

Merory, J. 1968. Food Flavorings Composition Manufacture and Use. The AVI Inc. Connecticut.

Minolta Camera Co., Ltd. 1991. Choma Meter CR - 300 Instruction Manual. Chuoku Osaka. Japan.

Nassu, R. T., Goncalves, L. A. G., Silva, M. A. A. P. and Beserra, F. J. 2003. Oxdative stability of fermented goat meat sausage with different lavels of natural antioxidant. *Meat Science.* 63 : 43 - 49.

Newall, C. A., Anderson, L. A. and Phillipson, J. D. 1996. Herbal Medicines. CRC Press.

Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Foods. 7th edition. London : Churchill Livingstone Publishing.

Pizzocaro, F., Senesi, E. and Babbini, G. 1994. Protective effect of rosemary and sage on frozen beef hamburgers. *J. Industrie – Alimentari*. 33(324) : 289 - 294.

Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Goron, M. 2001. Antioxidants in Food Practical Applications. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. England.

Prakash, V. 1990. Leafy Spices. CRC Press, Inc. USA.

Ruiter, A. 1979. Color of smoked food. *Food Tech*. 33(5) : 54.

Salwin, H. 1963. Moisture levels required for stability of dehydrated food. *Food Technol*. 17 : 1114 - 1120.

Sanchez - Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltran, J. A. and Roncales, P. 2001. The effects of acorbic acid, taurine, carnosine and resemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. *Meat Science.* 58 : 421 - 429.

SPSS. 1999. SPSS for Windows Release 10.0. SPSS. Inc. USA.

Statsoft. 1995. Statistica for Windows Release 5.0. Statsoft. Inc. USA.

Wada, S. and Xin - Fang. 1994. Synergistic antioxidant effects of rosemary and alpha – tocopherol at different storage temp. and its application for inhibiting dried sardine meat oxidation. *J. The Japan Oil Chemists' Society.* 43(2) : 109 - 115.

Wang, M., Shao, Y., Li, J., Zhu, N., Rangarajan, M., Edmond, J. and Ho, C. T. 1999. Antioxidative phenolic glycosides from sage (*Salvia officinalis*). *J. Natural Products*. 62(3) : 454 - 456.

White, J. S. and White, D. C. 1997. Source Book of Enzymes. CRC Press LLC. Florida.

Wilmer, A. J. and James, P. H. 1991. Packaging Foods with Plastics. Technomic Publishing Company. USA.

Yanishlieva, N. V., Marinova, E. M., Gordon, M. H., Raneva, V. G. 1999. Antioxidant activity and mechanism of action thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chem*. 64 : 59 - 66.

Ziegler, E. and Zeigler, H. 1998. Flavorings. Wiley - VCH. Weinheim. Germany.

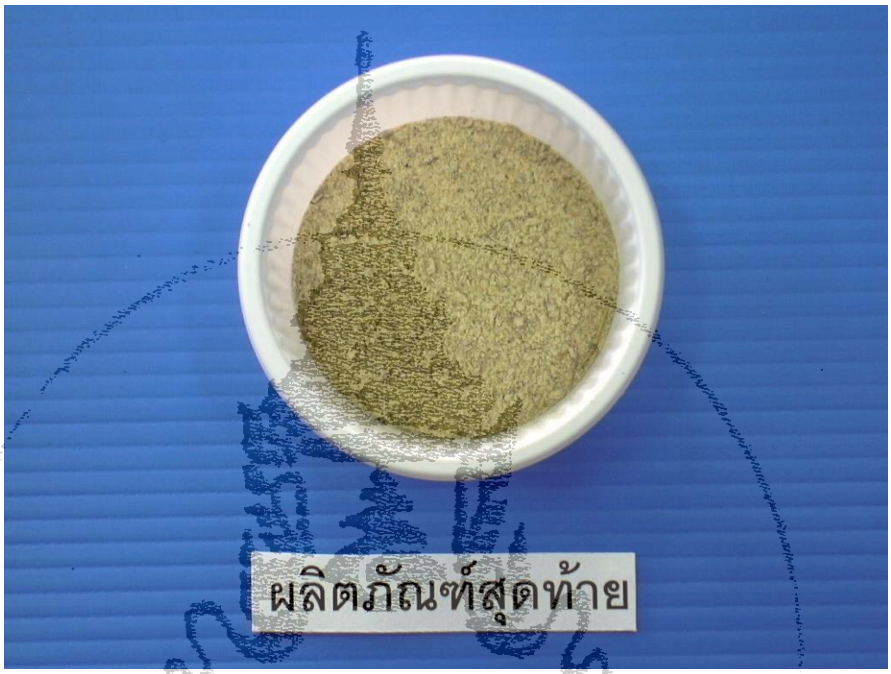
ภาคผนวก ก

รูปภาพ

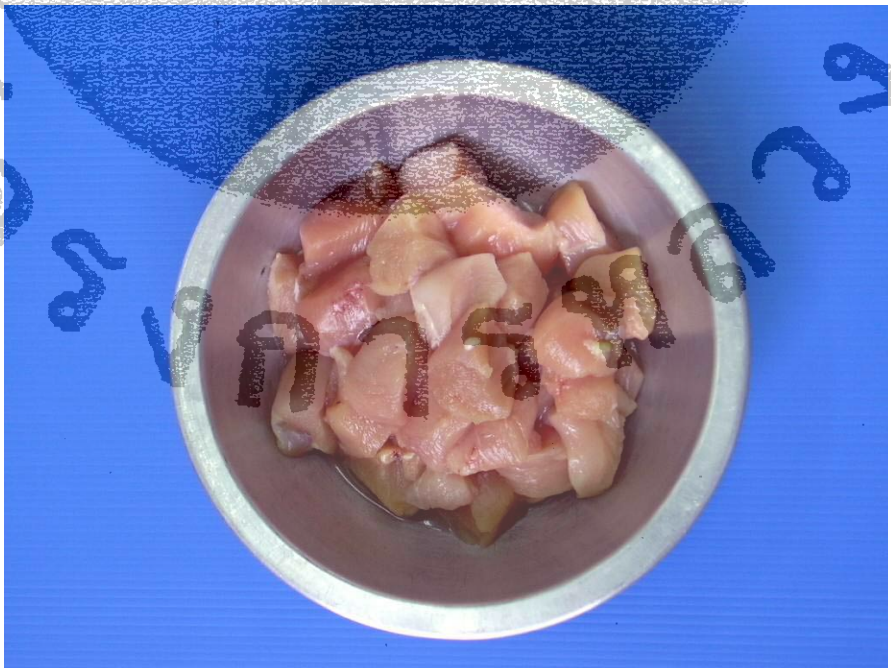
โครงการหลวง

ภาพ ก-1 ส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

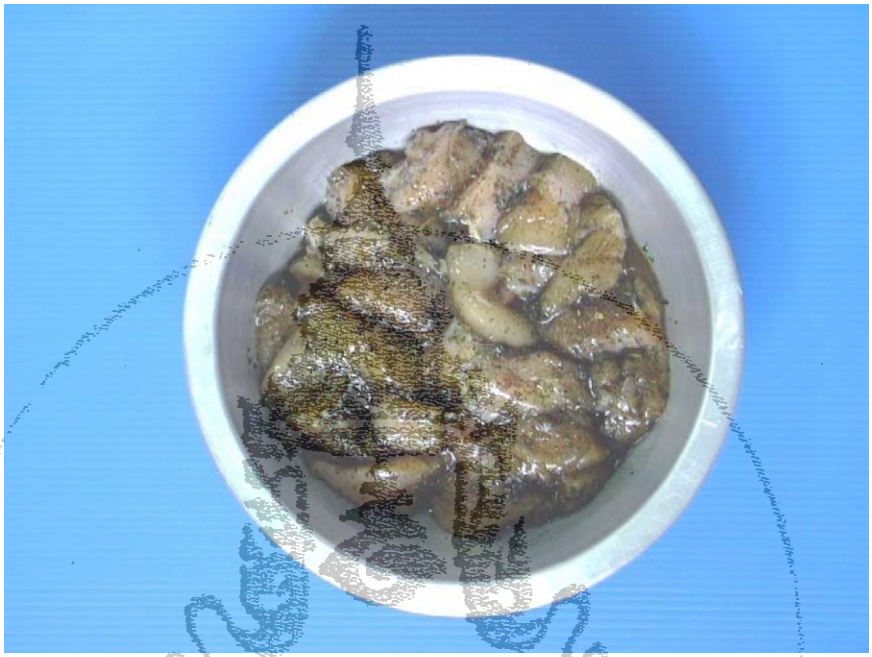
ภาพ ก-2 ผงหมักไก่สมุนไพรก่อนอบไล่ความชื้น



ภาพ ก-3 ผงหมักไก่สมุนไพรหลังอบไล่ความชื้น (ผลิตภัณฑ์สุดท้าย)



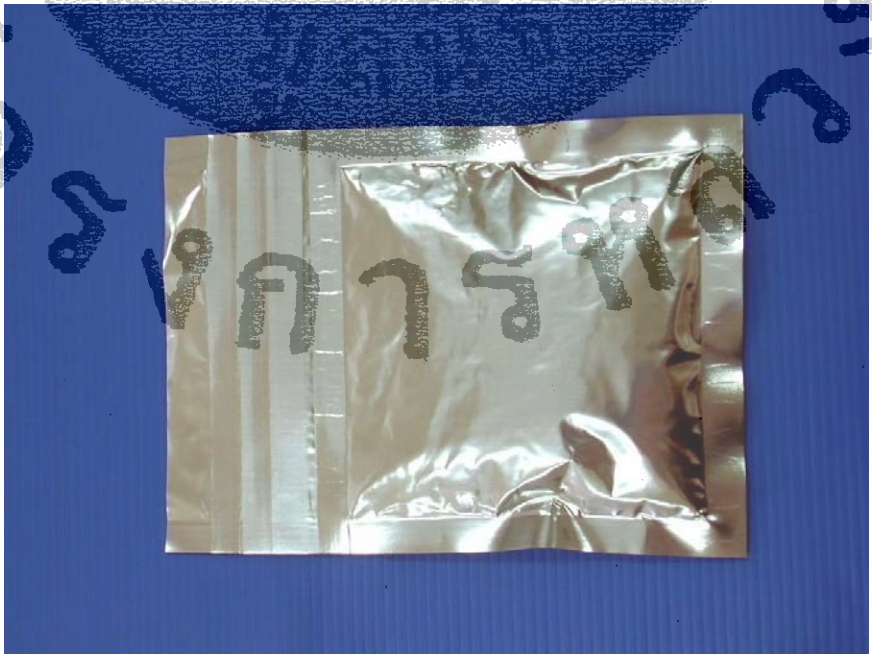
ภาพ ก-4 ไก่สดก่อนหมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร



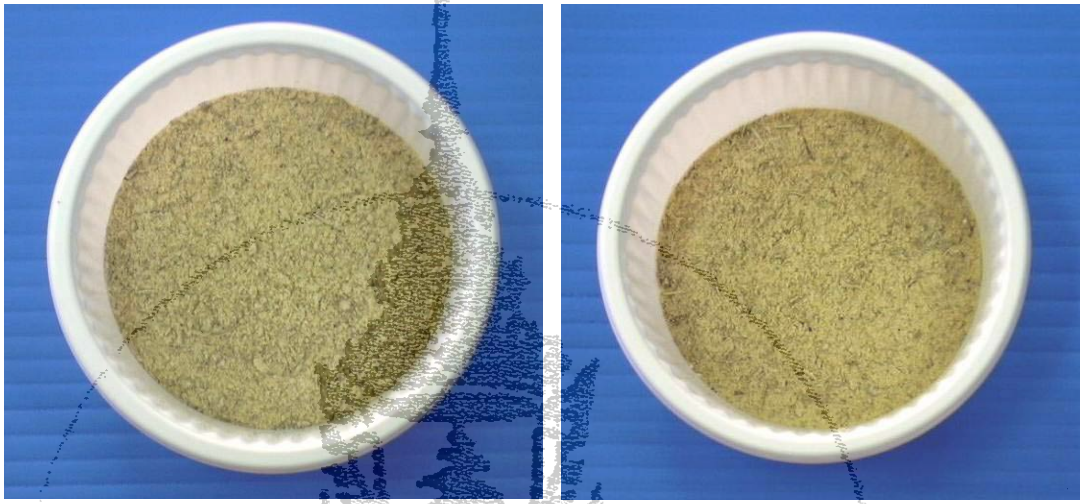
ภาพ ก-5 ไก่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร

ภาพ ก-6 เครื่องทอดไก่ ยี่ห้อ TEFAL UNIVERSALIS 1000

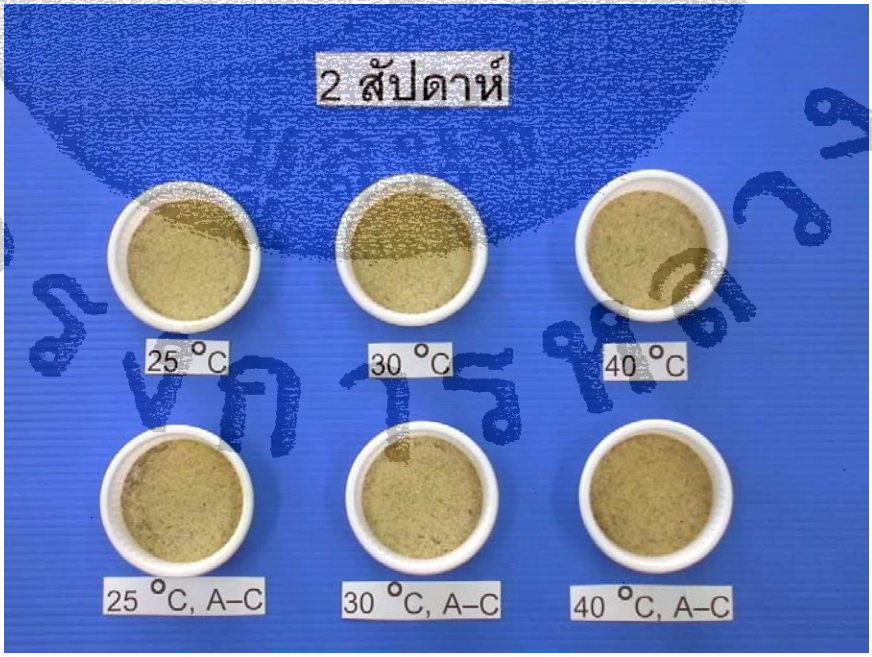
ภาพ ก-7 ไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร



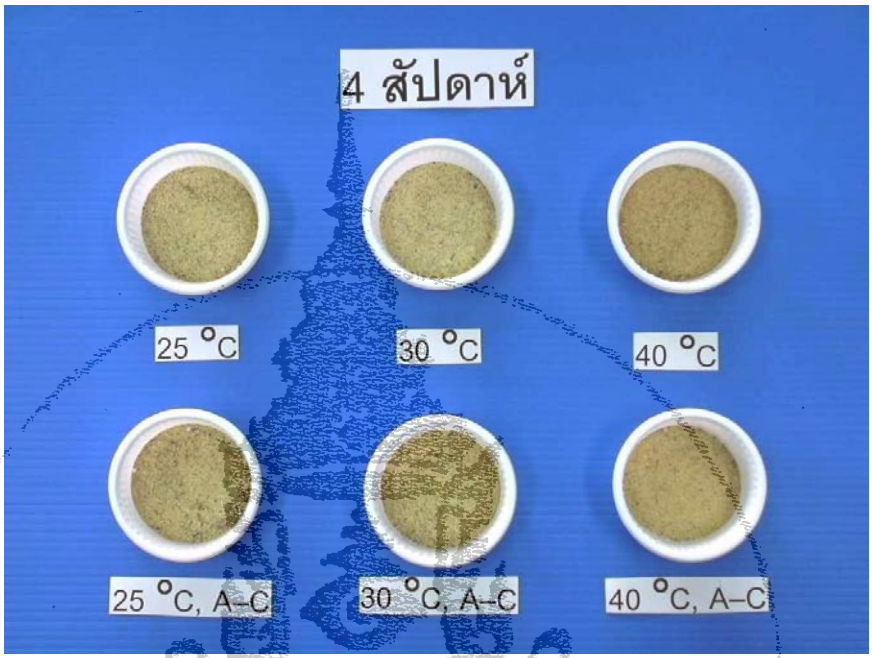
ภาพ ก-8 ถุงอลูมิเนียมฟอยล์บรรจุผงหมักไก่สมุนไพร สำหรับศึกษาอายุการเก็บรักษา



ภาพ ก-9 ผงหมักไก่สมุนไพรวันเริ่มต้นที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด (ซ้าย) และใช้สารป้องกันการเกาะติด (ขวา)

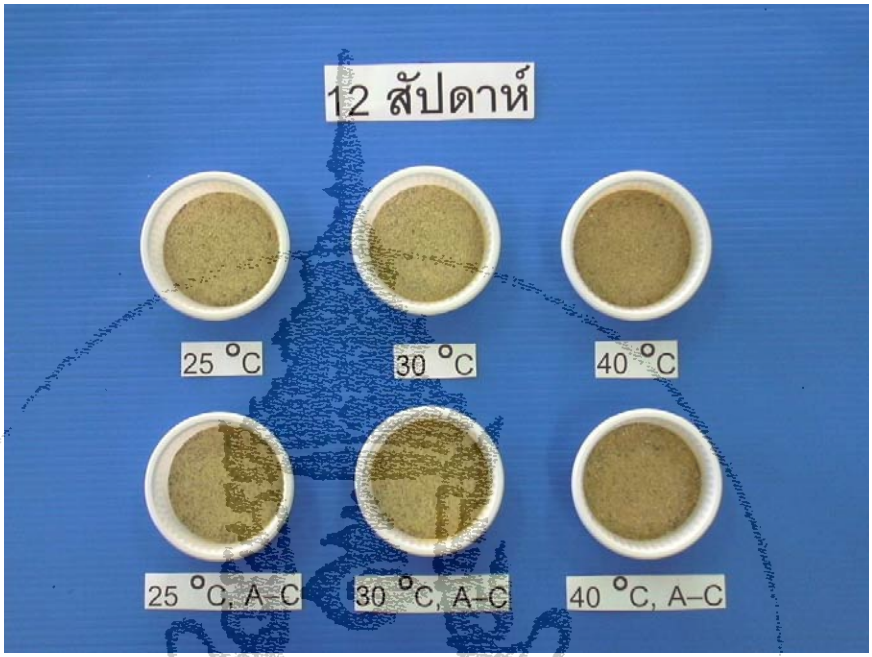


ภาพ ก-10 ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 2 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด (บน) และใช้สารป้องกันการเกาะติด (ล่าง) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส



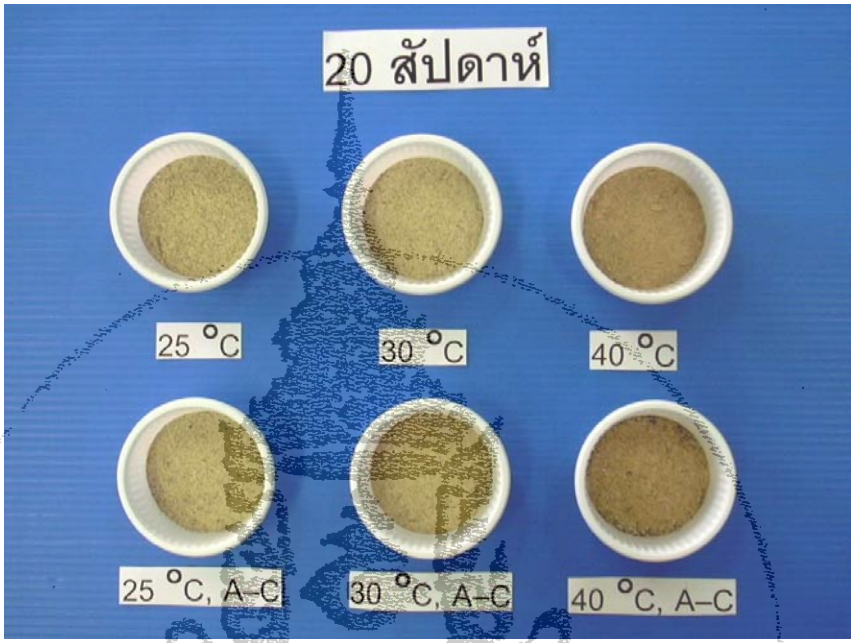
ภาพ ก-11 ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 4 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด (บน) และใช้สารป้องกันการเกาะติด (ล่าง) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ภาพ ก-12 ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 8 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด (บน) และใช้สารป้องกันการเกาะติด (ล่าง) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส

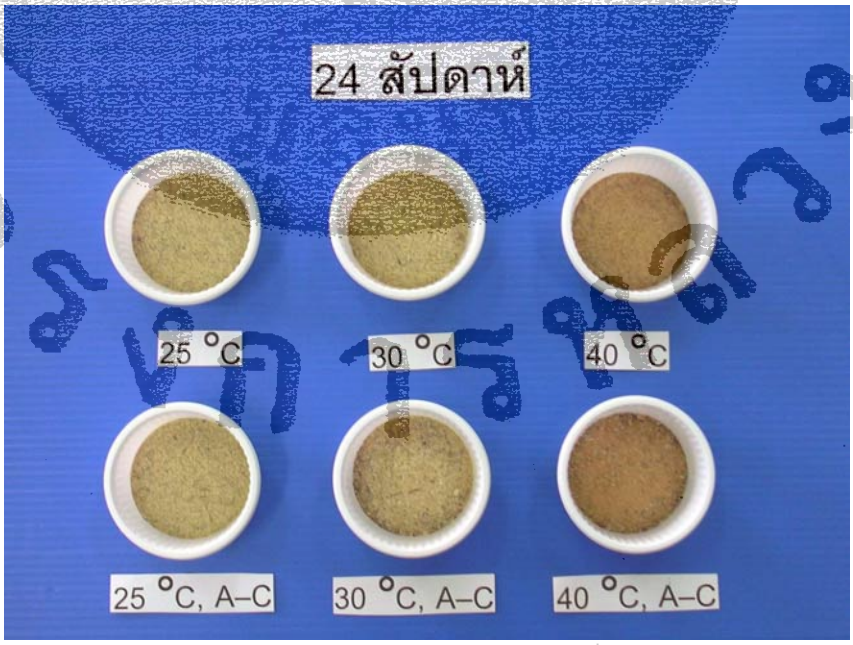


ภาพ ก-13 ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 12 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด (บน) และใช้สารป้องกันการเกาะติด (ล่าง) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ภาพ ก-14 ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 16 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด (บน) และใช้สารป้องกันการเกาะติด (ล่าง) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส



ภาพ ก-15 ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 20 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด (บน) และใช้สารป้องกันการเกาะติด (ล่าง) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส



ภาพ ก-16 ผงหมักไก่สมุนไพรสัปดาห์ที่ 24 ที่ไม่ใช้สารป้องกันการเกาะติด (บน) และใช้สารป้องกันการเกาะติด (ล่าง) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

โครงการหลวง

แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์

ชื่อ……..วันที่……เดือน……..พ.ศ……

ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา คือ ผงหมักไก่สมุนไพร

ลักษณะผลิตภัณฑ์ : เป็นผงหมักไก่สมุนไพร ที่ผลิตโดยใช้สมุนไพรอบแห้งบดละเอียด 4 ชนิด ได้แก่ โรสแมรี่ ทาย์ม บาล์ม และออริกาโน

กรุณากรอกแบบสอบถามให้ตรงกับความต้องการของท่านมากที่สุด โดย…

1. ระบุหัวข้อ “ลักษณะของผลิตภัณฑ์” ที่ท่านคิดว่าสำคัญลงไปในแต่ละหัวข้อ
2. กำหนดเครื่องหมาย I ลงบนสเกลในตำแหน่งที่คิดว่าเป็นลักษณะที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ
3. กำหนดเครื่องหมาย X ลงบนสเกลในตำแหน่งที่คิดว่าเป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

คำอธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์

ลักษณะปรากฏ

…… **I----------I**

…… ……

…… **I----------I**

…… ……

กลิ่นและรสชาติ

…… **I----------I**

…… ……

…… **I----------I**

…… ……

…… **I----------I**

…… ……

ลักษณะเนื้อสัมผัส

…… **I----------I**

…… ……

…… **I----------I**

…… ……

การยอมรับรวม

…… **I----------I**

…… ……

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร

ชื่อ……..วันที่……เดือน……พ.ศ……

โปรดกำหนดเครื่องหมาย X บนตำแหน่งที่ท่านคิดว่าเป็นระดับของลักษณะนั้นของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่าง เมื่อกำหนดให้เครื่องหมาย I เป็นระดับในอุดมคติของลักษณะนั้นที่ท่านต้องการ

ลักษณะของผลิตภัณฑ์

1. ลักษณะปรากฏ

สีน้ำตาล ----------I----------

อ่อน เข้ม

2. กลิ่นและรสชาติ

กลิ่นรสสมุนไพร ----------I----------

น้อย มาก

รสหวาน ----------I----------

น้อย มาก

รสเค็ม ----------I----------

น้อย มาก

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความนุ่ม ----------I----------

น้อย มาก

4. การยอมรับรวม

----------I

น้อย มาก

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส สมุนไพรที่ใช้ในการผลิตผงหมักไก่สมุนไพร

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้และให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่าง ใช้สเกลที่เหมาะสมเพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใด โปรดให้เหตุผลในการอธิบายความรู้สึกของท่านด้วย

ระดับความชอบ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์			
รหัสผลิตภัณฑ์	632	108	347	594
ชอบมากที่สุด				
ชอบมาก				
ชอบปานกลาง				
ชอบเล็กน้อย				
เฉย ๆ				
ไม่ชอบเล็กน้อย				
ไม่ชอบปานกลาง				
ไม่ชอบมาก				
ไม่ชอบมากที่สุด				

เหตุผลของความชอบหรือไม่ชอบผลิตภัณฑ์

รหัส 632 :.....รหัส 108 :.....

รหัส 347 :.....รหัส 594 :.....

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพ

โครงการหลวง

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

วิธีวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w)

ใส่ตัวอย่างผงหมักไก่สมุนไพรในตลับพลาสติกสำหรับวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ แล้วนำไปใส่ในเครื่องวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w–box, Novasina : AWC 200,Switzerland) บันทึกค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ที่คงที่ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการตรวจวัด 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC (2000)

1. บันทึกน้ำหนักของกระป๋องอลูมิเนียม (moisture can) ที่สะอาดผ่านการอบเป็นเวลา 3 นาที และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้ว
2. ชั่งตัวอย่างผงหมักไก่สมุนไพรประมาณ 2-3 กรัม ลงในกระป๋องอลูมิเนียมแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่มีพัดลมภายใน 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 = น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่หลังการอบ (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000)

ชั่งตัวอย่างผงหมักไก่สมุนไพรให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 2-3 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำไปเผาโดยใช้ตะเกียงบุนเซนจนไม่มีควัน จากนั้นนำไปเผาต่อในเตาเผา (muffle furnace) อุณหภูมิประมาณ 525-500 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว นำไปทำให้เย็นลงในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักเถ้าแล้วคำนวณหาปริมาณเถ้า ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

การคำนวณ

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

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

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

เป็นการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta Camera : Model CR-300 วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter Lab) โดยค่าสี L เป็นค่าความสว่าง (Lightness), a เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (Redness/Greeness) และ b เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness)

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

ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank ; L = 97.67, a = -0.18, b = 1.84) แล้วจึงทำการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผงหมักไก่สมุนไพร และไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพร โดยทำการวัด 5 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (ค่าแรงเฉือน หรือ Shear force) ด้วยเครื่อง Instron (Series 5565) (Instron Corperation, 1993)

เป็นการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารโดยใช้ค่าแรงเฉือน หรือ shear force (นิวตัน) ด้วยเครื่อง Instron Series 5565 ชนิดของใบมีดที่ใช้ คือ Warner Bratzler Meat Shear-Compression (2830-013) น้ำหนัก Load cell เท่ากับ 5 กิโลกรัม ความเร็วของ Crosshead เท่ากับ 200 มิลลิเมตรต่อนาที

นำไก่ทอดที่หมักด้วยผงหมักไก่สมุนไพรขนาด 3 x 3 x 2 เซนติเมตร ทำการวัดซ้ำ 6 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ตามวิธีของ AOAC (2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert : Model WB14, Germany)
- ตู้บ่มเชื้อ (Haraeus : Model D-6450 hanau, Germany)
- หม้อนึ่งความดัน (Hirayama : Model HA-300MIV, Japan)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

- อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (Bactor® Plate Count Agar, Difco Laboratory, USA)
- สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (Bactor® Peptone, Difco Laboratory, USA)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร
2. ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด
3. นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 – 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายเท่ากับ 7.0 $\pm$ 0.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.ใช้ช้อนตักสารที่ผ่านการเช็ดแอลกอฮอล์และลนไฟแล้วตักตัวอย่างผงหมักไก่สมุนไพร ใส่ลงในขวดที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 90 มิลลิลิตร บนเครื่องชั่ง ชั่งจนได้น้ำหนัก 10 กรัม

2. เขย่าตัวอย่างให้เข้ากัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างผงหมักไก่สมุนไพรที่เจือจาง 1:10 หรือ (10^{-1}) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1:100 หรือ 10^{-2}

2. การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่างผงหมักไก่สมุนไพรที่ระดับความเจือจางต่าง ๆ (10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูดจากที่ความเข้มข้นต่ำสุด

2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ที่ยังคงเป็นของเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 45 – 55 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อที่มีสารละลายตัวอย่าง จานละประมาณ 15 – 20 มิลลิลิตร

3. ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คว่ำจานเพาะเชื้อลง

3. การบ่ม

บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 34 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 48 ± 3 ชั่วโมง

4. การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

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

การหาปริมาณเชื้อยีสต์และรา (Yeast and Mold) ตามวิธีของ AOAC (2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert : Model WB14, Germany)
- ตู้บ่มเชื้อ (Haraeus : Model D-6450 hanau, Germany)
- หม้อนึ่งความดัน (Hariyama : Model HA-300MIV, Japan)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

- อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (Bactor® Dextrose Agar, Difco Laboratory, USA)
- สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (Bactor® Peptone, Difco Laboratory, USA)
- สารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร
2. ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด
3. นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 – 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
4. ก่อนการใช้ ปรับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.5 โดยการเติมสารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 ลงไป (อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดทาร์ทาริก 1.9 มิลลิลิตร)

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.ใช้ช้อนตักสารที่ผ่านการเช็ดแอลกอฮอล์และลนไฟแล้วตักตัวอย่างผงหมักไก่สมุนไพร ใส่ลงในขวดที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 90 มิลลิลิตร บนเครื่องชั่ง ชั่งจนได้น้ำหนัก 10 กรัม

2. เขย่าตัวอย่างให้เข้ากัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างผงหมักไก่สมุนไพรที่เจือจาง 1:10 หรือ (10^{-1}) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1:100 หรือ 10^{-2}

2. การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่างผงหมักไก่สมุนไพรที่ระดับความเจือจางต่าง ๆ (10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูดจากที่ความเข้มข้นต่ำสุด

2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Dextrose Count Agar (PDA) ที่ยังคงเป็นของเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 45 – 55 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อที่มีสารละลายตัวอย่าง จานละประมาณ 15 – 20 มิลลิลิตร

3. ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คว่ำจานเพาะเชื้อลง

3. การบ่ม

บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 72 ± 3 ชั่วโมง

4. การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังจากบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30 – 300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยจากจำนวนโคโลนีทั้ง 2 จานเพาะเชื้อ รายงานผลการตรวจนับว่ามีจำนวนยีสต์และรา ในรูปจำนวนโคโลนีต่อกรัมอาหาร

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการวิเคราะห์ทางสถิติ

โครงการหลวง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยทดลองในแผนการทดลอง Mixture design

ตาราง ง.1 อัตราส่วนของสมุนไพรที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองและ interaction

สูตร	A	B	T	R	AB	AT	AR	BT	BR	TR
1	0.1	0.15	0.2	0.55	0.015	0.02	0.055	0.03	0.0825	0.11
2	0.1	0.45	0.2	0.25	0.045	0.02	0.025	0.09	0.1125	0.05
3	0.4	0.15	0.2	0.25	0.06	0.08	0.1	0.03	0.0375	0.05
4	0.1	0.15	0.55	0.2	0.015	0.055	0.02	0.0825	0.03	0.11
5	0.1	0.45	0.25	0.2	0.045	0.025	0.02	0.1125	0.09	0.05
6	0.4	0.15	0.25	0.2	0.06	0.1	0.08	0.0375	0.03	0.05
7	0.15	0.45	0.2	0.2	0.0675	0.03	0.03	0.09	0.09	0.04
8	0.4	0.2	0.2	0.2	0.08	0.08	0.08	0.04	0.04	0.04

หมายเหตุ : เมื่อกำหนด A หมายถึง ออริการโน
B หมายถึง บาล์ม
T หมายถึง ทาย์ม
R หมายถึง โรสแมรี่

ตัวอย่าง ง.1 การหาสมการอัตราส่วนของสมุนไพร (ออริกาโน : บาล์ม : ทาย์ม : โรสแมรี่) ที่เหมาะสมสำหรับค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพร

การหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรกับปัจจัยทดลอง ทำโดยนำค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรที่ได้จากการทดลองทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ Linear regression กับปัจจัยทดลองทีละ 2 ปัจจัย โดยใช้ความสัมพันธ์แบบ polynomial

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

สมการ Regression ของลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพร มีดังนี้

กลิ่นรสสมุนไพร = 4.301A + 3.319B - 20.413AB --------- (1)

กลิ่นรสสมุนไพร = 5.968A + 3.475T - 25.958AT --------- (2)

กลิ่นรสสมุนไพร = 6.433A + 3.492R - 28.106AR --------- (3)

กลิ่นรสสมุนไพร = 4.504B + 3.639T - 19.837BT --------- (4)

กลิ่นรสสมุนไพร = 5.134B + 3.810R - 23.152BR --------- (5)

กลิ่นรสสมุนไพร = 4.268T + 4.033R - 19.917TR --------- (6)

สมการที่ (1) ได้จากการ Regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นรสสมุนไพรกับค่าในคอลัมน์ของ A, B และ AB ในตารางที่ ง.1

สมการที่ (2) ได้จากการ Regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นรสสมุนไพรกับค่าในคอลัมน์ของ A, T และ AT ในตารางที่ ง.1

สมการที่ (3) ได้จากการ Regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นรสสมุนไพรกับค่าในคอลัมน์ของ A, R และ AR ในตารางที่ ง.1

สมการที่ (4) ได้จากการ Regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นรสสมุนไพรกับค่าในคอลัมน์ของ B, T และ BT ในตารางที่ ง.1

สมการที่ (5) ได้จากการ Regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นรสสมุนไพรกับค่าในคอลัมน์ของ B, R และ BR ในตารางที่ ง.1

สมการที่ (6) ได้จากการ Regression ระหว่างค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นรสสมุนไพรกับค่าในคอลัมน์ของ T, R และ TR ในตารางที่ ง.1

สมการที่ได้ทั้ง 6 สมการจะนำมาทำ Partial derivatives จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อในโปรแกรมเชิงเส้น (POM) การทำ Partial derivatives จะทำเทียบกับตัวแปรที่ปรากฏในสมการ เช่น 4.301A + 3.319B - 20.413AB จะทำ Partial derivatives สองครั้งโดยเทียบกับ A และ B สมการที่ได้หลังจากทำ Partial derivatives จะใช้เทคนิค Lag range และนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

การทำ Partial derivatives ของสมการที่วิเคราะห์ได้ของลักษณะกลิ่นรสสมุนไพร

สมการที่ (1) กลิ่นรสสมุนไพร = 4.301A + 3.319B - 20.413AB

Partial derivatives

$$\frac{\delta \text{ กลิ่นรสสมุนไพร}}{\delta A} = 0 = 4.301 - 20.413\ B \quad \text{--------- (1.1)}$$

$$\frac{\delta \text{ กลิ่นรสสมุนไพร}}{\delta B} = 0 = 3.319 - 20.413\ A \quad \text{--------- (1.2)}$$

สมการที่ (2) กลิ่นรสสมุนไพร = 5.968A + 3.475T - 25.958AT

Partial derivatives

$$\frac{\delta \text{ กลิ่นรสสมุนไพร}}{\delta A} = 0 = 5.968 - 25.958\ T \quad \text{--------- (2.1)}$$

$$\frac{\delta \text{ กลิ่นรสสมุนไพร}}{\delta T} = 0 = 3.475 - 25.958\ A \quad \text{--------- (2.2)}$$

สมการที่ (3) กลิ่นรสสมุนไพร = 6.433A + 3.492R - 28.106AR

Partial derivatives

$$\frac{\delta \text{ กลิ่นรสสมุนไพร}}{\delta A} = 0 = 6.433 - 28.106\ R \quad \text{--------- (3.1)}$$

$$\frac{\delta \text{ กลิ่นรสสมุนไพร}}{\delta R} = 0 = 3.492 - 28.106\ A \quad \text{--------- (3.2)}$$

สมการที่ 4 ถึง 6 ก็ทำ Partial derivatives เช่นเดียวกับสมการที่ 1, 2 และ 3 ข้างต้น จากนั้นจึงนำมาลบค่า Lag range (λ) สมการที่ 1.1 ถึง 3.2 เมื่อลบค่า λ จะได้สมการคือ

20.413 B - λ = 4.301

20.413 A - λ = 3.319

25.958 T - λ = 5.968

25.958 A - λ = 3.475

28.106 R - λ = 6.433

28.106 A - λ = 3.492

นำสมการที่ได้ไปเข้าโปรแกรมเชิงเส้น เพื่อหาอัตราส่วนของสมุนไพรที่เหมาะสมสำหรับลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพร ทั้งนี้จะต้องอยู่ภายใต้สมการข้อจำกัด (Constrains) ที่ตั้งไว้ก่อนการทดลอง คือ

$0.10 \leq A \leq 0.40$ $0.15 \leq B \leq 0.45$

$0.20 \leq T \leq 0.75$ $0.20 \leq R \leq 0.80$

$A + B + T + R = 1.00$

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (POM) พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของสมุนไพรสำหรับลักษณะด้านกลิ่นรสสมุนไพรประกอบด้วย ออริกาโนร้อยละ 19.31 บาล์มร้อยละ 24.82 ทาย์มร้อยละ 28.05 และโรสแมรี่ร้อยละ 27.82

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษา (Man and Jones, 1994)

การศึกษาอันดับและอัตราเร็วของปฏิกิริยา (Order and rate constant or reaction)

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยการศึกษาอัตราเร็วและอันดับของปฏิกิริยา สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีจลศาสตร์

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

เมื่อ C_A = ความเข้มข้นของสารที่สนใจที่เวลา t

t = เวลา

k = อัตราเร็วของปฏิกิริยา

n = อันดับของปฏิกิริยา

• ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (n=0)

มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์กับเวลา t

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

สร้างกราฟระหว่าง C_{At} กับเวลา t เพื่อหาค่า k

• ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (n=1)

มีการเปลี่ยนแปลงแบบ Logarithmic ของความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์กับเวลา t

$$\mathrm{Ln}\,(C_{At}/C_{A0}) = -kt$$

สร้างกราฟระหว่าง $\mathrm{Ln}\,(C_{At}/C_{A0})$ กับเวลา t เพื่อหาค่า k

• ปฏิกิริยาอันดับสอง (n=2)

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

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

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

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ทราบว่ามีคุณภาพบางประการที่สามารถบ่งชี้คุณภาพของผงหมักไก่สมุนไพรได้ นั่นคือคุณภาพนั้นจะนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งบอกอายุการเก็บรักษา

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาทำได้โดย นำค่าคุณภาพที่เป็นดัชนีบ่งชี้การเสื่อมเสียมาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์กับเวลา t เพื่อดูว่าการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยามีความสัมพันธ์กันด้วยปฏิกิริยาอันดับที่เท่าใด และทำการสร้างกราฟตามความสัมพันธ์ของปฏิกิริยาอันดับนั้น ๆ เพื่อคำนวณหาอัตราคงที่ (Rate constant; k values) จากการหาความชัน (Slope) ของเส้นกราฟ และนำค่า k ที่ได้มาคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หรือค่า t ในสมการ

ตัวอย่างเช่น โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์อาหารมีการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง เมื่อสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลา จะพบว่ามีความสัมพันธ์แบบ Logarithmic จากนั้นสร้างกราฟระหว่าง Ln (C_{At}/ C_{A0}) กับเวลา t เพื่อคำนวณหาค่าอัตราเร็วของปฏิกิริยา หรือค่า k จากความชันของกราฟและสามารถหาอายุการเก็บรักษา (t) ได้จากสูตร

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