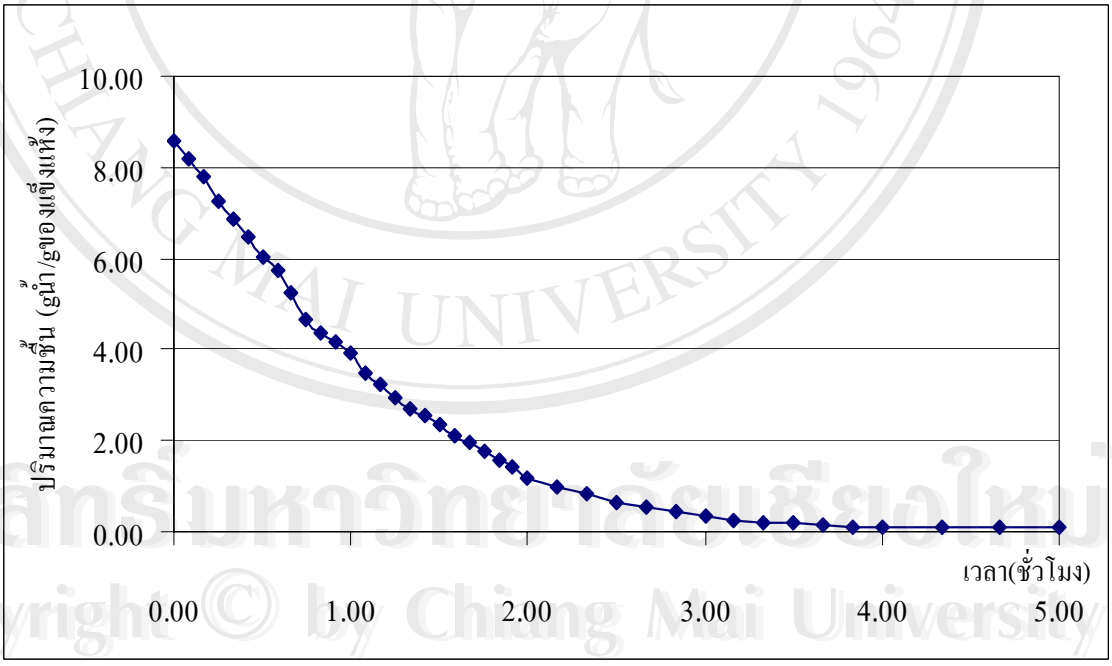
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 หาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งผัก 6 ชนิดได้แก่ เห็ดหอม ผักหวานบ้าน หัวผักกาด กระเทียมต้น มะเขือเทศ และ หอมหัวใหญ่

ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของความชื้นของเห็ดหอมกับเวลา เมื่อทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศประมาณ 23 % ความเร็วของอากาศ 0.2 – 0.3 m/s จะพบว่า 2 ชั่วโมงแรกของการอบแห้งปริมาณความชื้นในเห็ดหอมจะลดลงในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ แต่หลังจากนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงจะลดลง จนกระทั่งปริมาณความชื้นจะไม่ลดลงอีกเมื่อเวลาผ่านไป 3.5 ชั่วโมง ซึ่งถือว่าสิ้นสุดการอบแห้งที่เวลานี้ โดยเห็ดหอมอบแห้งจะมีปริมาณความชื้นสุดท้ายประมาณ 11 % w.b.

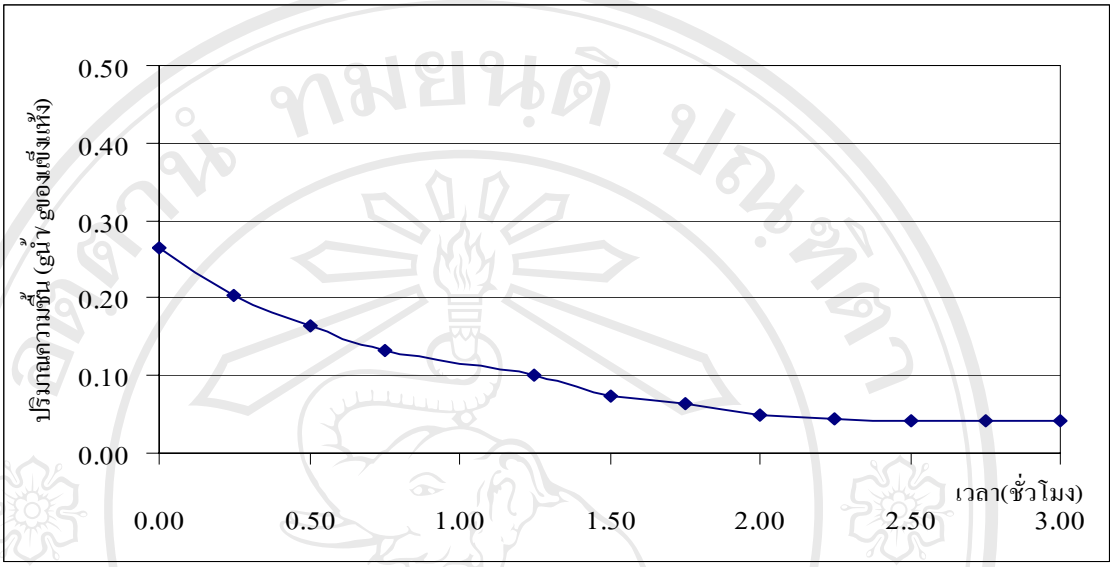


ภาพที่ 4.1 อัตราการอบแห้งของเห็ดหอมด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผักหวานบ้านกับเวลา จะพบว่า 1 ชั่วโมงแรกของการทำการอบแห้งปริมาณความชื้นในผักหวานบ้านจะลดลงในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ค่าหนึ่ง หลังจากนั้นจะลดลงในอัตราคงที่อีกอัตราหนึ่งซึ่งจะต่ำกว่าในช่วง

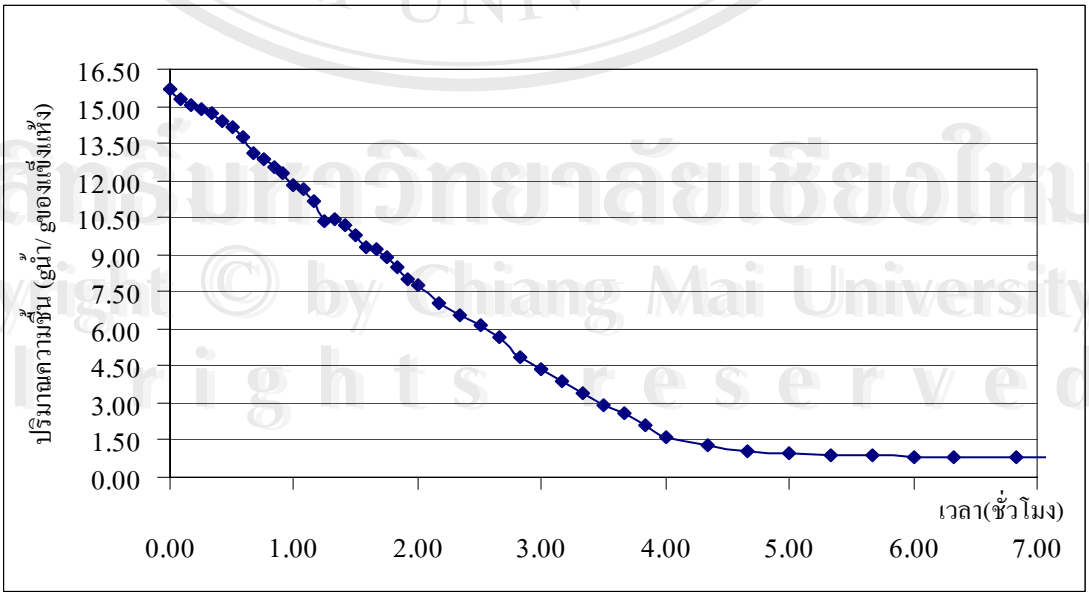
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1 ชั่วโมงแรก จนกระทั่งปริมาณความชื้นจะไม่ลดลงอีกเมื่อเวลาผ่านไป 2.5 ชั่วโมง ซึ่งถือว่าสิ้นสุดการอบแห้งที่ระยะเวลานี้ โดยความชื้นสุดท้ายของผักหวานบ้านประมาณ 4 % w.b.



ภาพที่ 4.2 อัตราการอบแห้งของผักหวานบ้านด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

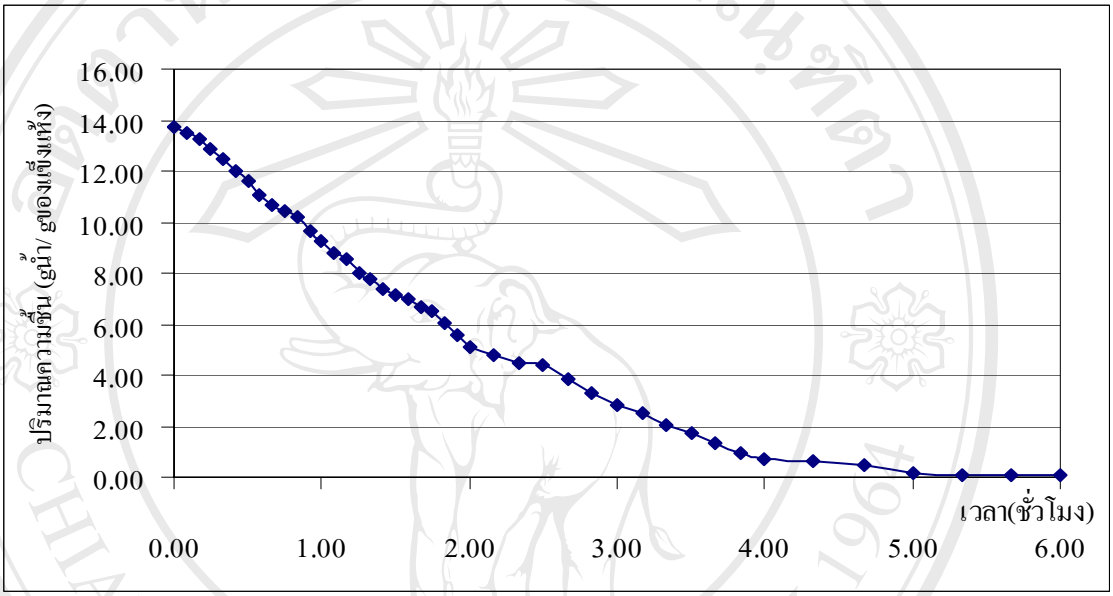
ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของหัวผักกาดกับเวลา จะพบว่าปริมาณความชื้นในหัวผักกาดจะลดลงในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ใน 4 ชั่วโมงแรก และเมื่อทำการอบแห้งเป็นเวลาประมาณ 5 ชั่วโมงจะไม่ลดลงอีก ซึ่งถือว่าสิ้นสุดการอบแห้งที่ระยะเวลานี้ โดยหัวผักกาดอบแห้งจะมีปริมาณความชื้นสุดท้ายประมาณ 14 % w.b.



ภาพที่ 4.3 อัตราการอบแห้งของหัวผักกาดด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

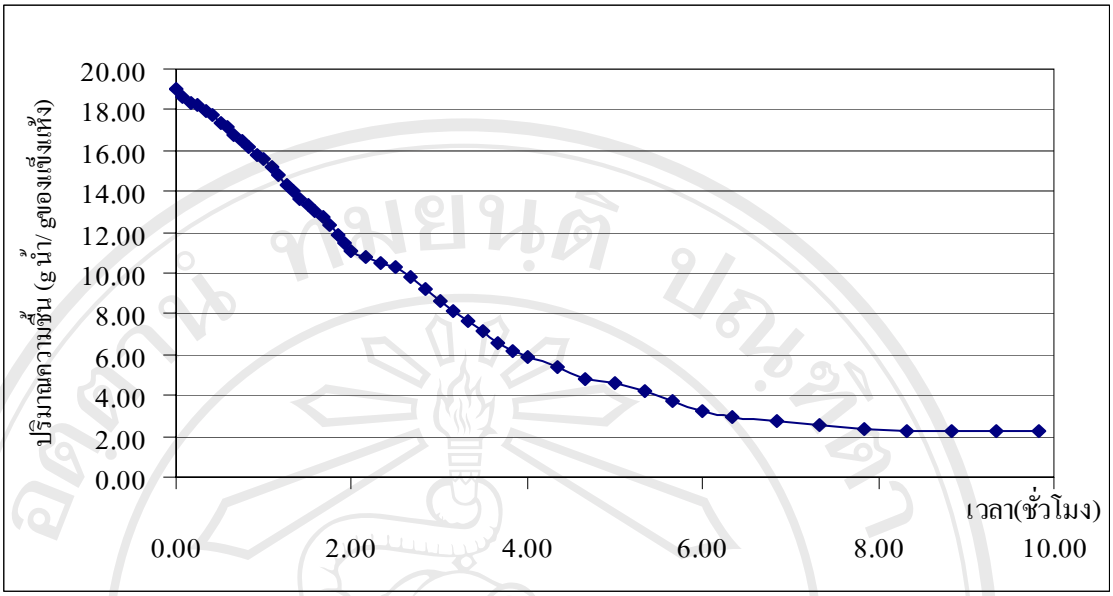
ภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของกระเทียมต้นกับเวลา จะพบว่าใน 2 ชั่วโมงแรกของการอบแห้งปริมาณความชื้นในกระเทียมต้นจะลดลงในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ หลังจากนั้นจะลดลงในอัตราคงที่อีกอัตราหนึ่ง ซึ่งจะต่ำกว่าในช่วง 2 ชั่วโมงแรก และเมื่อทำการอบแห้งต่อไปเป็นเวลาประมาณ 5 ชั่วโมงไม่มีการลดลงอีก ซึ่งถือว่าสิ้นสุดการอบแห้งที่ระยะเวลานี้ โดยกระเทียมต้นอบแห้งจะมีปริมาณความชื้นสุดท้ายประมาณ 7 % w.b.



ภาพที่ 4.4 อัตราการอบแห้งของกระเทียมต้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

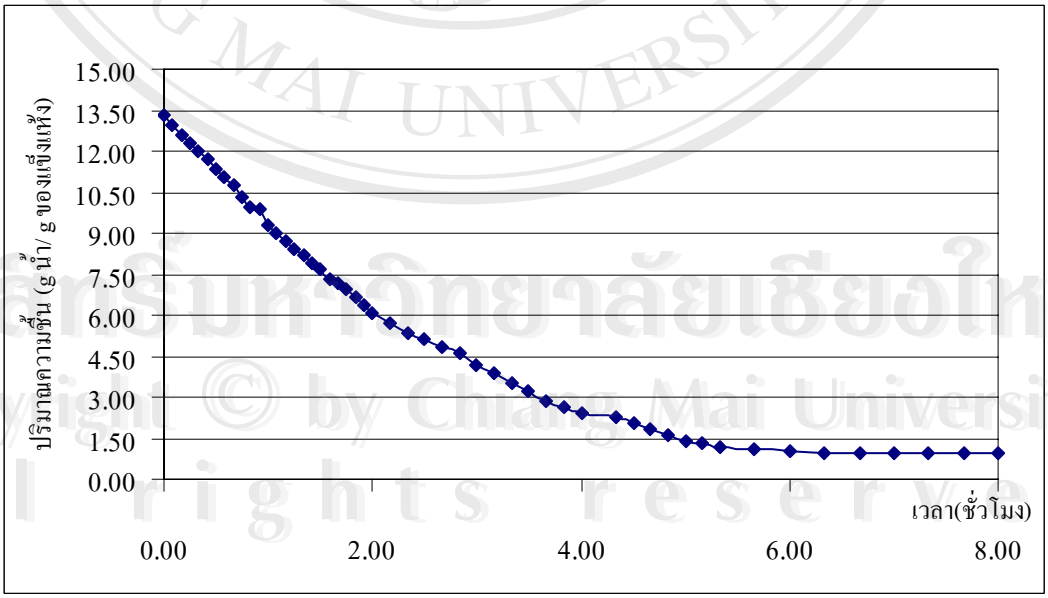
ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของมะเขือเทศกับเวลาจะพบว่าในเวลา 4 ชั่วโมงแรกของการอบแห้งปริมาณความชื้นที่มีในมะเขือเทศจะลดลงในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ เนื่องจากก่อนทำการอบแห้งได้ทำการลอกเปลือกมะเขือเทศซึ่งมีลักษณะคล้ายกับแผ่นฟิล์มออกก่อน จึงทำให้น้ำที่มีในเนื้อมะเขือเทศสามารถสัมผัสกับอากาศร้อนได้โดยตรงโดยไม่มีฉนวนกั้น การถ่ายเทความร้อนจึงค่อนข้างสม่ำเสมอ หลังจาก 4 ชั่วโมงแรกจะพบว่าปริมาณความชื้นที่มีในมะเขือเทศจะลดลงในอัตราคงที่อีกอัตราหนึ่งซึ่งจะต่ำกว่าในช่วง 4 ชั่วโมงแรก เนื่องจากช่วงนี้เป็นบริเวณผิวหน้าของเนื้อมะเขือเทศเริ่มมีการแข็งตัว ความชื้นจากภายในมะเขือเทศไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าได้ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง และเมื่อทำการอบแห้งต่อไปเป็นเวลา 8 ชั่วโมงจะพบว่าปริมาณความชื้นที่มีในมะเขือเทศจะไม่มีการลดลงอีก ซึ่งถือว่าสิ้นสุดการอบแห้งที่ระยะเวลานี้ โดยมะเขือเทศอบแห้งจะมีปริมาณความชื้นสุดท้ายประมาณ 16 % w.b. เป็นไปตามมาตรฐานอาหารซึ่งกำหนดให้ในผลิตภัณฑ์มะเขือเทศอบแห้งต้องมีปริมาณความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 20 % w.b. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้ง, 2532)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.5 อัตราการอบแห้งของมะเขือเทศด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นของหอมหัวใหญ่กับเวลา พบว่าปริมาณความชื้นในหอมหัวใหญ่จะลดลงในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ และเมื่อทำการอบแห้งเป็นเวลา 6 ชั่วโมงจะไม่ลดลงอีก ซึ่งถือว่าสิ้นสุดการอบแห้งที่เวลานี้ โดยหอมหัวใหญ่อบแห้งจะมีปริมาณความชื้นสุดท้ายประมาณ 13 % w.b.



ภาพที่ 4.6 อัตราการอบแห้งของหอมหัวใหญ่ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งเห็ดหอม ผักหวานบ้าน หัวผักกาด กระเทียมต้น หอมหัวใหญ่ และมะเขือเทศ ที่ได้นั้นเป็นเพียงแนวทางในการนำไปปฏิบัติจริง เพราะว่าในตู้อบลมร้อนในระดับอุตสาหกรรมจะมีความเร็วลม ตลอดจนอุณหภูมิในตู้ไม่คงที่ เหมือนเครื่องมือที่ใช้ใน Pilot scale และการจัดเรียงผักเพื่อเข้าตู้อบที่แตกต่างกันจะเป็นปัจจัย ที่ส่งผลให้เวลาในการอบที่แตกต่างกัน โดยในการศึกษานี้ได้ทำการอบแห้งกระเทียมต้นและหอมหัวใหญ่ร่วมกัน เนื่องจากผักทั้งสองชนิดนี้มีสารให้กลิ่นส่วนใหญ่เป็นสารประกอบกำมะถันที่ระเหยได้ (Volatile sulfer compound) เหมือนกัน (Ketter and Randle, 1998) และใช้เวลาในการอบแห้งที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

4.2 พัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสจากผักอบแห้ง 6 ชนิด

4.2.1 การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ (Product profile)

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

ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา ได้แก่

1. ลักษณะปรากฏภายนอก	ผู้บริโภค 10 คน บอกว่าควรเป็น สีเขียว
	ผู้บริโภค 11 คน บอกว่าควรเป็น ความละเอียด
	ผู้บริโภค 4 คน บอกว่าควรเป็น สีน้ำตาล
	ผู้บริโภค 4 คน บอกว่าควรเป็น การเกาะตัวของส่วนผสม
	ผู้บริโภค 1 คน บอกว่าควรเป็น สีแดง
2. กลิ่นและรสชาติ	ผู้บริโภค 12 คน บอกว่าควรเป็น กลิ่นผัก
	ผู้บริโภค 10 คน บอกว่าควรเป็น กลิ่นฉุน
	ผู้บริโภค 2 คน บอกว่าควรเป็น กลิ่นกระเทียม
	ผู้บริโภค 1 คน บอกว่าควรเป็น กลิ่นเห็ดหอม
3. การยอมรับโดยรวม	ผู้บริโภค 13 คน บอกถึงการยอมรับโดยรวม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากข้อมูลข้างต้นแสดงว่าลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ ได้แก่

1. สีเขียว
2. ความละเอียด
3. กลิ่นผัก
4. กลิ่นฉุน
5. การยอมรับโดยรวม

ส่วนลักษณะอื่น ๆ นั้นไม่ถือว่าเป็นลักษณะที่สำคัญ เนื่องจากผู้บริโภคน้อยกว่าร้อยละ 50 ที่ให้ความสำคัญ

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ

เค้าโครงสัดส่วน (Ratio profile test) ทำได้โดยการวัดความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดตำแหน่งของตัวอย่าง (Sample) แล้วนำมาหารด้วยค่าความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดแสดงตำแหน่งที่เหมาะสม (Ideal) จึงนำค่าสัดส่วนที่ได้ของผู้ชิมแต่ละคนในลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่าง ๆ ให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนสามารถบอกความต้องการของผู้บริโภคในเชิงปริมาณได้

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

ถ้าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ถ้าสัดส่วนมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้น ๆ มีความจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้น ๆ ลง

ถ้าสัดส่วนน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้น ๆ มีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้น ๆ ขึ้น

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นตรงกัน

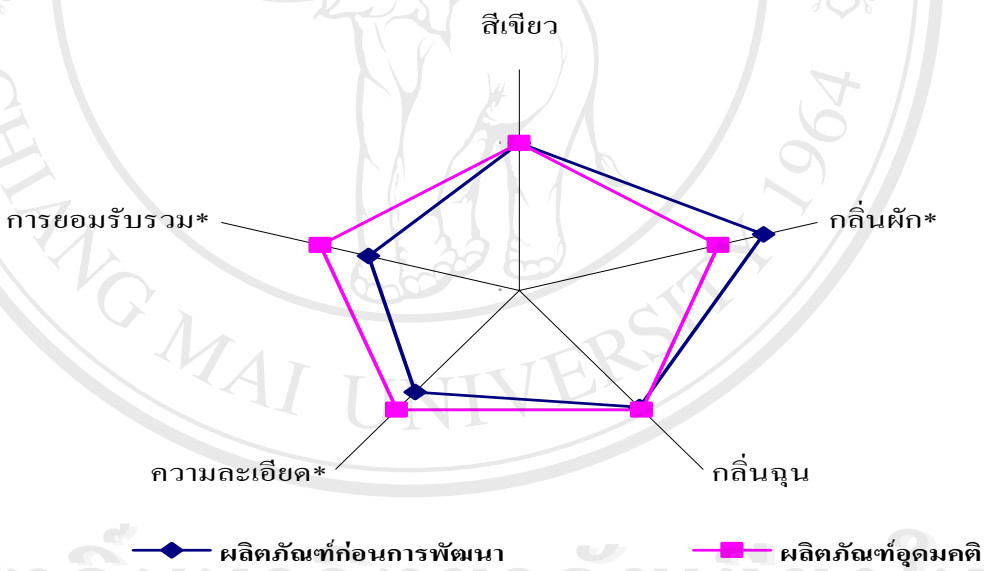
ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันบ้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ideal ratio scores) สำหรับลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์

ลักษณะสำคัญ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
1. สีเขียว	1.00 ± 0.20
2. ความละเอียด	0.85* ± 0.13
3. กลิ่นฉุน	0.98± 0.25
4. กลิ่นผัก	1.23*± 0.30
5. การยอมรับโดยรวม	0.76*± 0.08

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



ภาพที่ 4.7 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจากผัก

ภาพที่ 4.7 แสดงให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจากผักมีลักษณะสำคัญ 6 ลักษณะที่ต้องพัฒนาไปในแนวทางดังนี้

สีเขียว หมายถึงสีเขียวโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีความอ่อนหรือเข้ม พบว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีคะแนนความชอบด้านสีเขียวใกล้เคียงในอุดมคติแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การละเอียด หมายถึงความละเอียดของอนุภาคของส่วนผสมทั้งหมดที่สังเกตได้จากภายนอก พบว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีความละเอียดของส่วนผสมต่ำกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงต้องพัฒนาให้มีความละเอียดของส่วนผสมมากขึ้น

กลิ่นผัก หมายถึงกลิ่นผักของผักอบแห้งที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์ ที่มีน้อยหรือมาก พบว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นผักมากกว่าค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงต้องพัฒนาให้มีกลิ่นผักลดลง

กลิ่นฉุน หมายถึงกลิ่นฉุนของผักอบแห้งที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีกลิ่นฉุนของผัก ใกล้เคียงในอุดมคติแล้ว

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

จากการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในครั้งแรก จะสามารถกำหนดค่าอุดมคติถาวร (Fixed ideals) ของแต่ละลักษณะได้ โดยการนำค่าอุดมคติของลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจุดในอุดมคติถาวรนี้จะนำไปใช้ตลอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในครั้งนี้

4.2.2 ศึกษาอัตราส่วนของผักอบแห้งแต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อการผลิตเครื่องปรุงรสจากผัก

4.2.2.1 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผักอบแห้งที่ใช้ในการผลิตเครื่องปรุงรสจากผัก

เครื่องปรุงรสจากผักเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาจึงจำเป็นต้องทราบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผักอบแห้งทั้ง 6 ชนิดที่ใช้เป็นส่วนประกอบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดทิศทางปริมาณการใช้ผักอบแห้ง โดยทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale 9 point test (ไพโรจน์, 2539) ของผักอบแห้งทั้ง 6 ชนิด คือ เห็ดหอม หอมหัวใหญ่ กระเทียมต้น ผักหวานบ้าน มะเขือเทศ และหัวผักกาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale scoring test ของผักอบแห้ง 6 ชนิด

ชนิดของผักอบแห้ง	คะแนนความชอบ
เห็ดหอม	6.0 ± 0.63^{b}
หอมหัวใหญ่	5.7 ± 1.00^{b}
กระเทียมต้น	5.6 ± 0.80^{b}
ผักหวานบ้าน	6.3 ± 0.78^{b}
มะเขือเทศ	7.6 ± 0.49^{a}
หัวผักกาด	7.2 ± 0.60^{a}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสในเทอมของค่าความชอบ (13 ซ้ำ) 9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบ 6 = ชอบน้อย 5 = เฉยๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบ 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

จากตาราง 4.2 เมื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพที่ทางประสาทสัมผัส โดยทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาความแปรปรวนหรือ Analysis of variance (ANOVA) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test พบว่าผักอบแห้งที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด คือมะเขือเทศ และหัวผักกาด โดยเห็ดหอม หอมหัวใหญ่ กระเทียมต้น และ ผักหวานบ้าน ได้รับการยอมรับในระดับที่เท่ากัน จากการเปรียบเทียบนี้สามารถนำมากำหนดปริมาณช่วงของผักอบแห้งในตอนต่อไป

4.2.2.2 การหาอัตราส่วนผสมของผักอบแห้งที่เหมาะสม

ผักอบแห้งที่ใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจากผักมี 6 ชนิด ได้แก่ เห็ดหอม หอมหัวใหญ่ กระเทียมต้น ผักหวานบ้าน มะเขือเทศ และหัวผักกาด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยอาศัยการวางแผนทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2539) และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป XVERT ในการผันแปรและเลือกสิ่งทดลองที่อยู่ภายใต้ขอบเขตระดับตัวแปรที่กำหนด

จากการทดลอง 4.2.2.1 สามารถทำการกำหนดช่วงของปริมาณผักอบแห้งทั้ง 6 ชนิด โดยกำหนดช่วงของมะเขือเทศและหัวผักกาดในระดับสูงและเห็ดหอม หอมหัวใหญ่ กระเทียมต้น ผักหวานบ้าน ในระดับต่ำ ได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สิ่งที่ทำการศึกษา

เห็ดหอม	ร้อยละ 10 - 15
หอมหัวใหญ่	ร้อยละ 10 - 15
กระเทียมต้น	ร้อยละ 10 -15
ผักหวานบ้าน	ร้อยละ 10 - 20
มะเขือเทศ	ร้อยละ 30 - 40
หัวผักกาด	ร้อยละ 20 – 30

ผลของ Mixture design ที่ประกอบด้วยตัวแปร 6 ตัวที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป XVERT สามารถนำมาใช้เป็นสิ่งทดลองได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design เมื่อผันแปรอัตราส่วนผักอบแห้ง

สิ่งทดลอง	หอมหัวใหญ่	กระเทียมต้น	เห็ดหอม	ผักหวาน	หัวผักกาด	มะเขือเทศ
1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.40
2	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.40
3	0.10	0.10	0.15	0.10	0.20	0.35
4	0.10	0.15	0.10	0.10	0.20	0.35
5	0.10	0.15	0.15	0.10	0.20	0.30
6	0.15	0.10	0.10	0.10	0.20	0.35
7	0.15	0.10	0.15	0.10	0.20	0.30
8	0.15	0.15	0.10	0.10	0.20	0.30
9	0.10	0.10	0.10	0.10	0.30	0.30
10	0.10	0.10	0.15	0.10	0.25	0.30
11	0.10	0.10	0.15	0.15	0.20	0.30
12	0.10	0.15	0.10	0.10	0.25	0.30
13	0.10	0.15	0.10	0.15	0.20	0.30
14	0.15	0.10	0.10	0.10	0.25	0.30
15	0.15	0.10	0.10	0.15	0.20	0.30

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากสิ่งทดลองทั้งหมด 15 สิ่งทดลอง ทำการผลิตและนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 เพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรและใช้โปรแกรม POM ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) เพื่อหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของส่วนผสม ทั้งนี้อัตราส่วนดังกล่าวจะต้องอยู่ในข้อจำกัด (Constrains) ที่ตั้งไว้โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Lag range ผลการวิเคราะห์คุณภาพที่ทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.4

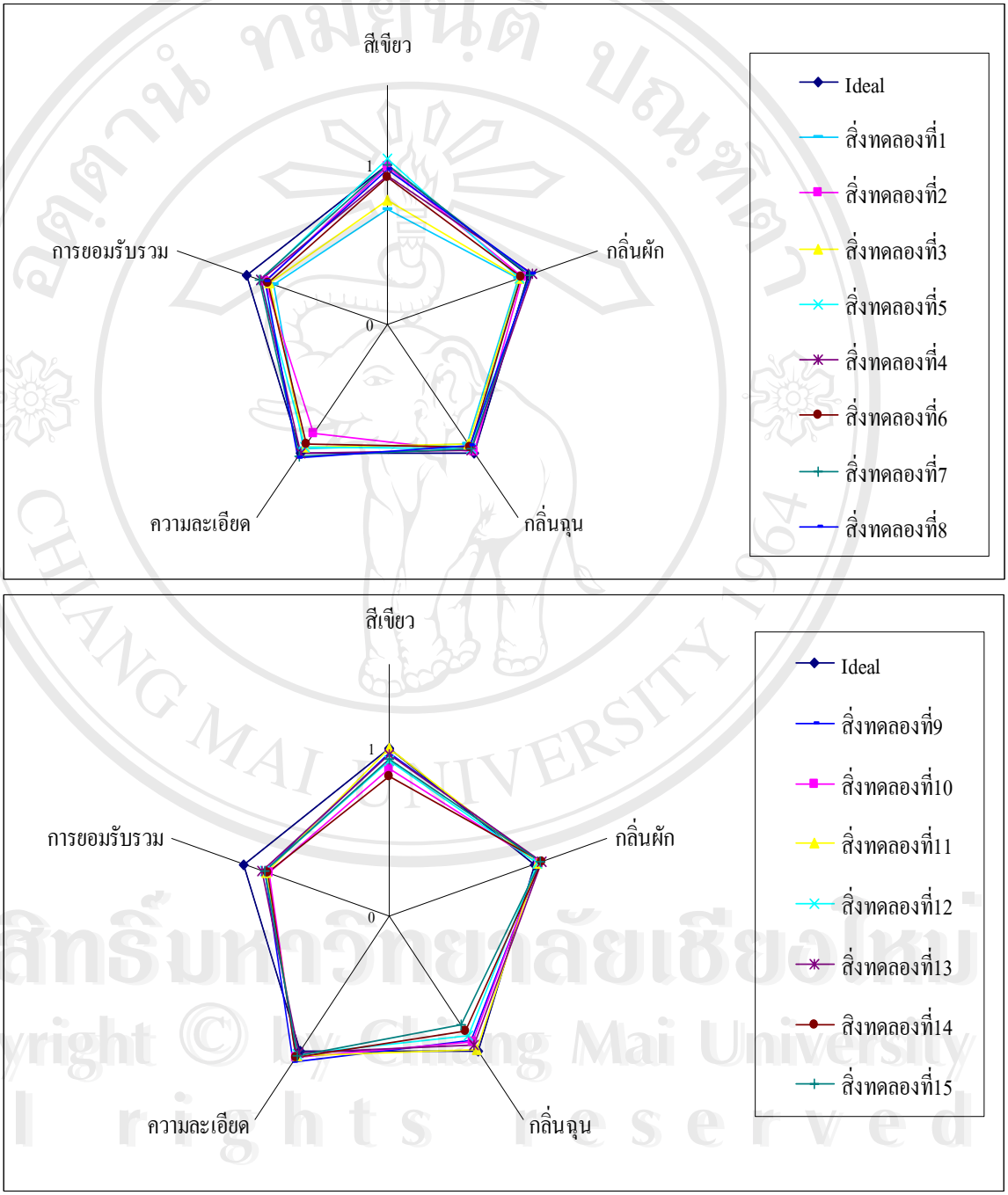
ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพที่ทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Mean ideal ratio scores) เมื่อผันแปรปริมาณส่วนผสมหลัก

สิ่งทดลอง	คุณภาพที่ด้านประสาทสัมผัส				
	สีเขียว	ความละเอียด	กลิ่นผัก	กลิ่นฉุน	การยอมรับรวม
1	0.72 $\pm$ 0.18	0.93 $\pm$ 0.17	0.96 $\pm$ 0.22	0.93 $\pm$ 0.19	0.81 $\pm$ 0.09
2	0.99 $\pm$ 0.20	0.99 $\pm$ 0.14	0.84 $\pm$ 0.17	0.96 $\pm$ 0.10	0.87 $\pm$ 0.09
3	0.77 $\pm$ 0.20	0.94 $\pm$ 0.21	0.95 $\pm$ 0.15	0.94 $\pm$ 0.12	0.84 $\pm$ 0.14
4	0.94 $\pm$ 0.16	0.97 $\pm$ 0.10	1.00 $\pm$ 0.12	1.03 $\pm$ 0.15	0.91 $\pm$ 0.06
5	1.04 $\pm$ 0.10	0.97 $\pm$ 0.11	0.94 $\pm$ 0.13	0.94 $\pm$ 0.16	0.91 $\pm$ 0.06
6	0.93 $\pm$ 0.12	0.95 $\pm$ 0.07	0.93 $\pm$ 0.17	0.96 $\pm$ 0.15	0.84 $\pm$ 0.09
7	1.00 $\pm$ 0.17	0.96 $\pm$ 0.08	1.01 $\pm$ 0.11	1.01 $\pm$ 0.12	0.92 $\pm$ 0.09
8	0.97 $\pm$ 0.10	0.94 $\pm$ 0.11	1.04 $\pm$ 0.14	1.02 $\pm$ 0.13	0.87 $\pm$ 0.08
9	0.97 $\pm$ 0.18	0.91 $\pm$ 0.14	1.07 $\pm$ 0.12	1.04 $\pm$ 0.07	0.86 $\pm$ 0.08
10	0.88$\pm$ 0.13	0.92 $\pm$ 0.08	1.04 $\pm$ 0.15	1.02 $\pm$ 0.12	0.83 $\pm$ 0.05
11	1.00 $\pm$ 0.13	0.98 $\pm$ 0.08	1.02 $\pm$ 0.10	1.02 $\pm$ 0.11	0.85 $\pm$ 0.08
12	0.92 $\pm$ 0.11	0.88 $\pm$ 0.10	1.02 $\pm$ 0.14	1.02 $\pm$ 0.11	0.87 $\pm$ 0.05
13	0.96 $\pm$ 0.12	0.94 $\pm$ 0.08	1.01 $\pm$ 0.14	1.06 $\pm$ 0.11	0.88 $\pm$ 0.11
14	0.84 $\pm$ 0.15	0.85 $\pm$ 0.14	1.03 $\pm$ 0.15	1.06 $\pm$ 0.15	0.84 $\pm$ 0.05
15	0.94 $\pm$ 0.10	0.80 $\pm$ 0.13	1.02 $\pm$ 0.10	1.04 $\pm$ 0.09	0.87 $\pm$ 0.09

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะในแต่ละสิ่งทดลองจะนำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์แบบกราฟใยแมงมุม แสดงได้ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจากผักเมื่อผันแปรอัตราส่วนผสมหลัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะแตกต่างกันกล่าวคือ สิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นผักและกลิ่นฉุน ใกล้เคียงค่าในอุดมคติ แต่พบว่าสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านสีเขียวมีค่าต่ำกว่าค่าในอุดมคติ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีปรากฏสีเขียวอ่อนกว่าระดับที่ผู้บริโภคต้องการ เมื่อพิจารณาความชอบด้านความละเอียดของส่วนผสม พบว่าสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านความละเอียดต่ำกว่าค่าในอุดมคติ แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีลักษณะของผงที่มีขนาดใหญ่กว่าระดับที่ผู้บริโภคต้องการ แต่ได้รับการยอมรับมากกว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบเนื่องจากผักอบแห้งแต่ละชนิดเมื่อผ่านการบดและร่อนแล้วจะมีขนาดอนุภาคแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งด้วยข้อจำกัดในเครื่องมือจึงไม่สามารถทำให้ขนาดของผักอบแห้งมีขนาดอนุภาคเล็กและสม่ำเสมอกว่านี้ได้ โดยในการทดลองนี้จะใช้ตะแกรงร่อนขนาดความละเอียด 425 ไมครอนในการร่อน ทำให้ผักอบแห้งที่ใช้ในการวิจัยนี้จะมีขนาดอนุภาคตั้งแต่ 425 ไมครอนลงไป จึงทำให้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของเครื่องปรุงรสจากผักที่ได้ในแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันไปดังแสดงใน ตารางที่ ง.1 ในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.5 ขนาดอนุภาคผักอบแห้งแต่ละชนิดเมื่อผ่านการบดละเอียด

	อัตราส่วนของขนาดอนุภาค(ร้อยละ)					
ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	**>850**	**425**	**150**	**106**	**75**	**< 75**
เห็ดหอม	14	20	12	39	10	5
กระเทียมต้น	5	9	52	21	10	3
หัวผักกาด	34	17	25	2	4	18
มะเขือเทศ	26	23	40	5	3	3
หอมหัวใหญ่	34	24	37	5	_	_
ผักหวานบ้าน	24	14	56	6	_	_

ในการวิเคราะห์หาอัตราส่วนผสมหลักที่เหมาะสมนั้นทำได้โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพที่ทางด้านประสาทสัมผัส (Mean ideal ratio) ในแต่ละสิ่งทดลองมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างอัตราส่วนของปัจจัยหลักที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองกับลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา โดยแบ่งปัจจัยหลักเป็น 2 กลุ่มแบ่งตามกลิ่นของปัจจัยหลักจัดให้ปัจจัยหลักที่มีกลิ่น 3 ปัจจัยนำมาหาความสัมพันธ์ (Regress) ของลักษณะนั้นกับอัตราส่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของส่วนผสมหลัก 3 ปัจจัย รวมถึงอิทธิพลร่วม (Interaction) ของอัตราส่วนดังกล่าวด้วย อัตราส่วนผสมหลักที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองและอิทธิพลร่วมแสดงดังตารางที่ จ.1 ในภาคผนวก จ

สมการเชิงเส้น (Linear regression) ที่ได้จะนำมาทำ Partial derivatives และใช้เทคนิค Lag range นำไปวิเคราะห์เพื่อหาอัตราส่วนของปัจจัยหลักที่เหมาะสมต่อลักษณะนั้น ๆ ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (POM) ตัวอย่างการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมแสดงได้ดัง ตัวอย่างที่ จ.1 ในภาคผนวก จ ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้นแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

ลักษณะสำคัญ	อัตราส่วนผสมหลัก (ร้อยละ)		
	หอมหัวใหญ่	กระเทียมต้น	เห็ดหอม
สีเขียว	12.90	10.30	10.50
ความละเอียด	10.50	11.70	10.30
กลิ่นผัก	12.20	12.40	10.70
กลิ่นฉุน	13.90	11.60	10.50
การยอมรับโดยรวม	10.10	11.10	12.00
ค่าเฉลี่ย (Mean)	**11.92**	**11.42**	**10.80**
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	**1.60**	**0.78**	**0.69**

ลักษณะสำคัญ	อัตราส่วนผสมหลัก (ร้อยละ)		
	ผักหวานบ้าน	หัวผักกาด	มะเขือเทศ
สีเขียว	10.50	25.00	30.80
ความละเอียด	12.60	24.20	30.70
กลิ่นผัก	10.00	22.40	32.30
กลิ่นฉุน	10.50	22.90	30.60
การยอมรับโดยรวม	10.00	23.30	33.50
ค่าเฉลี่ย (Mean)	**10.72**	**23.56**	**31.58**
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	**1.08**	**1.04**	**1.28**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 สามารถอธิบายได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลัก ขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้าน สีเขียว ความละเอียด กลิ่นผัก กลิ่นฉุน และการยอมรับโดยรวม เมื่อนำค่าของอัตราส่วนของ ผักหวานบ้าน : เห็ดหอม : กระเทียมต้น : หอมหัวใหญ่ : หัวผักกาด : มะเขือเทศ ของลักษณะทั้งหมดในตารางที่ 4.6 มาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของผักอบแห้งที่ใช้ในการผลิตเครื่องปรุงรสจากผักดังนี้

ผักหวานบ้านอบแห้ง	ร้อยละ 10.72
เห็ดหอมอบแห้ง	ร้อยละ 10.82
กระเทียมต้นอบแห้ง	ร้อยละ 11.42
หอมหัวใหญ่อบแห้ง	ร้อยละ 11.92
หัวผักกาดอบแห้ง	ร้อยละ 23.56
มะเขือเทศอบแห้ง	ร้อยละ 31.58

4.2.2 ศึกษาปริมาณของเครื่องปรุงรสจากผักที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

เมื่อหาสูตรของเครื่องปรุงรสจากผักที่เหมาะสมได้แล้ว การทดลองขั้นต่อไปเป็นการศึกษาหาระดับที่เหมาะสมของปริมาณเครื่องปรุงรสจากผักที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในอาหาร โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete randomize design) มีระดับของเครื่องปรุงรสจากผักคิดเป็นร้อยละต่อน้ำหนักของอาหารทั้งหมด 5 ระดับ คือร้อยละ 0 , 0.10, 0.20, 0.30 และ 0.40 ทำการทดสอบชิมในอาหารคือ ข้าวต้ม ใช้ข้าวขาวพันธุ์เสาไห้ โดยจะทำการต้มข้าวกับน้ำในอัตราส่วน 1 : 10 เป็นเวลา 30 นาที

ทั้งนี้เครื่องปรุงรสจากผักที่ใช้ในการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.312 $\pm$ 0.03 ปริมาณความชื้นร้อยละ 9.58 $\pm$ 0.655 ค่าสี L* (ความสว่าง) 60.37 $\pm$ 0.18 ค่าสี a* (สีแดง – เขียว) 2.17 $\pm$ 0.2 ค่าสี b* (สีเหลือง – น้ำเงิน) 28.17 $\pm$ 0.14

ทำการวิเคราะห์คุณภาพที่ทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวต้มที่มีระดับของเครื่องปรุงรสจากผักในระดับต่างๆกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวต้มที่มีการเติมเครื่องปรุงรสจากผักในปริมาณที่ต่างกัน

ปริมาณ (ร้อยละ)	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส				
	สี	ตะกอนผัก	กลิ่นผัก	รสหวาน	การยอมรับรวม
0	2.7 ± 1.1^{a}	2.7 ± 1.1^{a}	2.5 ± 0.9^{a}	2.6 ± 0.9^{a}	2.6 ± 0.8^{a}
0.10	3.4 ± 0.8^{b}	3.2 ± 0.9^{b}	2.8 ± 0.9^{ab}	2.8 ± 0.8^{ab}	2.9 ± 0.8^{ab}
0.20	3.7 ± 0.9^{b}	3.6 ± 0.9^{b}	3.2 ± 0.8^{c}	3.0 ± 0.9^{b}	3.4 ± 0.7^{c}
0.30	3.4 ± 0.8^{b}	3.4 ± 0.6^{b}	3.0 ± 0.9^{bc}	3.0 ± 0.9^{b}	3.1 ± 0.8^{bc}
0.40	2.7 ± 1.0^{a}	2.3 ± 1.0^{a}	2.6 ± 1.0^{a}	3.0 ± 1.0^{b}	2.8 ± 1.0^{ab}

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสในเทอมของค่าความชอบ (50 ซ้ำ)
5 = ชอบมาก 4 ==ชอบ 3 = เฉย 2 = ไม่ชอบ 1 = ไม่ชอบมาก

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวต้มที่มีการเติมเครื่องปรุงรสจากผักในปริมาณต่างๆและไม่เติม แสดงให้เห็นว่าปริมาณเครื่องปรุงรสมีผลต่อคุณภาพที่ทางด้านประสาทสัมผัสด้าน สี ตะกอนผัก กลิ่นผัก รสหวาน และการยอมรับโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบด้านสีอยู่ในช่วง 2.7 – 3.7 ตะกอนผักอยู่ในช่วง 2.3 – 3.6 โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมเครื่องปรุงรสในปริมาณร้อยละ 0.1 0.2 และ 0.3 จะมีคะแนนความชอบมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมร้อยละ 0 และ ร้อยละ 0.4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากร้อยละ 0 ผลิตภัณฑ์มีสีอ่อนและตะกอนผักที่น้อยเกินไป และร้อยละ 0.4 มีสีที่เข้มและตะกอนผักมากเกินไป นอกจากนั้นจะพบว่าผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นผักอยู่ในช่วง 2.5– 3.2 รสหวานอยู่ในช่วง 2.6 – 3.0 และการยอมรับรวมอยู่ในช่วง 2.6 – 3.4 เมื่อพิจารณาด้านปริมาณของเครื่องปรุงรสที่เติมจะพบว่า ปริมาณเครื่องปรุงรสร้อยละ 0.2 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยมากที่สุดในทุกลักษณะ จึงเป็นปริมาณที่แนะนำให้มีการใช้ในผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4. 3 วิเคราะห์คุณภาพที่ของเครื่องปรุงรสจากผักที่ผ่านการพัฒนาสูตรแล้ว

ทำการผลิตเครื่องปรุงรสจากผักที่ผ่านกระบวนการพัฒนาสูตรมาแล้วในการทดลอง 4.2 เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพที่ของผลิตภัณฑ์ด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัส

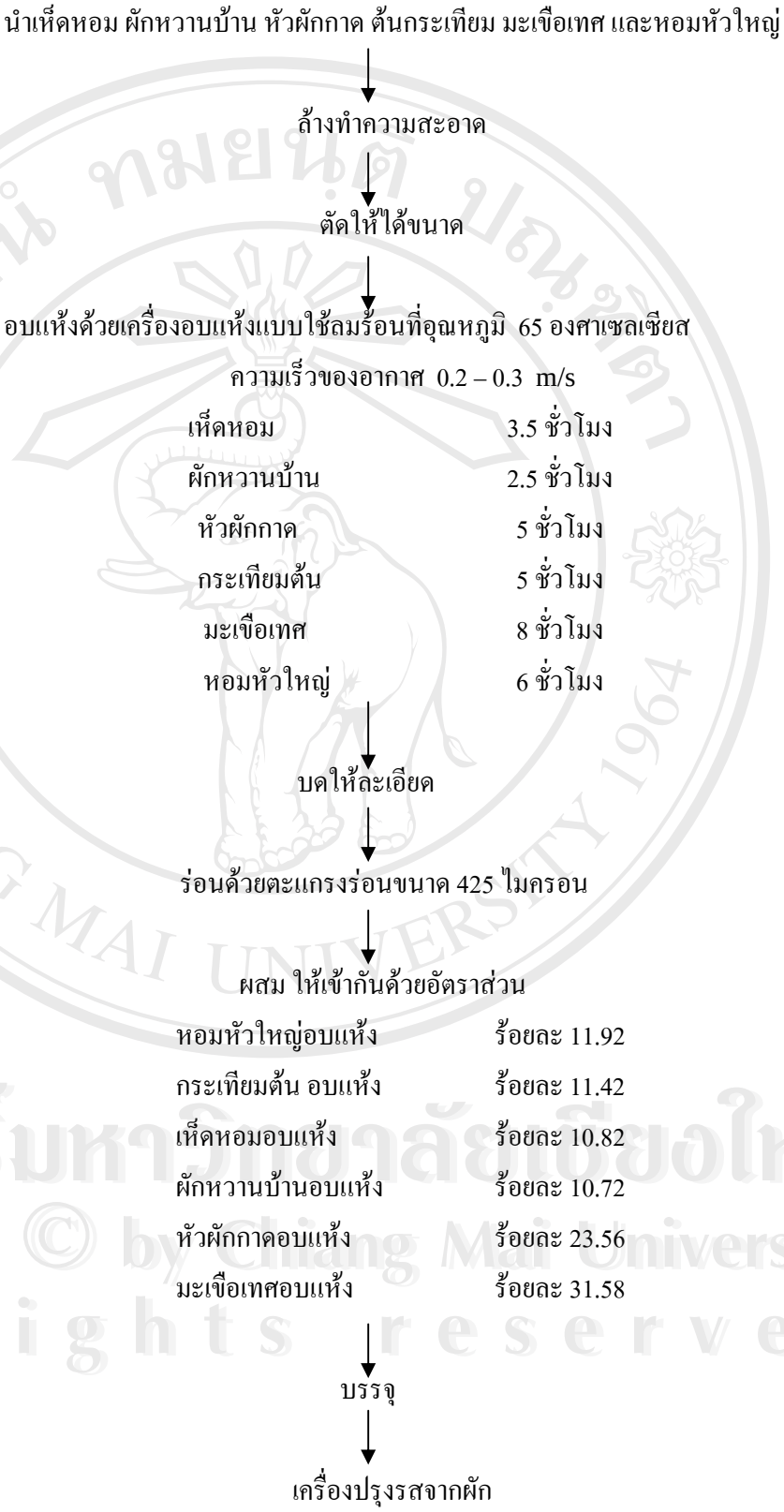
สูตรการผลิต

ส่วนผสมหลัก

ผักหวานบ้านอบแห้ง	ร้อยละ 10.72
เห็ดหอมอบแห้ง	ร้อยละ 10.82
กระเทียมต้นอบแห้ง	ร้อยละ 11.42
หอมหัวใหญ่อบแห้ง	ร้อยละ 11.92
หัวผักกาดอบแห้ง	ร้อยละ 23.56
มะเขือเทศอบแห้ง	ร้อยละ 31.58

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการผลิต แสดงได้ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 กรรมวิธีการผลิตเครื่องปรุงรสจากผัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ เคมีและทางจุลชีววิทยาของเครื่องปรุงรสจากผักที่ผลิตจากสูตร ที่เหมาะสมแสดงดังต่อไปนี้

คุณภาพด้านกายภาพ

ค่าสี L* (ความสว่าง)	60.37 $\pm$ 0.18
ค่าสี a *(สีแดง – เขียว)	2.17 $\pm$ 0.20
ค่าสี b *(สีเหลือง – น้ำเงิน)	28.17 $\pm$ 0.14

คุณภาพด้านเคมี

ปริมาณน้ำ (g/100g)	9.58 $\pm$ 0.66
ปริมาณเถ้าทั้งหมด (g/100g)	0.86 $\pm$ 0.01
ปริมาณ โปรตีน (g/100g)	6.68 $\pm$ 0.07
ปริมาณเส้นใยอาหาร (g/100g)	20.91 $\pm$ 0.75
ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (g/100g)	7.39 $\pm$ 1.30
ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ (g/100g)	13.52 $\pm$ 0.87
ปริมาณกรดกลูตามิก (g/100g)	0.28 $\pm$ 0.01

คุณภาพด้านจุลินทรีย์

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)	0.312 $\pm$ 0.03
เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)	4.79 $\pm$ 0.03
ยีสต์และรา (log cfu/g)	3.73 $\pm$ 0.04
โคลิฟอร์ม (log cfu/g)	1.46 $\pm$ 0.01
Escherichia coli	ไม่พบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

สีเขียว	0.99 $\pm$ 0.07
ความละเอียด	0.90 $\pm$ 0.10*
กลิ่นผัก	0.97 $\pm$ 0.07
กลิ่นฉุน	1.00 $\pm$ 0.01
การยอมรับโดยรวม	0.93 $\pm$ 0.05*

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* แสดงค่าสัดส่วนเฉลี่ยมีความแตกต่างกับค่าสัดส่วนอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

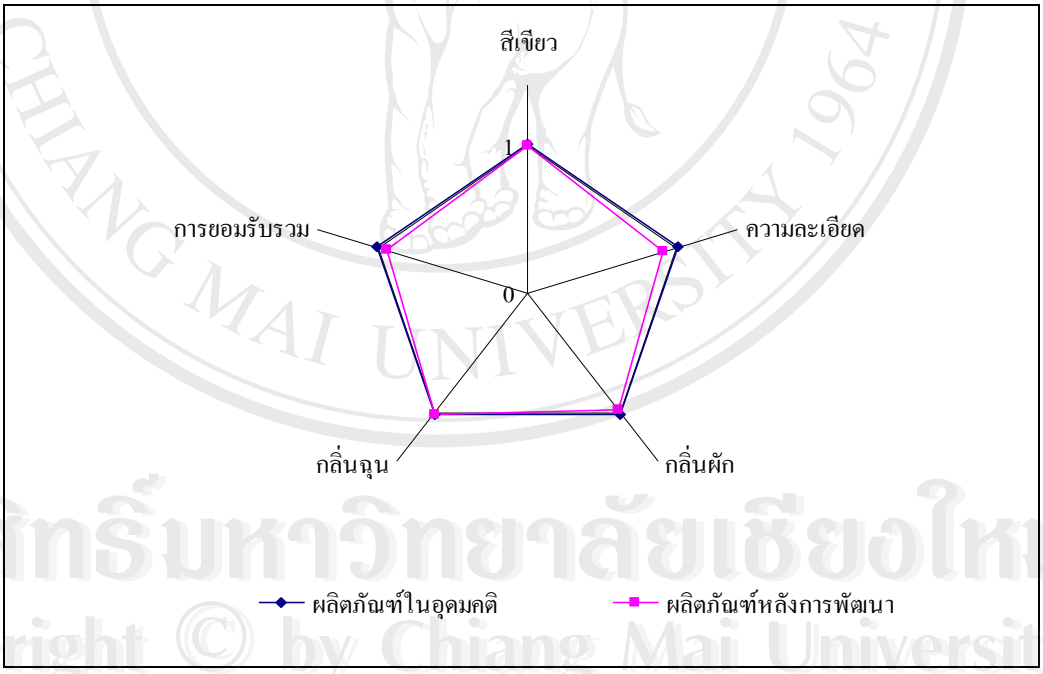
เมื่อพิจารณาคุณลักษณะกายภาพ พบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 9.58 ทั้งนี้เพราะผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบหลักที่เป็นมะเขือเทศอบแห้งซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการรมจัดเป็นผลไม้อบแห้ง โดยกำหนดให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกินร้อยละ 20 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533) เมื่อพิจารณาจากมาตรฐานนี้จะพบว่าผลิตภัณฑ์มีระดับความชื้นต่ำกว่ามาตรฐาน

คุณภาพทางด้านเคมีพบว่าเครื่องปรุงรสจากผักจะมีปริมาณกรดกลูตามิก 0.28 กรัมต่อน้ำหนักเครื่องปรุงรส 100 กรัม ซึ่งมีปริมาณมากกว่าเมื่อเทียบเคียงกับมะเขือเทศซึ่งมี 0.25 กรัมต่อน้ำหนักมะเขือเทศ 100 กรัม (Loiudice, 1995) ส่วนปริมาณเส้นใยพบว่ามีปริมาณร้อยละ 20.91 สูงกว่าข้าวโอ้ตและองุ่นแห้งซึ่งมีปริมาณเส้นใยอาหารร้อยละ 16.92 และ 3.13 ตามลำดับ (AOAC, 2000) เมื่อแยกเส้นใยอาหารตามชนิดของเส้นใยเป็นชนิดที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำพบว่า ในเครื่องปรุงรสจากผักมีปริมาณเส้นใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 7.39 ซึ่งมีมากกว่าข้าวโพดอบกรอบเสริมเส้นใยอาหารและลูกพรุน ซึ่งมีปริมาณเส้นใยอาหารชนิดละลายน้ำได้ร้อยละ 2.78 และ 5.07 ตามลำดับ (AOAC, 2000) ส่วนเส้นใยอาหารชนิดละลายน้ำไม่ได้พบว่ามีปริมาณร้อยละ 13.52 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบพบว่ามีปริมาณมากกว่าลูกพรุนและองุ่นแห้งซึ่งมีปริมาณเส้นใยอาหารชนิดละลายน้ำไม่ได้ร้อยละ 4.17 และ 2.37 ตามลำดับ (AOAC, 2000) โดยในแต่ละวันมีคำแนะนำควรบริโภคอาหารที่มีเส้นใยในปริมาณ 20 ถึง 25 กรัมต่อวันและเพื่อให้ร่างกายได้รับประโยชน์สูงสุดจากคุณสมบัติ ของเส้นใยอาหารจึงควรรับประทานเส้นใยอาหารทั้ง 2 ชนิด เนื่องจากเส้นใยที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำจะทำงานร่วมกัน (สุรัตน์, 2534) จึงอาจกล่าวได้ว่าเครื่องปรุงรสจากผักเป็นอาหารที่สามารถเพิ่มเส้นใยอาหารแก่ผู้บริโภคได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณภาพในด้านจุลินทรีย์ซึ่งชี้บ่งถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคนั้น เนื่องจากเครื่องปรุงรสจากผักเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ จึงไม่มีเกณฑ์ทางด้านคุณภาพ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่มีมาตรฐานรองรับพบว่า มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผงกระหรี่(มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผงกระหรี่, 2532) กำหนดให้ในผลิตภัณฑ์ผงกระหรี่ต้องมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ10 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 6 log cfu/g ปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 2 log cfu/g ซึ่งจะพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของเครื่องปรุงรสจากผักอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหาร ประเภทผงกระหรี่ ตามประกาศของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม แต่ปริมาณยีสต์และรามีปริมาณเกินกว่ามาตรฐาน เนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีเห็ดหอมอบแห้งเป็นส่วนประกอบ โดยเห็ดหอมจัดเป็นยีสต์และราชนิดหนึ่งด้วย

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ideal ratio profile technique ของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจากผักที่ผลิตจากสูตรที่เหมาะสม นำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจากผัก แสดงดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจากผักที่ได้หลังการพัฒนาสูตร

กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงจากผักจากสูตรที่เหมาะสม พบว่า ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย สีเขียว ความละเอียด กลิ่นผัก กลิ่นฉุนและการยอมรับโดยรวม มีค่าใกล้เคียงกับค่าสัดส่วนอุดมคติมาก คือมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะปรากฏ

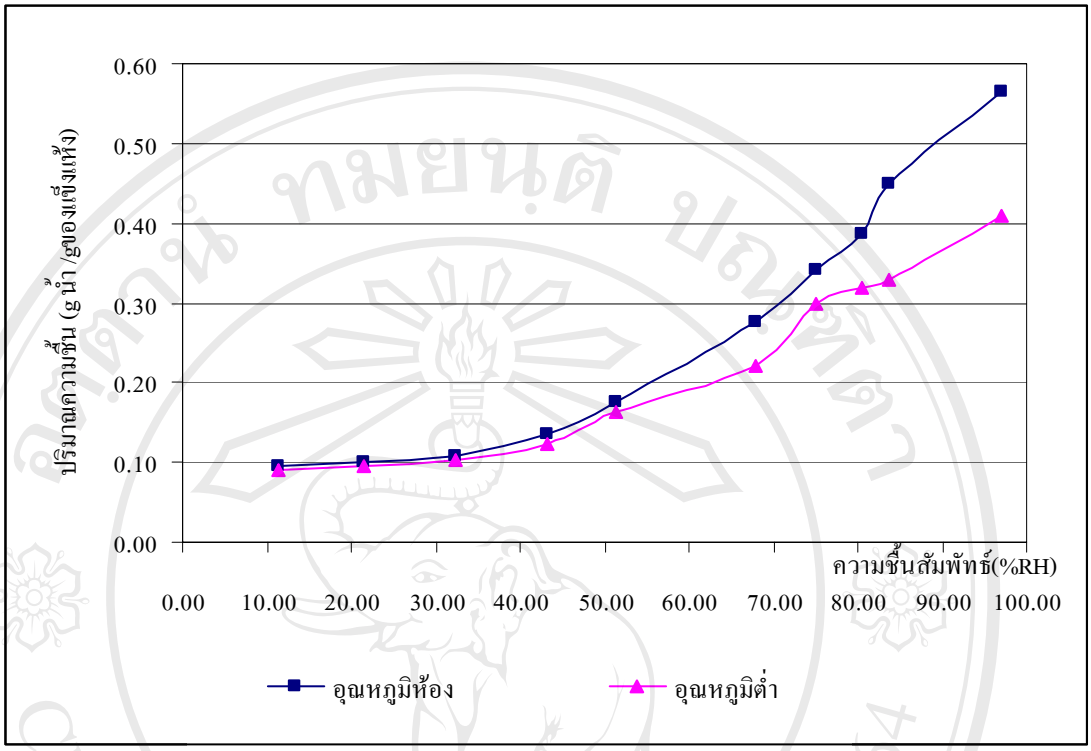
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางด้านเขียว 0.99 $\pm$ 0.07 ความละเอียด 0.90 $\pm$ 0.10 กลิ่นผัก 0.97 $\pm$ 0.07 กลิ่นฉุน 1.00 $\pm$ 0.01 และการยอมรับโดยรวม 0.93 $\pm$ 0.05 จากการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าสัดส่วนอุดมคติของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ พบว่าค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ สีเขียว กลิ่นผัก และกลิ่นฉุน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ด้าน ความละเอียด ด้านการยอมรับโดยรวมนั้นค่าสัดส่วนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าสัดส่วนอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Adsorption Isotherm ของเครื่องปรุงรสจากผักอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิห้อง

Adsorption Isotherm ของเครื่องปรุงรสจากผักที่อุณหภูมิต่ำ (10 $\pm$ 1องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) ในรูป 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมดุลของเครื่องปรุงรสจากผักและความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเริ่มต้นเป็นเครื่องปรุงรสจากผักที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด มีความชื้นสุดท้ายประมาณ 10 % มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) 0.312 พบว่าลักษณะกราฟที่ได้เป็นเส้นโค้งเช่นเดียวกับลักษณะกราฟของมะเขือเทศอบแห้งผง (Giovanelli, 2002) เห็ด หอมหัวใหญ่ กระเทียม ฟักทอง (Krokida, 2003) โดยที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิห้องมีลักษณะของเส้นกราฟใกล้เคียงกัน จากกราฟพบว่าในช่วงความชื้นสัมพัทธ์สมดุล 11-55 % ความชื้นสมดุลมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วคล้ายกับ Adsorption Isotherm ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสของมะเขือเทศอบแห้งผงที่มีปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำสูง (Insoluble solids– rich dried tomato) ที่ Giovanelli *et al.* (2002) สร้างขึ้นโดยพบว่าความชื้นสมดุลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากกว่า 60 % ทำให้ทราบว่าถ้าต้องการเก็บเครื่องปรุงรสจากผักที่มีความชื้นประมาณ 10 % ให้มีความชื้นคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ต้องเก็บรักษาให้มีความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 33 % ที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำเพื่อรักษาคุณภาพของเครื่องปรุงรสจากผักให้ความชื้นคงที่ ลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ และชะลอการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียและไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค (Debnath et al., 2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่4.11 Adsorption Isotherms ของเครื่องปรุงรสที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิห้อง

4.4 ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

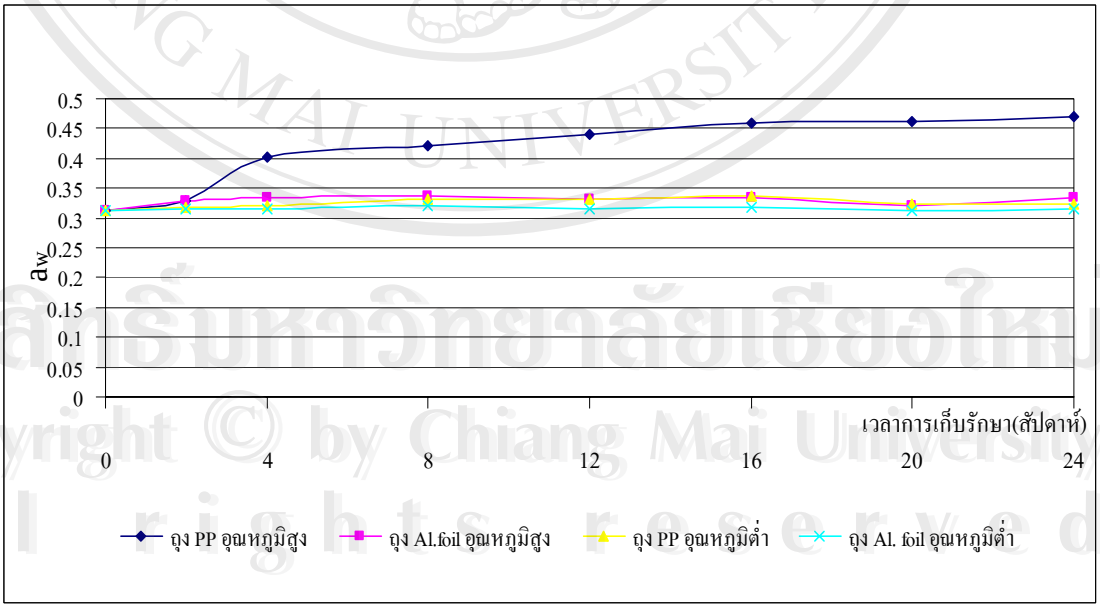
นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปศึกษาผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ศึกษาบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) ที่แสงสามารถผ่านได้และ Aluminium Foil (Al.foil) ซึ่งเป็นถุงชนิดทึบแสง จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 2 อุณหภูมิ ได้แก่อุณหภูมิต่ำ (10±1 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในวันเริ่มต้น และช่วงที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของเครื่องปรุงรสจากผัก

การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของเครื่องปรุงจากผักที่บรรจุในถุง Polypropylene (PP) และถุง Aluminium Foil (Al.foil) ที่อุณหภูมิต่ำ (10 $\pm$ 1องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) ในระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ แสดงในภาพที่ 4.12 พบว่าการเก็บรักษาเครื่องปรุงรสจากผักในถุง Polypropylene ที่อุณหภูมิห้องจะทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เพิ่มขึ้นจาก 0.312 $\pm$ 0.01 เป็น 0.471 $\pm$ 0.01 ตามเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ ถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เช่นเดียวกับการเก็บรักษาด้วยถุงAluminium Foil ที่สภาวะอุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิต่ำ สาเหตุที่เครื่องปรุงรสจากผักซึ่งที่ทำการเก็บรักษาด้วยถุง Polypropylene ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เพิ่มขึ้นเนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์มีค่าประมาณ 70 – 90 % ซึ่งเป็นสูงกว่า 33 % ที่กำหนดจาก Adsorption Isotherm ในภาพที่ 4.11 และถุง Polypropylene มี ค่า Moisture Permeability 4 -10.8 g/m^2 สูงกว่าถุง Aluminium Foil ที่มี Moisture Permeability < 1 g/m^2 (จันทร์สุดา, 2540) กล่าวได้ว่าความชื้นสามารถแพร่ซึมผ่านถุง Polypropylene ได้มากกว่าถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ของเครื่องปรุงรสจากผักที่เก็บด้วยถุง Polypropylene เพิ่มมากและรวดเร็วกว่าเครื่องปรุงรสที่บรรจุในถุง Aluminium Foil ที่อุณหภูมิห้อง ส่วนการเก็บรักษาเครื่องปรุงรสจากผักด้วยถุง Polypropylene และถุง Aluminium Foil ที่อุณหภูมิต่ำมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

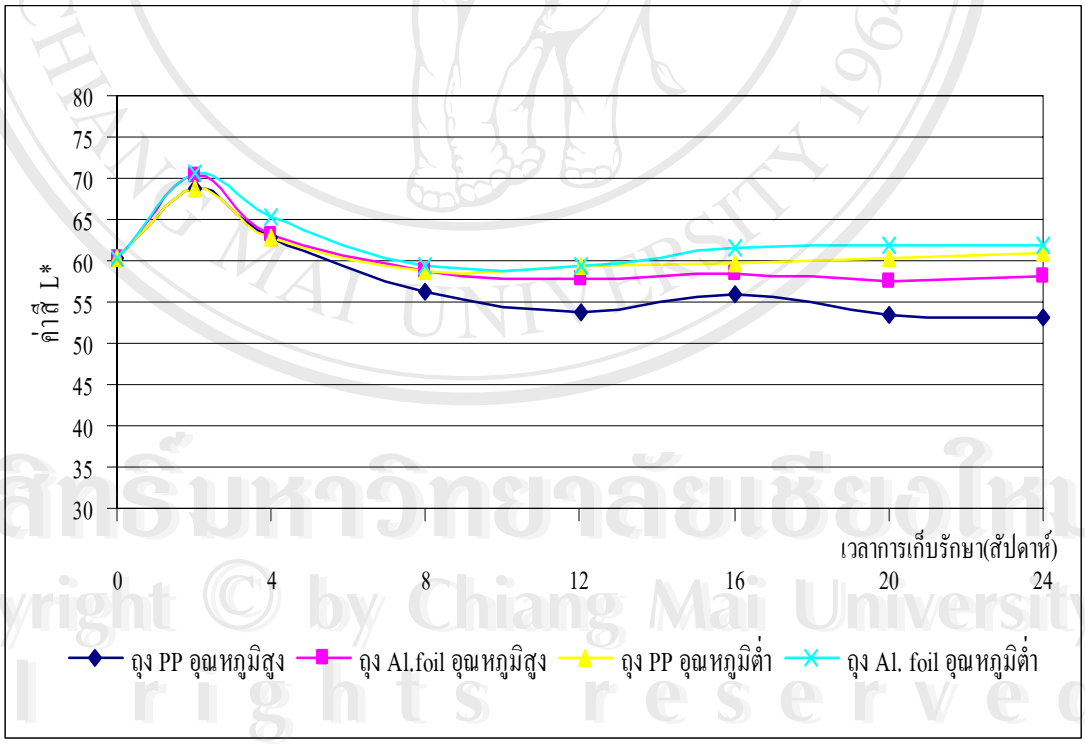


ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของเครื่องปรุงรสจากผักในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L*, a*, b* ของเครื่องปรุงของจากผัก

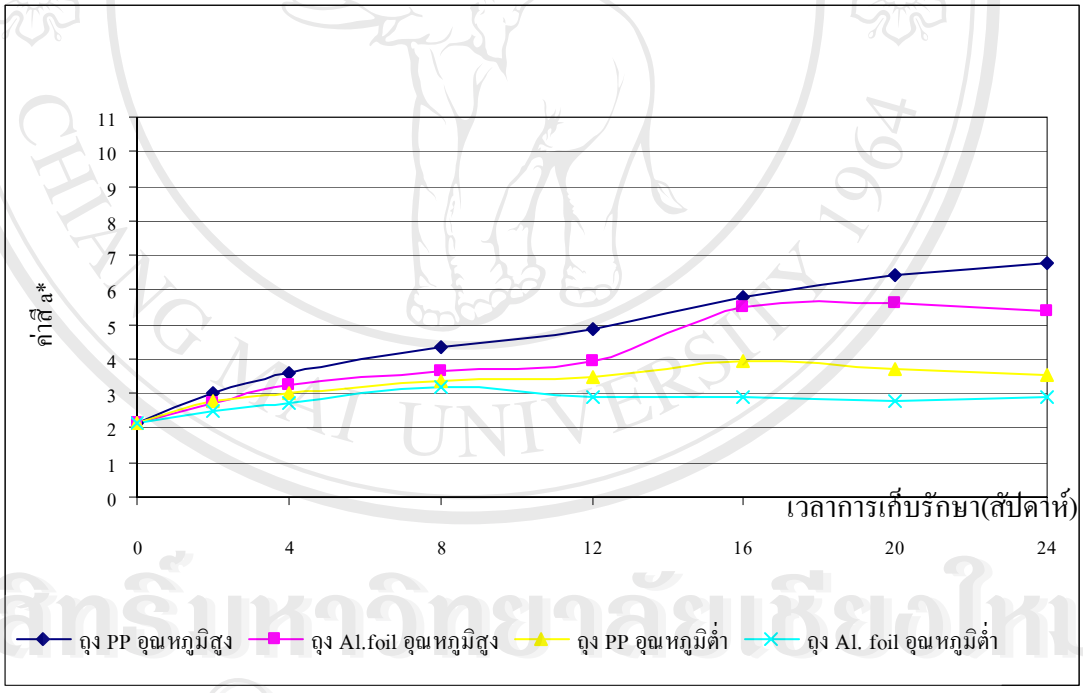
การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* ของเครื่องปรุงจากผักที่บรรจุในถุง Polypropylene (PP) และถุง Aluminium Foil (Al.foil) ที่อุณหภูมิต่ำ (10 ± 1 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) ในระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ แสดงในรูป 4. 13 พบว่าการเก็บรักษาในถุง Polypropylene ที่อุณหภูมิห้อง ค่าสี L* มีแนวโน้มลดลง โดยลดลงจาก 60.37 ± 0.18 เป็น 53.13 ± 1.76 เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์โดยมีออกซิเจนและความชื้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ถุง Polypropylene มีอัตราการซึมผ่านของความชื้นและออกซิเจนสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิด Aluminum Foil และที่อุณหภูมิห้องจะมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 – 90 % ซึ่งเป็นสูงกว่า 33 % ที่กำหนดจาก Adsorption Isotherm ในภาพที่ 4.11 จึงทำให้ค่าสี L* ของเครื่องปรุงรสจากผักในถุง Polypropylene ที่อุณหภูมิห้องลดลงมากกว่าการเก็บรักษาในสภาวะอื่น ซึ่งคล้ายกับ Ahmed and Shivhare (2001) พบว่า Onion Paste ที่บรรจุในถุง HDPE (High-density-polyethylene Pouch) ที่เก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่า L* ลดลงในเวลา 75 วัน



ภาพที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L*(ความสว่าง) ของเครื่องปรุงรสจากผักระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* ของเครื่องปรุงจากผักที่บรรจุในถุง Polypropylene (PP) และถุง Aluminium Foil (Al.foil) ที่อุณหภูมิต่ำ (10 ± 1 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) ในระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์แสดงในภาพที่ 4.14 พบว่าการเก็บรักษาเครื่องปรุงรสจากผักในถุง Polypropylene และถุง Aluminium Foil ที่อุณหภูมิห้องมีค่าสี a* เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจาก 2.17 ± 0.20 เป็น 6.79 ± 0.09 และ 5.40 ± 0.07 ตามลำดับ โดยที่เครื่องปรุงรสจากผักที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทั้งสองบรรจุภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี a* เล็กน้อย เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลานาน จะทำให้เม็ดสีแคโรทีนอยด์ในมะเขือเทศและหอมหัวใหญ่ซีดจางลง และยังเกิดปฏิกิริยา Millard Reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางอินทรีย์ของสารจากกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ทำให้สีน้ำตาลเพิ่มขึ้น (กุลยา, 2541) คล้ายกับ Rapusas and Driscoll (1995) ซึ่งพบว่าการเก็บรักษาหอมหัวใหญ่อบแห้งในถุง Aluminium Foil ที่อุณหภูมิ 25 - 45 องศาเซลเซียสทำให้หอมหัวใหญ่อบแห้งมีสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น

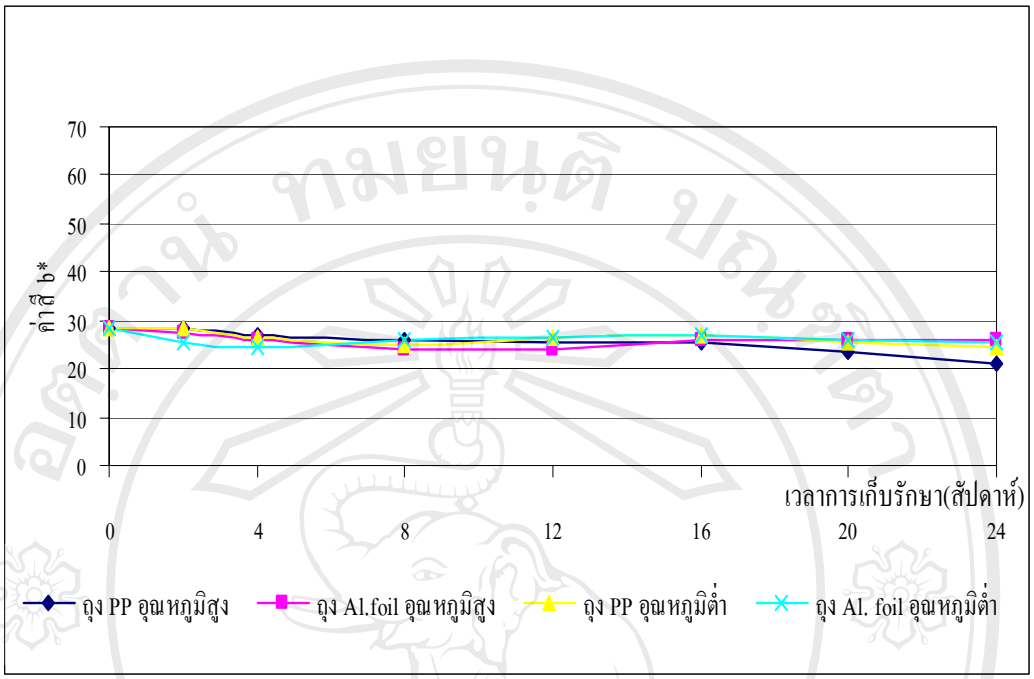


ภาพที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* (สีแดง – สีเขียว) ของเครื่องปรุงรสจากผักระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b* ของเครื่องปรุงจากผักที่บรรจุในถุง Polypropylene (PP) และถุง Aluminium Foil (Al.foil) ที่อุณหภูมิต่ำ (10 ± 1 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) ในระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์แสดงในภาพที่ 4.15 ซึ่งจะพบว่าเมื่อเวลาใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าสี b* มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



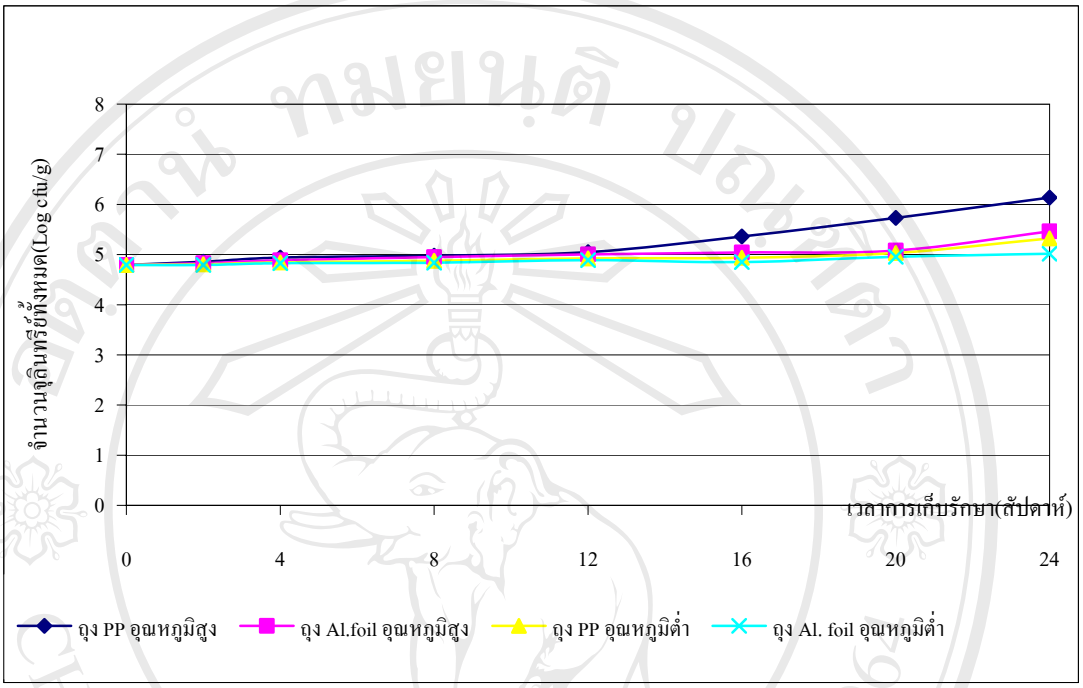
ภาพที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b* (สีเหลือง – สีน้ำตาล) ของเครื่องปรุงรสจากผักระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์

4.4.3 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ของเครื่องปรุงจากผัก

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเครื่องปรุงจากผักที่บรรจุในถุง Polypropylene (PP) และถุง Aluminium Foil (Al.foil) ที่อุณหภูมิต่ำ (10 ± 1 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) ในระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์แสดงในภาพที่ 4.16 พบว่าการเก็บรักษาเครื่องปรุงรสจากผักในถุง Polypropylene ที่อุณหภูมิห้องทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจาก 4.79 ± 0.04 เป็น 6.13 ± 0.06 log cfu/g เนื่องจากถุง Polypropylene มีอัตราการซึมผ่านของความชื้นและออกซิเจนสูงกว่าถุง Aluminium Foil และการเก็บรักษาเครื่องปรุงรสที่อุณหภูมิห้องซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 – 90 % สูงกว่า 33 % ที่กำหนดจาก Adsorption Isotherm ในภาพที่ 4.11 ทำให้ภายในถุง Polypropylene มีปริมาณความชื้นและออกซิเจนที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาสูงขึ้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีค่าสูงขึ้นตาม ทำให้จุลินทรีย์มีน้ำที่จะใช้ในการยังชีพ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจึงเพิ่มขึ้น (กุลยา, 2541) เครื่องปรุงรสจากผักที่มีเก็บรักษาในถุง Polypropylene (PP) ที่อุณหภูมิห้องจะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินกว่ามาตรฐานคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

6 log cfu/g (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผงกระหรี่, 2532) เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ซึ่งถือเป็นจุดสิ้นสุดของการเก็บรักษา

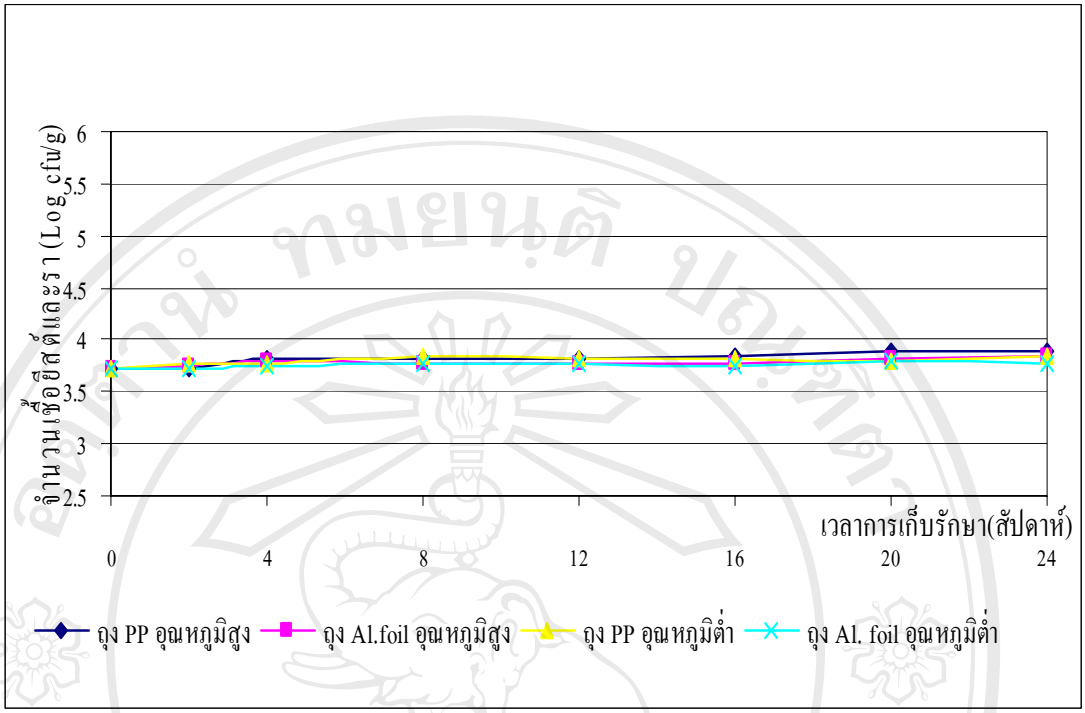


ภาพที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเครื่องปรุงรสจากผักระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์

4.4.4 การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อยีสต์และราทั้งหมดของเครื่องปรุงรสจากผัก

การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อยีสต์และราทั้งหมดของเครื่องปรุงจากผักที่บรรจุในถุง Polypropylene (PP) และถุง Aluminium Foil (Al.foil) ที่อุณหภูมิต่ำ (10 ± 1 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) ในระหว่างการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ แสดงในภาพที่ 4.17 พบว่าการเก็บรักษาเครื่องปรุงรสจากผักในถุง Polypropylene ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิต่ำ และ ถุง Aluminium Foil ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ มีแนวโน้มทำให้จำนวนเชื้อยีสต์และราทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อยีสต์และราของเครื่องปรุงรสจากผักระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved