รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี2549 - 2550

โครงการวิจัยที่ 3055 - 3583

การกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย และการประยุกต์ใช้

Encapsulation of Rosemary Flavor Oil By Spray Drying and Its Application

หัวหน้าโครงการวิจัย

รศ.ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี	Assoc.Prof.Dr.Pairote Wiriyacharee
นางรัตติกร เตชะพันธุ์	Mrs.Rattikhon Tachapan
นางสาวเกศินี อุปลศิลป์	Miss Kasinee Uponsil
นายปรีชา มีนาค	Mr.Precha Menak
นางสาวณัฐพร จ่าหมื่นไวย์	Miss Natthaporn Jameanwai

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

เดือน ธันวาคม 2550

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอยและการประยุกต์ใช้ โดยทำการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันโรสแมรี่ และศึกษาชนิดของสารเคลือบ (Wall material) ความเข้มข้นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสมในการใช้ต่อการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ ศึกษาคุณสมบัติและอายุการเก็บรักษาของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ รวมทั้งการประยุกต์ใช้แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ ของมูลนิธิโครงการหลวง

จากการศึกษาองค์ประกอบหลักของน้ำมันโรสแมรี่ 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดได้จากโรสแมรี่สดที่ทำการเพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง และน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้าโดยการใช้เทคนิคทาง GC - MS พบว่า น้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดด้วยไอน้ำจากโรสแมรี่ที่เพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง มีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ α - Pinene ร้อยละ 21.77 Camphor ร้อยละ 15.85 1,8 - Cineole ร้อยละ 11.40 1 - Verbenone ร้อยละ 10.16 และ Camphene ร้อยละ 7.54 และน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้ามีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ 1,8 - Cineole ร้อยละ 27.77 α - Pinene ร้อยละ 20.48 Camphor ร้อยละ 17.86 Camphene ร้อยละ 12.58 และ ß - pinene ร้อยละ 6.99 ซึ่งน้ำมันจากทั้งสองแหล่งมีองค์ประกอบหลักที่คล้ายกัน จึงเลือกใช้น้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้าเป็นตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

เมื่อศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบ 2 ชนิด ได้แก่ มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin) และ ไซโคลเดกซ์ทริน (Cyclodextrin) และศึกษาความเข้มข้นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสมต่อการผลิต พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบคือ ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 60 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 1 และสัดส่วนที่เหมาะสมโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบคือ ปริมาณไซโคลเดกซ์ทริน ร้อยละ 32 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 1 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) และประสิทธิภาพการทำแห้งที่ดี รวมทั้งใช้ในอัตราส่วนที่น้อยกว่าการใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ จึงเลือกไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบในการผลิตผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

การศึกษาคุณสมบัติของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า มีองค์ประกอบหลักคือ 1,8 - Cineole ร้อยละ 33.98 α - Pinene ร้อยละ 29 Camphene ร้อยละ 16.38 ß - Pinene ร้อยละ 8.56 และ Camphor ร้อยละ 3.25 โดยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 9.96 ความหนาแน่น

0.56 g/cm^3 ค่า L (ความสว่าง) เท่ากับ 77.71 ค่าสี a (สีแดง - เขียว) เท่ากับ -0.12 และค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) เท่ากับ -0.15

การศึกษาอายุการเก็บรักษาแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า จะสามารถรักษาความคงตัวด้านปริมาณความชื้น และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ได้ดี ซึ่งมีการคาดคะเนว่า หากมีการเก็บรักษาแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บรักษาได้นาน 1.25 ปี และหากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 2 ปี

การประยุกต์ใช้แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของมูลนิธิโครงการหลวง พบว่า ปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 3 เนื่องจากให้คุณภาพด้านกายภาพ และเคมีในเกณฑ์ดี อีกทั้งให้คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสี และกลิ่นที่ดีที่สุด

Abstract

The objective of the research was to study encapsulation of rosemary oil by spray drying technique and its application. Moreover, the property and concentration of rosemary oil and wall material were also investigated for rosemary oil 's encapsulation production. Additionally, the property and shelf life of the capsule was studied. Moreover, its application in royal project foundation muesli bar.

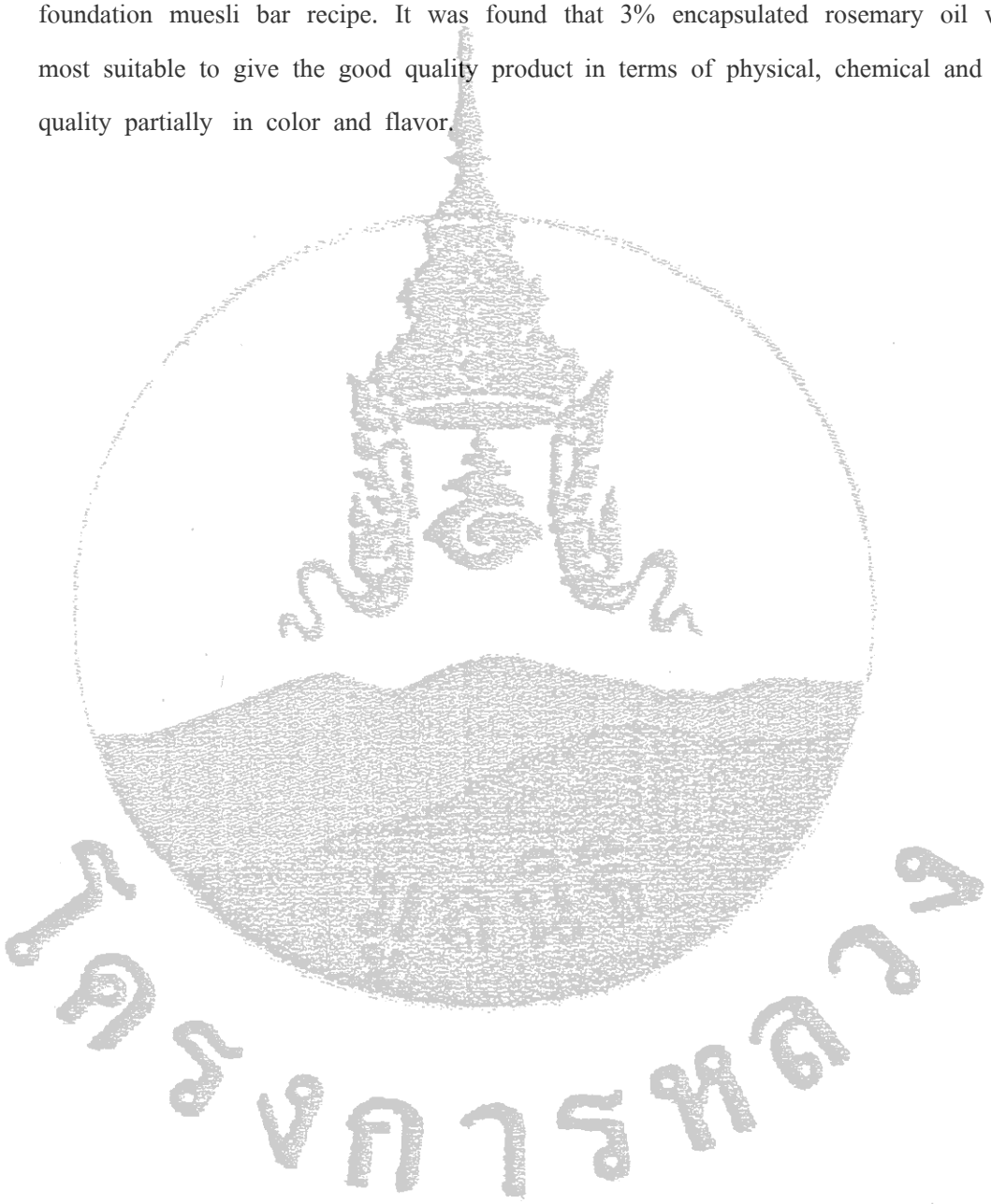
Firstly, GC-MS technique was used to analyze the composition of the oil which was extracted from rosemary (from royal project foundation) and commercial rosemary oil. It was found that the five main compositions of the extracted rosemary oil were 21.77% α - Pinene, 15.85% Camphor, 11.40% 1,8 - Cineole, 10.16% 1 - Verbenone and 7.54% Camphene whereas commercial rosemary oil was compound of 27.77% 1,8 - Cineole, 20.48% 20.48% α - Pinene, 17.86% Camphor, 12.58% Camphene and 6.99% ß - pinene. Because of the composition of commercial rosemary oil was similar to extracted rosemary oil. Therefore, commercial rosemary oil was used to study in other experiment.

Secondly, the optimization of concentration of the coating material (maltodextrin and Cyclodextrin) and concentration of rosemary oil were studied. It was found that the optimum condition of using maltodextrin as coating material was 60% maltodextrin with 1% rosemary oil, while the optimum condition of using Cyclodextrin as coating material was 32% Cyclodextrin with 1% rosemary oil. Using Cyclodextrin as coating material was also gave more true encapsulation flavor (TEF) and more efficiency than maltodextrin, therefore the using Cyclodextrin as coating material should be advantage.

Thirdly, the quality of encapsulated rosemary oil was verified. It was found that the five main compositions were 33.98% 1,8-Cineole, 29% α-Pinene,16.38% Camphene, 8.56% ß - Pinene and 3.25% Camphor with 9.96% moisture content and density of 0.56 g/cm^3. The color of the product (L, a, b) was 77.71, -0.12, -0.15 respectively.

Fourthly, the shelf life of the encapsulated rosemary oil was also investigated. If the product was kept at 25 ^{o}C, its shelf life could be predicted as 1.25 years. Moreover, at 10 ^{o}C, its could be 2 years shelf life.

Finally, the encapsulated rosemary oil was applied to use in royal project foundation muesli bar recipe. It was found that 3% encapsulated rosemary oil was the most suitable to give the good quality product in terms of physical, chemical and sensory quality partially in color and flavor.


โครงการหลวง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฌ
บทนำ	1
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	28
ผลการวิจัย	34
วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย	98
กิตติกรรมประกาศ	100
เอกสารอ้างอิง	101
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รูปภาพ	105
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	109
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพ	113
ภาคผนวก ง งบประมาณและการจัดการเงินงบประมาณ	122

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างพืชที่มีน้ำมันหอมระเหยและนิยมนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร	5
2	สารประกอบ Nonterpenoids ที่พบในน้ำมันหอมระเหย	6
3	สารให้กลิ่นที่สำคัญที่พบในเครื่องเทศ และสมุนไพรบางชนิด และนำมาใช้เป็นสารให้กลิ่นในอุตสาหกรรมอาหาร	7
4	ตัวอย่างอาหารที่ใช้น้ำมันหอมระเหยเป็นสารให้กลิ่น	8
5	สิ่งทดลองของแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with 2 center points	30
6	การวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design	33
7	สารประกอบที่พบในน้ำมันโรสแมรี่ทางการค้าจากโครมาโตแกรม	35
8	สารประกอบที่พบในน้ำมันโรสแมรี่แบบสกัดเองจากโรสแมรี่ของมูลนิธิโครงการหลวง	36
9	สิ่งทดลองของแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with 2 center points	38
10	ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	38
11	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	39
12	ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	41
13	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	42
14	สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	43
15	สมการถดถอยถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินและน้ำมันโรสแมรี่ต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	44

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
16	ระดับปัจจัยของปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินและปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมี	48
17	ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	49
18	การวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	49
19	สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	50
20	สมการถดถอยถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินและน้ำมันโรสแมรี่ต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	51
21	ระดับปัจจัยของปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินและปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมี	56
22	สารประกอบที่พบในน้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดได้จากผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	58
23	ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	58
24	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	60
25	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	63
26	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	66

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
27	อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	68
28	อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	69
29	อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	70
30	อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	71
31	การเปลี่ยนแปลงค่า L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	73
32	การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - เขียว) ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	74
33	การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	75
34	การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (นิวตัน) ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	76
35	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	79
36	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและด้านกลิ่นธัญพืชของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	82
37	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่และกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	85
38	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานและด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	88
39	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วนและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	91
40	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	94

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	หัวพ่นฝอยของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิด Rotary atomizer	17
2	หัวพ่นฝอยของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิด Pressure nozzles atomizer	18
3	แสดงการไหลของอากาศภายใน Spray dryer แบบ Co - current flow, Counter - current flow, Mixed flow	19
4	แสดงระบบของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยแบบ Open cycle system และ Closed cycle system	20
5	แสดงทิศทางการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)	20
6	โครมาโตแกรมของน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้า	35
7	โครมาโตแกรมของน้ำมันโรสแมรี่แบบสกัดเองจากโรสแมรี่ของมูลนิธิโครงการหลวง	36
8	กราฟพื้นที่ตอบสนองของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ต่อค่า L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	45
9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และค่าสี a (สีแดง - เขียว) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	46
10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	46
11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	47
12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	47
13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ และค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	53

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไซโคลเดกซ์ทริน และความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	53
15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ และความเสถียรของอิมัลชันของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	54
16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไซโคลเดกซ์ทริน และประสิทธิภาพการทำแห้งของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	54
17	กราฟพื้นที่ตอบสนองของปริมาณไซโคลเดกซ์ทริน และปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ต่อความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ	55
18	โครมาโตแกรมของน้ำมันโรสแมรี่หลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย	57
19	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้าน L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	61
20	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสี a ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	61
21	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสี b ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	61
22	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	64
23	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์	64
24	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	65
25	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น (ร้อยละ) กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา	68
26	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา	70

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
27	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่า L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	77
28	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสี a ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	77
29	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสี b ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	77
30	การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	78
31	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	80
32	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้าน Peroxide value ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	80
33	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	83
34	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นธัญพืชของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	83
35	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	86
36	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	86
37	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	89
38	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	89
39	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	92
40	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	92
41	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	95
42	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์	95
ก.1	สมุนไพรโรสแมรี่	106
ก.2	น้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้าและน้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดจากสมุนไพรโรสแมรี่สดที่ทำการเพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง	106
ก.3	สารเคลือบไซโคลเดกซ์ทริน (Cyclodextrin) (ซ้าย) และมอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin) (ขวา)	106
ก.4	การเทผสมสารเคลือบกับน้ำ	107
ก.5	การเทผสมน้ำมันโรสแมรี่ น้ำและสารเคลือบ	107
ก.6	การปั่นผสม	107
ก.7	สารแขวนลอยที่ได้จากการปั่นผสม ก่อนการทำแห้ง	107

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ก.8	การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย	107
ก.9	การตั้งค่าอุณหภูมิอากาศขาเข้า และอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ก่อนการทำแห้ง	107
ก.10	การเตรียมสารแขวนลอยก่อนการทำแห้ง	108
ก.11	ผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่	108
ก.12	เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย	108

โครงการหลวง

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) ที่สกัดได้จากส่วนประกอบต่างๆ ของพืช เช่น น้ำมันหอมระเหยมินต์ น้ำมันหอมระเหยกะเพรา น้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่ น้ำมันหอมระเหยพริกไทย เป็นต้น ได้รับความนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารเป็นอย่างมาก ในปัจจุบันถูกนำมาใช้เป็นสารให้กลิ่นรสในอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่เป็นสารให้กลิ่น (Flavor) ที่สำคัญ ที่ทำให้น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค นอกจากนี้แล้วผู้ผลิตอาหารส่วนใหญ่ให้ความสนใจในการใช้น้ำมันหอมระเหยเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร เพราะคำนึงถึงความต้องการของผู้บริโภคที่สนใจผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม น้ำมันหอมระเหยซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลว มีข้อจำกัดต่อการใช้ในผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแห้ง นอกจากนี้ ยังพบปัญหาขณะเก็บรักษานั้น องค์ประกอบของสารให้กลิ่นในน้ำมันถูกทำลายได้ง่าย กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยเกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากปฏิกิริยา Oxidation ซึ่งเกิดจาก ความร้อน ความชื้น และแสง เป็นต้น ด้วยเหตุนี้เทคนิค Encapsulation จึงเป็นวิธีที่จะสามารถรักษาสารให้กลิ่นในน้ำมันไว้ได้ดีโดยเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของผงแห้งที่สะดวกต่อการใช้งานและเก็บรักษาได้นาน

Encapsulation เป็นกระบวนการเคลือบอนุภาค (Coating) หรือกักเก็บอนุภาคขนาดเล็ก (Entrapment) ซึ่งอยู่ในรูปของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ โดยส่วนใหญ่จะเป็นของเหลว เช่น น้ำมันหอมระเหย โดยเคลือบด้วยสารเคลือบที่เป็นโพลิเมอร์ เช่น โปรตีน กัม หรือคาร์โบไฮเดรต ผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้มีผนังบาง แต่มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะป้องกันอนุภาคภายในหรือสารแกนกลางไว้ได้ ขนาดของไมโครแคปซูลส่วนใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 5 - 300 ไมโครเมตร และมีปริมาณสารแกนกลาง ร้อยละ 10 - 90 ลักษณะการผลิตไมโครแคปซูลจะมีลักษณะคล้ายผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติ เช่น เมล็ดธัญพืช เปลือกไข่ เปลือกหอย หรือ Bacterial spores เป็นต้น (Thies, 2001; พิมพร, 2527) กระบวนการ Encapsulation สามารถทำได้หลายวิธีแต่วิธีที่ได้รับความสนใจ และเหมาะสมต่อน้ำมันหอมระเหยมากได้แก่ วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying)

กระบวนการ Encapsulation โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย มีขั้นตอนดังนี้ ผสมส่วนผสมของสารเคลือบและน้ำมันหอมระเหย ให้มีลักษณะเป็นอิมัลชัน (Emulsion) จากนั้นนำสารละลายนี้เข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย สารละลายจะถูกทำให้กระจายตัวเป็นอนุภาคเล็ก (Droplet) หรือหยดน้ำเล็ก ๆ ส่วนของอนุภาคเล็ก ๆ นี้ จะกระจายตัวอยู่ในกระแสลมร้อนในเครื่อง ทำให้ส่วนที่เป็นน้ำใน

อิมัลชันระเหยอย่างรวดเร็ว ได้เป็นส่วนของอนุภาคของแข็งที่เคลือบน้ำมันหอมระเหยไว้ด้านในมีลักษณะเป็นผงแห้งละเอียด

มูลนิธิโครงการหลวงได้ดำเนินงานวิจัยเกษตรที่สูงอย่างต่อเนื่อง อาทิ การค้นคว้า และรวบรวมพันธุ์ไม้ผลเมืองหนาว งานวิจัยพืชผักเมืองหนาว เช่นการเพาะปลูกแครอท เห็ดหอม และอื่น ๆ รวมทั้งงานวิจัย พืชสมุนไพรต่างประเทศ ซึ่งได้ส่งเสริมแก่เกษตรกรได้ปลูกกันทั่วไป เช่น เลมอนบาล์ม เสจ โรสแมรี่ และอื่นๆ ผลผลิตเหล่านี้ได้ถูกนำสู่ท้องตลาดทั้งในรูปแบบสด และผลิตภัณฑ์แปรรูป (มูลนิธิโครงการหลวง, 2542)

โรสแมรี่เป็นพืชสมุนไพรที่โครงการหลวงส่งเสริมให้เกษตรกรชาวไทยภูเขาปลูกกันมาก น้ำมันโรสแมรี่ ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารต่าง ๆ เช่น พุดดิ้ง ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์เนื้อ เป็นต้น นอกจากนี้แล้วน้ำมันโรสแมรี่ ยังมีคุณสมบัติทางด้านการแพทย์ต่าง ๆ เช่น บรรเทาอาการท้องอืด ช่วยระบบไหลเวียนโลหิต และช่วยเกี่ยวกับระบบหายใจ (รัตติกร, 2544) คุณสมบัติของน้ำมันโรสแมรี่ที่เป็นประโยชน์อีกด้านหนึ่งคือ มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) เนื่องจากน้ำมันโรสแมรี่มีส่วนประกอบของ Rosemanol, Rosemarinic acid และ Carnosic acid (Tsimidou and Boskou, 1994) ดังนั้นน้ำมันโรสแมรี่จึงถูกนำมาใช้ในทางการแพทย์และนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารเพื่อป้องกันการหืน

การ Encapsulation น้ำมันโรสแมรี่จะเปลี่ยนน้ำมันโรสแมรี่ให้อยู่ในรูปผงแห้งที่ยังคงคุณสมบัติด้านองค์ประกอบของสารให้กลิ่นได้ดี ช่วยกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ไว้ได้นานและมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระป้องกันการหืนของอาหารได้ จึงน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นจากธรรมชาติ ทดแทนสารปรุงแต่งกลิ่นรสสังเคราะห์เป็นการนำเทคโนโลยีมาช่วยทำให้ผลิตผลจากธรรมชาติมีคุณภาพมากขึ้น

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเบื้องต้นในการศึกษากระบวนการกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ โดยงานวิจัยนี้น่าจะเป็นประโยชน์สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่นๆ ของมูลนิธิโครงการหลวงได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพร ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ เป็นต้น อีกทั้งเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นๆ ของมูลนิธิโครงการหลวงและ เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันโรสแมรี่

2. เพื่อศึกษาชนิดของสารเคลือบ (Wall material) ที่เหมาะสมต่อการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

3. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสมต่อการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

4. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

5. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

6. เพื่อการประยุกต์ใช้แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของมูลนิธิโครงการหลวง

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยนี้จะนำเทคโนโลยีการ Encapsulation มาใช้กับน้ำมันโรสแมรี่ ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรภายใต้โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อนำประโยชน์จากพืชสมุนไพรมาก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม พัฒนาเทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์ ทำให้มีแนวทางในการนำพืชสมุนไพรไปใช้ประโยชน์ในหลากหลายรูปแบบ โดยเบื้องต้นเป็นการศึกษาในระดับปฏิบัติการ เพื่อหากระบวนการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสมในทุกขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนของการเลือกสารสำหรับเคลือบแคปซูล ความเข้มข้นของน้ำมันโรสแมรี่ที่จะใช้ อุณหภูมิในการอบแห้งแบบพ่นฝอย รวมถึงการศึกษาอายุการเก็บรักษาและการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ของมูลนิธิโครงการหลวง

รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมุนไพร

น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ในธรรมชาติมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารพวกเทอร์ปีนนอยด์ และสารประกอบพวกฟีนิลโพรเพน เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ และมีปริมาณไม่สูงนัก (Merory, 1968) น้ำมันหอมระเหยบางชนิดจะมีสารต้านอนุมูลอิสระเป็นองค์ประกอบซึ่งมีคุณสมบัติในการช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ (Lees and Jackson, 1973) น้ำมันหอมระเหยเป็นสารให้กลิ่นซึ่งมีมากในสมุนไพรและเครื่องเทศ และให้กลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของสมุนไพรและเครื่องเทศนั้นๆ

การสกัดน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้จากต้นสมุนไพรสดสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่วิธี Distillation, Solvent extraction และ Expression (Dziezak, 1989) แต่วิธี Distillation เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด น้ำมันหอมระเหยจะมีองค์ประกอบเป็นสารประเภทระเหยได้เป็นองค์ประกอบหลัก และให้กลิ่นที่เป็นกลิ่นเฉพาะตัวของสมุนไพรแต่ละชนิด นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยยังมีประโยชน์ในด้านสีของผลิตภัณฑ์ โดยจะไม่ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลง และคุณภาพส่วนใหญ่ของกลิ่นไม่เปลี่ยนแปลงเช่นกันเนื่องจากในน้ำมันหอมระเหยนั้นจะไม่มีเอนไซม์และแทนนิน อย่างไรก็ตามน้ำมันหอมระเหยไม่ใช่สารให้กลิ่นที่สมบูรณ์ที่สุด เนื่องจากเมื่อสกัดน้ำมันหอมระเหยออกมานั้นจะมีแต่สารประเภทระเหยได้เท่านั้น แต่สารประเภทที่ไม่สามารถระเหยได้ไม่สามารถปนออกมา (รัตติกร, 2544)

น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์นานกว่า 1,500 ปี น้ำมันหอมระเหยหมายถึง สารที่สกัดได้จากพืช ซึ่งเป็นส่วนของดอก ใบ ราก เปลือก ตาผล และกิ่งก้าน โดยใช้การกลั่นด้วยไอน้ำ เมื่อสกัดได้แล้วจะนำมาทำให้เข้มข้นและนำไปใช้ประโยชน์เป็นสารให้กลิ่นผสมในน้ำหอม เติมลงในอาหารและเครื่องดื่ม การสกัดน้ำมันหอมระเหยต้องใช้เวลานาน และน้ำมันหอมระเหยเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมอาหารมาก

การกลั่นด้วยไอน้ำ มี 3 วิธี คือ

1. Water distillation เป็นการกลั่นไอน้ำที่ให้น้ำและวัตถุดิบ (เครื่องเทศ) ผสมอยู่รวมกันในภาชนะกลั่น
2. Water และ Steam distillation เป็นการกลั่นไอน้ำที่ให้วัตถุดิบวางอยู่บนภาชนะที่มีรูเหนือระดับน้ำเดือด และไอน้ำที่ระเหยขึ้นมาจะพาน้ำมันหอมระเหยออกมา
3. Direct steam distillation วิธีนี้ต้องต้มน้ำให้เดือดก่อนแล้วให้ไอน้ำผ่านเข้าไปในส่วนที่มีวัตถุดิบอยู่

การกลั่นทั้ง 3 วิธี จะทำให้น้ำมันหอมระเหยถูกไอน้ำเป็นตัวพาออกมา และผ่านเข้าไปในเครื่องควบแน่น (Condenser) ทำให้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำและหยดน้ำมัน ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจะไม่ละลายในน้ำ ทำให้แยกออกจากน้ำได้ อย่างไรก็ตาม มีน้ำมันหอมระเหยจากพืชบางชนิดเตรียมได้โดยใช้วิธีการบีบ (Cold press) เช่น น้ำมันหอมระเหยจากผิวส้ม และผิวมะนาว ปัจจุบันมีน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพืชชนิดต่างๆ มากมาย ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมมากกว่า 400 ชนิด สำหรับนำไปผสมในผลิตภัณฑ์น้ำหอม ผสมในผลิตภัณฑ์ยา และแต่งกลิ่นอาหาร รายชื่อพืชที่มีน้ำมันหอมระเหย และใช้กันมาก ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างพืชที่มีน้ำมันหอมระเหยและนิยมนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร

ชื่อพืช	ชื่อพืช
Allspice	กระเทียม (Garlic)
อัลมอนด์ (Almond)	ขิง (Ginger)
ยี่หร่า (Anise)	ตะไคร้ (Lemongrass)
โหระพา แมงลัก (Basil)	มะนาวฝรั่ง (Lemon oil)
Bay	มะนาว (Lime oil)
Bergamot	ดอกจันทร์เทศ (Mace)
พริกไทยดำ (Black pepper)	ลูกจันทร์เทศ (Nutmeg)
Bois de roes	หอม (Onion)
การบูร (Camphor)	เปลือกส้ม (Orange peel)
กระวาน (Carawey)	Patchouly
ชุมเห็ด (Cassia)	สะระแหน่ (Peppermint)
เมล็ดผักชี (Celery seed)	Pimento leaf
อบเชย (Cinnamon bark)	Sage
กานพลู (Clove)	Spearmint
ผักชี (Coriander)	ส้ม (Tangerine)
ยูคาลิปตัส (Eucalyptus)	Thyme
เฟนเนล (Fennel (sweet))	Wintergreen

ที่มา : นิธิยา, 2545

ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอินทรีย์หลาย ๆ ชนิดรวมกัน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ Terpenoids และ Nonterpenoids

สารประกอบกลุ่ม เทอร์ฟีนอยด์ (Terpenoids) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง หรือเป็นวงแหวนก็ได้ ประกอบด้วยหน่วยไอโซพรีน (Isoprene) ตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไป เรียกว่า เทอร์ฟีนไฮโดรคาร์บอน (Terpene hydrocarbons) เทอร์พีนอยด์ที่สำคัญ และพบมากในน้ำมันหอมระเหยสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้อีกหลายกลุ่มได้แก่

1. Acyclic monoterpenes ($C_{10}H_{16}$) มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นสายยาว ไม่มีวงแหวน มีอยู่ในรูป 3 อนุพันธ์ ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน เช่น ocimene, myrcene แอลดีไฮด์ เช่น geramial, neral แอลกอฮอล์ เช่น geraniol, neol, linalool

2. Monocyclic monoterpenes ($C_{10}H_{16}$) มีอยู่ในรูป 4 อนุพันธ์ ได้แก่ไฮโดรคาร์บอน เช่น D - limonene, α - terpinene, β - phellandrene แอลดีไฮด์ เช่น Perillaldehyde, Phellandral แอลกอฮอล์ เช่น α - terpineol, Menthol, Carveol คีโตน เช่น Menthone, Carvone, Pulegone

3. Bicyclic monoterpenes ($C_{10}H_{16}$) ได้แก่ Thujane group เช่น α - thujene, Carane group เช่น Car - 3 - ene, Pinane group เช่น α - pinene, Camphane group เช่น Camphor, Fenchane group เช่น Fenchone

4. Sesquiterpenes ($C_{15}H_{24}$) ได้แก่ Acyclic sesquiterpenes เช่น Farnesol, Monocyclic sesquiterpenes เช่น Zingiberene, Azulenes sesquiterpenes เช่น Azulene, Other sesquiterpenes เช่น Caryophyllene

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบเหล่านี้จะมีผลทำให้กลิ่นเปลี่ยนไปด้วย เช่น การเปลี่ยนจาก Geraniol เป็น Citral โดยปฏิกิริยาทางเคมี จะทำให้กลิ่นกุหลาบเปลี่ยนเป็นกลิ่นมะนาว การเปลี่ยนโครงสร้างของสารให้กลิ่นก็มีผลกระทบต่อกลิ่นที่ได้ออกมา เช่น D - citronellol พบอยู่ในน้ำมันมะนาวฝรั่ง (Lemon oil) แต่ L - citronellol พบอยู่ในน้ำมันกุหลาบ (Rose oil) และ Geranium oil จะพบว่ามีทั้ง D - และ L - citronellol ผสมอยู่รวมกัน

น้ำมันหอมระเหยที่เป็น Nonterpenoids บางชนิดเป็นสารประกอบอินทรีย์จำพวกไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ เอสเทอร์ คีโตน และฟีนอล ตัวอย่างของ Nonterpenoids ดังแสดงในตารางที่ 2 ตัวอย่างสารให้กลิ่นสำคัญที่พบอยู่ในเครื่องเทศ และสมุนไพรบางชนิดดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 สารประกอบ Nonterpenoids ที่พบในน้ำมันหอมระเหย

สารประกอบ	แหล่งน้ำมันหอมระเหยที่พบ
Benzyl alcohol	น้ำมันกานพลู และน้ำมันดอกมะลิ
Phenyl ether ethyl alcohol	น้ำมันดอกกุหลาบ
Tiglic acid	น้ำมัน Star anise และน้ำมัน Geranium
Anisic aldehyde	น้ำมันยี่หร่า (Anise)
Methyl *n* - amyl ketone	น้ำมันกานพลู และน้ำมันอบเชย
Anethole	น้ำมันยี่หร่า (Anise)
Thymol	น้ำมันไทม์ (Thyme)
Coumarin	น้ำมันลาเวนเดอร์
Mono -, di - และ tri – sulfides	น้ำมันกระเทียม และน้ำมันหอม

ตารางที่ 3 สารให้กลิ่นที่สำคัญที่พบในเครื่องเทศ และสมุนไพรบางชนิด และนำมาใช้เป็นสารให้กลิ่นในอุตสาหกรรมอาหาร

ชื่อ	ส่วนของพืช	ชื่อสารให้กลิ่นที่สำคัญ
เครื่องเทศ (Spices)		
ยี่หรา (Anise)	ผล	(*E*)- Anethole, Methyl chavicol
พริก (Capsicum peppers)	ผล	Capsaicin, Dihydrocapsaicin
กระวาน (Caraway)	ผล	D - Carvone, Carvone derivaties
กระวานเทศ (Cardamon)	ผล	α-Terpinylacetate, 1- 8 - Cineole, Linalool
อบเชย (Cinnamon)	เปลือกต้นและใบ	Cinnamaldehyde, Eugenol
กานพลู (Clove)	ดอก	Eugenol, Eugenylacetate
ผักชี (Coriander)	ผล	D - Linalool, C_{10} - C_{14} 2 - Alkenals
ดิล (Dill)	ผลและใบ	D - Carvone
เฟนเนล (Fennel)	กาบใบ	(*E*) - Anethole, Fenchone
ขิง (Ginger)	ลำต้นใต้ดิน	Gingerol, Shogaol, Neral, Geranial
จันทน์เทศ (Mace)	Aril	α - Pinene, Sabinene, 1 - Terpenin - 4 - ol
มัสตาร์ด (Mustard)	เมล็ด	Ally isothiocyanate
ลูกจันทร์เทศ (Nutmeg)	เมล็ด	Sabinine, α - Pinene, Myristicin
พาร์สเลย์ (Parsley)	ใบและเมล็ด	Apiol
พริกไทย (Pepper)	ผล	Pinperine, δ- 3 - Carene, β - Carophyllene
หญ้าฝรั่ง (Saffron)	ยอดเกสรตัวเมีย	Safranal
วานิลลา (Vanilla)	ผลและเมล็ด	Vaillin, p - OH – Benzyl methyl ether
สมุนไพร (Herbs)		
โหระพา (Basil, sweet)	ใบ	Methylchavicol, Linalool, Methyl eugenol
Bay laurel	ใบ	1,8 - Cineole
Marjoram	ใบและดอก	*C* -, t - Sabinene hydrates,Terpinen - 4 - ol
Oregano	ใบและดอก	Carvacrol, Thymol
Origanum	ใบ	Thymol,Thymol

ตารางที่ 3 สารให้กลิ่นที่สำคัญที่พบในเครื่องเทศ และสมุนไพรบางชนิด และนำมาใช้เป็นสารให้กลิ่นในอุตสาหกรรมอาหาร (ต่อ)

ชื่อ	ส่วนของพืช	ชื่อสารให้กลิ่นที่สำคัญ
Rosemary	ใบ	Verbenone, 1,8 - Cineole, Camphor, Linalool
Sage, clary	ใบ	Salvial - 4 - (14) - en - 1 - one, Linalool
Sage, Dalmation	ใบ	Thujone, 1,8 - Cineole, Camphor
Sage, Spanish	ใบ	c -, t - Sabinyl acetate, 1,8 - Cineole, Camphor
Savory	ใบ	Carvacrol
Tarragon	ใบ	Methyl chavicol, Anethole
Thyme	ใบ	Thymol, Caracrol
Peppermint	ใบ	L – Methol, Menthone, Menthofuran
Spearmint	ใบ	L - Carvone, Carvone derivatives

ที่มา : นิธิยา, 2545

น้ำมันหอมระเหยนิยมนำมาใช้เป็นสารประกอบให้กลิ่นในอาหารหลายชนิด เช่น หมากฝรั่ง ลูกกวาด ลูกอม และผลิตภัณฑ์ขนมอบ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้น้ำมันหอมระเหยเป็นสารให้กลิ่น ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างอาหารที่ใช้น้ำมันหอมระเหยเป็นสารให้กลิ่น

ผลิตภัณฑ์อาหาร	น้ำมันหอมระเหย
หมากฝรั่ง	สะระแหน่ Spearmint, Wintergreen
ลูกอม	มะนาวฝรั่ง อบเชย กานพลู ยี่หร่า Wintergreen
ขนมอบ	มะนาวฝรั่ง ส้ม ลูกจันทร์เทศ อัลมอนด์ ยี่หร่า
อาหารดอง	กานพลู Allspice
เครื่องดื่ม	ส้ม มะนาวฝรั่ง มะนาว
ขนมหวานแช่แข็ง	มะนาวฝรั่ง มะนาว ส้ม
อาหารขบเคี้ยว	ขมิ้น กานพลู ลูกจันทร์เทศ หอม กระเทียม เสจ

ที่มา : นิธิยา, 2545

หน้าที่ของสารให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์อาหาร

ในการแปรรูปอาหาร ผู้ผลิตอาหารต้องพยายามป้องกันการสูญเสียสารให้กลิ่นในอาหาร ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ การขนย้าย การให้ความร้อน การบรรจุ การขนส่ง และการเก็บรักษา และการป้องกันการเกิดสารให้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหาร เช่น การเกิดกลิ่นหืนของไขมัน และน้ำมันที่ถูกไฮโดรไลซ์ และออกซิไดส์ การเกิดกลิ่นของน้ำนม หรือเบียร์ เมื่อปล่อยให้ถูกแสง หรือการเกิดกลิ่นโลหะ (Metallic flavour) ในอาหารกระป๋อง เป็นต้น รวมทั้งหาวิธีทำให้เกิดกลิ่นใหม่ๆ หรือทำให้มีกลิ่นแรงขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด เช่น การคั่วเมล็ดกาแฟให้มีกลิ่นหอม และคงตัว การอบขนมปัง และการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อ

การเติมสารให้กลิ่นลงในอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น การเติมสารให้กลิ่นลงในอาหารเพื่อเพิ่มกลิ่นที่มีอยู่ในอาหารตามธรรมชาติให้มีกลิ่นแรงขึ้น หรือเพื่อกลบเกลื่อนกลิ่นธรรมชาติที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การเติมกลิ่นวานิลลาลงในน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อกลบเกลื่อนกลิ่นธรรมชาติของถั่วเหลือง แต่ห้ามใช้สารให้กลิ่นเพื่อปิดบังกลิ่นเน่าเสียของอาหาร

รูปลักษณะของสารให้กลิ่น (Flavour form)

นักพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจะเลือกใช้สารให้กลิ่นใดเป็นส่วนผสมในอาหาร จะต้องพิจารณาถึงรูปลักษณะของสารให้กลิ่นที่จะนำไปใช้ให้เหมาะสมกับรูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้วย สารให้กลิ่น แบ่งตามสถานะได้เป็น 3 รูป คือ

1. ของแข็ง สารให้กลิ่นที่มีสถานะเป็นของแข็งจะมีอยู่ได้หลายรูปลักษณะ เช่น Encapsulated flavours, Crystal, Spray - dried powders, Freeze - dried powders, Dried extracts และ Plated powders เป็นต้น ซึ่งสารให้กลิ่นที่อยู่ในรูปของแข็งเหล่านี้อาจต้องมีตัวพาผสมอยู่ด้วย เช่น Gum หรือ Starch hydrolysates เป็นต้น

2. กึ่งของแข็ง เป็นสารให้กลิ่นที่อยู่ในรูปเข้มข้น ได้แก่ น้ำผลไม้เข้มข้น และอิมัลชัน ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปลักษณะข้น (Paste) สารให้กลิ่นที่อยู่ในรูปอิมัลชันประกอบด้วย น้ำ และน้ำมันผสมกันเป็นของเหลว หรือมีลักษณะข้นก็ได้

3. ของเหลว ของเหลวที่ใช้เป็นสารให้กลิ่น ได้จากการนำสารให้กลิ่นมาละลายในตัวทำละลาย เช่น แอลกอฮอล์ โพรพิลีนไกลคอล เบนซิลแอลกอฮอล์ กลีเซอรีน น้ำเชื่อม หรือน้ำ เป็นต้น

การเก็บรักษาสารให้กลิ่น

ความแรงของกลิ่น (Flavor strength) อาจลดลงได้เมื่อสารให้กลิ่นสัมผัสกับความร้อน แสง อากาศ และความชื้น การเก็บรักษาต้องมีสภาวะที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียกลิ่นหรือสูญเสียน้อยที่สุด สภาวะที่ดี คือ เก็บไว้ในที่เย็น สารให้กลิ่นสามารถเก็บได้นานถึง 6 - 12 เดือน โดยไม่มีการสูญเสียสารที่ให้กลิ่น สารให้กลิ่นบางชนิดมีอายุการเก็บรักษาไม่นาน เช่น Spray - dried citrus powders ไม่สามารถเก็บได้นานกว่า 3 - 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่ำ เช่น เก็บไว้ในตู้เย็น อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันมีเทคนิคการเก็บรักษาสารให้กลิ่นโดยใช้ Encapsulation ทำให้เก็บรักษาสารให้กลิ่นได้นานถึง 5 ปี

การใช้ประโยชน์ของสารให้กลิ่น

การนำสารให้กลิ่นไปใช้เติมในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นมีข้อจำกัด ซึ่งสามารถแบ่งผลิตภัณฑ์อาหารออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. Flavor - dependent foods หมายถึง อาหารที่จำเป็นต้องมีสารให้กลิ่นเป็นส่วนผสม เช่น ลูกอม (Hard boiled candy) ขนมหวานประเภทเจลลี่ (Gelatin desserts) และเครื่องดื่มน้ำอัดลม (Carbonated beverages)

2. Flavor - independent foods หมายถึง อาหารที่ผลิตขึ้นมาโดยไม่จำเป็นต้องเติมสารให้กลิ่น หรือห้ามเติมสารให้กลิ่น หรือผลิตภัณฑ์อาหารนั้นอาจมีกลิ่นเฉพาะ ตัวอย่างเช่น ขนมปังชนิดต่างๆ ธัญพืช นัท น้ำนม และเนย เป็นต้น

การใช้ประโยชน์ของสารให้กลิ่น และบทบาทของสารให้กลิ่นในอาหารบางประเภทมีดังนี้

1. อาหารที่มีไขมันต่ำ (Low - fat - foods) ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันต่ำ เนื่องจากไขมันและคอเลสเทอรอลมีผลต่อสุขภาพ ดังนั้นในผลิตภัณฑ์อาหารจะต้องมีไขมันต่ำ หรือเป็นอาหารที่ให้พลังงานต่ำ (Reduced - calorie foods) ซึ่งปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างแพร่หลาย

ไขมันในอาหารที่มีหน้าที่ทำให้อาหารมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม และเกิดความรู้สึกที่ดีเมื่อรับประทาน การลดปริมาณไขมันลงจะมีผลต่อลักษณะของอาหาร จึงต้องมีการหาสารอื่นมาทดแทนไขมัน เพื่อรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารให้คงเดิม นอกจากนั้นไขมันยังมีหน้าที่เป็นตัวพากลิ่น และมีบทบาทต่อการปล่อยสารให้กลิ่น ดังนั้น การพิจารณากลิ่นของอาหารที่มีไขมันต่ำจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของไขมันต่อน้ำ ความเป็นกรด - ด่างของอาหาร ปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตที่เติมลงในอาหาร รวมทั้งชนิดของอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้

องค์ประกอบของสารให้กลิ่นที่เติมลงในอาหาร จะประกอบด้วยสารให้กลิ่นหลาย ๆ ชนิด ผสมรวมกัน ซึ่งโครงสร้างของโมเลกุลอาจมีทั้งส่วนที่ชอบไขมัน (Lipophilic) และส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) ดังนั้นอัตราส่วนของไขมัน และน้ำในอาหาร และการกระจายตัวจึงมีอิทธิพลต่อกลิ่นของอาหารเป็นอย่างมาก นอกจากนั้นไขมันยังเป็นตัวพากลิ่นในอาหาร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตจะมีผลต่อปริมาณของไขมัน ดังนั้นจึงมีผลต่ออัตราการระเหยและความเข้มข้นของสารให้กลิ่นระหว่างที่บริโภคอาหารนั้นด้วย

2. เครื่องดื่ม (Beverages) ปัจจุบันแนวโน้มของรสชาติเครื่องดื่มจะเปลี่ยนจากเครื่องดื่มที่เคยมีรสหวาน เป็นเครื่องดื่มที่มีกลิ่นผลไม้ หรือเป็นน้ำผลไม้เจือจาง นอกจากนี้ยังมีการเติมกลิ่นลงในชา หรือกาแฟด้วยการเติมสารให้กลิ่นที่อยู่ในรูปผงลงในขั้นตอนการบดเมล็ดกาแฟ หรือเติมในรูปของเหลวลงบนเมล็ดกาแฟ สำหรับสารให้กลิ่นที่ใช้กับชา อาจใช้ผสมผลไม้ เช่น แอบเปิล ท้อ สตรอเบอรี่ หรือผลไม้ อื่น ๆ ดอกไม้ เครื่องเทศ และสมุนไพร ลงไปด้วย เพื่อให้ชามีกลิ่นเปลี่ยนไป อย่างไรก็ตาม สารให้กลิ่นที่ใช้กับเครื่องดื่มต้องคำนึงถึงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ เนื่องจาก Flavor - product interactions, Flavor - flavor interactions และ Flavor - product - package interactions เป็นต้น

3. ผลิตภัณฑ์นม (Dairy products) ผลิตภัณฑ์นมที่นิยมเติมสารให้กลิ่น ได้แก่ โยเกิร์ต ไอศกรีม ไอศกรีมโยเกิร์ต โยเกิร์ต พร้อมดื่ม และขนมหวานแช่แข็งที่มีน้ำนมเป็นส่วนผสม การเลือกใช้สารให้กลิ่นกับอาหารประเภทดังกล่าวต้องคำถึงปริมาณกรดในอาหาร ระดับความหวาน และความหวานตามธรรมชาติของผลไม้ที่จะใช้เป็นแหล่งของสารให้กลิ่นธรรมชาติ นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงปริมาณของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในสารให้กลิ่นที่จะเติมลงไปด้วย

ในต่างประเทศ กลิ่นวานิลลาเป็นกลิ่นที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์นมมากที่สุด รองลงมาเป็นกลิ่นช็อคโกแลต และสตรอเบอรี่ กลิ่นวานิลลาที่นำมาใช้จะอยู่ในรูปสารละลายที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ ส่วนช็อคโกแลตจะใช้ในรูปผงโกโก้ หรือรูปช็อคโกแลตเหลว นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ใช้เองด้วยว่าจะใช้ในรูปใด หรือจะใช้ในรูปผสมก็ได้ และควรจะใช้ในปริมาณเท่าใด

4. ผลิตภัณฑ์เนื้อ (Meat products) ผลิตภัณฑ์เนื้อมีหลายชนิด เช่น เนื้อปรุงรส เนื้อหมักเนื้อรมควัน และไส้กรอกชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะมีกลิ่นแตกต่างกันไป การเพิ่มสารให้กลิ่นลงในผลิตภัณฑ์เนื้อ อาจทำได้โดยใช้ Forced - air chamber ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และเวลา กลิ่นควันที่อยู่ในรูปสารละลายน้ำมัน หรือสารละลายน้ำ จะทำให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์เนื้อเพิ่มขึ้นได้ในขณะทำ Forced - air smoking สำหรับเนื้อปรุงรสอาจฉีดเข้าไปโดยตรงในกล้ามเนื้อสัตว์ หรือใช้สภาวะสุญญากาศช่วยก็ได้

5. มายองเนสและน้ำสลัด (Mayonnaise & Salad dressing) มายองเนสเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง อาจสูงถึงร้อยละ 80 และมีไข่แดงเป็นอิมัลซิไฟเออร์และไม่มีการเติม Thickening agent ส่วนน้ำสลัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 50 โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 - 30 อาจมีการใช้อิมัลซิไฟเออร์ชนิดอื่นที่ไม่ใช่ไข่แดงก็ได้ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จุลินทรีย์เจริญได้ง่ายเพราะมีปริมาณน้ำสูง โดยเฉพาะเมื่อใช้เครื่องเทศที่ได้จากธรรมชาติ ดังนั้นจึงมีข้อแนะนำให้ใช้สารสกัดจากเครื่องเทศ (Spice extracts) เป็นสารให้กลิ่น

การประเมินคุณภาพของสารให้กลิ่น

ปัจจุบันได้มีเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับใช้วิเคราะห์หาปริมาณชนิด และสูตรโครงสร้างของสารให้กลิ่น เช่น High - performance liquid chromatography, Gas chromatography, Mass spectroscopy และ Infrared spectroscopy เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมื่อเติมสารให้กลิ่นลงในอาหาร หรือผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่สามารถใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ประเมินคุณภาพของสารให้กลิ่นในอาหารได้ดีเท่ากับการใช้ผู้ชิม ซึ่งเรียกว่า การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) ดังนั้นการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการประเมินคุณภาพของสารให้กลิ่นในอาหาร

วิธีการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของสารให้กลิ่นบางชนิด ได้มีข้อกำหนดในการใช้สารละลายที่เป็นตัวกลางไว้ดังนี้

1. กลิ่นผลไม้ สารละลายตัวกลางที่ใช้ คือ สารละลายของน้ำตาลความเข้มข้นร้อยละ 5 - 10 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 5 - 10

2. กลิ่นเครื่องเทศ และกลิ่นที่คล้ายเครื่องเทศ สารละลายตัวกลางที่ใช้เป็นสารละลายน้ำตาลความเข้มข้นร้อยละ 5

3. กลิ่นช็อคโกแลต เมเปิล และบัตเตอร์สกอต สารละลายตัวอย่างที่ใช้เป็นน้ำนมที่เติมน้ำตาลความเข้มข้นร้อยละ 5

4. กลิ่นเนื้อและเนย สารละลายตัวกลางที่ใช้สารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 5

5. กลิ่นในน้ำมัน เตรียมสารละลายน้ำมันเจือจางความเข้มข้นร้อยละ 10 ในโพรพิลีนไกลคอล หรือแอลกอฮอล์ แล้วนำสารละลายนี้ไปเติมลงในสารละลายเกลือ หรือสารละลายน้ำตาล ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่นำไปใช้ (นิธิยา, 2545)

โรสแมรี่ (Rosemary)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Rosemarinus officinalis* L. วงศ์ Lamiaceae เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง มีอายุยืนถึง 20 ปี มีกลิ่นแรง ใบลักษณะเป็นเส้นตรงยาวรี ยาวประมาณ 2 - 4 เซนติเมตร มีสีเขียวถึงอมเทาใบจะเป็นที่สะสมน้ำมันหอมระเหยกลิ่นคล้ายการบูร (มูลนิธิโครงการหลวง, 2542) โดยปกติจะมีความสูงประมาณ 2 เมตร มีถิ่นกำเนิดแถบเมดิเตอร์เรเนียนและได้นำมาปลูกกันโดยทั่วไปในประเทศสเปน ฝรั่งเศส ตูนีเซีย และอิตาลี โรสแมรี่เป็นพืชพุ่มเตี้ย มีสีเขียวตลอดปี มีกลิ่นหอม ใบมีลักษณะเรียวแหลมขนาดเล็ก ดอกมีสีม่วงน้ำเงิน โรสแมรี่ใช้เป็นเครื่องปรุงอาหาร เช่น ซุป ไส้กรอก และยังเป็นส่วนผสมสำคัญในผลิตภัณฑ์น้ำหอม นิยมใช้ใบที่ผ่านการทำแห้งเป็นเครื่องเทศ น้ำมันโรสแมรี่ผลิตโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำจากส่วนของดอกสด (Keville, 1991)

น้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่

โรสแมรี่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 1.0 - 2.5 นิยมกลั่นด้วยไอน้ำ (Stream distillation) โดยใช้ส่วนยอด ใบและก้านใบ องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่ส่วนใหญ่เป็น Monoterpenes แต่องค์ประกอบทางเคมีบางชนิดเช่น 1, 8 - cineole และ Camphor มักมีปริมาณที่ไม่แน่นอน จึงง่ายต่อการปนปลอมด้วย 1, 8 - cineole จาก Eucalyptus globules และ Camphor จาก Cinnamomum ซึ่งมีราคาถูกกว่า

องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่

1. องค์ประกอบหลัก ประกอบด้วย
   - 1, 8 - cineole ปริมาณ ร้อยละ 15 - 30
   - Camphor ปริมาณ ร้อยละ 15 - 25
   - Camphene ปริมาณ ร้อยละ 5 - 10
   - α - pinene ปริมาณไม่เกิน ร้อยละ 25
   - Borneol ปริมาณ ร้อยละ 10 - 20

2. องค์ประกอบอื่นๆ มีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีปริมาณที่น้อยมาก เช่น 2 - bonanone, Acetic acid, Bornyl acetate, Campholenal, Bisabolol เป็นต้น

ผลทางเภสัชกรรมและทางชีววิทยา น้ำมันโรสแมรี่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ (แบคทีเรียและรา) เมื่อทำการทดลองในหนูพบว่ามีฤทธิ์ในการกระตุ้นการเคลื่อนไหว ซึ่งเชื่อว่าเป็นผลมาจากสารที่ชื่อ Cineole น้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่ มี Oil active properties ที่ดี และมี

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในทางเครื่องสำอาง การปรุงอาหาร และการแพทย์มาตั้งแต่ยุคโบราณ จนถึงปัจจุบัน

ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่

1. ประโยชน์ทางอาหาร

เป็นสารปรุงแต่งในผลิตภัณฑ์อาหาร ลูกกวาด เจลาติน พุดดิ้ง ขนมปัง เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เครื่องปรุงอาหาร ผลไม้และของหวาน เป็นสารปรุงแต่งในเครื่องดื่มที่มีและไม่มีแอลกอฮอล์ ช่วยถนอมอาหาร และช่วยลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* sp. ในเนื้อสัตว์

2. ประโยชน์ทางเครื่องสำอาง

ใช้แต่งกลิ่นสบู่ สเปรย์ปรับอากาศ น้ำยาล้างทำความสะอาด และเป็นส่วนประกอบในการผลิตน้ำหอม ครีมและโลชั่น

3. ประโยชน์ด้านการแพทย์

ช่วยลดความดันโลหิตสูง ลดอาการหัวใจเต้นเร็ว ช่วยระบบทางเดินอาหาร เช่น บรรเทาอาการท้องอืด อาหารไม่ย่อย บรรเทาอาการท้องผูก ช่วยให้เจริญอาหาร ช่วยระบบกล้ามเนื้อและผิวหนัง โดยทาเพื่อบรรเทาอาการเมื่อยล้า ลดการเกิดสิว และรอยแผลเป็น ช่วยระบบประสาท โดยช่วยเพิ่มความจำ บรรเทาอาการชัก อาการซึมเศร้า กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง และช่วยระบบทางเดินหายใจ โดยบรรเทาอาการหวัด อาการอักเสบจากไซนัส ช่วยละลายเสมหะ (กฤษณา และวิริยา, 2546)

การสกัดน้ำมันหอมระเหย

การสกัดน้ำมันหอมระเหยสามารถทำได้โดยนำพืชสมุนไพรมาล้างทำความสะอาด คัดเลือกส่วนที่เน่าเสียหรือสิ่งปนเปื้อนออก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการกลั่น แล้วนำไปกลั่นโดยเร็วเพื่อลดการสูญเสียน้ำมันหอมระเหย การกลั่นใช้เวลาโดยประมาณ 3 - 5 ชั่วโมง น้ำมันหอมระเหยและไอน้ำจะกลั่นตัวลงใน Condensing chamber เก็บน้ำมันหอมระเหยที่ได้ใส่ในขวดสีชาเพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากแสงแดด ความร้อน และออกซิเจน จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

เอนแคปซูเลชั่น (Encapsulation)

การ Encapsulation มีการผลิตครั้งแรกเมื่อ 40 ปีที่แล้ว ซึ่งเป็นการเคลือบอนุภาค (Coating) หรือกักเก็บอนุภาคขนาดเล็ก (Entrapment) ซึ่งอยู่ในรูปของของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ โดยส่วนใหญ่จะเป็นของเหลว โดยเคลือบด้วยสารเคลือบที่เป็นโพลิเมอร์ ซึ่งอาจได้จากธรรมชาติ หรือได้จากการสังเคราะห์ขึ้นมา ผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้มีผนังบาง แต่แข็งแรงพอที่จะป้องกันอนุภาคภายในหรือสารแกนกลางของผลิตภัณฑ์ได้ ขนาดของไมโครแคปซูลส่วนใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 5 - 300 ไมโครเมตร และมีปริมาณสารแกนกลาง ร้อยละ 10 - 90 ลักษณะการผลิตไมโครแคปซูลจะมีลักษณะคล้ายผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติเช่น เมล็ดธัญพืช เปลือกไข่ เปลือกหอย หรือ Bacterial spores เป็นต้น (Thies, 2001; พิมพร, 2527)

แคปซูลของสารให้กลิ่นมีหลายแบบด้วยกันคือ มีสารเคลือบชั้นเดียว รูปร่างลักษณะไม่แน่นอน มีสารเคลือบหลายชั้น หรือมีสารแกนกลางหลายอนุภาคในสารเคลือบ

วิธีการเอนแคปซูเลชั่น สามารถทำได้หลายเทคนิค ได้แก่ (Dziezak, 1988; Shahidi and Naczk, 1995; King, 1995; Gibbs *et. al.* 1999; Thies, 2001; Gouin, 2004).

- Spray drying
- Spray chilling or Spray cooling
- Extrusion coating
- Fluidized bed coating
- Liposome entrapment
- Inclusion complexation
- Rotational suspension separation
- Coacervation

หลักการของกระบวนการผลิตแคปซูลโดยทั่วไปมี 3 ขั้นตอนดังนี้ การสร้างสารเคลือบรอบๆ อนุภาคของสารแกนกลาง การกักเก็บแกนกลางไว้ภายในสารเคลือบทำให้สารแกนกลางไม่ถูกปลดปล่อยออกมาได้ โดยสารเคลือบต้องสามารถป้องกันสารแกนกลางจากการถูกทำลายจากภายนอกได้ และการควบคุมการปลดปล่อยสารแกนกลางได้ สามารถควบคุมเวลาและอัตราการปลดปล่อยได้ (Versic, 1988)

วัตถุประสงค์ของการผลิตแคปซูล คือ สามารถป้องกันสารแกนกลางที่มีความไวต่อสภาวะแวดล้อม เช่น ออกซิเจน น้ำ และแสงทำให้สารแกนกลางมีความคงตัวดีขึ้น สารแกนกลางที่มีความไว ได้แก่ สารให้กลิ่น วิตามิน สามารถเปลี่ยนรูปของสารที่ใช้ในอาหารจากของเหลวเป็นของแข็ง

ทำให้นำสารนั้น ๆ ไปใช้ได้ง่ายในอาหารรูปแบบต่าง ๆ สามารถควบคุมเวลาและอัตราการปลดปล่อยของสารแกนกลางได้ สามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษาสารแกนกลาง และสามารถลดการระเหยน้ำหรืออัตราการถ่ายเท (Transfer rate) ของสารแกนกลางสู่ภายนอก (Thies, 2001; Versic, 1988)

ในเชิงอุตสาหกรรมได้มีการนำเอาแคปซูลกักเก็บกลิ่นมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับอาหารดังนี้ คือ สารให้กลิ่น (Flavoring agents)ได้แก่ น้ำมัน เครื่องเทศ สารปรุงแต่งรส และสารให้ความหวาน สารปรับสภาพความเป็นกรด - ด่าง ไขมัน สารเคมีรีดอกซ์ เช่น สารฟอกสี หรือสารเร่งการสุก เป็นต้น เอนไซม์ หรือจุลินทรีย์ สารปรุงแต่งความหวาน สารทำให้ขึ้นฟู สารป้องกันการหืน วัตถุกันเสีย สารให้สี และน้ำมันหอมระเหย กรดอะมิโน วิตามิน และเกลือแร่ (Gibbs *et. al.*, 1999)

กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying)

หลักการ

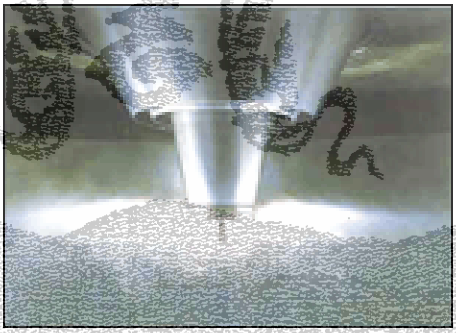
การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อระเหยน้ำออกจากของเหลวอย่างรวดเร็วโดยอากาศร้อน กระบวนการนี้ประกอบไปด้วยการพ่นของเหลว (Feed) ออกมาจนเป็นละอองขนาดเล็กเข้าผสมกับอากาศร้อนที่ไหลผ่านอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่อยู่ในละอองของเหลวระเหยไปทั้งหมดและได้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของผงแห้ง สำหรับกระบวนการทำแห้งให้กับของเหลวนั้น โดยใส่ของเหลวลงในเครื่อง แล้วรอจนของเหลวมีความชื้นในระดับที่เหมาะสมต่อการฉีดให้ออกมาเป็นละออง จากนั้นจึงแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งออกมา สำหรับตัวอย่างของเหลวที่นำมาทำแห้งนั้นสามารถใช้ได้ทั้งที่เป็นตัวทำละลาย สารประเภทอิมัลชัน หรือสารแขวนลอยก็ได้ ส่วนเครื่องมือที่ใช้สำหรับกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย คือเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry) เป็นที่นิยมใช้สำหรับการทำแห้งสารละลายอินทรีย์ สารประเภทอิมัลชันและของเหลวชนิดต่างๆ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของผงแห้ง มักใช้วิธีนี้ในอุตสาหกรรมทางเคมี และอาหาร ผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งที่ได้จากการทำแห้ง แบบพ่นฝอยที่มีวางขายในปัจจุบันได้แก่ นมผง อาหารเด็ก ยา และสีย้อม การทำแห้งด้วยวิธีนี้ นอกจากจะใช้สำหรับทำแห้งอย่างรวดเร็วแล้ว ยังเป็นวิธีการที่มีประโยชน์มากในการลดขนาด และปริมาตรของของเหลวอีกด้วย จากการวิจัยและพัฒนาที่ต่อเนื่องกันมา ทำให้วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยกลายเป็นวิธีการทำแห้งที่มีประสิทธิภาพ และนิยมนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์หลายชนิดในปัจจุบัน

กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน

1. การทำให้ของเหลวกระจายตัวเป็นละออง (Atomization of feed) กระบวนนี้เป็นการทำให้ของเหลว กระจายตัวกลายเป็นละออง โดยใช้หัวพ่นฝอย (Atomizer) ซึ่งถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งมี 3 ชนิด คือ

Rotary atomizer หัวพ่นฝอยชนิดนี้ตัวอย่างจะไหลลงบนจานหมุนใกล้กับจุดศูนย์กลาง โดยจานหมุนจะมีความเร็วรอบประมาณ 5,000 - 10,000 รอบต่อนาที ของเหลวที่ตกลงบนจานหมุนจะถูกเหวี่ยงออกด้านข้างกระจายเป็นละอองขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 30 - 120 ไมครอน ซึ่งขนาดเฉลี่ยนี้จะแปรผันตรงกับอัตราการไหลของตัวอย่าง และความหนืด แต่จะแปรผกผันกับอัตราการหมุนและเส้นผ่านศูนย์กลางของจานหมุน



ภาพที่ 1 หัวพ่นฝอยของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิด Rotary atomizer

Pressure nozzles atomizer หัวพ่นฝอยชนิดนี้ ตัวอย่างจะไหลผ่านช่องของหัวพ่นฝอยภายใต้ความดันสูง ทำให้ของเหลวที่ออกมาจากหัวฉีดกระจายเป็นละอองฝอยได้โดยที่ไม่ต้องใช้อากาศ อนุภาคที่ได้จะมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 120 - 250 ไมครอน โดยขนาดอนุภาคจะแปรผันตรงกับอัตราการไหลของของเหลว และความหนืด แต่จะแปรผกผันกับความดัน

ภาพที่ 2 หัวพ่นฝอยของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิด Pressure nozzles atomizer

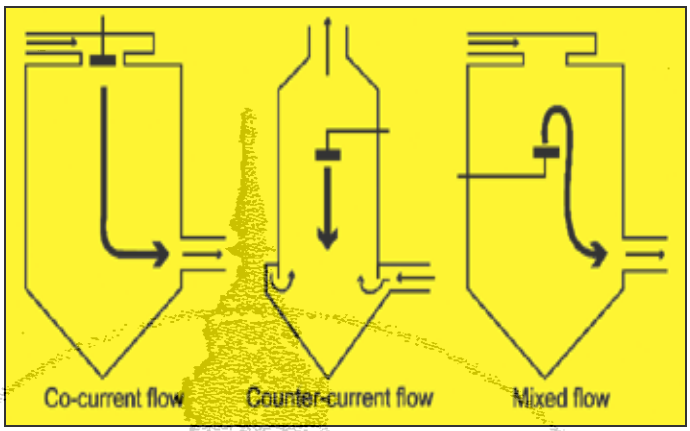
Two - fluid nozzle atomizer (Pneumatic nozzle atomizer) หัวพ่นฝอยชนิดนี้ ตัวอย่างและอากาศจะไหลผ่านหัวของ Nozzle ซึ่งจะทำให้ของเหลวแตกเป็นละอองฝอย เนื่องจากการไหลผ่านของอากาศด้วยความเร็วสูงภายใน Nozzle การปรับอัตราการไหลของอากาศจะช่วยในการกระจายเป็นละอองของของเหลว วิธีนี้นิยมใช้กับของเหลวที่มีความหนืดสูง แต่อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีค่าดำเนินการที่สูงแต่ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ

2. การสัมผัสของละอองฝอยกับอากาศ ขั้นตอนนี้ ละอองของตัวอย่างที่ถูกฉีดออกมาจะสัมผัสหรือเข้าผสมกับอากาศร้อน และเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งของหัวพ่นฝอย กับอากาศแห้งขาเข้าจะสามารถแบ่งรูปแบบของการสัมผัสกับอากาศร้อนได้ ดังนี้

การไหลผ่านทางเดียวกัน (Co - current flow) ทิศทางการฉีดของเหลวเป็นทิศทางเดียวกับการไหลของอากาศร้อน ละอองของเหลวจะสัมผัสและผสมเข้ากับอากาศร้อนขณะที่ยังมีความชื้นสูงหรือมีน้ำภายในอนุภาคมากอยู่ จากนั้นผลิตภัณฑ์จะถูกทำให้ระเหยทันทีจนกลายเป็นผง วิธีนี้เป็นวิธีการทำแห้งของเครื่อง Spray dryer โดยทั่วไป

การไหลผ่านสวนทางกัน (Counter - current flow) ทิศทางการฉีดของเหลวเป็นทิศทางตรงกันข้ามกับการไหลของอากาศร้อน โดยของเหลวจะถูกฉีดลงมาจากด้านบนในขณะที่อากาศร้อนจะไหลขึ้นจากด้านล่าง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความร้อนสูงมาก วิธีนี้จึงเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่เสถียรต่อความร้อนสูงเท่านั้น

การไหลผ่านแบบผสม (Mixed flow) การไหลของของเหลวจะเคลื่อนที่ผ่านทั้งห้อง Co - current และ Counter - current วิธีนี้เหมาะสำหรับทำแห้งผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงหยาบ และทนความร้อนได้สูงมาก



ภาพที่ 3 แสดงการไหลของอากาศภายใน Spray dryer
แบบ Co - current flow, Counter - current flow, Mixed flow

3. การระเหยของละอองฝอย เมื่อละอองฝอยสัมผัสกับอากาศร้อน จะเกิดการระเหยในชั้นไอน้ำอิ่มตัวบริเวณผิวของละอองอย่างรวดเร็ว โดยจะมีอุณหภูมิที่ผิวของละอองอยู่ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอุณหภูมิอากาศแห้ง และจะแพร่เข้าสู่ชั้นผิวด้านในซึ่งอยู่ในสภาวะอิ่มตัว ช่วงนี้จึงเป็นช่วงที่อัตราการระเหยคงที่ จนกระทั่งความชื้นอยู่ในระดับต่ำและไม่มีการแพร่เข้าสู่ผิวด้านในแล้ว ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นชั้นแห้งหนาขึ้นตามเวลา และมีอัตราการระเหยลดลง

4. ขั้นตอนการแยกผลิตภัณฑ์แห้งจากอากาศ การแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอากาศนั้นโดยทั่วไปนิยมใช้ Cyclone เป็นตัวเก็บผลิตภัณฑ์ที่ตกลงสู่ด้านล่าง ส่วนอากาศที่ออกจากด้านบนของ Cyclone จะผ่านไปยังตัวเก็บขั้นสุดท้ายซึ่งอาจเป็น Wet scrubber, Bag filter หรือ Electrostatic precipitator ขึ้นอยู่กับปริมาณผงที่มี และประสิทธิภาพการนำกลับมา

ระบบของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย Spray dryer

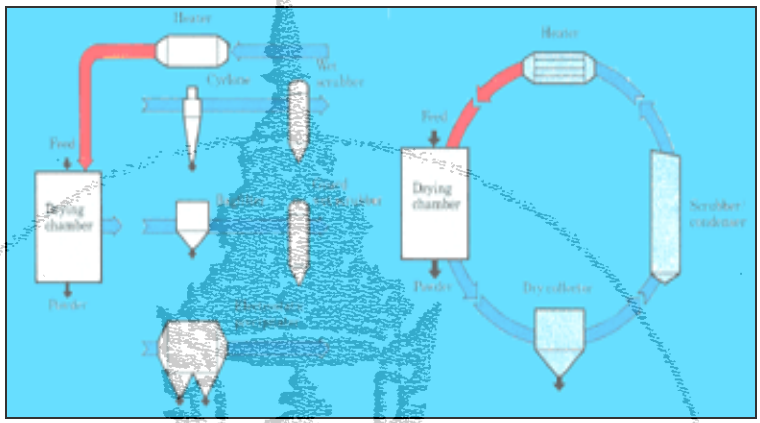
Open cycle system

ระบบนี้ อากาศที่ใช้ในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นอากาศจากบรรยากาศซึ่งจะถูกนำเข้ามาในระบบ โดยผ่านตัวกรองจากนั้นหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการโดยที่ในอากาศไม่มีผลิตภัณฑ์หลงเหลืออยู่แล้วจึงถูกปล่อยกลับออกสู่บรรยากาศตามเดิม

Closed cycle system

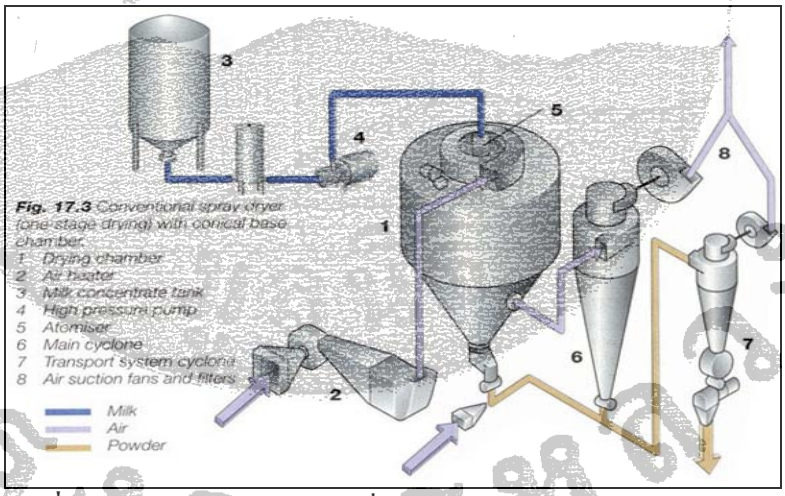
ระบบนี้จะใช้ก๊าซ เช่น ไนโตรเจนในการหมุนเวียนอากาศภายในระบบ โดยที่ไม่มีการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม หรือเป็นระบบปิด ระบบนี้มักใช้กับการทำแห้งสารละลายที่ติดไฟได้

สารมีพิษและสารที่มีความไวต่อออกซิเจน เครื่อง Spray dryer โดยทั่วไปเป็นระบบเปิด และมีการไหลของอากาศเป็นแบบทางเดียวกัน (Co - current)



Open cycle system **Closed cycle system**

ภาพที่ 4 ระบบของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยแบบ Open cycle system และClosed cycle system



ภาพที่ 5 ทิศทางการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

ตัวแปรของผลิตภัณฑ์ที่เป็นค่ากำหนดประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามต้องการ

1. ความหนืด ถ้าของเหลว มีความหนืดสูง (อาจเกิดจากการลดลงของอุณหภูมิของเหลว) จะทำให้ได้ละอองที่มีขนาดใหญ่ขึ้นที่สภาวะของหัวพ่นฝอยเดียวกัน และหากมีความหนืดสูงมากจะทำให้ของเหลว ที่ฉีดออกมามีลักษณะคล้ายเส้นด้าย ดังนั้นจึงไม่ควรใส่ของเหลวที่มีความหนืดสูงเกินไป

2. อัตราการไหลของของเหลว ถ้าอัตราการไหลเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ละอองที่หยาบ เนื่องจากเวลาที่สัมผัสกับอากาศน้อยเกินไป จึงต้องควบคุมอัตราการไหลของของเหลวให้เหมาะสม

3. อัตราการไหลของอากาศ หากอัตราการไหลลดลงจะทำให้เวลาที่ละอองอยู่ในห้องอบนานจะทำให้ของเหลวสัมผัสกับอากาศร้อนมากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ลดปริมาณความชื้นได้ แต่หากอัตราการไหลของของเหลวสูงหรือต่ำเกินไปและมีอุณหภูมิที่สูงไม่เพียงพอ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นสูง เกาะติดอยู่ข้างผนังของห้องอบ

4. อุณหภูมิอากาศขาเข้า การเพิ่มอุณหภูมิอากาศขาเข้าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระเหยได้ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นกับการไหลของอากาศด้วย

ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยทำให้เป็นละอองขนาดเล็กแห้งเป็นผงเกิดขึ้นรวดเร็วมาก ทั้งนี้เพราะละอองอนุภาคเหล่านั้นมีขนาดเล็ก คือมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 10 - 300 ไมครอนเท่านั้น ทำให้มีพื้นที่ผิวสำหรับการทำแห้งมาก และระยะทางที่ความชื้นจากภายในละอองอนุภาคต้องเคลื่อนที่มาที่ผิวก็น้อยมาก ดังนั้นจึงใช้เวลาทำแห้งสั้นมากเพียง 1 - 20 วินาที ซึ่งสิ่งนี้เป็นลักษณะพิเศษของการทำแห้งแบบพ่นฝอย การที่มีพื้นที่ผิวสำหรับการทำแห้งมากจึงเกิดผลของ Evaporative cooling นั่นคือ ในระหว่างการทำแห้งนั้นอุณหภูมิที่ผิวของละอองอนุภาคจะไม่สูงเกินอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่ทำแห้ง และเนื่องจากมีการออกแบบการทำงานของเครื่องไว้ดี การแยกผงผลิตภัณฑ์ออกจากอากาศร้อนจึงเหมาะสำหรับทำแห้งอาหารที่ถูกทำลายคุณภาพโดยความร้อนได้ง่าย เช่น นม ไข่ และกาแฟ มีการผลิตอาหารผงด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอยอยู่หลายชนิด เช่น นมผง อาหารสำหรับทารก เนยแข็งผง ไข่ผง กาแฟผง ชาผง ผักผง (จากผักพวกมะเขือเทศ ถั่ว แครอท แอสพารากัส และบีทรูท) และผลไม้ผง (จากผลไม้พวกกล้วย กะทิ ส้ม มะนาว แอปริคอท สตรอเบอร์รี และแอปเปิล) (ไพบูลย์, 2532)

การระเหยน้ำออกจากอาหารด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะใช้พลังงานสูงเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ตัวอย่างเช่น การระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม ด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยจะใช้พลังงานสูงถึง 6,000 กิโลจูล ดังนั้นเพื่อลดพลังงานในการผลิตอาหารผงจึงมีการเพิ่มความเข้มข้นของอาหารเหลวที่จะนำมาทำแห้งแบบพ่นฝอยให้มีปริมาณของแข็งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ก่อน การเพิ่มปริมาณของแข็งมีผลให้ความหนืดของอาหารเหลวเพิ่มขึ้นด้วย แต่หากความหนืดของอาหารเหลวสูงเกินไปจะทำให้ละอองอนุภาคที่ได้จากหัวพ่นฝอยเกิดขึ้นไม่ดี ปริมาณของแข็งมีค่าตั้งแต่ ร้อยละ 25 - 60 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร วิธีการเพิ่มปริมาณของแข็งให้อาหารเหลวอาจใช้เครื่องระเหยแห้งแบบสุญญากาศ เครื่องกรองแบบ Reverse osmosis หรือเติมสารพวก Filler

การเพิ่มอุณหภูมิขาเข้าของอากาศ และลดอุณหภูมิขาออกของอากาศ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำแห้งแบบพ่นฝอยให้สูงขึ้น ระดับที่เหมาะสมของอุณหภูมิขาเข้าของอากาศ

โดยทั่วไปพิจารณาจากความทนทานของอาหาร หรือความไวต่อความร้อน อาหารส่วนมากมักทำแห้งด้วยอุณหภูมิขาเข้าของอากาศไม่เกิน 200 องศาเซลเซียส แต่อาหารบางชนิดสามารถทนได้ถึง 300 องศาเซลเซียส

ได้มีการทดลองทำแห้งแบบพ่นฝอยเบต้า - แคโรทีน โดยนำเบต้า - แคโรทีนบริสุทธิ์ 0.5 กรัม มาผสมกับสารละลายมอลโตเดกซ์ทริน DE 25 ความเข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาณ 1,000 กรัม หลังจากทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นผสม (Homogenizer) ได้นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย ด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีอุณหภูมิขาเข้า และขาออกของอากาศ 170$\pm$5 องศาเซลเซียสและ 95$\pm$5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ได้ผงเบต้า - แคโรทีนที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 0.29

ในกระบวนการผลิตมะนาวผง อัตราส่วนของน้ำมะนาวสดต่อสารละลายมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 40 มีผลต่อค่าความเป็นกรด - ด่าง และกลิ่นของน้ำมะนาวและพบว่าอุณหภูมิขาเข้าของอากาศ มีผลต่อค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์โดยสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยมะนาวผงคืออุณหภูมิขาเข้าของอากาศ 200 องศาเซลเซียส

กระบวนการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่น (Flavor Encapsulation) โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

การผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมมากมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 ทั้งนี้วิธีการนี้เป็นวิธีการที่มีประโยชน์และข้อดีในหลายๆ ด้าน คือทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำ สามารถเลือกใช้สารเคลือบได้หลายชนิด รักษาหรือเก็บกักสารให้กลิ่นได้ดีและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเสถียร (Reineccius, 1988)

ขั้นตอนการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งขั้นตอนโดยทั่วไปมีดังต่อไปนี้

1. ผสมส่วนผสมของสารเคลือบและสารแกนกลางเข้าด้วยกันโดยเครื่องปั่นผสม (Homogenizer) โดยทำให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน มีลักษณะเป็นอิมัลชัน
2. นำสารละลายที่เตรียมได้เข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ผ่านเข้าไปในส่วนของหัวพ่นฝอยเพื่อทำให้สารละลายนี้จะถูกทำให้กระจายตัวเป็นอนุภาคเล็ก (Droplet) หรือหยดน้ำเล็กๆ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 - 200 ไมโครเมตร
3. ส่วนของอนุภาคเล็ก ๆ นี้ จะกระจายตัวอยู่ในกระแสลมร้อนในเครื่องที่อุณหภูมิ 150 - 300 องศาเซลเซียส ในถังอบขนาดใหญ่ ทำให้หยดของอนุภาคเล็ก ๆ แห้งอย่างรวดเร็วภายในเวลา 1 - 10 วินาที เนื่องจากมีพื้นที่ผิวมาก แล้วจะได้ส่วนของอนุภาคของแข็งที่เคลือบสารแกนกลางไว้ด้านใน

4. ผงของแห้งจะเคลื่อนที่มารวมอยู่ที่ด้านล่างของเครื่อง และถูกลำเลียงและรวบรวมไว้ที่ Cyclone separator เพื่อเก็บแคปซูลกักเก็บกลิ่นไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป (วิไล, 2545; Risch, 1995)

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

1. คุณสมบัติของสารให้กลิ่น น้ำหนักโมเลกุลของสาร ขณะทำแห้งอาจเกิดปัญหาโมเลกุลของสารให้กลิ่น เกิดการแพร่จากแกนกลางอนุภาคมาสู่ผิวหน้าของอนุภาค ทำให้สัมผัสลมร้อน เกิดการย่อยสลายได้ จึงทำให้เกิดปัญหาการสูญเสียกลิ่นขณะทำแห้งได้ อย่างไรก็ตามน้ำหนักโมเลกุลของสารให้กลิ่นมีผลต่อ อัตราการเคลื่อนที่ของโมเลกุลด้วยการแพร่ (Diffusion) โดยโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะทำให้อัตราการแพร่ของสารให้กลิ่นในโมเลกุลเกิดช้าลง ทำให้ช่วยกักเก็บกลิ่นได้ดีในระหว่างการทำแห้ง นอกจากนี้น้ำหนักโมเลกุลมีความสัมพันธ์กับขนาดโมเลกุล โดยโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่จะช่วยชะลออัตราการแพร่ของสารให้กลิ่นภายในอนุภาคออกมาภายนอกได้ ทำให้สารให้กลิ่นต้องใช้เวลาเดินทางจากแกนกลางอนุภาคมาที่ผิวหน้าของอนุภาคต้องใช้เวลานาน จึงช่วยชะลอการสูญเสียกลิ่นได้ อีกเหตุผลหนึ่งคือ เนื่องจากโมเลกุลขนาดใหญ่มีพื้นที่ผิวหน้ามาก จึงทำให้พื้นที่ผิวหน้าแห้งอย่างรวดเร็วด้วยลมร้อน โดยส่วนที่เป็นสารให้กลิ่นที่อยู่แกนกลางไม่ทันแพร่ออกจากอนุภาคได้ ถ้ามีความชื้นต่ำ ซึ่งเมื่อผิวหน้าของอนุภาคแห้ง จึงหยุดการแพร่ของโมเลกุลต่างๆ ในอนุภาค ความดันไอของสารระเหย พบว่ามีผลในการควบคุมการสูญเสียสารให้กลิ่น โดยพบว่าสารให้กลิ่นที่มีขนาดเล็กและระเหยได้ดี จะสูญเสียได้ง่ายกว่าสารให้กลิ่นขนาดใหญ่และระเหยยาก ความสามารถในการละลาย พบว่าถ้าสารให้กลิ่นละลายได้ดีในน้ำ จะสูญเสียขณะการทำแห้งได้ง่ายกว่าสารที่ไม่ละลายในน้ำ เนื่องจากสามารถเกิดการแพร่ไปกับโมเลกุลของน้ำผ่านผิวหน้าของหยดอนุภาคได้ช่วงขั้นตอนสุดท้ายของการทำแห้ง (Reineccius, 1988)

2. ชนิดของสารเคลือบ ในการเลือกสารเคลือบเพื่อนำมาใช้นั้น ควรพิจารณาที่คุณสมบัติของสารเคลือบก่อน โดยทั่วไปแล้วสารเคลือบที่ดี จะต้องช่วยกักเก็บกลิ่นได้ดี โดยจะต้องมีประสิทธิภาพในการทำให้เกิดอิมัลชันที่ดี มีความสามารถในการละลายสูง มีคุณสมบัติทำให้เกิดฟิล์ม มีคุณสมบัติการทำแห้งที่ดี และมีความหนืดต่ำเมื่อใช้ความเข้มข้นสูง (King, 1995) ซึ่งสารกลุ่ม Hydrolyzed starches เป็นที่นิยมนำมาใช้เป็นสารเคลือบมาก ตัวอย่างเช่น Maltodextrin และ Corn syrup solids เนื่องจากสารกลุ่มนี้เป็นสารที่มีราคาถูก และมีความสามารถในการละลายได้สูงถึง ร้อยละ 75 และมีความหนืดต่ำ สำหรับสารกลุ่มนี้มีค่า Dextrose equivalent (DE) hydrolysates สูง (พวงทอง, 2544) เช่น Corn syrup solids มีค่า DE เท่ากับ 25 - 36 ซึ่งสามารถช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยา Oxidation ได้

มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin) จะประกอบด้วยแซคคาไรด์โมเลกุลเล็กๆ หลายชนิด แซคคาไรด์เหล่านี้ประกอบด้วยน้ำตาล ดี - กลูโคส (D - glucose) หรือเดกซ์โตรส (Dextose) ที่เชื่อมกันด้วยพันธะแอลฟา 1 - 4 และมีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรส (Dextrose Eqnivalent; DE) ต่ำกว่า 20 (จันทร์ฉาย, 2540) มอลโตเดกซ์ทรินสามารถผลิตได้โดยกระบวนการเดียวกับการผลิตคอร์นซีรัป เพียงแต่ในกระบวนการย่อยแป้งจะต้องควบคุมให้มีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรสต่ำกว่า 20 การย่อยแป้งอาจทำได้โดยใช้กรด โดยเฉพาะกรดเกลือหรือใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส หรืออาจย่อยแป้งโดยใช้กรดและเอนไซม์รวมกัน

มอลโตเดกซ์ทรินที่ผลิตได้จากการย่อยแป้งด้วยกรด มีแนวโน้มที่จะเกิดการรวมตัวกลับ เนื่องจากการย่อยแป้งเพื่อให้ได้สายสั้น ๆ และมีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรสต่ำนั้นจะมีขนาดใหญ่พอที่จะรวมตัวกันใหม่ ซึ่งมีผลทำให้สารละลายมอลโตเดกซ์ทรินขุ่น และมีผลกระทบต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ดังนั้นการป้องกันการเกิดสารละลายขุ่นและเพื่อให้ได้มอลโตเดกซ์ทรินที่ดูดความชื้นต่ำ และสามารถละลายน้ำได้ดี จำเป็นต้องใช้เอนไซม์หรือใช้กรด และเอนไซม์ร่วมกันในการย่อยแป้ง ส่วนประกอบของแซคคาไรด์ของมอลโตเดกซ์ทรินที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยกรดจะแตกต่างจากการย่อยด้วยกรดและเอนไซด์ร่วมกัน หรือจากการย่อยด้วยเอนไซม์ ซึ่งค่าสมมูลย์เดกซ์โทรสเท่ากัน มอลโตเดกซ์ทรินที่ได้จากการย่อยด้วยกรดจะมีสัดส่วนของเดกซ์ทรินที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากกว่า ซึ่งทำให้เกิดการรวมตัวใหม่ได้ง่าย สำหรับการละลายของมอลโตเดกซ์ทรินที่มีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรสในช่วงต่าง ๆ พบว่ามอลโตเดกซ์ทรินที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ที่มีความเข้มข้นของน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่านั้น (อัคกะบัทคาน, 2540) สามารถละลายน้ำได้มากกว่ามอลโตเดกซ์ทรินที่ได้จากการย่อยด้วยกรดที่มีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรสเท่ากัน

มอลโตเดกซ์ทรินสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมน้ำมันหอมระเหย เป็นต้น เนื่องจากมีคุณสมบัติอื่นๆ นอกจากความหวาน เช่น ใช้เป็นสารที่ให้ความชุ่มชื้นแก่อาหาร สารป้องกันการตกผลึกเป็น Stabilizersในอาหาร และเป็นสารที่ให้เนื้อสารแก่อาหาร

3. คุณสมบัติของสารละลายก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง ความเข้มข้นของปริมาณของแข็งในสารละลาย พบว่า ถ้าสารละลายมีปริมาณของแข็งอยู่มาก จะช่วยรักษาสารให้กลิ่นขณะทำแห้งได้ดี เนื่องจากไปช่วยลดเวลาการทำให้ผิวแห้งและสร้างเป็นสารเคลือบ เพราะมีปริมาณน้ำน้อย จึงใช้เวลาในการทำแห้งน้อย สารให้กลิ่นจึงสูญเสียได้น้อยขณะทำแห้ง (Reineccius, 1988) แต่อย่างไรก็ตามควรหาปริมาณของแข็งที่เหมาะสม เนื่องจากมีเหตุผลดังต่อไปนี้

- อัตราส่วนระหว่างสารแกนกลางกับสารเคลือบ บางครั้งการเติมสารแกนกลางมากๆ จนทำให้สารเคลือบไม่สามารถละลายได้ ถึงแม้จะสามารถฉีดเข้าเครื่องและเกิดการฉีดพ่นได้

แต่สารเคลือบที่ยังไม่ละลายเป็นอิมัลชันที่ดีกับสารแกนกลาง จะไม่สามารถเคลือบสารแกนกลางได้ จึงเกิดการสูญเสียสารแกนกลางระหว่างการทำแห้งได้

- ปริมาณของแข็งมีผลต่อความหนืดของสารละลายซึ่งถ้าสารที่จะทำแห้งแบบพ่นฝอยมีความหนืดสูงจะไปชะลอการสร้างอนุภาคเริ่มต้นในช่วงการฉีดพ่น ซึ่งจะทำให้ต้องใช้เวลานานในการสร้างหยดอนุภาค ทำให้ช่วงนี้สารให้กลิ่นเกิดการสูญเสียได้

ดังนั้นควรหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของปริมาณของแข็ง โดยศึกษาจากความหนืดและความสามารถในการละลายของสารละลายก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง

ความหนืด มีผลต่อการกระจายตัวของหยดอนุภาคระหว่างการทำแห้ง ซึ่งถ้าสารละลายที่มีความหนืดต่ำ จะทำให้ต้องใช้เวลานานในการทำให้ผิวหน้าของอนุภาคแห้ง สารให้กลิ่นอาจสูญเสียได้สูงช่วงนี้ ซึ่งในทางตรงข้ามกับสารที่มีความหนืดสูง จะใช้เวลาน้อยในการทำให้ผิวหน้าอนุภาคแห้ง ช่วยชะลอการสูญเสียกลิ่นได้ แต่อย่างไรก็ตามไม่ควรมีความหนืดสูงมากเกินไป เนื่องจากจะทำให้เกิดการสร้างหยดอนุภาคโดยกระบวนการฉีดพ่นได้ช้า จึงใช้เวลานาน ทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นได้

ความเข้มข้นของสารให้กลิ่นในสารละลาย ซึ่งพบว่าถ้าสารละลายมีสารให้กลิ่นในปริมาณสูง ทำให้สารละลายมีปริมาณของแข็งมาก ทำให้สารละลายมีความหนืดสูง จึงต้องใช้เวลานานในช่วงการเกิดหยดอนุภาค ส่งผลให้กลิ่นของสารเกิดการสูญเสียได้ง่าย

อุณหภูมิของสารละลาย มีรายงานว่าการทำสารละลายให้เย็นก่อนเข้าเครื่องอบแห้งจะช่วยเพิ่มความหนืด ทำให้ส่งผลต่อการฉีดพ่นฝอยในการเกิดหยดอนุภาค (Droplet) ทำให้ต้องใช้เวลานาน เกิดการสูญเสียกลิ่น แต่บางรายงานพบว่า การลดอุณหภูมิของสารละลายก่อนจะช่วยรักษากลิ่นขณะการผลิตได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Beristain *et al.* (2001) ศึกษาผลของความเข้มข้นของกระวาน ในการผลิตแคปซูลกลิ่นน้ำกระวาน โดยใช้ Mesquite gum เป็นสารเคลือบ ซึ่งใช้วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยในการผลิตแคปซูล จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพของแคปซูลน้ำมันกระวานที่ดีที่สุดคือ ใช้อัตราส่วนของน้ำมันกระวานต่อสารเคลือบ เท่ากับ 1:4 โดยผงแคปซูลน้ำมันที่ผิวหน้าเท่ากับ 2,590 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ผงแคปซูล) ในขณะความเข้มข้นของน้ำมันกระวานไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของแคปซูลผงที่ผลิตได้

Bertolimi *et al.* (2001) ทดลองผลิตแคปซูลกลิ่นต้นแบบกลุ่ม Monoterpenes โดยใช้ Gum arabic เป็นสารเคลือบ โดยศึกษาผลของความเข้มข้นของสาร Monoterpenes ที่ใช้ ร้อยละ 10 ร้อยละ 20 และ ร้อยละ 30 ของสารเคลือบ จากการทดลองพบว่าการใช้สารแกนกลาง (Monoterpenes) ร้อยละ 10 ทำให้แคปซูลกักเก็บกลิ่นได้ดีที่สุด (Percentages of retention) นอกจากนี้ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 33 วัน พบว่าระหว่างการเก็บรักษานั้น สารให้กลิ่นจะค่อยๆ ลดลงเล็กน้อยในช่วงของ 20 วันแรก แต่หลักจากนั้นปริมาณสารให้กลิ่นในแคปซูลจะลดลงมาก ซึ่งสารให้กลิ่นชนิด ß - pinene จะถูกกักเก็บกลิ่นได้มากที่สุดรองลงมาคือ Citral, Limonene, ß - myrcene, Linalool ตามลำดับ

Beristain *et al.* (2002) พัฒนาการผลิตแคปซูลกลิ่นน้ำมันผิวส้ม โดยใช้ Mesquite gum ความเข้มข้นร้อยละ 30 เป็นสารเคลือบ และใช้ปริมาณน้ำมันผิวส้มต่อสารเคลือบเท่ากับ 1:4 จากการทดลองศึกษาผลของ Water activity ต่อการเกิดปฏิกิริยา Oxidation ช่วง Water activity 0.11 - 0.74 โดยเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่าแคปซูลกลิ่นน้ำมันผิวส้มมีความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยา Oxidation มากที่สุด ช่วง Water activity 0.51 - 0.63 โดยที่สภาวะการเก็บที่ Water activity ต่ำกว่า 0.63 พบว่าแคปซูลไม่ถูกทำลาย ไม่มีรอยแตก ในขณะที่สภาวะการเก็บ Water activity 0.74 และ 0.82 แคปซูลถูกทำลาย มีรอยแตก เนื่องจากหนังของแคปซูลถูกทำลายด้วยความชื้นที่สูง

Martinez *et al.* (2004) ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบที่เหมาะสมในการผลิตแคปซูลน้ำมันส้ม โดยสารเคลือบที่ทำการศึกษาได้แก่ N - lok (Modified starch) ช่วงความเข้มข้นร้อยละ 25 - 45 และArabic gum ช่วงความเข้มข้น ร้อยละ 15 - 25 นอกจากนี้ยังศึกษาอุณหภูมิขาเข้าและขาออกของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสมต่อการผลิตแคปซูลกลิ่นน้ำมันส้ม โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตต่อประสิทธิภาพการผลิตแคปซูล (Encapsulation efficiency) ซึ่งจากการทดลองพบว่าการใช้ N - lok (Modified starch) ความเข้มข้นร้อยละ 19.10 อุณหภูมิขาเข้าเท่ากับ 184.90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขาออกเท่า 113.90 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ประสิทธิภาพการผลิตแคปซูลกลิ่นส้มได้ถึง ร้อยละ 96.24 ในขณะที่ใช้ Arabic gum จะมีค่าประสิทธิภาพการผลิตแคปซูลกลิ่นส้มได้ ร้อยละ 91.99

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากธรรมชาติ เพื่อทดแทนการใช้สารปรุงแต่งกลิ่นรสสังเคราะห์ ซึ่งจากการวิจัยจะทำให้ได้สารปรุงแต่งกลิ่นรสที่สามารถเก็บรักษาได้นาน มีลักษณะเป็นผงแห้งซึ่งสะดวกต่อการนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรม เป็นแนวทางใน

การพัฒนาการเก็บกลิ่นรสจากธรรมชาติจากพืชสมุนไพรชนิดอื่นๆ ได้ต่อไป อีกทั้งเป็นประโยชน์ต่อการนำผลผลิตจากพืชสมุนไพร ที่มูลนิธิโครงการหลวงส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพิ่มมูลค่า ช่วยพัฒนาประเทศ และเป็นการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรของมูลนิธิโครงการหลวง เพื่อเพิ่มคุณภาพให้กับผลิตภัณฑ์ เพิ่มกลิ่นที่ดีให้กับผลิตภัณฑ์ เป็นแนวทางสำหรับการนำไปพัฒนากับผลิตภัณฑ์ของมูลนิธิโครงการหลวงอื่น ๆ ต่อไป

โครงการหลวง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สถานที่ทดลอง

โรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์แคปซูลกลิ่นกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

- น้ำมันโรสแมรี่
- ไซโคลเดกซ์ทริน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์แคปซูลกลิ่นกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

- เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย
- เครื่องกลั่น Rotary evaporator

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ
   - เครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR - 300/310, Japan, 1991)
2. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี
   - เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่างของสารละลาย (EUTECH Instrument, Cyberscan pH 510, Singapore, 2000)
   - เครื่อง Hand Refractometer (ATAGO, Japan, 2002)
   - Aw - box (Novasina: AWC 200, Switzerland, 1995)
   - Gas Chromatography - Mass Spectroscopy (GC - MS) (Hewlett packgard Model 5973, Germany)
3. การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
   - หม้อนึ่งความดัน (Autoclave, Hirayama: Model HA - 300MIV, Japan.)
   - ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator, Heraeus: Model D - 6450 Hanau, Germany.)
4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส
   - ชุดอุปกรณ์สำหรับทดสอบชิม
   - แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

เครื่องประมวลผลข้อมูล

- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix version 7.0 (Analytical software, 2000)

ขั้นตอนการเตรียมสารแขวนลอยก่อนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

นำสารเคลือบที่เลือกใช้ผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ต้องการศึกษา ตีผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสมในระหว่างที่ทำการผสมสารเคลือบกับน้ำให้ค่อยๆ เทน้ำมันโรสแมรี่ผสมพร้อมกับตีผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization) ตั้งค่าอุณหภูมิต่างๆ ของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยอุณหภูมิแขวนลอยอยู่ที่ 60 - 70 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศขาเข้าเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผลิตภัณฑ์เท่ากับ 220 องศาเซลเซียส จัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งได้ในถุงพลาสติกกันความชื้น

วางแผนการทดลอง

งานวิจัยในขั้นนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันโรสแมรี่

คุณสมบัติของน้ำมันโรสแมรี่ เป็นข้อมูลเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการ Encapsulation น้ำมันโรสแมรี่ต่อไป โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันโรสแมรี่ ที่ได้จาก 2 แหล่งคือ

1.1 น้ำมันโรสแมรี่ ที่สกัดได้จากโรสแมรี่ที่เพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง

1.2 น้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้า

ศึกษาองค์ประกอบหลักของการให้กลิ่นในน้ำมันโรสแมรี่ ทั้ง 2 ชนิด ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี Gas Chromatography - Mass Spectroscopy (GC - MS) (Hewlett packgard Model 5973, Germany)

ตอนที่ 2 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบ (Wall material) และศึกษาความเข้มข้นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสมต่อการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

เนื่องจากชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบ (Wall material) มีผลต่อปริมาณของแข็งและส่งผลต่อกระบวนการทำให้เกิดอนุภาคขนาดเล็กในระบบอิมัลชันของสารก่อนเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยในช่วงการพ่นฝอย ซึ่งส่งผลต่อการสูญเสียกลิ่นในช่วงขณะการทำแห้ง ดังนั้นจึงควรเลือกชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบให้เหมาะสมต่อการผลิตแคปซูลกลิ่นกักเก็บกลิ่นของ

น้ำมันโรสแมรี่ โดยทำการศึกษาสารเคลือบสองชนิดคือ มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin) และไซโคลเดกซ์ทริน (Cyclodextrin)

และเนื่องจากความเข้มข้นของน้ำมันที่จะใช้มีผลต่อปริมาณของแข็ง และความหนืดของสารผสมก่อนเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งจะมีผลต่อการสูญเสียกลิ่นขณะกระบวนการทำแห้งได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องศึกษา ความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันโรสแมรี่ โดยทำการศึกษาความเข้มข้น 2 ระดับ วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiments with 2 center points เพื่อหาชนิดของสารเคลือบ ความเข้มข้นของสารเคลือบ (Wall material) และความเข้มข้นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสมต่อการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ โดยกำหนดสิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สิ่งทดลองของแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with 2 center points

สิ่งทดลอง	ความเข้มข้นของสารเคลือบ	ปริมาณน้ำมันโรสแมรี่
1(1)	-1	-1
2(a)	+1	-1
3(b)	-1	+1
4(ab)	+1	+1
5(Cp1)	0	0
6(Cp2)	0	0

หมายเหตุ

ความเข้มข้นของสารเคลือบ

-1 แทน ระดับต่ำ ร้อยละ 20

0 แทน ระดับกลาง ร้อยละ 40

1 แทน ระดับสูง ร้อยละ 60

ปริมาณน้ำมันโรสแมรี่

-1 แทน ระดับต่ำ ร้อยละ 1

0 แทน ระดับกลาง ร้อยละ 3

1 แทน ระดับสูง ร้อยละ 5

Cp คือ Center point

จากนั้น นำสิ่งทดลองที่ได้มาตรวจสอบคุณสมบัติของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสีระบบ Hunter (L a b) โดยเครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR - 300/310, Japan, 2002)
- ประสิทธิภาพการทำแห้ง (ชาญชัย, 2549)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น โดยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius MA30, Germany, 2000)
- ค่าความหนาแน่น (Bersistain, 2001)
- ความเสถียรของอิมัลชัน
- ความสามารถในการกักเก็บกลิ่น จากค่า True encapsulation flavor (TEF)

ตอนที่ 3 ศึกษาคุณสมบัติของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

ทำการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ จากสภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองในตอนที่ 2 จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณสมบัติของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสีระบบ Hunter (L a b) โดยเครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR - 300/310, Japan, 2002)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น โดยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius MA30, Germany, 2000)
- ค่าความหนาแน่น (Bersistain, 2001)
- องค์ประกอบของสารให้กลิ่นในแคปซูลโดยใช้เครื่อง Gas chromatography (Hewlett packgard Model 5973, Germany)

ตอนที่ 4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาแคปซูลกักเก็บน้ำมันโรสแมรี่

ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) (ไพโรจน์, 2547) บรรจุแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ซึ่งเป็นถุงสี่ชั้น ชั้นในเป็นเซอร์ลินหนา 30 ไมครอน จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 25, 37 และ 45 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 0 - 8 ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสีระบบ Hunter (L a b) โดยเครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR - 300/310, Japan, 1991)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น โดยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius MA 30, Germany)
- ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ โดยใช้ Aw - box (Novasina: AWC 200, Switzerland, 1995)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

- ใช้ Ideal Ratio Profile Technique (ไพโรจน์, 2545)

ตอนที่ 5 การประยุกต์ใช้แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของมูลนิธิโครงการหลวง

เนื่องจากผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของมูลนิธิโครงการหลวงได้รับความนิยมจากผู้บริโภค แต่ประสบปัญหาเกิดการเหม็นหืนในช่วงการเก็บรักษา ดังนั้นจึงมีการทดลองประยุกต์ใช้แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ มาใช้กับผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว และเพิ่มความหลากหลายด้านรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของมูลนิธิโครงการหลวงอีกด้วย

การทดลองนี้เป็นการนำแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่ผลิตได้มาเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ผลิตได้จากสูตรของมูลนิธิโครงการหลวง โดยการวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (ไพโรจน์, 2547) ทำให้ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 5 สิ่งทดลอง แล้วผลิตมูสลี่บาร์ตามสิ่งทดลองต่าง ๆ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design

สิ่งทดลอง	แคปซูลกลิ่นโรสแมรี่(ร้อยละ)
Control	0
1	3
2	5
3	8
4	10

หมายเหตุ : ทุกสิ่งทดลองจะทำการทดลองซ้ำอย่างละ 2 ซ้ำ

จากนั้น ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ช่วงการเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 49 วัน (อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ 45 วัน) ที่อุณหภูมิห้อง ทุกวันที่ 0, 3, 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 นำสิ่งทดลองไปประเมินคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสีระบบ Hunter (L a b) โดยเครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR - 300/310, Japan 2002)
- การวัดค่าแรงเฉือน โดยเครื่อง Instron Model 5565, USA.

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ค่า Peroxide value (AOAC, 2000)
- ปริมาณความชื้น โดยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius MA30, Germany)

การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา

- ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (AOAC, 2000)
- ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (Yeast and Mold) โดยวิธีการ Pour plate (AOAC, 2000)
- ปริมาณเชื้อ E. *coli* และ Coli form (AOAC, 2000)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

- ใช้ Ideal Ratio Profile Technique (ไพโรจน์, 2545)

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันโรสแมรี่

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของน้ำมันโรสแมรี่ ทั้ง 2 ชนิด

นำสมุนไพรโรสแมรี่สดที่เพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง มาสกัดน้ำมันหอมระเหย (Essential oil) โดยการกลั่นด้วยน้ำ (Water distillation) จากนั้นนำน้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดได้มาเปรียบเทียบองค์ประกอบกับน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้า โดยทำการวิเคราะห์โดยใช้หลักการ GC - MS (Gas Chromatography Mass Spectrometer)

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยทั้งสองดังกล่าวข้างต้นโดยใช้หลักการ GC - MS (Gas chromatography Mass spectrometer) ใช้เครื่อง GC - MS ของบริษัท Hewlett Packard Model 5973 และเครื่อง Mass Spectrometer ของบริษัท Agilent Model Agilent 6890 Series GC System

โดยกำหนดให้อุณหภูมิของเครื่องกำเนิดอิเล็กตรอนเท่ากับ 250 องศาเซลเซียส และใช้คอลัมน์รุ่น AT - 1MS (ขนาด 30×0.25 mm.) ซึ่งฉาบด้วย ฟีนิลเมททิลซิโลแซน ร้อยละ 5 (5% Phenyl methyl siloxane) และใช้ก๊าซฮีเลียม (Helium gas) เป็นก๊าซพา

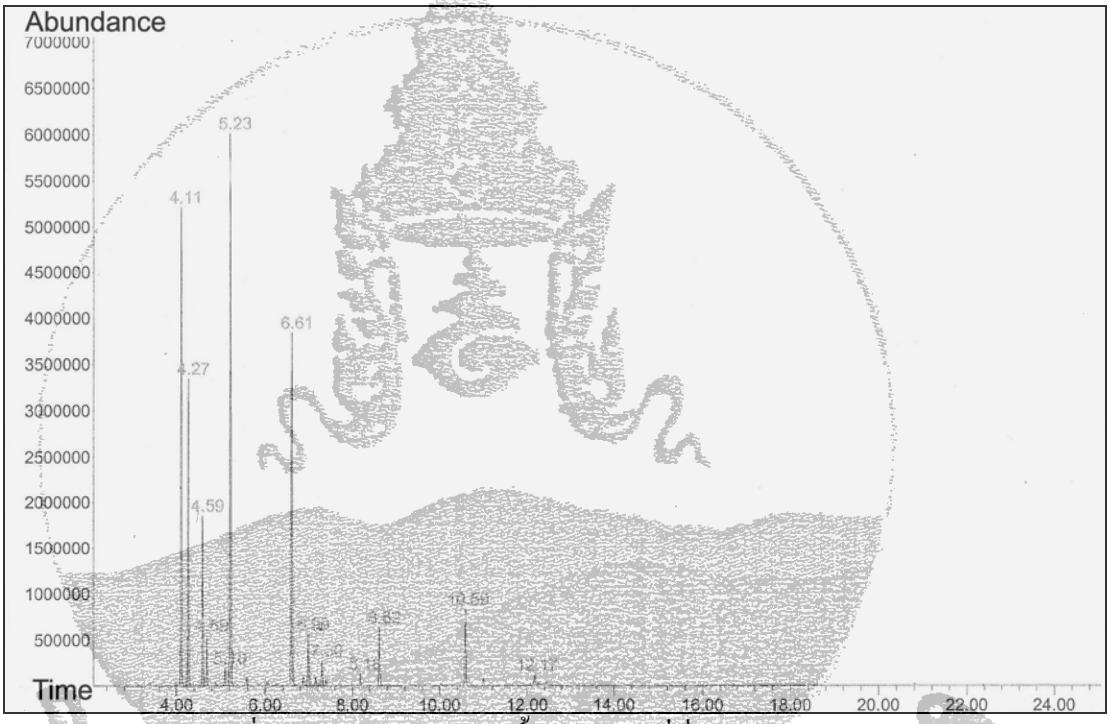
สภาวะขณะปฏิบัติงาน โดยการฉีดสารตัวอย่างที่ระดับอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของคอลัมน์จะตั้งอุณหภูมิอยู่ในช่วง 100 - 240 องศาเซลเซียส สภาวะขณะปฏิบัติงานของ Oven อุณหภูมิใน Oven จะเริ่มจาก 100 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 10 องศาเซลเซียส/นาที และเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 240 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 25 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที

ผลการทดลองและอภิปรายผล

เมื่อนำน้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดได้จากโรสแมรี่สดที่ทำการเพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง โดยใช้วิธีการกลั่นด้วยน้ำ (Water distillation) นาน 3 - 5 ชั่วโมง และน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้า มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยโดยการใช้เทคนิคทาง GC - MS ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 6 - 7 และตารางที่ 7 - 8

ปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้า

เมื่อนำน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้า มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันโดยการใช้เทคนิคทาง GC - MS ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 6 และตารางที่ 7



ภาพที่ 6 โครมาโตแกรมของน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้า

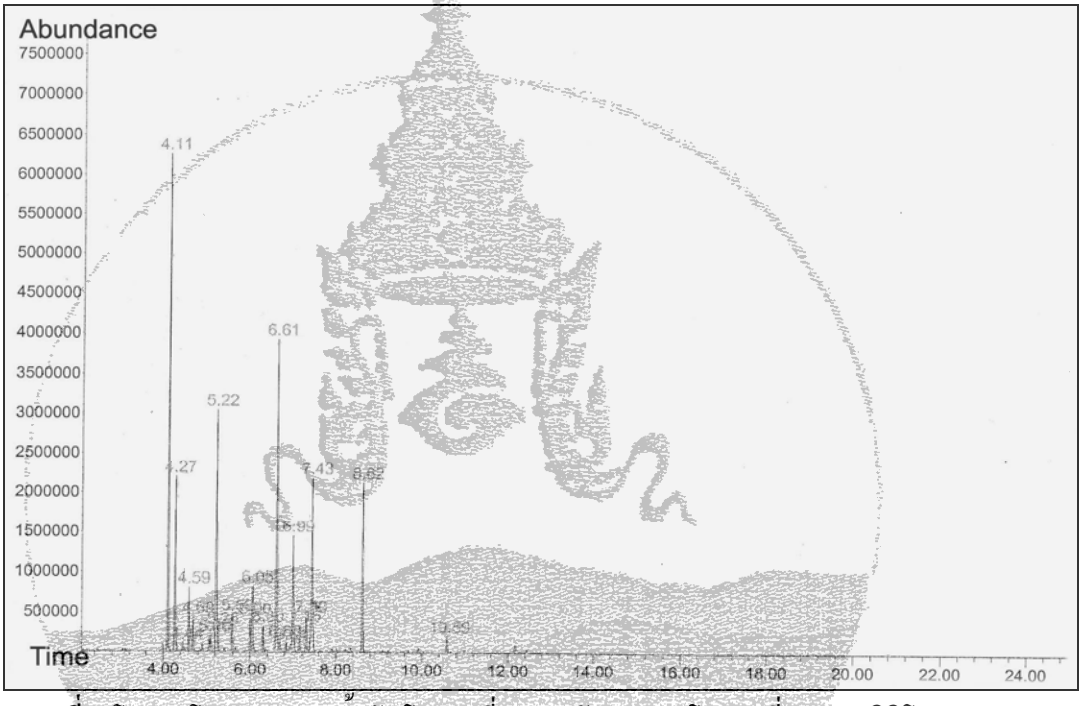
ตารางที่ 7 สารประกอบที่พบในน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้าจากโครมาโตแกรม

Peak Number	Compounds	Percent Relative
1	α - Pinene	20.48
2	Camphene	12.58
3	ß - pinene	6.99
6	1,8 - Cineole	27.77
7	Camphor	17.86

จากตารางที่ 7 การวิเคราะห์น้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้า พบว่า มีองค์ประกอบสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ 1,8 - Cineole ร้อยละ 27.77 α - Pinene ร้อยละ 20.48 Camphor ร้อยละ 17.86 Camphene ร้อยละ 12.58 และ ß - pinene ร้อยละ 6.99

ปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันโรสแมรี่แบบสกัดเอง

การวิเคราะห์หาปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันโรสแมรี่แบบสกัดเอง โดยการใช้เทคนิคทาง GC - MS ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 7 และตารางที่ 8



ภาพที่ 7 โครมาโตแกรมของน้ำมันโรสแมรี่แบบสกัดเองจากโรสแมรี่ของมูลนิธิโครงการหลวง

ตารางที่ 8 สารประกอบที่พบในน้ำมันโรสแมรี่แบบสกัดเองจากโรสแมรี่ของมูลนิธิโครงการหลวง

Peak Number	Compounds	Percent Relative
1	α - Pinene	21.77
2	Camphene	7.54
8	1,8 - Cineole	11.40
14	Camphor	15.85
20	1 - Verbenone	10.16

จากตารางที่ 8 การวิเคราะห์น้ำมันโรสแมรี่แบบสกัดเองจากโรสแมรี่ของมูลนิธิโครงการหลวง พบว่า มีองค์ประกอบสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ α - Pinene ร้อยละ 21.77 Camphor ร้อยละ 15.85 1,8 - Cineole ร้อยละ 11.40 1 - Verbenone ร้อยละ 10.16 และ Camphene ร้อยละ 7.54

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้าและน้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดด้วยไอน้ำจากโรสแมรี่ที่เพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง โดยการใช้เทคนิคทาง GC - MS ดังแสดงในตารางที่ 7 และ 8 พบว่าน้ำมันโรสแมรี่จากทั้งสองแหล่งมีองค์ประกอบหลักที่เหมือนกันคือ α - Pinene, Camphor, 1,8 - Cineole และCamphene โดยเฉพาะ α - Pinene และCamphor มีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ Camphene และ 1,8 - Cinole ในน้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดด้วยไอน้ำจากโรสแมรี่ที่เพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง จะมีค่าต่ำกว่า Camphene และ 1,8 -Cinole ที่มีอยู่ในน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่างทางการค้า ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันที่สกัดได้จากโรสแมรี่นั้น ปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญคือ คุณภาพของโรสแมรี่ซึ่งขึ้นกับการเกษตรกรรมรวมถึงการให้น้ำ ปุ๋ย สภาพดินที่เพาะปลูก สภาพอากาศในขณะที่ทำการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การดูแลหลังการเก็บเกี่ยว

เนื่องจากน้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดด้วยไอน้ำจากโรสแมรี่ที่เพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง มีความแปรปรวนเนื่องจากพื้นที่เพาะปลูก ลักษณะการปลูก ปริมาณน้ำฝน การเกษตรกรรม ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพ และปริมาณของน้ำมันโรสแมรี่ ขณะที่น้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางกาค้า มีความแปรปรวนด้านคุณภาพน้อยกว่า และมีองค์ประกอบหลักที่เหมือนกัน จึงเลือกใช้น้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้าเพื่อใช้ศึกษาในการทดลองต่อไป

ตอนที่ 2 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบ (Wall material) และศึกษาความเข้มข้นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสมต่อการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

ทำการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบ 2 ชนิด ได้แก่ มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin) และไซโคลเดกซ์ทริน (Cyclodextrin) ที่เหมาะสมต่อการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ และศึกษาความเข้มข้นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสมต่อการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยศึกษาระดับการใช้ 2 ระดับ ทำการวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiments with 2 center points โดยกำหนดสิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สิ่งทดลองของแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with 2 center points

สิ่งทดลอง	ความเข้มข้นของสารเคลือบ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ (ร้อยละ)
1(1)	20	1
2(a)	60	1
3(b)	20	5
4(ab)	60	5
5(Cp1)	40	3
6(Cp2)	40	3

หมายเหตุ Cp หมายถึง Center point

ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย

นำผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ได้ในแต่ละสิ่งทดลองมาทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมีได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10 และตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

สิ่งทดลอง	ค่าสี					
	L		a		b	
	MD	CD	MD	CD	MD	CD
1	71.55 ± 0.08^{a}*	72.77 ± 0.03^{b}	-0.14 ± 0.01^{b}	-0.09 ± 0.02	1.73 ± 0.01^{f}	-0.02 ± 0.01^{d}
2	70.24 ± 0.05^{d}	72.68 ± 0.04^{c}	-0.26 ± 0.05^{a}	-0.09 ± 0.05	3.92 ± 0.05^{a}	-0.05 ± 0.01^{c}
3	71.42 ± 0.14^{b}	72.85 ± 0.03^{a}	-0.12 ± 0.05^{bc}	-0.09 ± 0.01	1.83 ± 0.04^{e}	-0.15 ± 0.01^{a}
4	71.20 ± 0.03^{c}	72.55 ± 0.06^{d}	-0.24 ± 0.01^{a}	-0.05 ± 0.03	2.55 ± 0.04^{b}	-0.15 ± 0.18^{a}
5	71.25 ± 0.03^{c}	72.85 ± 0.05^{a}	-0.08 ± 0.03^{c}	-0.10 ± 0.02	2.14 ± 0.01^{d}	-0.11 ± 0.02^{b}
6	71.21 ± 0.05^{c}	72.85 ± 0.02^{a}	-0.10 ± 0.02^{bc}	-0.11 ± 0.05	2.31 ± 0.01^{c}	-0.16 ± 0.01^{a}

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่(ต่อ)

สิ่งทดลอง	ความหนาแน่น (g/cm^3)		ความเสถียรของอิมัลชัน (ESI)		ประสิทธิภาพการทำแห้ง (ร้อยละ)	
	MD	CD	MD	CD	MD	CD
1	0.50 ± 0.01^{c}*	0.42 ± 0.02^{d}	1.00 ± 0.05^{a}	0.99 ± 0.05^{b}	31.50 ± 0.71^{a}	42.75 ± 0.07^{b}
2	0.36 ± 0.01^{d}	0.65 ± 0.05^{a}	1.00 ± 0.05^{a}	0.98 ± 0.05^{c}	30.63 ± 0.53^{a}	14.95 ± 0.07^{d}
3	0.54 ± 0.01^{b}	0.33 ± 0.05^{e}	0.91 ± 0.05^{b}	1.00 ± 0.05^{a}	30.75 ± 0.35^{a}	43.45 ± 0.07^{b}
4	0.25 ± 0.01^{e}	0.47 ± 0.05^{c}	0.97 ± 0.05^{a}	1.00 ± 0.05^{a}	24.95 ± 0.05^{b}	29.75 ± 0.07^{c}
5	0.60 ± 0.03^{a}	0.54 ± 0.01^{b}	1.00 ± 0.05^{a}	1.00 ± 0.05^{a}	24.15 ± 0.07^{c}	55.25 ± 0.78^{a}
6	0.61 ± 0.02^{a}	0.54 ± 0.01^{b}	0.98 ± 0.05^{a}	1.00 ± 0.05^{a}	25.75 ± 0.35^{bc}	56.20 ± 0.57^{a}

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

MD หมายถึง มอลโตเดกซ์ทริน CD หมายถึง ไซโคลเดกซ์ทริน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

สิ่งทดลอง	ความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) (ร้อยละ)		ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	
	MD	CD	MD	CD
1	7.20 ± 0.05^{e}*	80.80 ± 0.05^{a}	5.79 ± 0.17^{a}	8.06 ± 0.06^{a}
2	69.88 ± 0.05^{b}	62.65 ± 0.05^{c}	2.08 ± 0.25^{d}	4.77 ± 0.04^{b}
3	0.96 ± 0.05^{f}	35.36 ± 0.05^{e}	4.30 ± 0.26^{b}	3.74 ± 0.27^{c}
4	76.74 ± 0.05^{a}	51.56 ± 0.05^{d}	2.62 ± 0.13^{c}	3.08 ± 0.05^{c}
5	34.67 ± 0.05^{d}	69.87 ± 0.05^{b}	4.20 ± 0.07^{b}	3.96 ± 0.20^{c}
6	49.33 ± 0.05^{c}	69.87 ± 0.05^{b}	2.59 ± 0.20^{c}	2.74 ± 0.31^{c}

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

MD หมายถึง มอลโตเดกซ์ทริน CD หมายถึง ไซโคลเดกซ์ทริน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 10 แสดงให้เห็นถึงคุณภาพทางกายภาพที่ได้ของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรระดับสารเคลือบและน้ำมันโรสแมรี่ในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้สารเคลือบมอลโตเดกซ์ทริน มีค่า L (ความสว่าง) มีค่าอยู่ในช่วง 70.24 - 71.55 ซึ่งจากการพิจารณาพบว่าในสิ่งทดลองที่มีค่าความสว่างสูงสุด จะมีปริมาณของสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่เท่ากับ ร้อยละ 20 ต่อ 1 จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมากที่สุด ค่าสี a (สีแดง - เขียว) มีค่าอยู่ในช่วง (-0.08) - (-0.26) ซึ่งค่าที่วัดได้มีเครื่องหมายลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเขียว และสิ่งทดลองที่มีค่าสี a สูงสุดจะมีปริมาณสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 60 ต่อ 5 ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) มีค่าอยู่ในช่วง 1.73 - 3.92 ซึ่งค่าที่วัดได้มีเครื่องหมายบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเหลือง และสิ่งทดลองที่มีค่าสี b สูงสุดจะประกอบด้วยสัดส่วนของสารเคลือบอยู่ในระดับสูงต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ระดับต่ำ เท่ากับ ร้อยละ 60 ต่อ 1 ค่าความหนาแน่น มีค่าอยู่ในช่วง 0.25 - 0.61 g/cm^3 พบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าความหนาแน่นสูงสุด จะมีปริมาณสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 40 ต่อ 3 ค่าความเสถียรของอิมัลชัน มีค่าอยู่ในช่วง 0.91 - 1.00 พบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าความเสถียรของอิมัลชันสูงสุด จะมีปริมาณสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 20 ต่อ 1 ร้อยละ 60 ต่อ 1 และร้อยละ 40 ต่อ 3 ค่าประสิทธิภาพการทำแห้งมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 24.15 - 31.50 พบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าประสิทธิภาพการทำแห้งสูงสุด จะมีปริมาณสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 20 และ 1 ตามลำดับ

การใช้สารเคลือบไซโคลเดกซ์ทริน มีค่า L (ความสว่าง) มีค่าอยู่ในช่วง 72.55 - 72.85 ซึ่งจากการพิจารณาพบว่าในสิ่งทดลองที่มีค่าความสว่างสูงสุด จะมีปริมาณของสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 20 ต่อ 5 และร้อยละ40 ต่อ 3 ค่าสี a (สีแดง - เขียว) มีค่าอยู่ในช่วง (-0.05) - (-0.11) ซึ่งค่าที่วัดได้มีเครื่องหมายลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเขียว และสิ่งทดลองที่มีค่าสี a สูงที่สุดจะมีปริมาณของสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 40 ต่อ 3 ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) มีค่าอยู่ในช่วง (-0.02) - (-0.16) ซึ่งค่าที่วัดได้มีเครื่องหมายลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีน้ำเงิน และสิ่งทดลองที่มีค่าสี b สูงสุด จะมีปริมาณของสารเคลือบและปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 40 ต่อ 3 ค่าความหนาแน่น มีค่าอยู่ในช่วง 0.33 - 0.65 g/cm^3 พบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าความหนาแน่นสูงสุด จะประกอบด้วยสัดส่วนของสารเคลือบอยู่ในระดับสูงต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 60 ต่อ 1 ค่าความเสถียรของอิมัลชัน มีค่าอยู่ในช่วง 0.98 - 1.00 พบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าความเสถียรของอิมัลชันสูงสุด จะมีปริมาณสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 20 ต่อ 5 ร้อยละ 60 ต่อ 5 และร้อยละ 40 ต่อ 3 ค่าประสิทธิภาพการทำแห้งมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 14.95 - 56.20 พบว่า สิ่งทดลองที่มีค่า

ประสิทธิภาพการทำแห้งสูงสุด จะมีปริมาณสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 40 ต่อ 3

จากตารางที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ของสิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลอง ซึ่งพบว่า การใช้สารเคลือบมอลโตเดกซ์ทริน มีค่าความสามารถในการกักเก็บกลิ่นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.96 - 76.74 พบว่าสิ่งทดลองที่มีค่าความสามารถในการกักเก็บกลิ่น จะมีปริมาณสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่เท่ากับ ร้อยละ 60 ต่อ 5 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อยู่อยละ 2.08 - 5.79 พบว่า สิ่งทดลองที่มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด จะมีปริมาณสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 60 ต่อ 1

สำหรับการใช้สารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินพบว่า ค่าความสามารถในการกักเก็บกลิ่นที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 35.36 - 80.80 พบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าความสามารถในการกักเก็บกลิ่นจะมีปริมาณสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 20 ต่อ 1 ตามลำดับ ปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 2.74 - 8.06 พบว่าสิ่งทดลองที่มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดจะมีปริมาณสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ เท่ากับ ร้อยละ 40 และ3

การวิเคราะห์สัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

สิ่งทดลอง	ค่าสี			ความหนาแน่น (g/cm^3)	ค่าความเสถียรของอิมัลชัน (ESI)	ประสิทธิภาพการทำแห้ง (ร้อยละ)
	L	a	b			
1	71.55±0.08*	-0.14±0.01	1.73±0.01	0.50±0.01	1.00±0.05	31.50±0.71
2	70.24±0.05	-0.26±0.05	3.92±0.05	0.36±0.01	1.00±0.05	30.63±0.53
3	71.42±0.14	-0.12±0.05	1.83±0.04	0.54±0.01	0.91±0.05	30.75±0.35
4	71.20±0.03	-0.24±0.01	2.55±0.04	0.25±0.01	0.97±0.05	24.95±0.05
5	71.25±0.03	-0.08±0.03	2.14±0.01	0.60±0.03	1.00±0.05	24.15±0.07
6	71.21±0.05	-0.10±0.02	2.31±0.01	0.61±0.02	0.98±0.05	25.75±0.35

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

สิ่งทดลอง	ความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
1	7.20±0.05*	5.79±0.17
2	69.88±0.05	2.08±0.25
3	0.96±0.05	4.30±0.26
4	76.74±0.05	2.62±0.13
5	34.67±0.05	4.20±0.07
6	49.33±0.05	2.59±0.20

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และทางเคมี มาวิเคราะห์ในรูปสมการถดถอย (Multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของสารเคลือบต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ในปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลตอบสนองต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังขั้นตอนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ในลักษณะต่างๆ กัน โดยสามารถแสดงในรูปสมการ (Coded equation) ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

สมการ (Coded)		ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
คุณภาพด้านกายภาพ			
ค่า L (ความสว่าง)	=	71.14 - 0.38(MD) + 0.28(MD)(RM)	0.98
ค่าสี a (สีแดง - เขียว)	=	$0.09 + 0.06(MD) + 0.10(MD)^2$	0.98
ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน)	=	2.41+ 0.73(MD)	0.96
ความหนาแน่น (g/cm^3)	=	$0.60 - 0.11(MD) - 0.19(MD)^2$	0.99
คุณภาพด้านเคมี			
ความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) (ร้อยละ)	=	39.80 + 34.61(MD)	0.97

หมายเหตุ R^2 หมายถึง Coefficient of determination
MD หมายถึง มอลโตเดกซ์ทริน
RM หมายถึง ปริมาณน้ำมันโรสแมรี่

สมการที่ได้ข้างต้นเป็นสมการที่มีการให้รหัสของตัวแปรอิสระที่ระดับต่างๆ (Coded equation) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามให้อยู่ในรูปของสมการถดถอย ดังนั้นจะต้องทำการถอดรหัสของตัวแปรอิสระ (Decoding) ให้สมการอยู่ในรูปที่ถอดรหัส (Decoded equation) ซึ่งจะสามารถนำมาใช้ในการคาดคะเนผลต่อไป สมการที่เลือกจะต้องเป็นสมการที่มี R^2 (Coefficient of multiple determination) สูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

การถอดรหัสของสมการ (Decoding) ทำได้โดยการนำสมการที่ยังไม่ถอดรหัสของตัวแปรอิสระหรือปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัสมาแก้ไขในสมการ ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัส} = \frac{\text{ค่าจริง} - (\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัย} + \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}{(\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัย} - \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัย})/2}$$

จากนั้นนำปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสที่ได้จากสูตรข้างต้นไปแทนในสมการที่ยังไม่ถอดรหัสเดิม สมการใหม่ที่ได้จะเป็นสมการที่ถอดรหัสแล้ว ซึ่งสามารถนำเอาสมการที่ได้นี้ไปคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ปริมาณสารเคลือบและปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ที่ระดับต่างๆ ได้ แต่การคาดคะเนจะต้องกระทำในขอบเขตของช่วงหรือระดับต่ำ - สูงที่ได้จากการทดลองจริงเท่านั้น สมการที่ถอดรหัสแล้วแสดงดังนี้

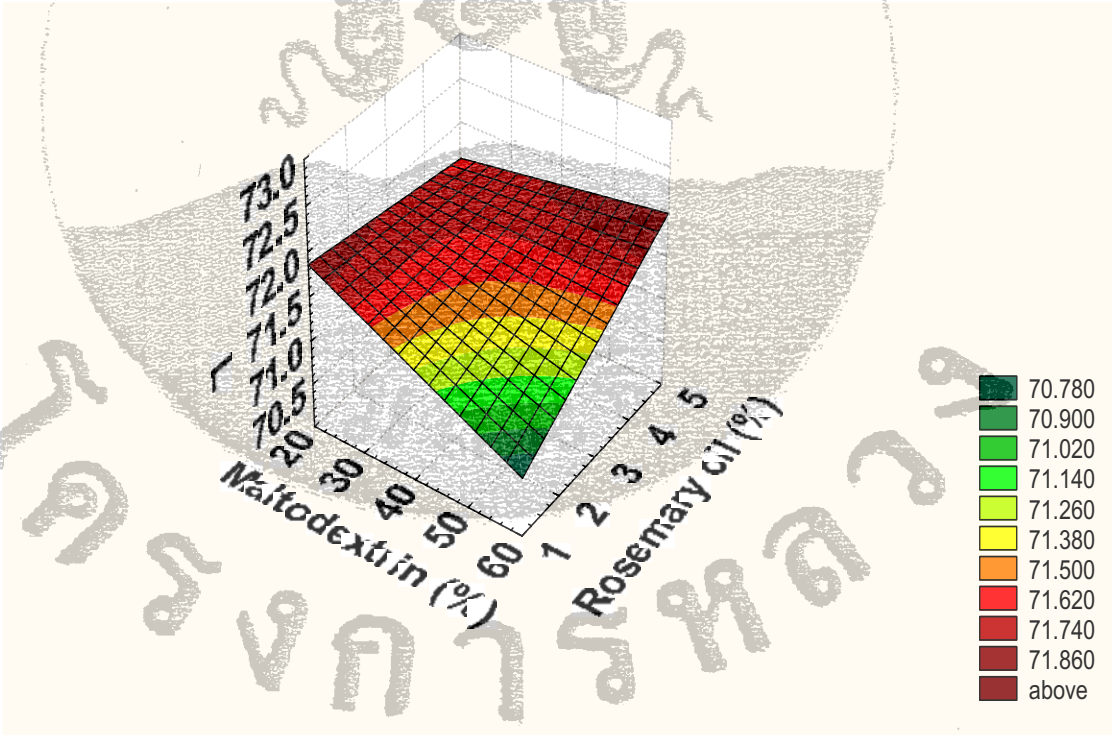
ตารางที่ 15 สมการถดถอยถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินและน้ำมันโรสแมรี่ต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

สมการ (Decoded)		ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
คุณภาพด้านกายภาพ			
ค่า L (ความสว่าง)	=	72.73 - 0.04(MD) + 0.01(MD)(RM) - 0.27(RM)	0.98
ค่าสี a (สีแดง – เขียว)	=	$0.37 + 0.02(MD) + 2.50x10^{-4}(MD)^2$	0.98
ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน)	=	0.96 + 0.04(MD)	0.96
ความหนาแน่น (g/cm^3)	=	$0.05 + 0.03(MD) - 4.81x10^{-4}(MD)^2$	0.99
คุณภาพด้านเคมี			
ความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) (ร้อยละ)	=	-29.43 + 1.73(MD)	0.97

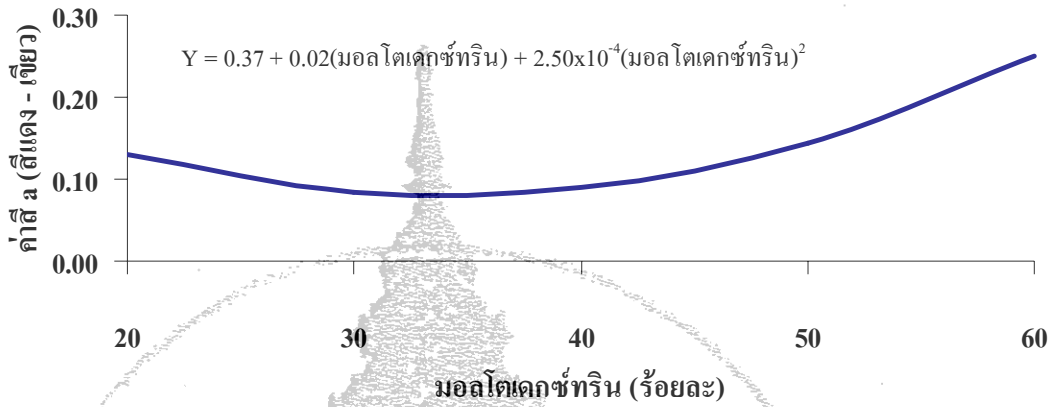
หมายเหตุ R^2 หมายถึง Coefficient of determination
MD หมายถึง มอลโตเดกซ์ทริน
RM หมายถึง ปริมาณน้ำมันโรสแมรี่

เมื่อทำการทำนายคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ พบว่าค่า L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินและปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ รวมทั้งความสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีค่า L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 70.49 - 71.80 โดยปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 20 และปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 1 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า L (ความสว่าง) สูงที่สุด ดังภาพที่ 8 ค่าสี a (สีแดง - เขียว) ของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทริน ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีค่า สี a (สีแดง - เขียว) อยู่ในช่วง (-0.09) - (-0.25) โดยที่

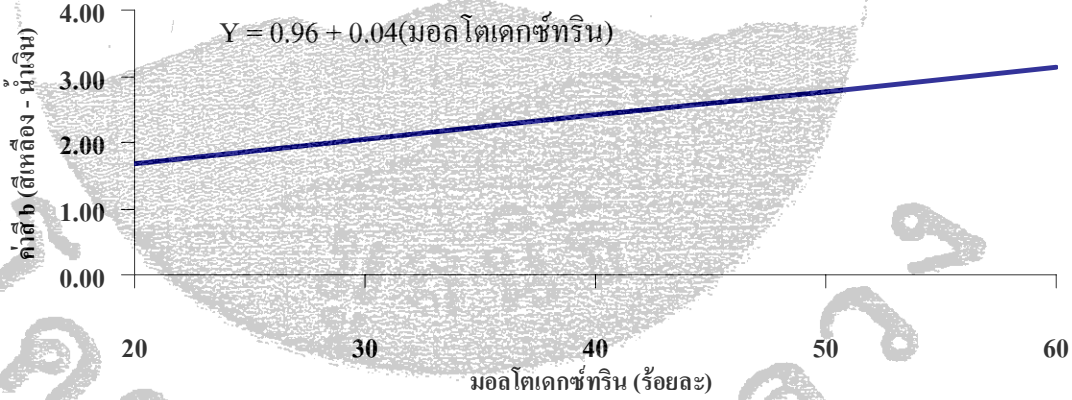
ปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 60 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสี a (สีแดง - เขียว) สูงสุด ดังภาพที่ 9 ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทริน ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) อยู่ในช่วง 1.69 - 3.14 โดยที่ปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 60 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) สูงสุด ดังภาพที่ 10 ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทริน ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.21 - 0.51 g/cm^3 โดยที่ปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 40 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นสูงที่สุด ดังภาพที่ 11 ความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) ของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทริน ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีความสามารถในการกักเก็บกลิ่นอยู่ในช่วงร้อยละ 5.18 - 74.42 โดยที่ปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 60 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสามารถในการกักเก็บกลิ่นสูงที่สุด ดังภาพที่ 12



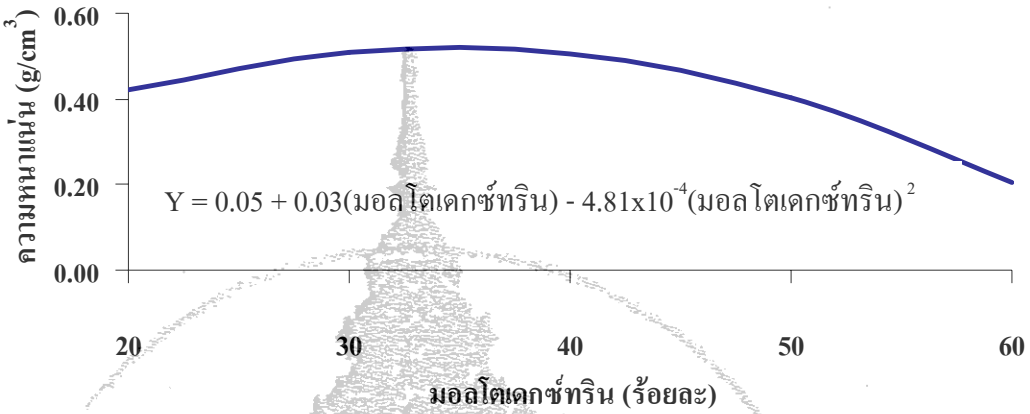
ภาพที่ 8 กราฟพื้นที่ตอบสนองของปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ต่อค่า L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ



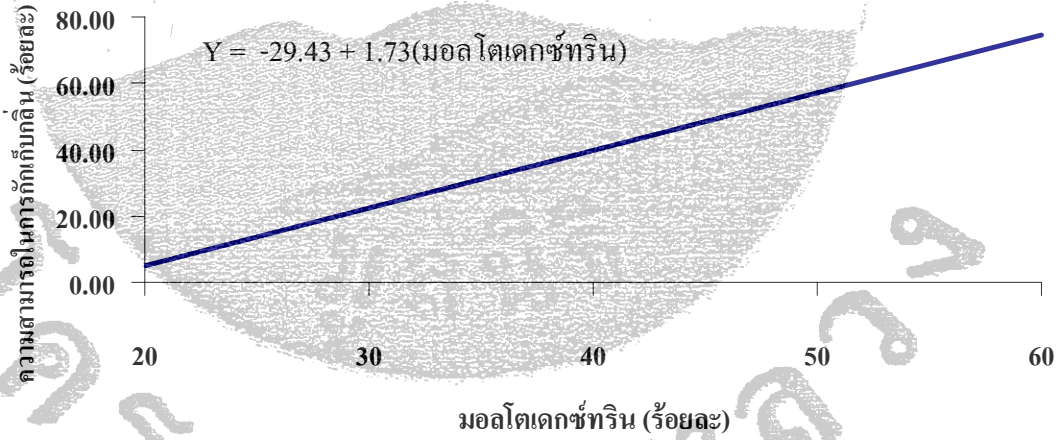
ภาพที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และค่าสี a (สีแดง - เขียว) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ



ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ



ภาพที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ



ภาพที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

ตารางที่ 16 ระดับปัจจัยของปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินและปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมี

ระดับปัจจัย		คุณภาพทางกายภาพและเคมี				
มอลโตเดกซ์ทริน (ร้อยละ)	น้ำมันโรสแมรี่ (ร้อยละ)	ค่า L (ความสว่าง)	ค่าสี a (สีแดง - เขียว)	ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) (ร้อยละ)
20	1	71.80	-0.13	1.69	0.42	5.18
20	3	71.53	-0.13	1.69	0.42	5.18
20	5	71.26	-0.13	1.69	0.42	5.18
40	1	71.15	-0.09	2.41	0.51	39.80
40	3	71.15	-0.09	2.41	0.51	39.80
40	5	71.15	-0.09	2.41	0.51	39.80
60	1	70.49	-0.25	3.14	0.21	74.42
60	3	70.76	-0.25	3.14	0.21	74.42
60	5	71.04	-0.25	3.14	0.21	74.42

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลข้างต้นพบว่า ที่อัตราส่วนปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 60 จะทำให้ผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่มีความสามารถในการกักเก็บกลิ่นสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 74.42 ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินเท่ากับร้อยละ 60 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ร้อยละ 1 ในการผลิตผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

การวิเคราะห์สัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

สิ่งทดลอง	ค่าสี			ความหนาแน่น (g/cm^3)	ค่าความเสถียรของอิมัลชัน (ESI)	ประสิทธิภาพการทำแห้ง (ร้อยละ)
	L	a	b			
1	72.77±0.03*	-0.09±0.02	-0.02±0.01	0.42±0.02	0.99±0.05	42.75±0.07
2	72.68±0.04	-0.09±0.05	-0.05±0.01	0.65±0.05	0.98±0.05	14.95±0.07
3	72.85±0.03	-0.09±0.01	-0.15±0.01	0.33±0.05	1.00±0.05	43.45±0.07
4	72.55±0.06	-0.05±0.03	-0.15±0.18	0.47±0.05	1.00±0.05	29.75±0.07
5	72.85±0.05	-0.10±0.02	-0.11±0.02	0.54±0.01	1.00±0.05	55.25±0.78
6	72.85±0.02	-0.11±0.05	-0.16±0.01	0.54±0.01	1.00±0.05	56.20±0.57

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

สิ่งทดลอง	ความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
1	80.80±0.05*	8.06±0.06
2	62.65±0.05	4.77±0.04
3	35.36±0.05	3.74±0.27
4	51.56±0.05	3.08±0.05
5	69.87±0.05	3.96±0.20
6	69.87±0.05	2.74±0.31

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และทางเคมี มาวิเคราะห์ในรูปสมการถดถอย (Multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของสารเคลือบกับปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ในปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลตอบสนองต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังขั้นตอนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ในลักษณะต่างๆ กัน โดยสามารถแสดงในรูปสมการ (Coded equation) ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 19 สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

สมการ (Coded)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
คุณภาพด้านกายภาพ		
ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน)	= 0.13 + 0.06(RM)	0.90
ความหนาแน่น	= 0.49 + 0.09(CD)	0.85
ค่าความเสถียรของอิมัลชัน (ESI)	= 1.00 + 0.01(RM)	0.86
ประสิทธิภาพการทำแห้ง (ร้อยละ)	= 55.73 - 10.38(CD) - 23.00$(CD)^2$	0.91
คุณภาพด้านเคมี		
ความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) (ร้อยละ)	= 69.87 - 14.13(RM) + 8.59(CD)(RM) - 12.28$(CD)^2$	1.00

หมายเหตุ R^2 หมายถึง Coefficient of determination
CD หมายถึง ไซโคลเดกซ์ทริน
RM หมายถึง ปริมาณน้ำมันโรสแมรี่

สมการที่ได้ข้างต้นเป็นสมการที่มีการให้รหัสของตัวแปรอิสระที่ระดับต่างๆ (Coded equation) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามให้อยู่ในรูปของสมการถดถอย ดังนั้นจะต้องทำการถอดรหัสของตัวแปรอิสระ (Decoding) ให้สมการอยู่ในรูปที่ถอดรหัส (Decoded equation) ซึ่งจะสามารถนำมาการไปใช้ในการคาดคะเนผลต่อไป สมการที่เลือกจะต้องเป็นสมการที่มี R^2 (Coefficient of multiple determination) สูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

การถอดรหัสของสมการ (Decoding) ทำได้โดยนำเอาสมการที่ยังไม่ถอดรหัสของตัวแปรอิสระหรือปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัสมาแก้ไขในสมการ ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัส} = \frac{\text{ค่าจริง} - (\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัย} + \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}{(\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัย} - \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัย})/2}$$

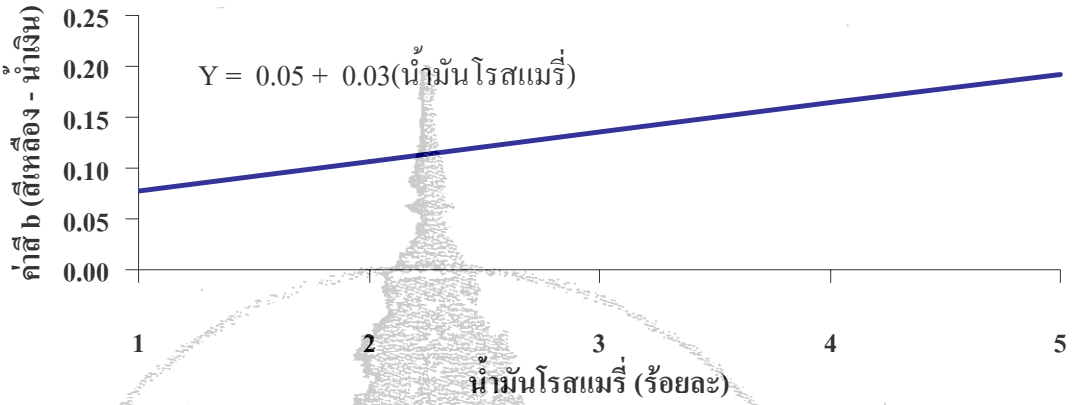
จากนั้นนำปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสที่ได้จากสูตรข้างต้นไปแทนในสมการที่ยังไม่ถอดรหัสเดิม สมการใหม่ที่ได้จะเป็นสมการที่ถอดรหัสแล้ว ซึ่งสามารถนำเอาสมการที่ได้นี้ไปคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ปริมาณสารเคลือบและปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ที่ระดับต่างๆ ได้ แต่การคาดคะเนจะต้องกระทำในขอบเขตของช่วงหรือระดับต่ำ - สูงที่ได้จากการทดลองจริงเท่านั้น สมการที่ถอดรหัสแล้วแสดงดังนี้

ตารางที่ 20 สมการถดถอยถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินและน้ำมันโรสแมรี่ต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

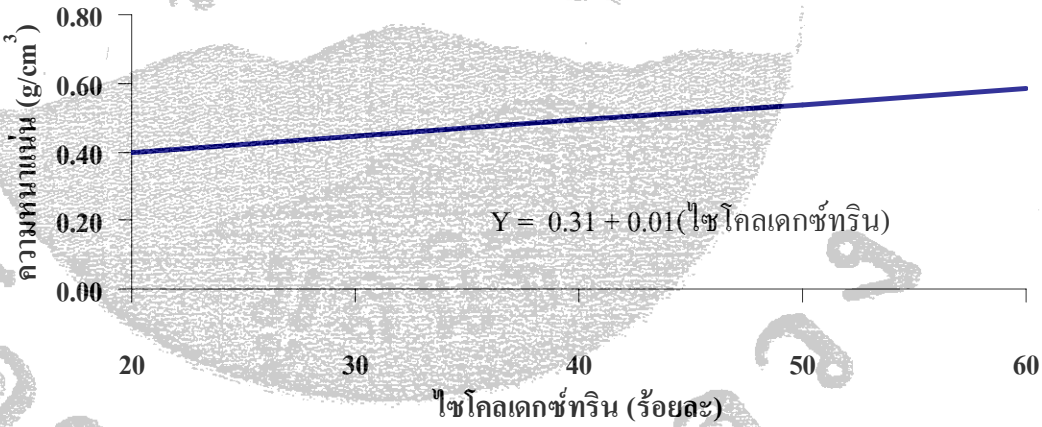
สมการ (Decoded)		ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R^2
คุณภาพด้านกายภาพ			
ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน)	=	0.05 + 0.03(RM)	0.90
ความหนาแน่น	=	0.31 + 0.01(CD)	0.85
ค่าความเสถียรของอิมัลชัน (ESI)	=	0.98 + 0.004(RM)	0.86
ประสิทธิภาพการทำแห้ง (ร้อยละ)	=	$-15.51 + 4.08(CD) - 0.06(CD)^2$	0.91
คุณภาพด้านเคมี			
ความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) (ร้อยละ)	=	$67.72 + 1.81(CD) - 15.65(RM) + 0.22(CD)(RM) - 0.03(CD)^2$	1.00

หมายเหตุ R^2 หมายถึง Coefficient of determination
CD หมายถึง ไซโคลเดกซ์ทริน
RM หมายถึง ปริมาณน้ำมันโรสแมรี่

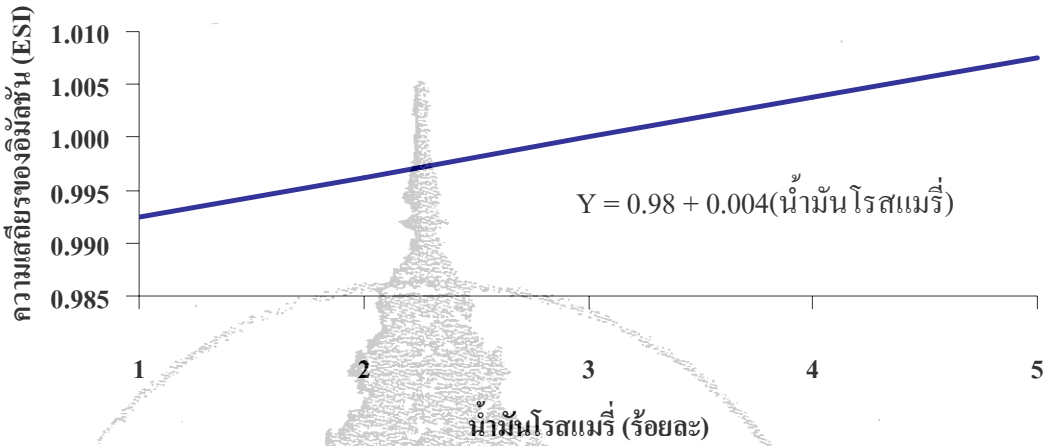
เมื่อทำการทำนายคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ พบว่า ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) อยู่ในช่วง (-0.08) - (- 0.19) โดยที่ปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ร้อยละ 5 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) สูงสุด ดังภาพที่ 13 ค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทริน ซึ่งค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.40 - 0.58 g/cm^3 ปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินร้อยละ 60 จะทำให้ได้ค่าความหนาแน่นสูงที่สุด ดังภาพที่ 14 ค่าความเสถียรของอิมัลชัน (ESI) ของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ซึ่งค่าความเสถียรของอิมัลชันของผลิตภัณฑ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.99 - 1.01 ซึ่งปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 3 จะทำให้ได้ค่าความเสถียรของอิมัลชันสูงที่สุด ดังภาพที่ 15 ทั้งนี้ค่าความเสถียรของอิมัลชันมีค่าไม่เกิน 1 แต่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนจากการทดลองอาจทำให้ค่าความเสถียรของอิมัลชันมีค่าเกิน 1 ค่าประสิทธิภาพการทำแห้งของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินและปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินในรูปสมการยกกำลังสอง ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีประสิทธิภาพการทำแห้งอยู่ในช่วงร้อยละ 22.26 - 56.14 โดยที่ปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินร้อยละ 32 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพการทำแห้งสูงสุด ดังภาพที่ 16 ค่าความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) ของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินและปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ รวมทั้งความสัมพันธ์ร่วม (Interaction) ระหว่างปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินและน้ำมันโรสแมรี่และปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินในรูปสมการกำลังสอง ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีความสามารถในการกักเก็บกลิ่นอยู่ในช่วงร้อยละ 34.87 - 85.47 โดยที่ปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินร้อยละ 32 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ร้อยละ 1 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสามารถในการกักเก็บกลิ่นสูงที่สุด



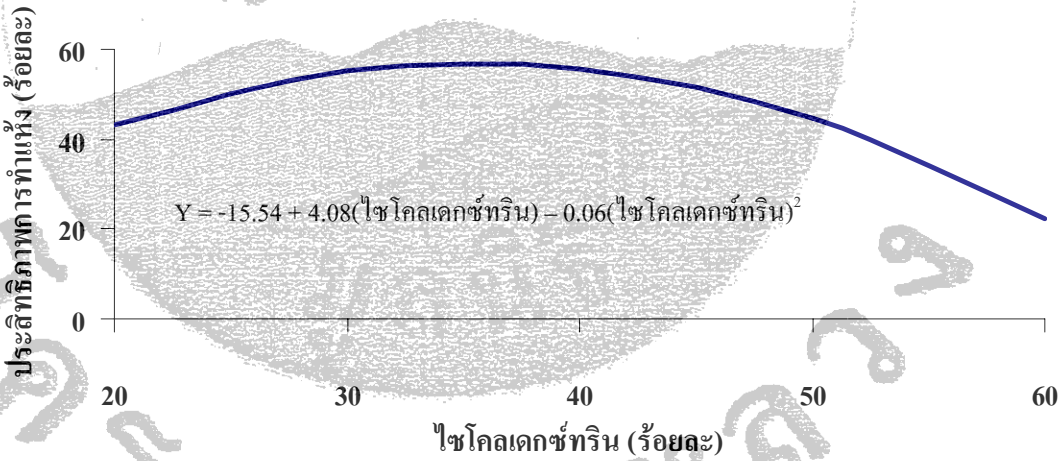
ภาพที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ และค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ



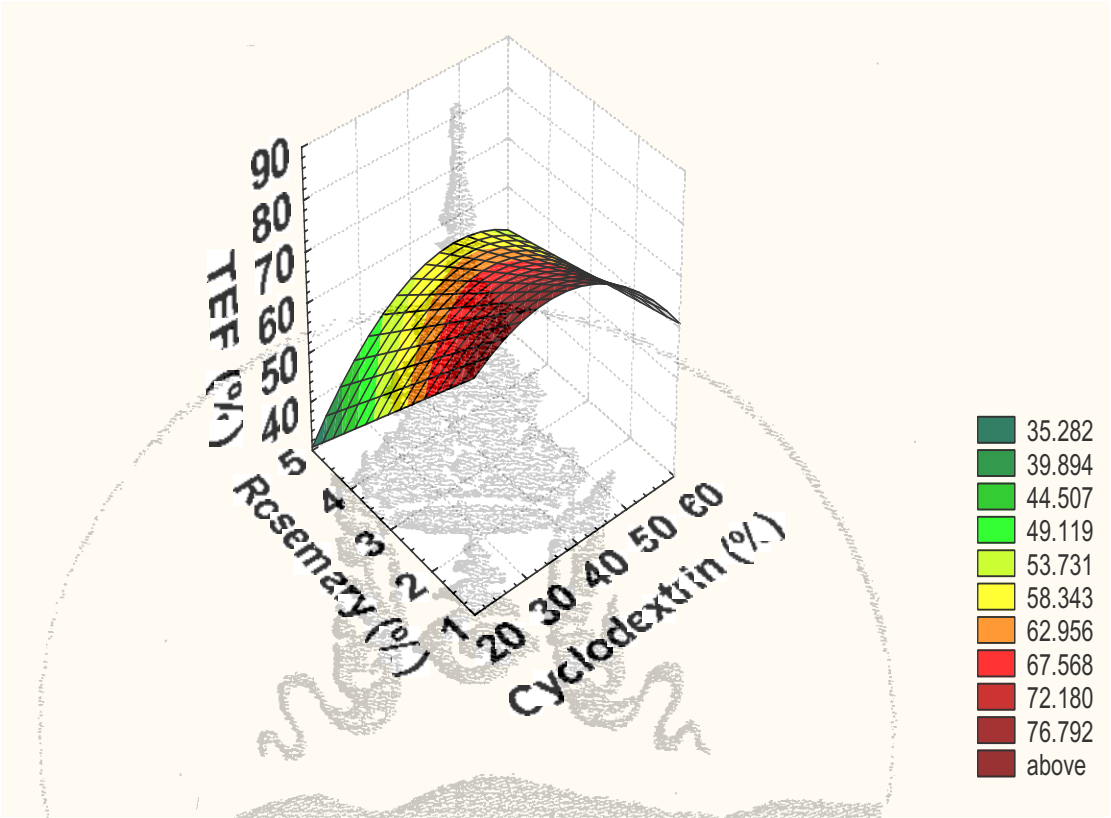
ภาพที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไซโคลเดกซ์ทริน และความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ



ภาพที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันโรสแมรี่และความเสถียรของอิมัลชัน (ESI) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ



ภาพที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไซโคลเดกซ์ทรินและประสิทธิภาพการทำแห้งของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ



ภาพที่ 17 กราฟพื้นที่ตอบสนองของปริมาณไซโคลเดกซ์ทรินและปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ต่อความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

ตารางที่ 21 ระดับปัจจัยของปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินและปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมี

ระดับปัจจัย		คุณภาพทางกายภาพและเคมี				
ไซโคลเดกซ์ทริน (ร้อยละ)	น้ำมันโรสแมรี่ (ร้อยละ)	ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ความเสถียรของอิมัลชัน (ESI)	ประสิทธิภาพการทำแห้ง (ร้อยละ)	ความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) (ร้อยละ)
20	1	-0.08	0.40	0.99	43.06	80.31
20	3	-0.14	0.40	1.00	43.06	57.59
20	5	-0.19	0.40	1.01	43.06	34.87
32	1	-0.08	0.45	0.99	56.14	85.47
40	1	-0.08	0.49	0.99	55.66	84.00
40	3	-0.14	0.49	1.00	55.66	69.87
40	5	-0.19	0.49	1.01	55.66	55.74
60	1	-0.08	0.58	0.99	22.26	63.14
60	3	-0.14	0.58	1.00	22.26	57.59
60	5	-0.19	0.58	1.01	22.26	52.05

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลข้างต้นพบว่า อัตราส่วนปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินร้อยละ 32 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 1 จะทำให้ผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่มีความสามารถในการกักเก็บกลิ่นสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 85.47 ในขณะที่มีประสิทธิภาพการทำแห้งเท่ากับร้อยละ 56.14 และมีค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) เท่ากับ -0.08 มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.45 g/cm^3 และมีค่าความเสถียรของอิมัลชัน (ESI) เท่ากับ 0.99 ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลอง ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินร้อยละ 32 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ร้อยละ 1 ในการผลิตผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ

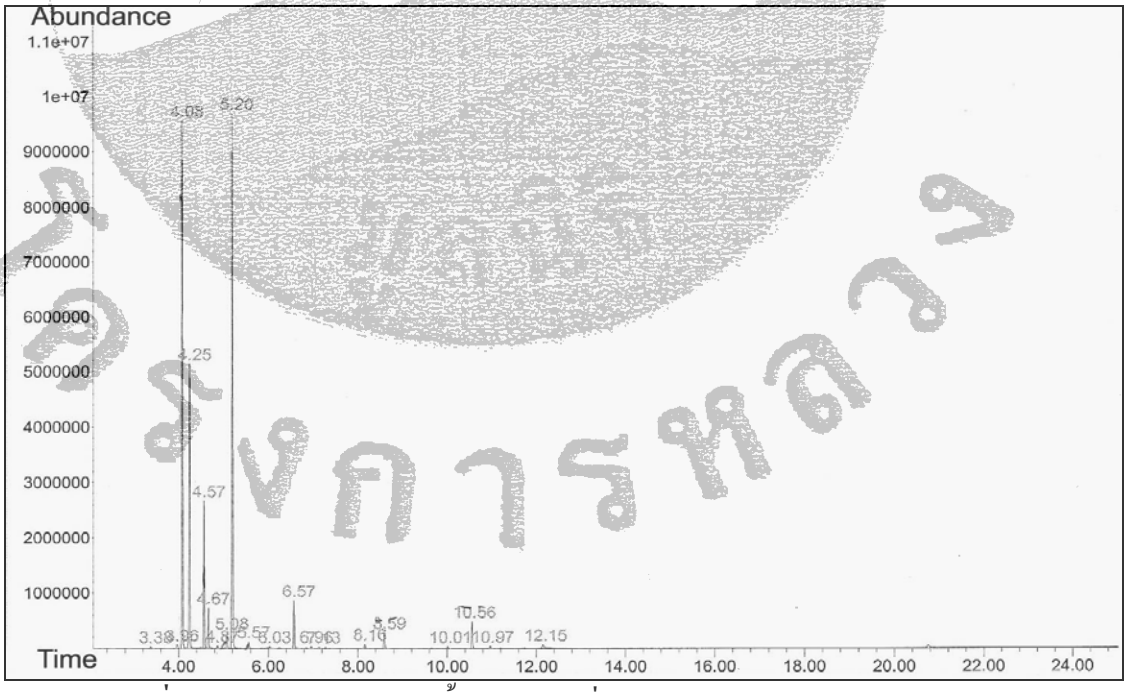
จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์สัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ โดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบนั้น เลือกอัตราส่วนปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 60 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 1 และจากผลการทดลอง พบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์สัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บน้ำมัน

โรสแมรี่ โดยใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบเลือกอัตราส่วนปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินร้อยละ 32 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 1 ซึ่งพบว่า หากเลือกใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) อีกทั้งมีการใช้ปริมาณสารเคลือบในอัตราส่วนที่น้อยกว่าการใช้มอลโตเดกซ์ทริน ดังนั้น จึงเลือกใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบในการผลิตผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ ในอัตราส่วนปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินร้อยละ 32 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ร้อยละ 1

ตอนที่ 3 ศึกษาคุณสมบัติของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

นำผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ และเคมี ดังนี้

การวิเคราะห์หาปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ หลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยการใช้เทคนิคทาง GC - MS ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 โครมาโตแกรมของน้ำมันโรสแมรี่หลังผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย

ตารางที่ 22 สารประกอบที่พบในน้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดได้จากผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

Peak Number	Compounds	Percent Relative
3	α-Pinene	29.00
4	Camphene	16.38
5	β-Pinene	8.56
9	1,8-Cineole	33.98
12	Camphor	3.25

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

คุณลักษณะ	
ความหนาแน่น (g/cm^3)	0.56±0.01*
ค่า L (ความสว่าง)	77.71±0.05
ค่าสี a (สีแดง - เขียว)	-0.12±0.02
ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน)	-0.15±0.03
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	9.96±0.04

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันโรสแมรี่จากผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ นำไปวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคทาง GC - MS พบว่ามีองค์ประกอบหลักคือ 1,8 - Cineole ร้อยละ 33.98 α - Pinene ร้อยละ 29 Camphene ร้อยละ 16.38 β - Pinene ร้อยละ 8.56 และCamphor ร้อยละ 3.25 ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับองค์ประกอบของน้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดด้วยไอน้ำจากโรสแมรี่ที่เพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง (ตารางที่ 8) พบว่า มีองค์ประกอบหลักคล้ายกัน คือ 1,8 - Cineole, α - Pinene, Camphene และ Camphor แต่มีบางองค์ประกอบที่ไม่เหมือนกัน ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนการทำแห้งอาจทำให้องค์ประกอบบางชนิดเกิดการสูญสลายได้ อาจจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบอื่นๆ หรือออกซิเจน และน้ำ ทำให้องค์ประกอบเปลี่ยนแปลงไปทั้งชนิด และปริมาณ โดยผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่ผลิตได้มีปริมาความชื้นร้อยละ 9.96 ความหนาแน่น 0.56

g/cm^3 ค่า L (ความสว่าง) 77.71 ค่าสี a (สีแดง - เขียว) เท่ากับ -0.12 และค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) เท่ากับ -0.15

ตอนที่ 4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา โดย บรรจุแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 25, 37 และ 45 องศาเซลเซียสสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 0 - 8 ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่แสดงดังตารางที่ 24 จากผลการทดลอง พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 37 และ 45 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะมีผลต่อค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าความสว่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ยกเว้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการเก็บรักษาจะไม่มีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกอุณหภูมิ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 19

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ แสดงดังตารางที่ 24 จากผลการทดลอง พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 37 และ 45 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะไม่มีผลต่อค่าสี a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ค่าสี a จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ยกเว้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการเก็บรักษาจะมีผลต่อค่าสี a ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกอุณหภูมิ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 20

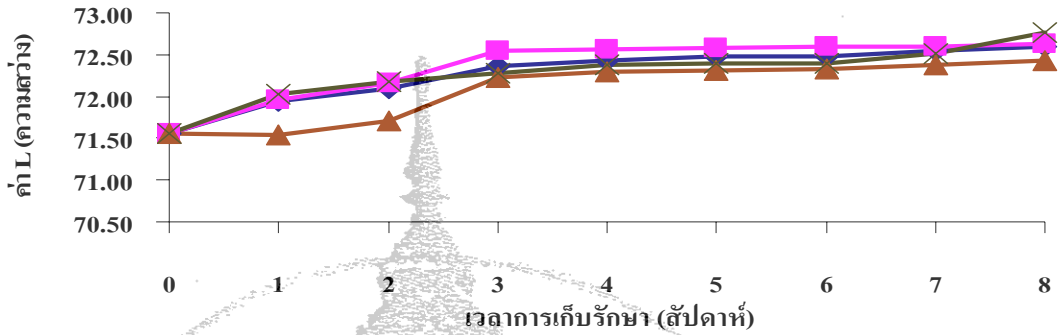
การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ แสดงดังตารางที่ 24 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าสี b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าสี b จะมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกอุณหภูมิ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 21

ตารางที่ 24 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

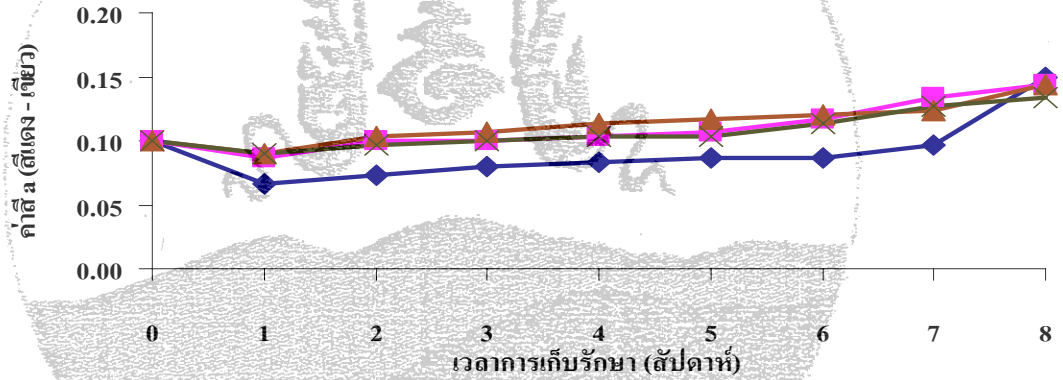
อุณหภูมิการเก็บ (องศาเซลเซียส)	อายุการเก็บ (สัปดาห์)									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**เฉลี่ย**
ค่า L (ความสว่าง)										
10	71.56±0.12^{b}*	71.95±0.03^{b}	72.09±0.13^{b}	72.37±0.35^{b}	72.43±0.08^{b}	72.47±0.02^{b}	72.48±0.04^{b}	72.55±0.05^{b}	72.59±0.02^{a}	72.28±0.34
25	71.56±0.12	71.95±0.04	72.16±0.17	72.54±0.96	72.57±0.06	72.58±0.17	72.59±0.13	72.60±0.22	72.64±0.03	72.35±0.38
37	71.56±0.12^{b}	71.53±0.03^{b}	71.71±0.18^{a}	72.22±0.02^{a}	72.30±0.20^{a}	72.31±0.04^{a}	72.33±0.16^{a}	72.37±0.30^{a}	72.43±0.22^{a}	72.09±0.37
45	71.56±0.12^{e}	72.03±0.05^{de}	72.18±0.09^{d}	72.27±0.15^{cd}	72.38±0.04^{bc}	72.40±0.03^{bc}	72.40±0.06^{bc}	72.52±0.20^{b}	72.77±0.06^{a}	72.28±0.34
ค่าสี a										
10	-0.10±0.01^{c}	-0.07±0.01^{bc}	-0.07±0.02^{bc}	-0.08±0.03^{bc}	-0.08±0.01^{bc}	-0.09±0.01^{bc}	-0.09±0.01^{bc}	-0.10±0.01^{a}	-0.15±0.15^{a}	-0.09±0.02
25	-0.10±0.01	-0.09±0.03	-0.10±0.03	-0.10±0.06	-0.10±0.02	-0.11±0.02	-0.12±0.01	-0.13±0.02	-0.14±0.03	-0.11±0.02
37	-0.10±0.01	-0.09±0.02	-0.10±0.03	-0.11±0.01	-0.11±0.04	-0.12±0.01	-0.12±0.03	-0.12±0.03	-0.14±0.03	-0.11±0.02
45	-0.10±0.01	-0.09±0.02	-0.10±0.02	-0.10±0.01	-0.10±0.01	-0.10±0.01	-0.11±0.01	-0.13±0.06	-0.13±0.01	-0.11±0.01
ค่าสี b										
10	-0.04±0.01^{c}	-0.02±0.02^{c}	-0.03±0.01^{c}	-0.03±0.01^{c}	-0.03±0.01^{c}	-0.04±0.01^{c}	-0.04±0.01^{c}	-0.14±0.01^{b}	-0.40±0.02^{a}	-0.09±0.12
25	-0.04±0.01^{b}	-0.01±0.01^{b}	-0.01±0.01^{b}	-0.02±0.01^{b}	-0.02±0.01^{b}	-0.02±0.01^{b}	-0.03±0.01^{b}	-0.04±0.04^{b}	-0.09±0.02^{a}	-0.03±0.02
37	-0.04±0.01^{d}	-0.06±0.01^{d}	-0.07±0.01^{d}	-0.08±0.01^{cd}	-0.10±0.03^{cd}	-0.16±0.01^{cd}	-0.22±0.01^{bc}	-0.31±0.01^{b}	-0.97±0.01^{a}	-0.22±0.29
45	-0.04±0.01^{d}	-0.01±0.01^{d}	-0.02±0.01^{d}	-0.07±0.01^{cd}	-0.08±0.03^{cd}	-0.19±0.02^{bc}	-0.28±0.03^{ab}	-0.31±0.04^{ab}	-0.38±0.02^{a}	-0.15±0.14

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

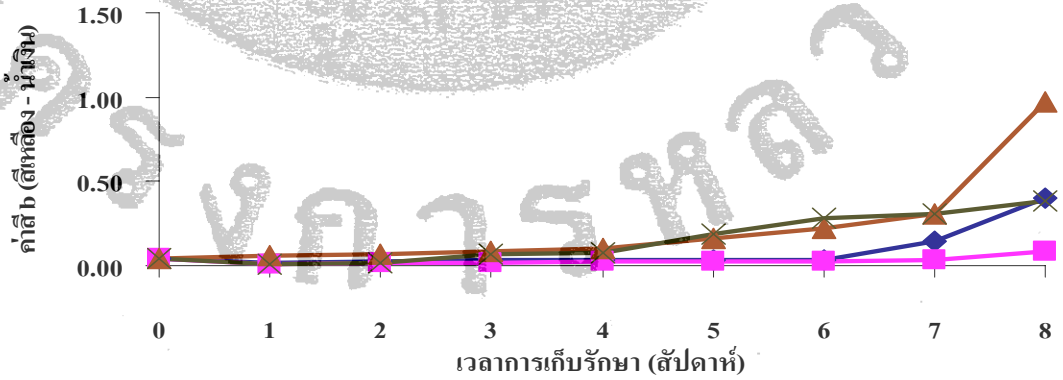
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

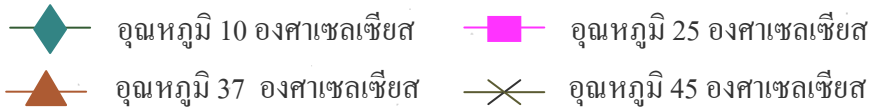


ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสี a ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสี b ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

ภาพที่ 19 - 21 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ



การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ แสดงดังตารางที่ 25 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ปริมาณความชื้นจะมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกอุณหภูมิ พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสจะแตกต่างจากอุณหภูมิการเก็บรักษาอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ที่อุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด ดังภาพที่ 22

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ แสดงดังตารางที่ 25 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์จะมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกอุณหภูมิ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังภาพที่ 23

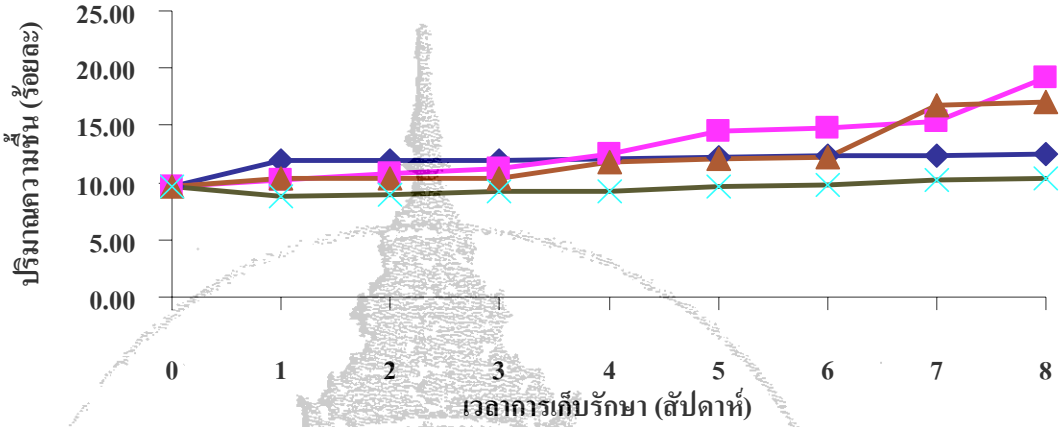
ตารางที่ 25 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

อุณหภูมิการเก็บ (องศาเซลเซียส)	อายุการเก็บ (สัปดาห์)									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**เฉลี่ย**
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)										
10	9.7±0.43^{c}*	11.92±0.11^{b}	11.96±0.16^{b}	11.99±0.14^{b}	12.06±0.20^{ab}	12.25±0.20^{a}	12.32±0.31^{a}	12.35±0.18^{a}	12.48±0.03^{a}	11.89±0.85A
25	9.7±0.43^{g}	10.20±0.20^{f}	10.78±0.32^{e}	11.16±0.21^{d}	12.47±0.07^{cd}	14.50±0.12^{c}	14.73±0.19^{c}	15.28±0.14^{b}	19.17±0.11^{a}	13.11±2.08A
37	9.7±0.43^{d}	10.30±0.05^{cd}	10.37±0.03^{c}	10.42±0.55^{c}	11.76±0.30^{b}	12.14±0.34^{b}	12.24±0.24^{b}	16.81±0.14^{a}	17.00±0.27^{a}	12.30±2.76A
45	9.7±0.43^{b}	8.78±0.06^{d}	8.95±0.33^{cd}	9.21±0.16^{c}	9.22±0.02^{c}	9.71±0.35^{b}	9.77±0.10^{b}	10.17±0.11^{a}	10.39±0.21^{a}	9.54±0.54B
ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์										
10	0.117±0.01^{c}	0.117±0.01^{c}	0.119±0.01^{c}	0.123±0.01^{bc}	0.128±0.01^{b}	0.128±0.01^{b}	0.129±0.01^{b}	0.131±0.01^{b}	0.252±0.01^{a}	0.138±0.04
25	0.117±0.01^{e}	0.113±0.01^{e}	0.113±0.01^{e}	0.113±0.01^{c}	0.213±0.01^{d}	0.314±0.01^{c}	0.330±0.01^{c}	0.533±0.01^{b}	0.628±0.01^{a}	0.275±0.19
37	0.117±0.01^{c}	0.115±0.01^{c}	0.119±0.01^{c}	0.122±0.01^{c}	0.123±0.01^{c}	0.125±0.01^{c}	0.259±0.01^{b}	0.607±0.01^{a}	0.645±0.01^{a}	0.248±0.22
45	0.117±0.01^{c}	0.116±0.01^{c}	0.116±0.01^{c}	0.117±0.01^{c}	0.117±0.01^{c}	0.117±0.01^{c}	0.119±0.01^{c}	0.124±0.01^{b}	0.227±0.01^{a}	0.130±0.04

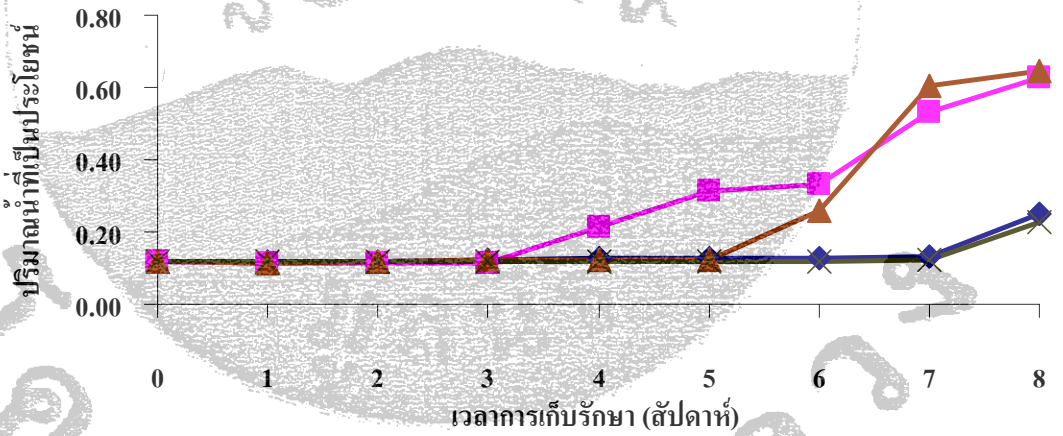
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

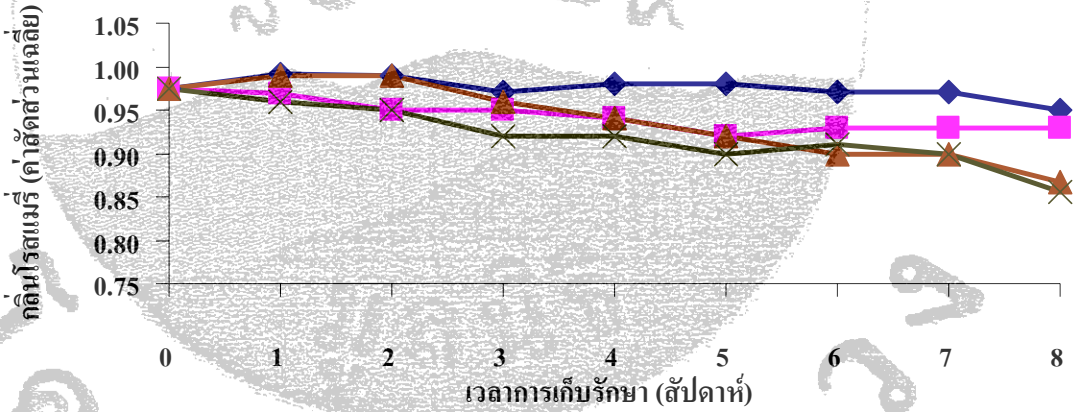


ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์

ภาพที่ 22 - 23 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่แสดงดังตารางที่ 26 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกอุณหภูมิ พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสจะแตกต่างจากอุณหภูมิการเก็บรักษาอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) กล่าวคือ ที่อุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่สูงที่สุด ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

ตารางที่ 26 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

อุณหภูมิการเก็บ (องศาเซลเซียส)	อายุการเก็บ (สัปดาห์)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	เฉลี่ย
10	0.98±0.12*	0.99±0.11	0.99±0.12	0.97±0.11	0.98±0.11	0.98±0.10	0.97±0.15	0.97±0.16	0.95±0.06	0.98±0.01A
25	0.98±0.12	0.97±0.19	0.95±0.16	0.95±0.12	0.94±0.12	0.92±0.11	0.93±0.12	0.93±0.12	0.93±0.11	0.94±0.02B
37	0.98±0.12	0.99±0.12	0.99±0.12	0.96±0.17	0.94±0.13	0.92±0.07	0.90±0.12	0.90±0.12	0.87±0.16	0.93±0.04B
45	0.98±0.12	0.96±0.14	0.95±0.10	0.92±0.18	0.92±0.18	0.90±0.15	0.91±0.12	0.90±0.12	0.86±0.11	0.91±0.03B

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สรุปผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

ผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน คือ 10, 25, 37 และ 45 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ (ด้านสี) และปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีด้านปริมาณความชื้นและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยที่ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งแปรผกผันกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 45 องศาเซลเซียส คือ มีแนวโน้มที่จะลดลง สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสหรือที่อุณหภูมิต่ำจะเป็นการรักษาความคงตัวด้านปริมาณความชื้นและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ได้ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Okamura *et al.* (1994) รายงานว่าอุณหภูมิมีผลต่อความคงตัวของสารสกัดโรสแมรี่แห้ง โดยการเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทำให้สารมีความคงตัวมากที่สุด

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

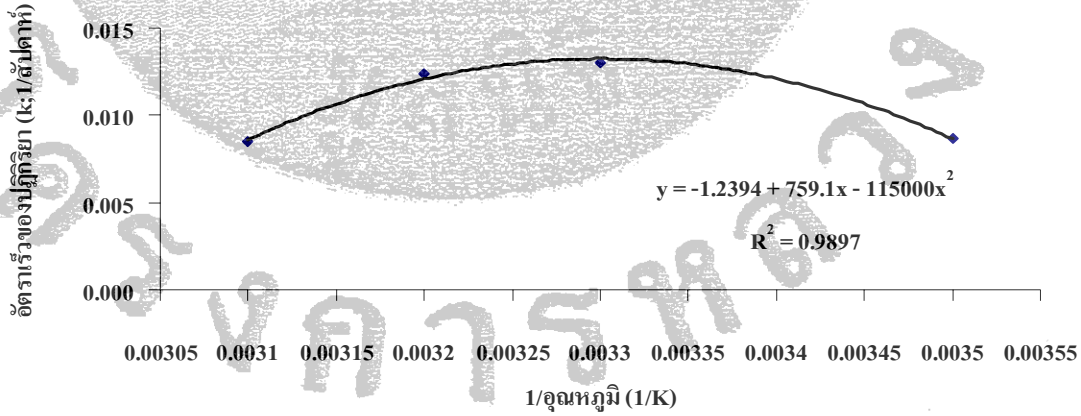
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ระหว่างการเก็บรักษา 2 เดือน พบว่า ปริมาณความชื้น และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จึงใช้เป็นตัวดัชนีบ่งชี้ถึงการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ โดยการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาทำได้โดยศึกษาอัตราเร็วและอันดับของปฏิกิริยา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมีขององค์ประกอบของอาหารเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง คือมีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลาเป็นแบบ Logarithmic ดังนั้นจึงสามารถหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่าสัดส่วนเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ หรือค่า k ได้จากสมการของ Arrhenius

1. อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	อัตราเร็วของปฏิกิริยา (k ; 1 / สัปดาห์)
10	0.0087
25	0.0130
37	0.0124
45	0.0085

ตารางที่ 27 แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่อุณหภูมิต่าง ๆ (k) อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะต่ำลงเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาต่ำลงกว่า 10 องศาเซลเซียสหรือสูงขึ้นกว่า 45 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น (ร้อยละ) กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา

เมื่อนำค่า k ที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า k กับอุณหภูมิ$^{-1}$ ดังภาพที่ 25 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วของปฏิกิริยา (k) และเมื่อสร้างสมการถดถอย (Linear

regression) เพื่อใช้คาดคะเนอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้สมการดังนี้

$$k = -1.2394 + 759.1(1/T) - 115000(1/T)^2 \quad R^2 = 0.99$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิ (องศาเคลวิน)

สมการถดถอยที่ได้สามารถนำมาหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยการหาค่า k ที่อุณหภูมิใด ๆ ที่ต้องการทราบอายุการเก็บรักษาจากสมการ จากนั้นแทนค่าลงในสมการเพื่อหาอายุการเก็บรักษา ผลการศึกษาพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	อายุการเก็บรักษา (เดือน)
10	24
25	15
37	17
45	24

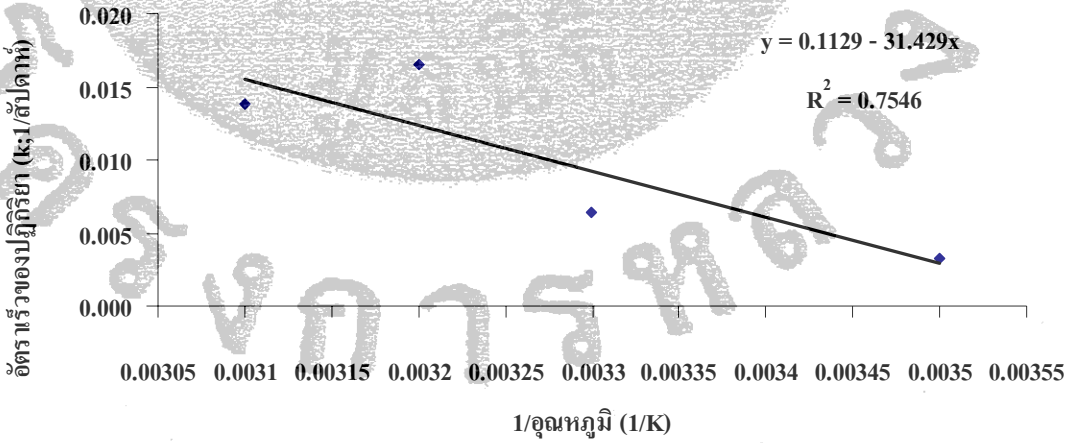
จากตารางที่ 28 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่อุณหภูมิ 10 และ 45 องศาเซลเซียสนั้น สามารถเก็บไว้ได้นานประมาณ 24 เดือน โดยทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเกิดการเสื่อมคุณภาพด้านปริมาณความชื้นช้าที่สุด ดังนั้นจึงทำการศึกษาอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ ซึ่งพบว่า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสนั้น สามารถเก็บไว้ได้ประมาณ 23 เดือน ดังตารางที่ 30 โดยทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเกิดการเสื่อมคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่เร็วที่สุด ดังนั้น การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บไว้ได้นานประมาณ 24 เดือน โดยทำให้คุณภาพด้านปริมาณความชื้นและทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

2. อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	อัตราเร็วของปฏิกิริยา (k ; 1 / สัปดาห์)
10	0.0033
25	0.0064
37	0.0165
45	0.0138

ตารางที่ 29 แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่อุณหภูมิต่าง ๆ (k) มีแนวโน้มไปในทำนองเดียวกัน คืออัตราเร็วของปฏิกิริยาจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา

เมื่อนำค่า k ที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า k กับอุณหภูมิ$^{-1}$ ดังภาพที่ 26 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วของปฏิกิริยา (k) และเมื่อสร้างสมการถดถอย (Linear

regression) เพื่อใช้คาดคะเนอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้สมการดังนี้

$$k = 0.1129 - 31.429(1/T) \qquad R^2 = 0.75$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิ (องศาเคลวิน)

สมการถดถอยที่ได้สามารถนำมาหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยการหาค่า k ที่อุณหภูมิใด ๆ ที่ต้องการทราบอายุการเก็บรักษาจากสมการ จากนั้นแทนค่าลงในสมการเพื่อหาอายุการเก็บรักษา ผลการศึกษาพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	อายุการเก็บรักษา (เดือน)
10	123
25	39
37	29
45	23

เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่จากตัวบ่งชี้คุณภาพ คือ ปริมาณความชื้นและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ได้มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่น ๆ ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำหรือในตู้เย็น เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ตอนที่ 5 การประยุกต์ใช้แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของมูลนิธิโครงการหลวง

ผลิตมูสลี่บาร์ตามแผนการทดลอง จากนั้น ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ช่วงการเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 49 วัน (เนื่องจากอายุในการเก็บของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ระบุข้างซอง มีอายุ ประมาณ 45 วัน) ที่อุณหภูมิห้อง ทุกวันที่ 0, 3, 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 จากนั้นนำสิ่งทดลองไปประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ด้านเคมี และด้านกายภาพ และนำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ได้ผลการทดลองดังนี้

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 31 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าความสว่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังภาพที่ 27

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 32 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะมีผลต่อค่าสี a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าสี a จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังภาพที่ 28

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 33 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าสี b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าสี b จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังภาพที่ 29

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของมูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 34 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส (ความแข็ง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจาก เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นต้องใช้แรงในการเฉือนผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ให้ขาดก็มากขึ้นเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังภาพที่ 30

ตารางที่ 31 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)									
	0	**3**	**7**	**14**	**21**	**28**	**35**	**42**	**49**	**เฉลี่ย**
0	53.43±0.45^{f}*	54.57±0.19^{e}	55.91±0.15^{d}	56.25±0.11^{cd}	56.66±0.55^{bc}	57.04±0.18^{b}	57.06±0.27^{b}	58.24±0.36^{a}	58.52±0.35^{a}	56.41±1.63
3	52.92±0.54^{f}	54.28±0.54^{e}	55.49±0.73^{d}	57.31±0.31^{c}	57.44±0.51^{c}	57.57±0.42^{c}	58.54±0.18^{b}	58.58±0.13^{b}	59.39±0.15^{a}	56.84±2.16
5	53.80±0.48^{c}	54.02±0.44^{c}	55.01±0.44^{b}	55.25±0.46^{b}	56.27±0.77^{b}	56.47±0.25^{ab}	57.50±0.42^{ab}	58.67±0.34^{ab}	59.72±0.45^{a}	56.30±2.03
8	53.40±0.43^{f}	54.76±0.61^{e}	55.40±0.28^{de}	56.11±0.24^{cd}	56.18±0.26^{cd}	56.22±0.70^{cd}	56.27±0.28^{c}	58.39±0.71^{b}	59.85±0.50^{a}	56.29±1.89
10	53.32±0.74^{e}	54.35±0.31^{e}	55.68±0.57^{d}	57.69±0.25^{c}	58.06±0.56^{bc}	58.28±0.27^{bc}	58.63±0.26^{bc}	59.01±0.30^{ab}	60.04±0.17^{a}	57.23±2.27

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 32 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - เขียว) ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)									
	0	**3**	**7**	**14**	**21**	**28**	**35**	**42**	**49**	**เฉลี่ย**
0	8.30±0.09^{a}*	8.18±0.12^{ab}	8.15±0.12^{ab}	8.04±0.09^{bc}	8.02±0.09^{bc}	7.94±0.05^{cd}	7.81±0.12^{b}	7.80±0.18^{d}	7.13±0.14^{e}	7.93±0.34C
3	8.64±0.21^{a}	8.53±0.16^{ab}	8.49±0.03^{ab}	8.47±0.13^{ab}	8.40±0.08^{b}	8.33±0.05^{bc}	8.16±0.23^{cd}	8.05±0.07^{d}	8.01±0.10^{d}	8.34±0.22AB
5	8.91±0.06^{a}	8.88±0.07^{a}	8.82±0.13^{ab}	8.63±0.28^{bc}	8.32±0.04^{cd}	8.22±0.04^{de}	8.08±0.20^{e}	8.07±0.14^{ef}	7.84±0.10^{f}	8.42±0.40A
8	8.64±0.10^{a}	8.45±0.50^{a}	8.39±0.14^{ab}	8.13±0.02^{ab}	8.06±0.07^{bc}	7.84±0.03^{cd}	7.82±0.18^{cd}	7.67±0.18^{d}	7.50±0.30^{d}	8.06±0.38BC
10	8.17±0.05^{a}	8.16±0.06^{a}	8.09±0.09^{a}	7.87±0.06^{ab}	7.83±0.02^{ab}	7.68±0.59^{b}	7.59±0.04^{b}	7.58±0.09^{b}	7.57±0.11^{b}	7.84±0.25C

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 33 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)									
	0	**3**	**7**	**14**	**21**	**28**	**35**	**42**	**49**	**เฉลี่ย**
0	26.97±0.33^{a}*	26.96±0.31^{a}	26.43±0.34^{b}	26.13±0.44^{bc}	26.03±0.44^{bcd}	25.80±0.09^{cd}	25.52±0.26^{d}	24.62±0.06^{e}	19.33±0.15^{f}	25.31±2.36A
3	26.20±0.21^{a}	25.58±0.25^{a}	25.52±0.26^{a}	24.64±0.28^{b}	23.46±0.78^{c}	22.17±0.46^{d}	21.89±0.08^{d}	20.79±0.51^{e}	20.30±0.39^{e}	23.39±2.20AB
5	26.21±0.86^{a}	25.01±0.43^{b}	24.60±0.63^{bc}	23.83±0.11^{cd}	23.15±0.81^{de}	22.27±0.68^{ef}	21.95±0.42^{fg}	21.02±0.34^{g}	18.71±0.41^{h}	22.97±2.28B
8	24.57±0.07^{a}	22.84±0.27^{b}	21.79±0.32^{c}	21.34±0.24^{cd}	21.31±0.16^{cd}	21.25±0.17^{cd}	21.04±0.17^{d}	20.23±0.67^{e}	17.47±0.46^{f}	21.31±1.91BC
10	23.06±0.13^{a}	22.92±0.27^{a}	22.35±0.26^{b}	21.07±0.08^{c}	21.02±0.08^{c}	20.06±0.26^{d}	19.83±0.12^{d}	18.24±0.63^{e}	15.91±0.49^{f}	20.50±2.33C

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

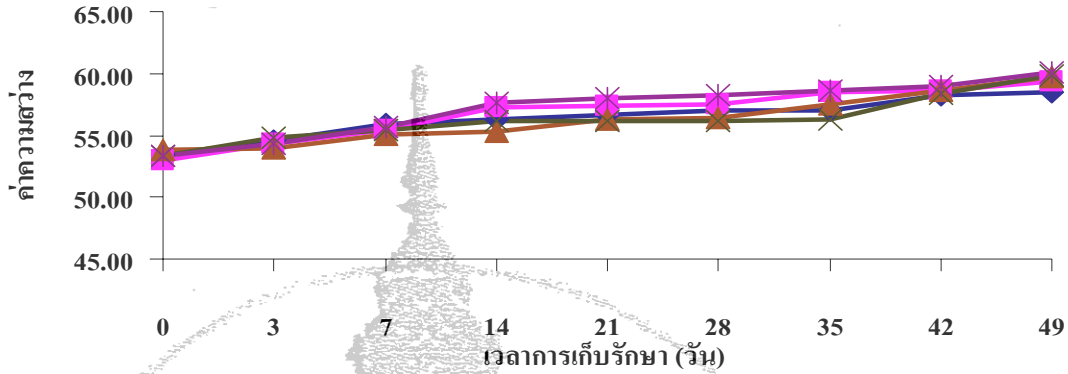
ตารางที่ 34 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (นิวตัน) ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)									
	0	**3**	**7**	**14**	**21**	**28**	**35**	**42**	**49**	**เฉลี่ย**
0	13.58±2.73^{d}*	15.02±2.12^{d}	20.89±2.18^{c}	21.38±1.18^{c}	23.81±2.12^{bc}	25.61±2.60^{b}	25.76±2.47^{b}	27.35±2.06^{b}	33.07±1.92^{a}	22.94±6.07B
3	21.26±1.38^{e}	25.31±2.43^{de}	27.79±1.97^{cd}	30.46±2.40^{cd}	31.53±1.21^{cd}	33.76±2.32^{c}	45.56±2.66^{b}	48.72±2.36^{b}	55.79±1.06^{a}	35.58±11.71A
5	23.73±1.50^{f}	24.26±2.22^{ef}	28.51±1.07^{de}	32.57±2.16^{cd}	33.16±2.32^{bc}	37.80±2.53^{b}	38.46±2.16^{b}	39.27±1.85^{b}	44.15±1.93^{a}	33.55±7.04A
8	19.98±1.64^{d}	30.24±3.06^{c}	31.04±1.04^{c}	31.23±1.41^{c}	31.34±1.31^{c}	37.95±2.45^{b}	38.75±2.90^{b}	42.07±1.43^{ab}	45.14±1.15^{a}	34.19±7.57A
10	26.93±1.68^{e}	27.14±2.00^{e}	30.25±1.79^{de}	32.24±1.93^{d}	33.05±1.93^{d}	38.95±3.06^{c}	41.08±1.11^{bc}	43.40±2.30^{ab}	45.81±1.47^{a}	35.43±7.06A

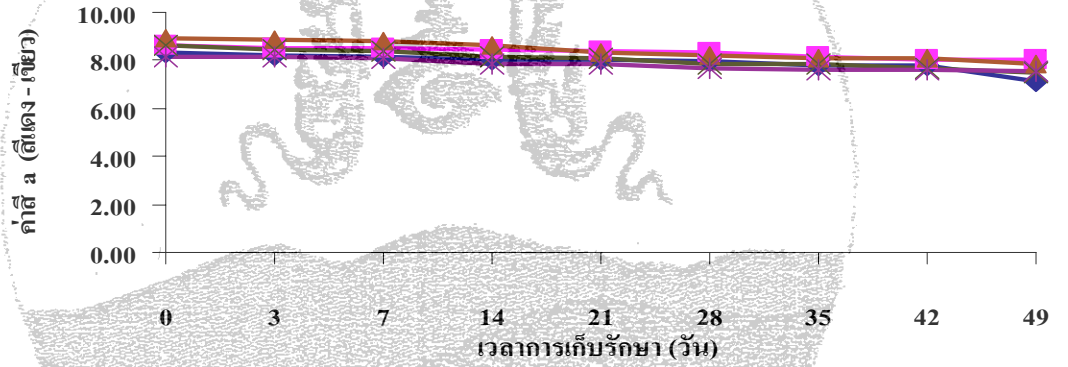
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

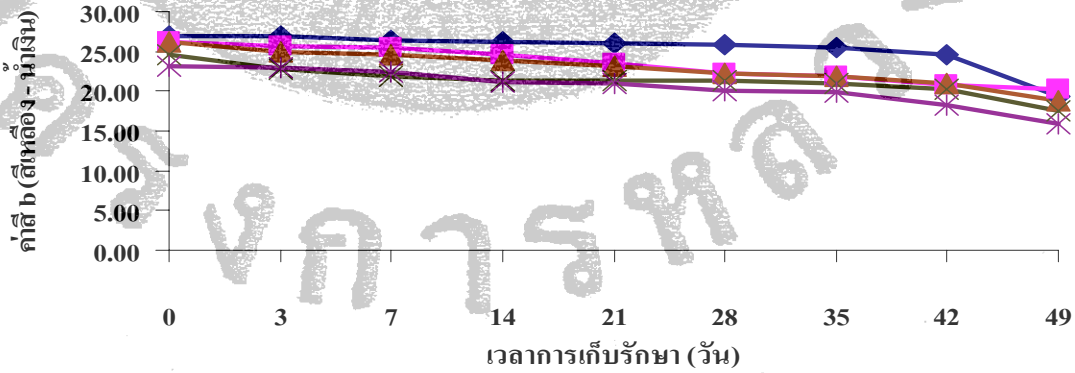
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)



ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

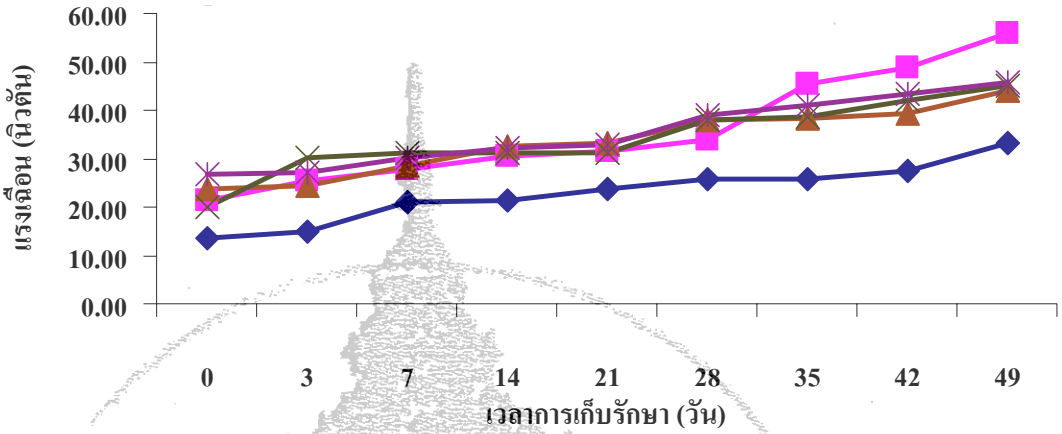


ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสี a ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์



ภาพที่ 29 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสี b ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ภาพที่ 27 - 29 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ (ด้านสี) ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 49 วัน ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน ร้อยละ 0 ร้อยละ 3 ร้อยละ 5 ร้อยละ 8 ร้อยละ 10



ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 49 วัน ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน

ร้อยละ 0 ร้อยละ 3
ร้อยละ 5 ร้อยละ 8 ร้อยละ 10

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 35 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังภาพที่ 31

การเปลี่ยนแปลงค่า Peroxide value ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 35 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่า Peroxide value อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ค่า Peroxide value จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 32

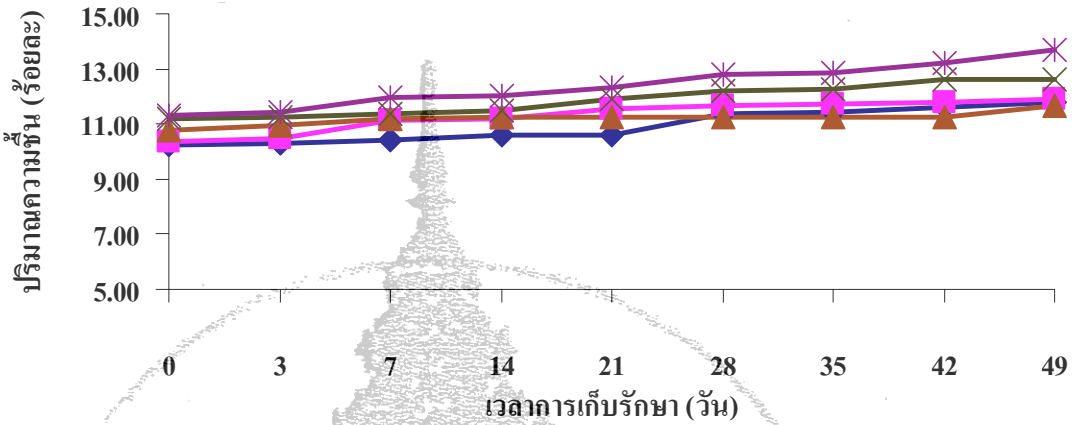
ตารางที่ 35 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)									
	0	**3**	**7**	**14**	**21**	**28**	**35**	**42**	**49**	**เฉลี่ย**
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)										
0	10.24±0.95^{e}*	10.29±0.48^{de}	10.42±0.42^{cde}	10.57±0.26^{bcde}	10.59±0.30^{bcde}	11.39±1.08^{abcd}	11.40±0.92^{bc}	11.58±0.21^{ab}	11.79±0.49^{a}	10.92±0.61B
3	10.36±0.66^{d}	10.46±0.59^{c}	11.15±0.58^{bc}	11.18±0.48^{abc}	11.52±0.53^{abc}	11.68±0.23^{abc}	11.74±0.41^{ab}	11.79±0.20^{a}	11.93±0.30^{a}	11.31±0.58B
5	10.78±0.72	10.97±0.42	11.16±0.54	11.22±0.52	11.26±0.59	11.26±0.27	11.27±0.55	11.27±0.46	11.66±0.20	11.21±0.24B
8	11.18±0.35^{e}	11.26±0.38^{c}	11.38±1.06^{bc}	11.50±0.71^{bc}	11.93±0.13^{abc}	12.19±0.36^{ab}	12.25±0.28^{ab}	12.61±0.34^{a}	12.63±0.48^{a}	11.88±0.57A
10	11.29±0.64^{e}	11.41±0.71^{de}	11.97±0.34^{cde}	12.00±0.46^{cde}	12.33±0.64^{bcd}	12.79±0.84^{abc}	12.86±0.84^{abc}	13.19±0.35^{ab}	13.70±0.45^{a}	12.39±0.81A
Peroxide value (ร้อยละ)										
0	1.20±0.69^{e}	2.51±0.15^{d}	3.40±0.08^{c}	3.56±0.42^{c}	4.27±0.39^{b}	4.36±0.04^{b}	4.68±0.33^{b}	5.46±0.23^{a}	5.60±0.41^{a}	4.09±1.47
3	1.20±0.69^{e}	2.51±0.02^{d}	2.60±0.22^{d}	3.00±0.06^{cd}	3.68±0.61^{c}	4.00±0.51^{bc}	4.59±0.16^{b}	5.42±0.25^{a}	5.74±0.21^{a}	3.83±1.51
5	1.20±0.69^{g}	2.23±0.04^{f}	2.87±0.29^{f}	3.50±0.49^{e}	3.62±0.54^{e}	4.01±0.23^{de}	4.91±0.06^{c}	5.07±0.26^{bc}	5.29±0.60^{a}	3.80±1.40
8	1.20±0.69^{d}	2.20±0.04^{c}	2.52±0.38^{c}	3.49±0.54^{b}	3.75±0.01^{b}	4.07±0.24^{ab}	4.35±0.83^{a}	4.42±0.15^{a}	4.56±0.53^{a}	3.53±1.18
10	1.20±0.69^{d}	2.19±0.45^{c}	2.78±0.16^{c}	3.25±0.61^{b}	3.46±0.69^{b}	3.63±0.40^{b}	3.96±0.11^{ab}	4.21±0.08^{b}	4.37±0.43^{a}	3.35±1.05

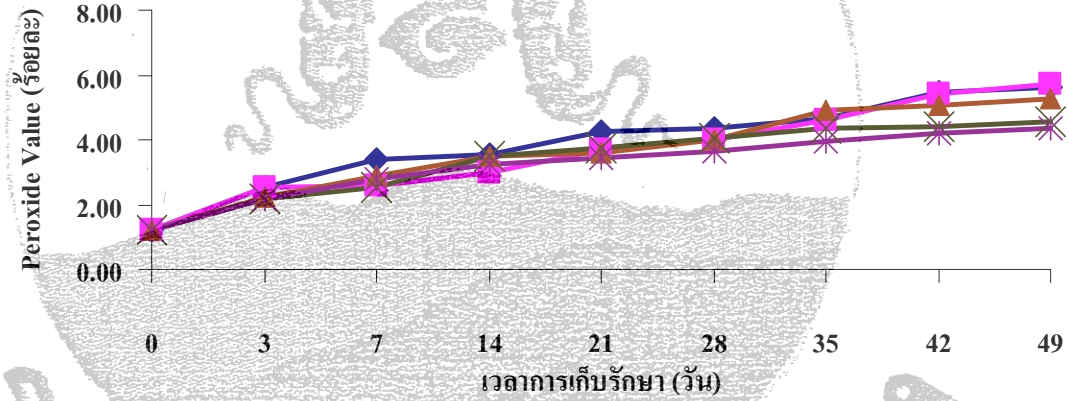
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์



ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้าน Peroxide value ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ภาพที่ 31 - 32 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 49 วัน ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 36 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ไม่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 3 มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยด้านสีสูงที่สุด คือ 0.99 ดังภาพที่ 33

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นธัญพืชของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 36 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นธัญพืชของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ทั้งที่มีการเติมและไม่เติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ไม่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.94 เนื่องจากไม่มีกลิ่นจากแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ทำให้ไปกลบกลิ่นธัญพืชของผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 34

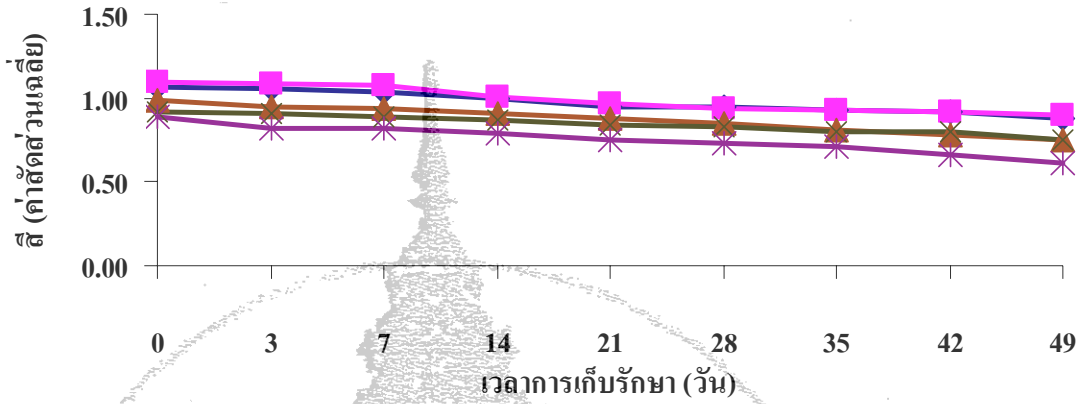
ตารางที่ 36 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและด้านกลิ่นธัญพืชของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)									
	0	**3**	**7**	**14**	**21**	**28**	**35**	**42**	**49**	**เฉลี่ย**
คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี (ค่าสัดส่วนเฉลี่ย)										
0	1.06±0.31[a]*	1.05±0.22[ab]	1.03±0.19[ab]	0.99±0.15[ab]	0.95±0.21[ab]	0.94±0.19[ab]	0.93±0.22[ab]	0.92±0.26[b]	0.88±0.30[c]	0.97±0.06A
3	1.10±0.23	1.08±0.12	1.08±0.22	1.00±0.19	0.97±0.21	0.94±0.28	0.93±0.27	0.92±0.29	0.90±0.18	0.99±0.08A
5	0.98±0.20	0.94±0.15	0.94±0.22	0.91±0.23	0.88±0.19	0.85±0.23	0.81±0.30	0.78±0.29	0.75±0.28	0.87±0.08B
8	0.92±0.29	0.91±0.24	0.89±0.27	0.86±0.31	0.83±0.22	0.83±0.28	0.80±0.22	0.80±0.19	0.75±0.28	0.85±0.06B
10	0.89±0.19	0.82±0.36	0.81±0.20	0.79±0.28	0.75±0.25	0.73±0.18	0.71±0.26	0.66±0.26	0.61±0.26	0.75±0.09C
คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นธัญพืช (ค่าสัดส่วนเฉลี่ย)										
0	1.00±0.25	0.99±0.18	0.98±0.17	0.98±0.24	0.96±0.19	0.95±0.20	0.92±0.24	0.85±0.30	0.82±0.28	0.94±0.07A
3	0.87±0.29	0.87±0.21	0.84±0.25	0.83±0.14	0.83±0.24	0.79±0.27	0.78±0.26	0.75±0.27	0.74±0.30	0.81±0.05B
5	0.91±0.18	0.88±0.20	0.87±0.20	0.81±0.29	0.80±0.25	0.77±0.27	0.75±0.27	0.71±0.23	0.64±0.31	0.79±0.09B
8	0.91±0.37	0.87±0.25	0.87±0.26	0.82±0.25	0.77±0.26	0.75±0.18	0.74±0.24	0.72±0.29	0.66±0.22	0.79±0.08B
10	0.89±0.28	0.81±0.17	0.80±0.18	0.79±0.27	0.79±0.24	0.78±0.25	0.75±0.20	0.73±0.26	0.56±0.25	0.77±0.09B

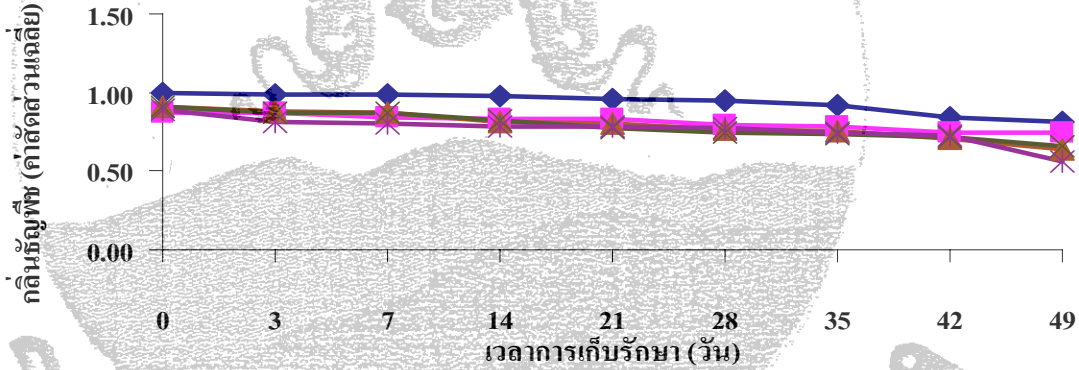
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นธัญพืชของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ภาพที่ 33 - 34 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและด้านกลิ่นธัญพืชของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 49 วัน ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน

ร้อยละ 0 ร้อยละ 3
ร้อยละ 5 ร้อยละ 8 ร้อยละ 10

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 37 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ไม่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่และมีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 5, 8 และ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ไม่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ดังภาพที่ 35

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 37 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ไม่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยด้านกลิ่นหืนสูงที่สุด คือ 1.30 ดังภาพที่ 36

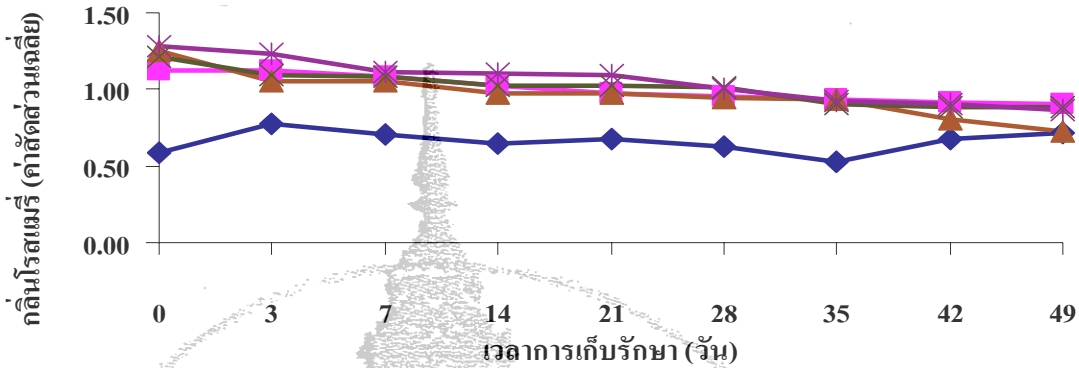
ตารางที่ 37 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่และกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)									
	0	3	7	14	21	28	35	42	49	เฉลี่ย
คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ (ค่าสัดส่วนเฉลี่ย)										
0	0.59±0.37	0.78±0.33	0.71±0.28	0.65±0.42	0.67±0.36	0.63±0.36	0.53±0.32	0.67±0.45	0.71±0.47	0.66±0.07B
3	1.12±0.29	1.12±0.39	1.08±0.48	1.02±0.41	0.97±0.40	0.95±0.47	0.93±0.49	0.91±0.32	0.91±0.39	1.00±0.09A
5	1.25±0.19^{a}	1.05±0.35^{ab}	1.05±0.32^{ab}	0.98±0.33^{abc}	0.97±0.30^{bc}	0.95±0.52^{bc}	0.93±0.48^{bc}	0.81±0.38^{bc}	0.73±0.36^{c}	0.97±0.15A
8	1.21±0.46^{a}	1.10±0.34^{ab}	1.08±0.50^{ab}	1.02±0.42^{ab}	1.02±0.41^{ab}	1.01±0.36^{ab}	0.90±0.33^{ab}	0.89±0.38^{b}	0.89±0.22^{b}	1.01±0.11A
10	1.28±0.30^{a}	1.23±0.43^{ab}	1.11±0.42^{abc}	1.11±0.24^{abc}	1.09±0.41^{abc}	1.00±0.34^{bc}	0.93±0.32^{bc}	0.91±0.42^{c}	0.87±0.36^{c}	1.06±0.15A
คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืน (ค่าสัดส่วนเฉลี่ย)										
0	0.94±0.47^{b}	1.00±0.37^{b}	1.05±0.87^{b}	1.29±0.53^{b}	1.35±0.72^{b}	1.36±0.85^{ab}	1.38±0.78^{ab}	1.40±0.71^{ab}	1.96±0.27^{a}	1.30±0.30
3	0.73±0.56^{c}	0.91±0.54^{bc}	1.02±0.47^{bc}	1.08±0.20^{abc}	1.14±0.79^{abc}	1.16±0.57^{abc}	1.32±0.76^{abc}	1.39±0.86^{ab}	1.59±0.76^{a}	1.15±0.26
5	0.68±0.86^{b}	1.12±0.65^{ab}	1.13±0.15^{ab}	1.22±0.45^{ab}	1.24±0.55^{ab}	1.27±0.98^{ab}	1.48±0.13^{a}	1.54±0.72^{a}	1.59±0.80^{a}	1.25±0.28
8	0.67±0.74^{c}	1.08±0.44^{bc}	1.13±0.65^{bc}	1.24±0.34^{abc}	1.34±0.46^{abc}	1.35±0.82^{abc}	1.40±0.76^{ab}	1.43±0.81^{ab}	1.82±0.52^{a}	1.28±0.31
10	0.55±0.68^{d}	0.91±0.33^{cd}	1.04±0.54^{bcd}	1.08±0.69^{bcd}	1.09±0.69^{abcd}	1.24±0.67^{abc}	1.29±0.98^{abc}	1.63±0.71^{ab}	1.64±0.71^{a}	1.16±0.34

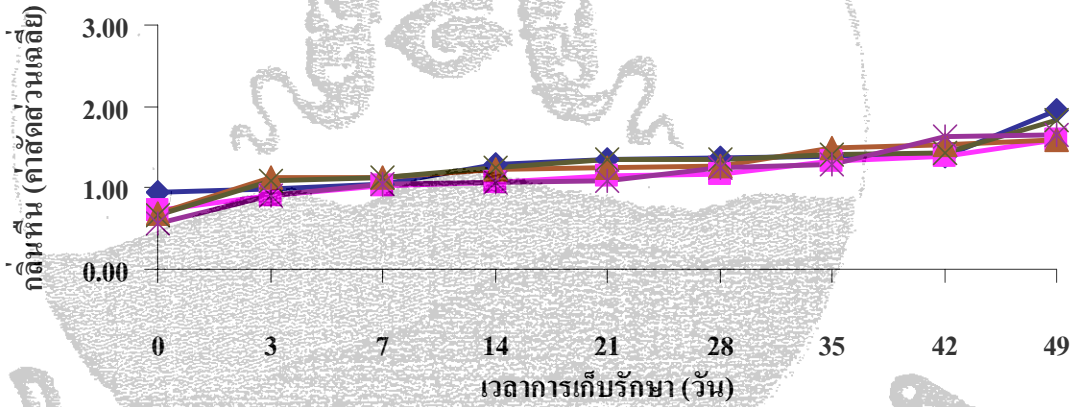
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

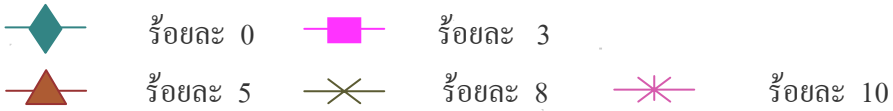


ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์



ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ภาพที่ 35 - 36 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่และด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 49 วัน ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน



การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 38 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ไม่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่และมีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 3 และร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 5 และ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 8 มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยด้านรสหวานสูงที่สุด คือ 0.91 ดังภาพที่ 37

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 38 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 3 มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยด้านความแข็งสูงที่สุด คือ 1.24 ดังภาพที่ 38

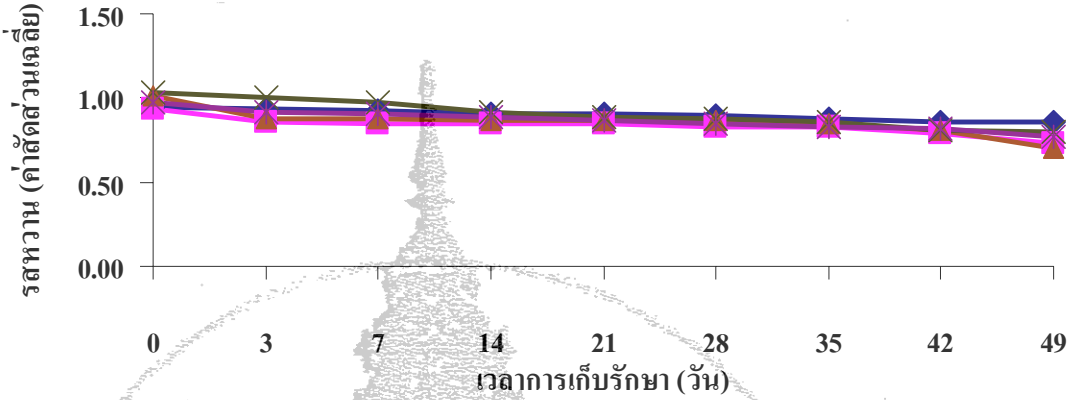
ตารางที่ 38 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานและด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)									
	0	**3**	**7**	**14**	**21**	**28**	**35**	**42**	**49**	**เฉลี่ย**
คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน (ค่าสัดส่วนเฉลี่ย)										
0	0.94±0.34	0.94±0.23	0.93±0.17	0.91±0.15	0.91±0.23	0.90±0.26	0.87±0.29	0.86±0.27	0.86±0.31	0.90±0.03
3	0.94±0.17	0.86±0.23	0.85±0.24	0.85±0.37	0.85±0.29	0.83±0.25	0.82±0.26	0.79±0.27	0.73±0.22	0.84±0.06
5	1.01±0.32^{a}	0.88±0.27^{ab}	0.87±0.23^{ab}	0.87±0.24^{ab}	0.87±0.32^{ab}	0.86±0.22^{ab}	0.85±0.28^{ab}	0.81±0.25^{ab}	0.71±0.26^{b}	0.86±0.08
8	1.03±0.30^{a}	1.01±0.25^{ab}	0.98±0.33^{abc}	0.91±0.19^{abc}	0.89±0.23^{abc}	0.88±0.30^{abc}	0.86±0.30^{abc}	0.80±0.28^{bc}	0.80±0.25^{c}	0.91±0.08
10	0.97±0.20	0.92±0.29	0.90±0.25	0.89±0.16	0.87±0.23	0.85±0.26	0.83±0.26	0.82±0.26	0.77±0.33	0.87±0.06
คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแข็ง (ค่าสัดส่วนเฉลี่ย)										
0	0.85±0.26^{c}	0.85±0.27^{c}	0.93±0.23^{bc}	0.99±0.40^{bc}	1.07±0.42^{abc}	1.20±0.45^{ab}	1.20±0.42^{ab}	1.22±0.34^{ab}	1.31±0.51^{a}	1.07±0.17B
3	1.00±0.30^{b}	1.11±0.38^{b}	1.19±0.45^{ab}	1.20±0.42^{ab}	1.21±0.36^{ab}	1.31±0.59^{ab}	1.32±0.22^{ab}	1.34±0.40^{ab}	1.49±0.41^{a}	1.24±0.14A
5	0.91±0.39^{b}	0.99±0.26^{ab}	1.01±0.29^{ab}	1.03±0.22^{ab}	1.05±0.26^{ab}	1.15±0.30^{ab}	1.18±0.43^{a}	1.25±0.37^{a}	1.25±0.44^{a}	1.09±0.12B
8	0.98±0.37^{b}	0.98±0.33^{b}	1.03±0.26^{b}	1.05±0.30^{b}	1.11±0.27^{b}	1.16±0.29^{ab}	1.19±0.31^{ab}	1.23±0.27^{ab}	1.41±0.44^{a}	1.13±0.14AB
10	0.94±0.51^{b}	0.97±0.31^{ab}	1.01±0.27^{ab}	1.06±0.49^{ab}	1.07±0.24^{ab}	1.07±0.24^{ab}	1.13±0.36^{ab}	1.19±0.43^{ab}	1.24±0.39^{a}	1.08±0.10B

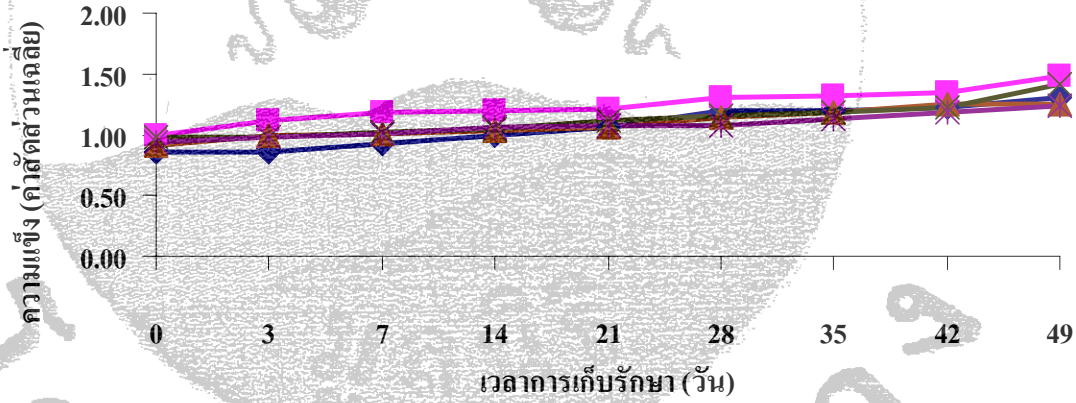
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 37 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์



ภาพที่ 38 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ภาพที่ 37 - 38 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานและด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 49 วัน ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน

ร้อยละ 0 ร้อยละ 3
ร้อยละ 5 ร้อยละ 8 ร้อยละ 10

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 39 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ไม่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยด้านความร่วนสูงที่สุด คือ 1.15 ดังภาพที่ 39

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 39 จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทุกปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ไม่มีการเติมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด คือ 0.55 ดังภาพที่ 40

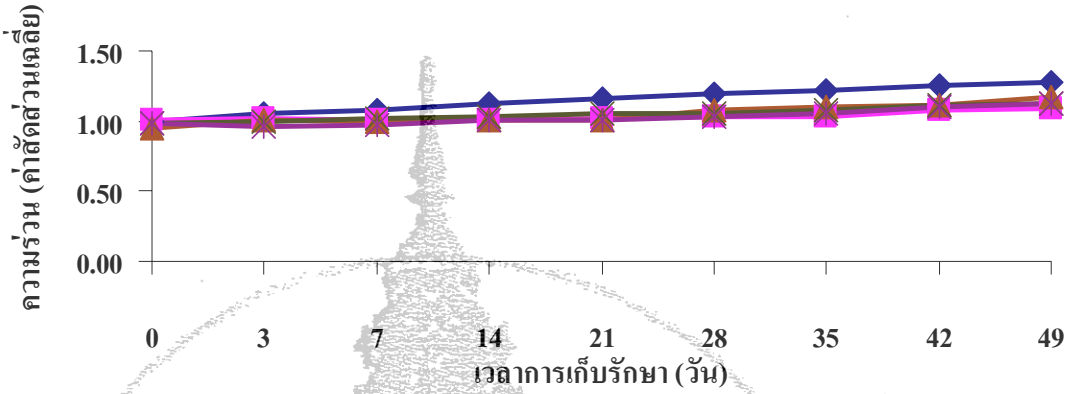
ตารางที่ 39 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วนและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)									
	0	**3**	**7**	**14**	**21**	**28**	**35**	**42**	**49**	**เฉลี่ย**
คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วน (ค่าสัดส่วนเฉลี่ย)										
0	1.00±0.30	1.05±0.36	1.08±0.37	1.13±0.18	1.16±0.20	1.19±0.34	1.22±0.36	1.25±0.32	1.28±0.52	1.15±0.09A
3	1.01±0.47	1.02±0.29	1.01±0.36	1.01±0.46	1.02±0.21	1.03±0.41	1.03±0.47	1.07±0.33	1.09±0.24	1.03±0.03B
5	0.95±0.35	1.01±0.27	1.00±0.36	1.00±0.30	1.01±0.27	1.08±0.38	1.10±0.29	1.11±0.20	1.17±0.87	1.05±0.07B
8	0.98±0.42	1.00±0.39	1.02±0.35	1.03±0.27	1.06±0.17	1.06±0.27	1.08±0.33	1.11±0.04	1.13±0.25	1.05±0.05B
10	0.98±0.48	0.96±0.22	0.97±0.27	1.01±0.25	1.01±0.29	1.03±0.36	1.06±0.30	1.10±0.30	1.12±0.32	1.03±0.06B
คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม (ค่าสัดส่วนเฉลี่ย)										
0	0.63±0.11	0.61±0.15	0.57±0.18	0.55±0.16	0.53±0.26	0.53±0.16	0.52±0.21	0.51±0.15	0.50±0.18	0.55±0.04
3	0.65±0.11	0.54±0.26	0.52±0.12	0.52±0.20	0.51±0.26	0.50±0.13	0.50±0.19	0.49±0.13	0.44±0.15	0.52±0.06
5	0.63±0.14	0.59±0.27	0.56±0.19	0.55±0.11	0.52±0.15	0.51±0.16	0.50±0.20	0.46±0.11	0.44±0.21	0.53±0.06
8	0.64±0.13^{a}	0.60±0.15^{a}	0.55±0.12^{ab}	0.53±0.19^{ab}	0.52±0.14^{ab}	0.48±0.12^{ab}	0.48±0.12^{b}	0.47±0.21^{b}	0.43±0.18^{b}	0.52±0.06
10	0.64±0.14	0.55±0.17	0.53±0.19	0.52±0.16	0.51±0.16	0.50±0.19	0.49±0.17	0.47±0.17	0.45±0.28	0.52±0.06

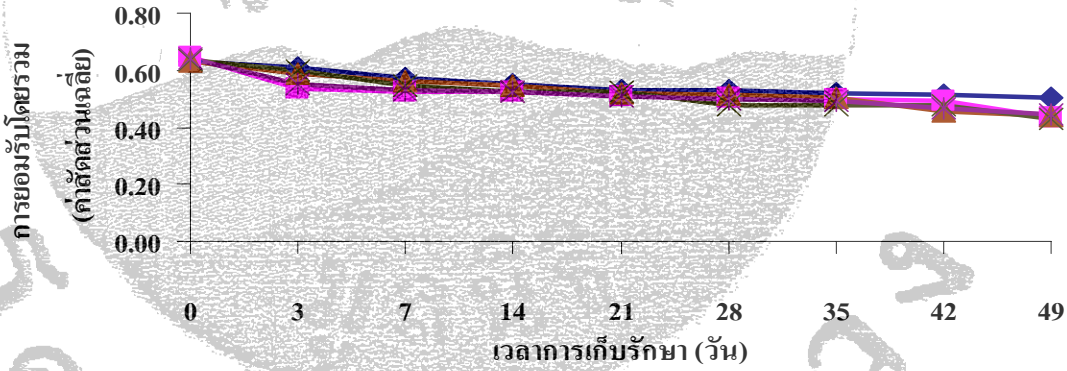
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

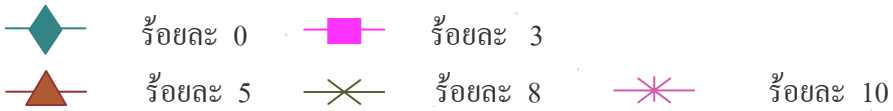


ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วนของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์



ภาพที่ 40 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ภาพที่ 39 - 40 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วนและด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 49 วัน ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน



การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน

จากการใช้แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ ปริมาณร้อยละ 0, 3, 5, 8 และ 10 แล้วทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) จำนวน 3.69, 3.30, 3.15, 3.15 และ 2.30 log cfu/g ตามลำดับ มาตรฐานไม่เกิน 4 log cfu/g (ประกาศกระทรวง, 2535) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์ในจำนวนมากขึ้นจะทำให้จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง ซึ่งจากจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บ พบว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ที่มีแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ปริมาณร้อยละ 10 จะมีปริมาณต่ำที่สุด รองลงมาคือ ร้อยละ 8 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีส่วนผสมของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ (ร้อยละ 0) ในขณะที่จำนวนยีสต์ และราในผลิตภัณฑ์ที่มีแคปซูลร้อยละ 0, 3, 5, 8 และ 10 เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 49 วัน มีจำนวน 1.88, 1.80, 1.56, 1.52 และ 1.35 log cfu /g ตามลำดับ มาตรฐานไม่เกิน 2 log cfu /g (ประกาศกระทรวง, 2535) โดยมีจำนวนยีสต์และราเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บจำนวน 1.42, 1.39, 1.40, 1.40 และ 1.27 log cfu /g ตามลำดับ จากผลดังกล่าวพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่เพิ่มขึ้น จะทำให้จำนวนยีสต์ และราลดลง โดยที่ร้อยละ 10 จะมีจำนวนยีสต์และราน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

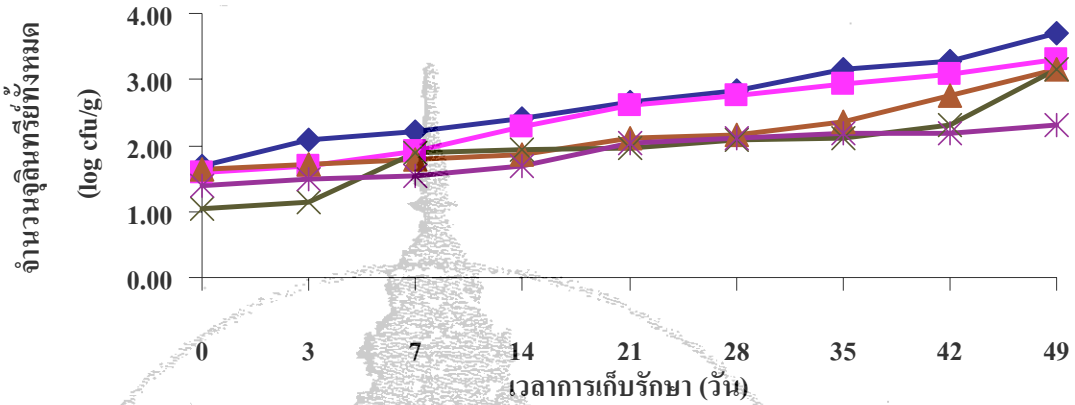
ตารางที่ 40 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ (ร้อยละ)	อายุการเก็บ (วัน)									
	0	3	7	14	21	28	35	42	49	เฉลี่ย
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)										
0	1.68±0.05*	2.08±0.05	2.20±0.05	2.40±0.05	2.65±0.05	2.83±0.05	3.15±0.05	3.28±0.05	3.69±0.05	2.66±0.64A
3	1.59±0.05	1.68±0.05	1.92±0.05	2.28±0.05	2.60±0.05	2.76±0.05	2.93±0.05	3.08±0.05	3.30±0.05	2.46±0.62AB
5	1.65±0.05	1.72±0.05	1.78±0.05	1.87±0.05	2.11±0.05	2.15±0.05	2.36±0.05	2.76±0.05	3.15±0.05	2.17±0.51ABC
8	1.04±0.05	1.15±0.05	1.90±0.05	1.95±0.05	1.96±0.05	2.08±0.05	2.11±0.05	2.30±0.05	3.15±0.05	1.96±0.62BC
10	1.40±0.05	1.50±0.05	1.53±0.05	1.70±0.05	2.04±0.05	2.11±0.05	2.18±0.05	2.18±0.05	2.30±0.05	1.88±0.35C
จำนวนยีสต์และรา (log cfu/g)										
0	N/D	N/D	N/D	N/D	1.01±0.05	1.32±0.05	1.30±0.05	1.59±0.05	1.88±0.05	1.42±0.34A
3	N/D	N/D	N/D	N/D	1.00±0.05	1.30±0.05	1.25±0.05	1.58±0.05	1.80±0.05	1.39±0.36A
5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	1.21±0.05	1.25±0.05	1.55±0.05	1.56±0.05	1.40±0.46A
8	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	1.18±0.05	1.34±0.05	1.51±0.05	1.52±0.05	1.40±0.44A
10	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	1.10±0.05	1.30±0.05	1.31±0.05	1.35±0.05	1.27±0.29B

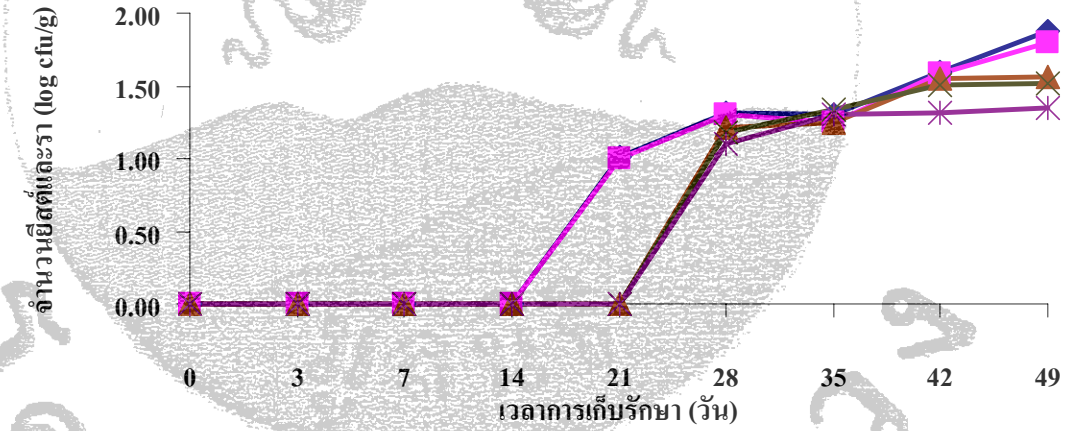
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N/D หมายถึง ไม่พบ

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 41 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์



ภาพที่ 42 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ภาพที่ 41 - 42 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 49 วัน ในปริมาณร้อยละของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน

ร้อยละ 0 ร้อยละ 3
ร้อยละ 5 ร้อยละ 8 ร้อยละ 10

สรุปผลการประยุกต์ใช้แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของมูลนิธิโครงการหลวง

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 49 วัน ในปริมาณของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน คือร้อยละ 0, 3, 5, 8 และ 10 พบว่า ที่ทุกปริมาณของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ มีค่าความสว่าง แรงเฉือนเพิ่มขึ้น โดยค่าสี a และค่าสี b ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ค่าสี a และค่าสี b ของผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 8 และ 10 จะลดลงมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ไม่มีการผสมของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่มีปริมาณของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่แตกต่างกัน พบว่าทุกปริมาณของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ คือ ร้อยละ 0, 3, 5, 8 และ 10 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์มีปริมาณความชื้นสูงขึ้น โดยที่ปริมาณร้อยละ 8 และ 10 จะทำให้ปริมาณความชื้นสูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) อีกทั้งผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ทุกปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ จะมีค่า Peroxide value สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ค่า Peroxide value ดังกล่าวของแต่ละปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่มีปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 3 จะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยด้านสีสูงที่สุด คือ 0.99 และด้านกลิ่นโรสแมรี่ดีที่สุด คือ 1.00 ในขณะที่เมื่อปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์เพิ่มขึ้น จะทำให้สัดส่วนค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นธัญพืชลดลง เนื่องจากกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่จะไปกลบกลิ่นธัญพืชของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ไม่มีการผสมแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่จะให้คุณภาพด้านประสาทด้านกลิ่นหืนสูงที่สุด คือ 0.94 โดยผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ทุกปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่ผสมลงไป จะมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานานขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ทุกปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ จะมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแข็ง และความร่วนเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยที่ปริมาณร้อยละ 3 จะให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งสูงที่สุด คือ 1.24 และผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีส่วนผสมของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ จะให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วนสูงที่สุด คือ 1.15 ซึ่งเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นานขึ้นคุณภาพ

ทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมจะลดลง แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ พบว่า ที่ทุกปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ เมื่อเก็บไว้ ณ อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 49 วัน จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา ยังไม่เกินมาตรฐานตามประกาศกระทรวงกำหนดไว้ โดยปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เพิ่มขึ้น จะทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดลง ดังนั้นแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ จึงมีคุณสมบัติลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ได้

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ในการศึกษากระบวนการกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่โดยงานวิจัยนี้น่าจะเป็นประโยชน์สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่นๆ ของมูลนิธิโครงการหลวงได้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่ การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันโรสแมรี่ และชนิดของสารเคลือบ (Wall material) ที่เหมาะสมต่อการผลิตและศึกษาความเข้มข้นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสม รวมทั้งการศึกษาอายุการเก็บรักษาแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ และการประยุกต์ใช้แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของมูลนิธิโครงการหลวง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาองค์ประกอบหลักของสารให้กลิ่นในน้ำมันโรสแมรี่ 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดได้จากโรสแมรี่สดที่ทำการเพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง โดยใช้วิธีการกลั่นด้วยน้ำ (Water distillation) และน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้ามาวิเคราะห์หาปริมาณและองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในน้ำมันโรสแมรี่ โดยการใช้เทคนิคทาง GC - MS พบว่า น้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดด้วยไอน้ำจากโรสแมรี่ที่เพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง มีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ α - Pinene ร้อยละ 21.77 Camphor ร้อยละ 15.85 1,8 - Cineole ร้อยละ 11.40 1 - Verbenone ร้อยละ 10.16 และ Camphene ร้อยละ 7.54 และน้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้ามีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ 1,8 - Cineole ร้อยละ 27.77 α - Pinene ร้อยละ 20.48 Camphor ร้อยละ 17.86 Camphene ร้อยละ 12.58 และ ß - pinene ร้อยละ 6.99 ซึ่งน้ำมันโรสแมรี่จากทั้งสองแหล่งมีองค์ประกอบหลักที่เหมือนกันคือ α - Pinene, Camphor, 1,8 - Cineole และCamphene เนื่องจากน้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดด้วยไอน้ำจากโรสแมรี่ที่เพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง มีความแปรปรวนเนื่องจากพื้นที่เพาะปลูก ลักษณะการปลูก ปริมาณน้ำฝน การเกษตรกรรม ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพ และปริมาณน้ำมันในโรสแมรี่ ในขณะที่น้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้า มีความแปรปรวนด้านคุณภาพน้อยกว่า โดยมีองค์ประกอบหลักที่เหมือนกันจึงเลือกใช้น้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้า

2. ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบ 2 ชนิด ได้แก่ มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin) และไซโคลเดกซ์ทริน (Cyclodextrin) และศึกษาความเข้มข้นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสมต่อการผลิตแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ พบว่า การใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบมีอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ ปริมาณสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 60 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ร้อยละ 1 และการใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบมีอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ ปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินร้อยละ 32 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ร้อยละ 1 ซึ่งหาก

เลือกใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในการกักเก็บกลิ่น (TEF) อีกทั้งมีการใช้ปริมาณสารเคลือบในอัตราส่วนที่น้อยกว่าการใช้มอลโตเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบ จึงเลือกใช้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารเคลือบในการผลิตผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ ในอัตราส่วนปริมาณสารเคลือบไซโคลเดกซ์ทรินร้อยละ 32 ต่อปริมาณน้ำมันโรสแมรี่ ร้อยละ 1

3. ศึกษาคุณสมบัติของแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบโดยการใช้เทคนิคทาง GC - MS พบว่า มีความหนาแน่น 0.56 g/cm^3 ค่า L (ความสว่าง) เท่ากับ 77.71 ค่าสี a (สีแดง - เขียว) เท่ากับ -0.12 ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) เท่ากับ -0.15 ปริมาณความชื้นร้อยละ 9.96 และ มีองค์ประกอบหลักคือ 1,8 - Cineole ร้อยละ 33.98 α - Pinene ร้อยละ 29 Camphene ร้อยละ 16.38 β - Pinene ร้อยละ 8.56 และCamphor ร้อยละ 3.25

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน คือ 10, 25, 37 และ 45 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีด้านปริมาณความชื้นและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ของผลิตภัณฑ์ โดยที่ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งแปรผกผันกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 45 องศาเซลเซียส คือ มีแนวโน้มที่จะลดลง สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่จากตัวบ่งชี้คุณภาพ คือ ปริมาณความชื้นและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโรสแมรี่ พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ได้มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่น ๆ ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำหรือในตู้เย็น เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

5. การศึกษาการประยุกต์ใช้แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ พบว่าปริมาณแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ที่เหมาะสมที่สุดคือ ร้อยละ 3 เนื่องจากให้คุณภาพทางกายภาพ เคมีอยู่ในเกณฑ์ดี และยอมรับได้ อีกทั้งให้คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสี และกลิ่นโรสแมรี่ดีที่สุด โดยผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่มีแคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่เป็นส่วนผสม จะมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการผสมเลย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่ โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย และการประยุกต์ใช้ โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปีงบประมาณ 2549 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ให้การสนับสนุนการวิจัย

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคลากร เจ้าหน้าที่ของโรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้มาโดยตลอด

ในโอกาสนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ข้อแนะนำต่างๆ ตลอดทั้งโครงการ ซึ่งทำให้โครงการดำเนินการไปได้ด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพ และแนวความคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งปวง คณะผู้วิจัยขอน้อมรับเพื่อประโยชน์ในอนาคต และองค์ความรู้ที่เกิดจากโครงการวิจัยนี้จะทำให้เกิดประโยชน์แก่ประเทศชาติโดยรวมต่อไป

คณะผู้จัดทำ

เอกสารอ้างอิง

กฤษณา ภูตะคาม และวิริยา คณารักษ์. 2546. **น้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่ สไคล์ลาเวนเดอร์ แคลรี่เสจ สเปียนมินท์ เปปเปอร์มินท์**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

จันทร์ฉาย ไชยวรฉัตร. 2540. **การจับกลิ่นสารหอมระเหยลำไยโดยมอลโทเดร์กทริน**. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

ชาญชัย พรศิริรุ่ง. 2549. **คู่มือปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักร.** สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร.** โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2535. **อาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท**. กระทรวงสาธารณสุข: ฉ.144.

พวงทอง เล็นดำ. 2544. **สารหอมในวุ้นน้ำมะพร้าวไบโอเทค**. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

พิมพร ศรีฉัตราภิมุข. 2527. **ไมโครเอนแคปซูเลชั่น (Micro encapsulation)**. เอกสารประกอบการสอนวิชาเภสัชอุตสาหกรรม ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. **กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร.** โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. **การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

ไพโรจน์ วิริยจารี พันธิตรา พรหมรักษา และสุภาพร พุทธโสภิษฐ์. 2545**. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่น.** ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2547. **การออกแบบการทดลองขั้นสูง**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

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

รัตติกร ธเนศราภา. 2544. **การพัฒนาการผลิตลูกกวาดสมุนไพรชนิดแข็ง**. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

วิไล รังสาดทอง. 2545. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ.

อัคกะบัทคาน ปาทาน. 2540. **การผลิตมอลโตเดรกซ์ทรินโดยใช้มอลท์ธัญพืช.** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

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

Beristain C.I., Garcia H.S. and Vernon-Carter E.J. 2001. **Spray-dried Encapsulation of Cardamon (*Elettaria cardomum*) Essential Oil with Mesquite (*Prosopis Juliflora*) Gum**. Lebensm.- Wiss.U.-Technol., 34: 398-401.

Beristain C.I., Garcia H.S. and Vernon-Carter E.J. 2002. **Effect of water activity on the stability to oxidation of spray-dried encapsulate orange pell oil using mesquite gum (*Prosopis Juliflora*) as wall material**. J. Food Science, 7(1): 206-211.

Bertolimi A.C., Siani A.C. and Grosso C.R.F. 2001. **Stability of monoterpenes encapsulated in gum arabic by spray-drying**. J. Agric Food Chem.49: 780-785.

Dziezak J.D. 1988. **Microencapsulation and encapsulated ingredients**. *Food Technology*. April: 136-149.

Dziezak J.D. 1989. **Spices.** Food Technology. 43. (1): 94-114.

Gibbs B.F., Kermasha S., Alli I. and Mulligan C.N. 1999. **Encapsulation in the food industry: a review**. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 50: 213-224.

Gouin S. 2004. **Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends**. Trends in Food Science & Technology. 15: 330-347.

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

King A.H. 1995. **Encapsulation of food ingredients: A review of available technology, focusing on hydrocolloids**. In: Risch S.J, Reineccius G.A., editors. Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients. Washington DC: American Chemical Society. pp. 26-39.

Lees R. and Jackson F.B. 1973. **Sugar Confectionary and Chocolate Manufacture.** Clarke, Dodle&Brendon Ltd. Plymouth. Great Britain.

Martinez H.F., Revilla G.O. and Valazques T.G. 2004. **Optimal Spray - Drying Encapsulation Process of Orange Oil**. Drying 2004-Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004). Vol. A: 621-627.

Merory J. 1968. **Food Flavorings Composition Manufacture and Use.** The AVI inc. Connecticut.

Okamura N., Fujimoto Y., Kuwabara S. and Yagi A. 1994. **High - performance liquid chromatographic determination of carnosic acid and carnosol in *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis*.** *J.* Chromatogr. 679 :381 - 386.

Reineccius G.A. 1988. **Spray - Drying of Food Flavors**. In: Risch S.J, Reineccius G.A, editors. *Flavor Encapsulation*. Washington DC: American Chemical Society. pp. 55-66.

Risch S. J. 1995. **Encapsulation: Overview of Uses and Techniques.** In: Risch S.J, Reineccius G.A, editors. *Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients*. Washington DC: American Chemical Society. pp. 2-7.

Saiyavit V., Narisa C. and Sujin S. 2001. **Studies of flavor encapsulation by agents produced from modified sago and tapioca starches**. Starch 53. pp. 281 – 287.

Shahidi F. and Naczk M. 1995. **Food Phenolic**. Technomic Publishing Company Inc., USA.

Thies C. 2001. **The Spray Drying of Food Ingredients**. In: Vilstrup P., editor. *Microencapsulation of Food Ingredients*. Leatherhead Publishing, England. pp. 1-30.

Tsimidou M. and Boskou D. 1994. **Antioxidant Activity of Essential Oils from the Plants of the Laniaceae Family**. In: Charalambous G. Spices, Herbs and Edible fungi. Elsevier. pp. 273-384.

Versic R.J. 1988. **Flavor Encapsulation: An Overview**. In: Risch S.J, Reineccius G.A, editors. *Flavor Encapsulation*. Washington DC: American Chemical Society. pp. 1-6.

ภาคผนวก

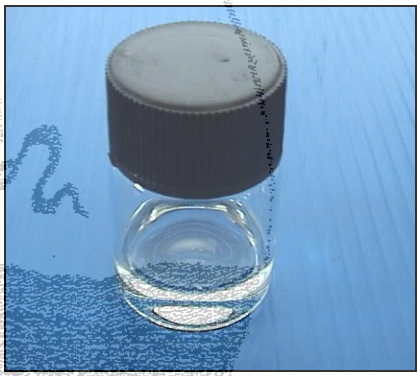
โครงการหลวง

ภาคผนวก ก

รูปภาพ

โครงการหลวง

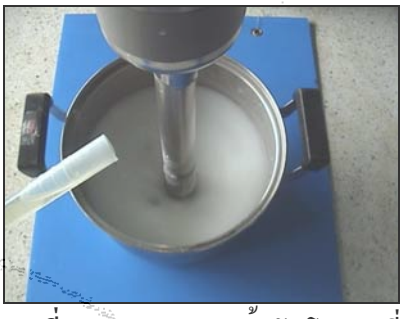
ภาพที่ ก.1 สมุนไพรโรสแมรี่



ภาพที่ ก.2 น้ำมันโรสแมรี่ที่มีจำหน่ายทางการค้า (ซ้าย)
และน้ำมันโรสแมรี่ที่สกัดจากสมุนไพรโรสแมรี่สดที่ทำการเพาะปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตร
ของมูลนิธิโครงการหลวง (ขวา)

ภาพที่ ก.3 สารเคลือบไซโคลเดกซ์ทริน (Cyclodextrin) (ซ้าย)
และมอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin) (ขวา)

ภาพที่ ก.4 การเทผสมสารเคลือบกับน้ำ



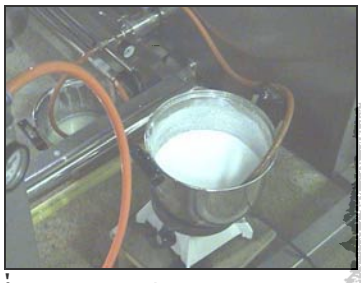
ภาพที่ ก.5 การเทผสมน้ำมันโรสแมรี่ น้ำ และ สารเคลือบ

ภาพที่ ก.6 การปั่นผสม

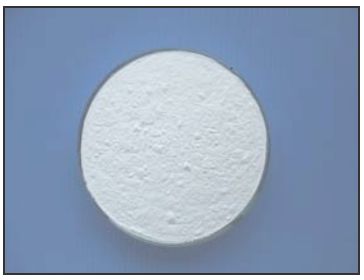
ภาพที่ ก.7 สารแขวนลอยที่ได้จากการปั่นผสม ก่อนการทำแห้ง

ภาพที่ ก.8 การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ภาพที่ ก.9 การตั้งค่าอุณหภูมิอากาศขาเข้าและอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ก่อนการทำแห้ง



ภาพที่ ก.10 การเตรียมสารแขวนลอยก่อนการทำแห้ง



ภาพที่ ก.11 ผลิตภัณฑ์แคปซูลกักเก็บกลิ่นของน้ำมันโรสแมรี่

ภาพที่ ก.12 เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย

โครงการหลวง

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

โครงการหลวง

แบบทดสอบมาตรฐานการกักเก็บกลิ่นโรสแมรี่ของไซโคลเดกซ์ทริน

ชื่อผู้ทดสอบ...วันที่..

กรุณากรอกแบบสอบถามให้ตรงกับความต้องการของท่านมากที่สุด โดยกำหนดเครื่องหมาย X ในที่ที่ท่านคิดว่าลักษณะนั้น ๆ ของตัวอย่างเป็นระดับที่เป็นอยู่

กลิ่นโรสแมรี่

น้อย |————————————————| มาก

ข้อเสนอแนะ

____

____

โครงการหลวง

แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์

ชื่อ.....วันที่.....

กรุณากรอกแบบสอบถามให้ตรงกับความต้องการของท่านมากที่สุด โดย

1. อธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์ และลักษณะที่ท่านคิดว่าเป็นลักษณะที่ควรคำนึงถึงในผลิตภัณฑ์

2. กำหนดเครื่องหมาย X ในที่ที่ท่านคิดว่าลักษณะนั้น ๆ ของตัวอย่างเป็นระดับที่เป็นอยู่

3. กำหนดเครื่องหมาย I ในที่ที่ท่านคิดว่าลักษณะนั้น ๆ ของผลิตภัณฑ์ควรจะเป็นในอุดมคติของท่าน

คำอธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์

1. ลักษณะปรากฏ

..... |---| .....

..... |---| .....

2. กลิ่น-รสชาติ

..... |---| .....

..... |---| .....

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

..... |---| .....

..... |---| .....

แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ชื่อ.....วันที่.....

กรุณากรอกแบบสอบถามให้ตรงกับความต้องการของท่านมากที่สุด โดยกำหนดเครื่องหมาย X ในที่ที่ท่านคิดว่าลักษณะนั้น ๆ ของตัวอย่างเป็นระดับที่เป็นอยู่

1. ลักษณะปรากฏ

สี

อ่อน เข้ม

2. กลิ่น-รสชาติ

กลิ่นธัญพืช

น้อย มาก

กลิ่นโรสแมรี่

น้อย มาก

กลิ่นหืน

น้อย มาก

รสหวาน

น้อย มาก

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแข็ง

น้อย มาก

ความร่วน

น้อย มาก

4. การยอมรับโดยรวม

น้อยที่สุด มากที่สุด

ข้อเสนอแนะ_____

_____

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพ

โครงการหลวง

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์ True Encapsulation Flavor (TEF) (Saiyavit *et.al*, 2001)

1. นำผงแคปซูลที่ผลิตได้จากการ Spray dry ปริมาณ 50 กรัม
2. ค่อยๆ เท Petroleum ether 100 มิลลิลิตร ผสมลงไปในแคปซูลผง โดยระหว่างผสม Petroleum ether ให้ทำการ Stirring ไปด้วย เป็นเวลา 10 นาที
3. ตั้งทิ้งไว้ในอากาศเป็นเวลา 30 นาที จะทำให้ส่วนของ Petroleum ether ระเหยและได้ Residue power
4. นำ Residue power ไปทำการกลั่นด้วยไอน้ำ ระยะเวลา 10 นาที
5. ส่วนที่ควบแน่นออกได้ จะเป็นส่วนผสมของน้ำและน้ำมันโรสแมรี่ ให้ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
6. ส่วนของน้ำมันจะลอยขึ้นมา และวัดปริมาตรน้ำมันและคำนวณจากค่าความหนาแน่น ให้ได้น้ำหนัก (ปริมาณที่คำนวณได้ นำไปแทนค่า C)

การคำนวณค่า True Encapsulated Flavor (TEF)

$$\% \text{ TEF} = [C/A] \times 100$$

A หมายถึง ปริมาณน้ำมันต่อ 1 กรัมของสารเคลือบ ก่อนทำการทำแห้งแบบพ่นฝอย

C หมายถึง ปริมาณน้ำมันต่อ 1 กรัมของสารเคลือบ หลังทำการทำแห้งแบบพ่นฝอย

การหาปริมาณความชื้น (AOAC official method 925.45, 2000)

การหาปริมาณความชื้นโดยใช้ตู้อบแบบลมร้อนทำโดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่ใน Moisture can ที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบแล้วปล่อยให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่ระเหยไป}}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

การวิเคราะห์ความเสถียรของอิมัลชัน (Emulsion Stability Index; ESI)

1. หลังจากที่ผสมสารเคลือบกับน้ำมันโรสแมรี่ ด้วยโฮโมจิไนเซอร์เรียบร้อยแล้ว
2. นำสารละลายมาปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ใน Cylinder ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. ปิดปาก Cylinder และนำไปให้ความร้อนใน Oven ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง
4. อ่านปริมาตรของน้ำ หลังจากให้ความร้อนแล้ว

การคำนวณค่า Emulsion Stability Index (ESI)

$$ESI = 1 - \frac{\text{Total volume of separated water}}{\text{Total volume of water in emulsion}}$$

หมายเหตุ

ค่า ESI จะอยู่ในช่วง 0 - 1 โดย ที่ค่า 0 หมายถึง ขาดความเสถียรของอิมัลชัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารโดยใช้หลักการ GC-MS (Gas chromatography Mass spectrometer)

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยทั้งสองดังกล่าวข้างต้นโดยใช้หลักการ GC-MS (Gas chromatography Mass spectrometer) ใช้เครื่อง GC-MS ของบริษัท Hewlett Packard Model 5973 และเครื่อง Mass Spectrometer ของบริษัท Agilent Model Agilent 6890 Series GC System

กำหนดให้อุณหภูมิของเครื่องกำเนิดอิเล็กตรอนเท่ากับ 250 องศาเซลเซียส และใช้คอลัมน์รุ่น AT-1MS (ขนาด 30×0.25 mm.) ซึ่งฉาบด้วย ฟีนิลเมททิลซิโลแซน ร้อยละ 5 (5% Phenyl methyl siloxane) และใช้ก๊าซฮีเลียม (Helium gas) เป็นก๊าซพา

สภาวะขณะปฏิบัติงาน

โดยการฉีดสารตัวอย่างที่ระดับอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์จะตั้งโปรแกรมอยู่ที่ระหว่างระดับอุณหภูมิอยู่ในช่วง 100 - 240 องศาเซลเซียส สภาวะขณะปฏิบัติงานของ Oven อุณหภูมิใน Oven จะเริ่มจาก 100 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 10 องศาเซลเซียส/นาที และเพิ่มอุณหภูมิไปเรื่อยๆ จนอุณหภูมิเท่ากับ 240 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 25 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวัดสีระบบ Hunter L, a, b (Minolta Camera Co., Ltd., 1991)

เป็นการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta Camera: Model CR - 300/310 วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter L, a, b) โดยค่า 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) แล้วจึงทำการวัดสีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทำการวัด 5 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC official method 925.45, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.จานเพาะเชื้อ (Petri dish)

2.หลอดทดลอง (Test tube)

3.ปิเปต ขนาด1และ 10 มิลลิลิตร

4.อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Waterbath "Memmert'' model 4999, Germany)

5.ตู้บ่มเชื้อ (Incubater "Gallenkamp'', England)

6.หม้อนึ่งความร้อน (Autoclave "Gallenkamp'' model AUX-700-010, England)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

1.สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1

2.อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Count Agar (PCA)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.ชั่งอาหารเลี้ยง PCA 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นหรือน้ำกลั่นปราศจากไอออน 1 ลิตร

2.ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด

3.นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

4.อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จะมีความเป็นกรด - ด่าง สุดท้าย เท่ากับ 7.0±0.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ให้มีระดับเจือจาง (Dilution) 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3}

การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1.ใช้ปิเปต 1 มิลลิลิตร ที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่าง อาหารที่ระดับเจือจางต่างๆ ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูดจากระดับความเข้มข้นขั้นต่ำสุดก่อน

2.เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่กำลังหลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างโดยใส่ลงในจาน จานละประมาณ 15 - 20 มิลลิลิตร ให้เสร็จภายใน 1 - 5 นาที

3.ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คว่ำจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

การบ่มเชื้อ

บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังการบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ระดับเจือจาง (Dilution) ที่มีจำนวนโคโลนี น้อยกว่า 300 โคโลนี คำนวณจำนวนโคโลนี ต่ออาหาร1 กรัม (N) ตามสูตรดังนี้

$$N = \frac{C}{v\ (n_1 + 0.1\ n_2)\ d}$$

เมื่อ C คือ ผลรวมของจำนวนโคโลนีที่นับได้ในจานเพาะเชื้อทั้งหมด

v คือ ปริมาตร (ml) ของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน

n_1 คือ จำนวนจานที่ระดับเจือจางแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี

n_2 คือ จำนวนจานที่ระดับเจือจางที่สอง ที่นำมานับจำนวนโคโลนี

d คือ ระดับเจือจางระดับแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี

รายงานผลการคำนวณเป็นจำนวนที่มีเลขนัยสำคัญ 2 ตำแหน่งระหว่าง 1.0 - 9.9 คูณด้วย 10^x เมื่อ X คือ เลขยกกำลัง ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

จำนวนโคโลนีที่นับได้ ที่ระดับเจือจางระดับแรก (10^{-3}) = 171 และ194

จำนวนโคโลนีที่นับได้ ที่ระดับเจือจางระดับสอง (10^{-4}) = 14 และ20

ปริมาตรของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน = 1 ml

$N = (171 + 194 + 14 + 20) / (1x(2+(0.1x2))x10^{-3} = 399/0.0022 = 181,363$

ดังนั้น จึงรายงานผลการตรวจนับได้เป็น 1.8×10^5 โคโลนีต่อกรัม

การหาปริมาณยีสต์และรา (Yeast and mold) (AOAC official method 925.45, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมืออุปกรณ์

1.จานเพาะเชื้อ (Petri dish)

2.หลอดทดลอง (Test tube)

3.ปิเปต ขนาด1และ 10 มิลลิลิตร

4.อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Waterbath "Memmert'' model 4999, Germany)

5.ตู้บ่มเชื้อ (Incubater "Gallenkamp'', England)

6.หม้อนึ่งความร้อน (Autoclave" Gallenkamp'' model AUX-700-010, England)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

1.สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (Merk, Germany)

2.อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate dextose agar (PDA) (Merk, Germany)

3.สารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.ชั่งอาหารเลี้ยง PDA 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่นหรือน้ำกลั่นปราศจากไอออน 1 ลิตร

2.ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด

3.นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

4.ปรับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้วให้มีความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 3.5 โดยการเติมสารละลายทาร์ทาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 ลงไป (อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร ใช้สารละลายกรดทาร์ทาริก 1.9 มิลลิลิตร)

การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ให้มีระดับเจือจาง (Dilution) 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3}

การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1.ใช้ปิเปต 1 มิลลิลิตร ที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่าง อาหารที่ระดับเจือจางต่างๆ ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูดจากระดับความเข้มข้นขั้นต่ำสุดก่อน

2.เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่กำลังหลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างโดยใส่ลงในจาน จานละประมาณ 15 - 20 มิลลิลิตร ให้เสร็จภายใน 1 - 5 นาที

3.ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คว่ำจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

การบ่มเชื้อ

บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังการบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ระดับเจือจาง (Dilution) ที่มีจำนวนโคโลนี น้อยกว่า 300 โคโลนี คำนวนจำนวนโคโลนี ต่ออาหาร 1 กรัม (N) ตามสูตรดังนี้

$$N = \frac{C}{v\ (n_1 + 0.1\ n_2)\ d}$$

เมื่อ C คือ ผลรวมของจำนวนโคโลนีที่นับได้ในจานเพาะเชื้อทั้งหมด

v คือ ปริมาตร (ml) ของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน

n_1 คือ จำนวนจานที่ระดับเจือจางแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี

n_2 คือ จำนวนจานที่ระดับเจือจางที่สอง ที่นำมานับจำนวนโคโลนี

d คือ ระดับเจือจางระดับแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี

รายงานผลการคำนวณเป็นจำนวนที่มีเลขนัยสำคัญ 2 ตำแหน่งระหว่าง 1.0 - 9.9 คูณด้วย 10^x เมื่อ X คือ เลขยกกำลัง ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

จำนวนโคโลนีที่นับได้ ที่ระดับเจือจางระดับแรก (10^{-3}) = 171 และ194

จำนวนโคโลนีที่นับได้ ที่ระดับเจือจางระดับสอง (10^{-4}) = 14 และ20

ปริมาตรของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน = 1 ml

$N= (171 +194 +14+ 20) / (1x(2+(0.1x2))x10^{-3} =399/0.0022 = 181,363$

ดังนั้น จึงรายงานผลการตรวจนับได้เป็น 1.8×10^5 โคโลนีต่อกรัม

ภาคผนวก ง
งบประมาณและการจัดการเงินงบประมาณ

โครงการหลวง

รายงานเงินวิจัยโครงการ “การกักเก็บกลิ่นน้ำมันโรสแมรี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย และการประยุกต์ใช้”

หมวดรายจ่าย	งบประมาณ	ไตรมาส 1		ไตรมาส 2		ไตรมาส 3		ไตรมาส 4	
		เบิกจ่าย	คงเหลือ	เบิกจ่าย	คงเหลือ	เบิกจ่าย	คงเหลือ	เบิกจ่าย	คงเหลือ
ปีที่ 1 ประจำปีงบประมาณ 2549									
ค่าใช้สอยและวัสดุ	288,000.00	37,781.95	250,218.05	28,996.00	221,222.05	82,888.51	138,333.54	138,332.02	0.52
รวม	288,000.00	37,781.95	250,218.05	28,996.00	221,222.05	82,888.51	138,333.54	138,332.02	0.52
ปีที่ 2 ประจำปีงบประมาณ 2550									
ค่าจ้างชั่วคราว	102,720.00	24,480.00	78,240.00	24,480.00	53,760.00	24,480.00	29,280.00	29,280.00	0.00
ค่าใช้สอยและวัสดุ	185,280.00	21,800.00	163,480.00	52,098.00	111,382.00	21,747.00	89,635.00	89544.00	91.00
รวม	288,000.00	46,280.00	241,720.00	76,578.00	165,142.00	46,227.00	118,915.00	118,824.00	91.00