สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ทุนอุดหนุนวิจัย 2552

เทคนิคการผลิตผงน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีเอนแคปซูเลชั่น

Encapsulation Technique for Production of Coconut Virgin Oil Powder

โดย

มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์

อำนาจ คูตะคุ

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เสนอต่อ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สิงหาคม 2552

RCH
TP
684
.C7
ม48ก
ค.1

สจหป.
เลขทะเบียน 115576
วัน,เดือน,ปี 21 มี.ค. 2554

b.12312609
i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Virgin coconut oil (VCO) contains high amount of lauric acid which can convert into a fatty acid derivative, called monolaurin. Monolaurin is the same substance found naturally in mother's milk and is also believed to help the immunity creation and be antibiotic substance. So, the consumer pays more attention in VCO as a supplementary food. However the majority of VCO products are in the form of liquid and VCO has its own characteristic and distinctive odor. These cause the limitation in utilization as food products. Therefore to transform VCO into the powder form would be necessary and beneficial to the consumer. The aim of this study was to apply the encapsulation technique to develop the spray dried VCO powder and to investigate the effects of processing parameters including weight ratio of maltodextrin: VCO at 3:1, 2:1, 1:1, drying air temperature at 170 -230 °C, % emulsion concentration at 30 – 50 %w/w. The spray dried powder samples were analyzed for moisture content, %powder yield, %encapsulated oil, %total oil, %free fatty acid and water activity. The result showed that the maximum percentage of encapsulated oil of 74.2% occurred at 45% emulsion concentration, weight ratio of maltodextrin: VCO at 3:1 and drying air temperature at 230°C

Keywords: virgin coconut oil, encapsulation, spray drying, powder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
ปก	i
บทคัดย่อ	ii
ABSTRACT	iii
สารบัญ	iv
1. บทนำ	1
2. การสำรวจเอกสาร	3
2.1 การแปรรูปมะพร้าว	3
2.2 น้ำมันมะพร้าว	3
2.2.1 ประเภทของน้ำมันมะพร้าว	3
2.2.2 องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	4
2.3 การเอนแคปซูเลชั่น	6
2.3.1 ชนิดของไมโครแคปซูลที่ผลิตโดยใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชัน	7
2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของสารให้กลิ่นรสที่ผ่านการเอนแคปซูเลท	9
2.4 เทคนิคที่ใช้ในการเอนแคปซูเลชัน	10
2.4.1 การเอนแคปซูเลทโดยใช้วิธีทางเคมี	10
2.4.2 การเอนแคปซูเลทโดยใช้เครื่องมือ	11
2.5 ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์	14
2.5.1 แซนแทนกัม	14
2.5.2 เมทิลเซลลูโลส	14
2.5.3 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	15
2.5.4 ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส	15
2.5.5 ไฮดรอกซีโพรพิเมทิลเซลลูโลส	15
2.5.6 มอลโตเด็กซ์ตริน	15
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 วัตถุดิบ 19
3.2 วิธีการทดลอง 19
3.2.1 การเตรียมอิมัลชัน 19
3.2.3 การอบแห้งแบบพ่นฝอย 20
3.3 การวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ 21
3.4 การวางแผนและการวิเคราะห์ผลการทดลอง 22

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ 24
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำมันมะพร้าวผงที่สภาวะต่างๆ ตาม Box - Behnken Design 26
4.2 ผลของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับคุณลักษณะของน้ำมันมะพร้าวผงที่ได้ 28
4.2.1. ปริมาณความชื้น 28
4.2.2 เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ 30
4.2.3 ปริมาณน้ำมันทั้งหมด 32
4.2.4 ปริมาณน้ำมันกักเก็บได้ 34
4.2.5 เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมด 36
4.2.6 ปริมาณกรดไขมันอิสระ 38
4.2.7 Water Activity ของผลิตภัณฑ์ 38

5. บทสรุป 41

บรรณานุกรม 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของไทย และได้ชื่อว่าเป็นต้นไม้สารพัดประโยชน์ หรือ Tree of life เนื่องจากเป็นต้นกำเนิดของแหล่งที่มาของปัจจัยสี่ มีรายงานว่าประเทศไทยมีผลผลิตมะพร้าวผลอยู่ในอันดับที่ 6 ของโลก คิดเป็นจำนวนประมาณ 1.38 -1.45 ล้านตันต่อปี การแปรสภาพมะพร้าวให้อยู่ในรูปแบบที่สะดวกต่อการนำไปบริโภคหรือใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ย่อมนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตมากขึ้น (สถาบันคลังสมองของชาติ, 2005) จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาคิดค้นเทคนิคใหม่ในการแปรสภาพเพื่อประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในด้านต่างๆ เพื่อลดการสูญเสียทางคุณค่าโภชนาการและทางเศรษฐศาสตร์

น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ได้จากมะพร้าว สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น อาหารเพื่อสุขภาพ น้ำมันสลัด มายองเนส ขนมปังกรอบ นมข้นหวาน ไอศกรีม หรือผลิตภัณฑ์ทางเคมี เช่น สบู่ ผงซักฟอก แชมพู เครื่องสำอาง น้ำมันหอมระเหย หรือการสกัดยารักษาโรค พลาสติก เป็นต้น

คุณสมบัติสำคัญของน้ำมันมะพร้าวที่เหนือกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นคือมีกรดไขมันอิ่มตัวสูง เช่น กรดลอริก มีในปริมาณถึง 55% จัดเป็นสารสำคัญในการสร้างภูมิคุ้มกัน เมื่อเราบริโภคน้ำมันมะพร้าวเข้าไปในร่างกาย กรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวจะเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ ที่มีชื่อว่า โมโนลอริน ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่อยู่ในน้ำนมมารดา จะทำหน้าที่สร้างภูมิคุ้มกันและเป็นสารปฏิชีวนะที่สามารถทำลายเชื้อโรคได้หลายชนิด สำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil) นั้นจะไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปทางเคมีและไม่ผ่านการให้ความร้อนทำให้คุณภาพของวิตามินอีและกรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวยังคงอยู่ ทำหน้าที่เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant) (Nevin & Rajamohan, 2005) ซึ่งเกิดจากมลพิษในสิ่งแวดล้อม อาหารและเครื่องดื่ม การสูบบุหรี่ รังสี ความเครียด เป็นต้น และด้วยลักษณะที่เป็นกรดลอริเป็นกรดไขมันขนาดกลาง ทำให้มีคุณสมบัติพิเศษ สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว ไขมันสะสมในร่างกายจึงเกิดน้อยมาก นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มอัตราการเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงานได้เร็ว เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติกระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้ทำงานเร็วขึ้น ทำให้คนกระฉับกระเฉง ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้นิยมบริโภคน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในรูปแบบของอาหารเสริมมากขึ้น แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของของเหลวที่อุณหภูมิห้องซึ่งง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น อีกทั้งน้ำมันพืชบริสุทธิ์จะมีกลิ่นรสเฉพาะตัว ดังนั้นการแปรสภาพให้อยู่ในรูปของผงโดยใช้เทคนิคการเอนแคปซูเลชันจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา กักเก็บกลิ่น และเพิ่มความสะดวกในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป รวมทั้งการบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครเอนแคปซูเลชัน เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ใน การบรรจุห่อหุ้มของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซไว้ในอนุภาคเล็กๆ ซึ่งสามารถปลดปล่อยสารที่ถูกห่อหุ้มภายใต้สภาวะที่กำหนดได้ ขั้นตอนของไมโครเอนแคปซูเลชัน คือการที่ชั้นของสารห่อหุ้ม (encapsulating agent) ที่แห้งทำหน้าที่เป็นเสมือนกำแพงป้องกันการแพร่ผ่าน หรือเป็นสิ่งกีดขวาง(barrier) ระหว่างสารที่ถูกห่อหุ้มกับสิ่งแวดล้อม เพื่อป้องกันการเสื่อมคุณค่าอันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมนั้น (Versic, 2004) กระบวนการของไมโครเอนแคป-ซูเลชันของน้ำมันประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การทำอิมัลชันและการอบแห้ง ขั้นตอนแรก คือ การทำอิมัลชันของสารที่จะหุ้มกับสารละลายเข้มข้นของสารห่อหุ้มด้วยเครื่องกวนให้เป็นเนื้อเดียว (homogenizer) จากนั้นเป็นการทำอิมัลชันของน้ำมันในน้ำ(O/W emulsion) ที่ได้ให้แห้งอย่างรวดเร็ว เพื่อไม่ให้มีเวลาเกิดการแยกเฟส จึงจะได้เป็นชั้นของสารห่อหุ้มที่แห้งห่อหุ้มเม็ดสารที่ถูกหุ้มเล็กๆอยู่ภายใน

การห่อหุ้มสารด้วยเทคนิคสเปรย์ดรายเป็น เทคนิคนี้เป็นที่มีค่าใช้จ่ายการดำเนินการต่ำ และสามารถเก็บรักษากลิ่นรสได้ดี เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรักษาสารโดยที่ไม่ต้องใช้เครื่องซับซ้อน (Gouin, 2004) ขั้นตอนของกระบวนการประกอบด้วยสารที่จะห่อหุ้มถูกโฮโมจีไนซ์รวมกับสารห่อหุ้มเป็นอิมัลชันก่อนจะป้อนเข้าเครื่องสเปรย์ดรายเพื่อฉีดพ่นอิมัลชันให้เป็นละอองด้วยหัวฉีดแบบนอซเซิลหรือแบบจานเหวี่ยง น้ำในเม็ดอิมัลชันที่ถูกฉีดออกมาจะระเหยด้วยลมร้อนเหลือแต่เพียงอนุภาคของแข็ง และถูกเหวี่ยงแยกออกจากลมในถังไซโคลน นอกจากนี้ในการผลิตสามารถควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทำแห้งได้ ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ (Desai & Park, 2005)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาวิธีการเอนแคปซูเลชันน้ำมันมะพร้าวให้อยู่ในรูปผงด้วยเครื่องสเปรย์ดราย เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษา กักเก็บกลิ่นรส เพิ่มความสะดวกในการใช้งาน และเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตมะพร้าวอีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสำรวจเอกสาร

2.1 การแปรรูปมะพร้าว

ประเทศไทยมีผลผลิตมะพร้าวเท่ากับ 2.75 ล้านตัน โดยมีปริมาณสัดส่วนตามชนิดของมะพร้าว ได้แก่ มะพร้าวผล มะพร้าวอ่อนและมะพร้าวตาล คือ ร้อยละ 89.14, 9.81 และ 1.04 ตามลำดับ มีสัดส่วนการใช้ประโยชน์แบ่งเป็นการบริโภคภายในประเทศร้อยละ 60 และ ร้อยละ 40 สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมและส่งออกมูลค่ารวมประมาณ 160 ล้านบาท โดยมีผลิตภัณฑ์ที่สำคัญได้แก่ มะพร้าวน้ำหอมทั้งลูก น้ำมันมะพร้าว และเส้นใยมะพร้าว และผลิตภัณฑ์กะทิจำนวนหนึ่ง มะพร้าวผล 1 ลูก น้ำหนักเฉลี่ย 2 กิโลกรัม ราคา 9 บาท หากมีการแปรรูปเป็นมะพร้าวขาว ได้ปริมาณ 0.6กิโลกรัม ราคา 12 บาท ถ้าแปรรูปเป็นกะทิได้ปริมาณ 0.5 กิโลกรัม ราคา 15 บาท (กรณีกะทิ UHT) และหากแปรรูปต่อเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ได้ปริมาตร 0.3 ลิตร ราคา 90บาท และจะมีวัสดุเหลือคือ กะลา น้ำมะพร้าว ใยมะพร้าว ผิวดำ และกากมะพร้าวมีมูลค่า 1.50 บาท,0.20 บาท,2.88 บาท,1 บาท และ 0.20 บาท ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามะพร้าวมีห่วงโซ่อุปสงค์และอุปทานที่ซับซ้อนสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด (สนง. เกษตร จ.ประจวบฯ)

ผลิตภัณฑ์อาหารจากมะพร้าวส่วนใหญ่ได้จากเนื้อมะพร้าวซึ่งมีอยู่ 29-30 เปอร์เซ็นต์ ต่อน้ำหนักผล และจากน้ำมันมะพร้าวซึ่งมีอยู่ 21-26 เปอร์เซ็นต์ ต่อน้ำหนักผล ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ กะทิ กะทิเข้มข้น กะทิผง น้ำมันมะพร้าว แป้งมะพร้าว ส่วนผลิตภัณฑ์จากน้ำมะพร้าว ได้แก่ น้ำส้มสายชู น้ำ-มะพร้าวอ่อน น้ำตาลมะพร้าว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมอุปโภค อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยมะพร้าว อุตสาหกรรมแห่งเพาะชำ เพื่อใช้ปลูกไม้กระถางใช้ในรูปของอุตสาหกรรมหรือส่งออก

2.2 น้ำมันมะพร้าว (สถาบันคลังสมองของชาติ, 2551)

โดยทั่วไปมะพร้าวผล 1 ลูก มีน้ำหนักเฉลี่ย 2 กิโลกรัม ราคาประมาณ 6 บาท เมื่อนำมาแปรรูปเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ได้ปริมาตร 0.3 ลิตร ราคา 90 บาท ซึ่งนับว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าได้มาก นอกจากนั้นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะสำหรับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดโดยไม่ผ่านความร้อนและไม่ใช้สารเคมี

2.2.1 ประเภทของน้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าวอาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิดหลักๆ ได้แก่ น้ำมันมะพร้าวทั่วไปหรือที่เรียกว่าน้ำมันมะพร้าวชนิด RBD (Refined, Bleached, Deodorized) และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การผลิตน้ำมันมะพร้าวทั่วไป (RBD)

เนื้อมะพร้าวจะถูกนำมาทำให้แห้ง โดยการตากหรืออบในเตา เพื่อให้น้ำในเนื้อมะพร้าว ลดลง จากนั้นเนื้อมะพร้าวแห้ง (Copra) จะถูกบด และนำไปผสมกับน้ำเดือดก่อนที่จะผ่านต่อไปยังเครื่องนวดเพื่อคั้นน้ำมันออกมาให้ได้มากที่สุดหลังจากแยกกากออกส่วนผสมที่ได้จะถูกเคี่ยวซ้ำๆ ด้วยความร้อนต่ำเป็นเวลานาน เพื่อให้น้ำระเหยออกจนเหลือแต่น้ำมัน หรืออาจใช้วิธีต้ม Copra ที่บดแล้วหรือใช้สารละลาย เพื่อช่วยให้สกัดน้ำมันได้มากขึ้นเศษกากมะพร้าวที่เหลือมีโปรตีนสูง และมักใช้เป็นอาหารสัตว์ น้ำมันที่ได้จะต้องผ่านการกรองเพื่อแยกสิ่งแปลกปลอมออก แล้วนำไปต้มเป็นเวลาหลายชั่วโมง เพื่อขจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ การฟอกสีและการกรองอีกครั้งจะทำให้ได้น้ำมันมะพร้าวที่ไม่มีสี และปราศจากกลิ่นหรือแม้แต่รสชาติ ผู้ผลิตส่วนมากจะเติมสีเพราะเกรงว่าน้ำมันใสๆจะไม่ถูกใจผู้บริโภค

- การผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil)

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จะได้มาก็เฉพาะการสกัดจากเนื้อมะพร้าวสด ไม่มีการใช้ความร้อน ไม่ใช้สารเคมี จากการทดสอบในห้องทดลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า น้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีธรรมชาติ เป็นน้ำมันมะพร้าวที่มีคุณภาพสูงมาก ยังคงมีกรดลอริค (Lauric acid)สูงถึง 50 - 53 % ซึ่งเป็นกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และมีแร่ธาตุสารอาหารในปริมาณสูง เช่นโปรตีน แคลเซียม โซเดียม โพแตสเซียม น้ำมันยังคงรักษากลิ่น สี และรสชาติของมะพร้าวอยู่ ไม่สูญเสียไปเหมือนมะพร้าวที่ผ่านการทำให้แห้งและการกลั่นจากโรงงาน น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันจากพืชที่คนไทยใช้อุปโภคมาเป็นเวลานานแล้ว ใช้ทำน้ำมันสลัด ทำมายองเนส ใช้ในการทำขนมปังกรอบ ทำนมข้นหวาน ไอศกรีม เป็นต้น น้ำมันมะพร้าวที่ผลิตได้ภายในประเทศแต่ละปียังคงถูกใช้เพื่อการบริโภคถึงร้อยละ 60 ที่เหลือใช้ในอุตสาหกรรม ทำสบู่ ผงซักฟอก แชมพู เครื่องสำอาง อุตสาหกรรมพลาสติก ฟอกหนัง ผ้าใบและใช้เป็นเชื้อเพลิงจุดตะเกียงให้แสงสว่าง (ฝ่ายสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยาและพลังงาน, 2551)

2.2.2 **องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์** (Virgin Coconut Oil) (ณรงค์, 2548)
ส่วนประกอบของน้ำมันมะพร้าวมีสารที่มีลักษณะเด่น ๆ ดังนี้

- กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acids)

น้ำมันมะพร้าว ประกอบด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัว กว่า 90 % อะตอมของธาตุคาร์บอนของกรดไขมันที่อิ่มตัวจะต่อกันเป็นเส้น (Chain) โดยมีพันธะเดี่ยว (Single Bond) จับกันเองเป็นเส้นยาวตามจำนวนของคาร์บอน แต่ละอะตอมของคาร์บอนจะมีไฮโดรเจนติดอยู่ 2 ตัว เนื่องจากแต่ละอะตอมของคาร์บอนไม่สามารถรับไฮโดรเจนได้อีกเพราะไม่มีพันธะว่าง จึงเรียกน้ำมันที่มีกรดไขมันประเภทนี้ว่า "น้ำมันอิ่มตัว" กรดไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวส่วนใหญ่ มีจำนวนอะตอมของคาร์บอน 8 – 14 ตัว กรดไขมันที่สำคัญได้แก่ กรดคาปริก (Carpic acid – C10), กรดลอริก (Lauric acid – C12) และกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมริสติก (Myristic Acid – C14) ทำให้โมเลกุลมีความยาวของเส้น (chain) ขนาดปานกลาง นอกจากนี้ น้ำมันมะพร้าวยังประกอบไปด้วย กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) แต่มีเพียง 9 % ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated Fatty Acid) คือ กรดไขมันที่มีอะตอมของคาร์บอน 1 ตัว ไม่มีไฮโดรเจน 2 ตัวมาจับ จึงต้องจับคู่กันเองด้วยพันธะคู่ (Double Bond) จึงเป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่เพียงหนึ่งคู่ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated Fatty Acid) คือ กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 คู่ ส่วนใหญ่กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนมาก จึงทำให้โมเลกุลมีความยาวมาก เช่น กรดลิโนเลอิก (Linoleic Acid – C18)

- กรดลอริก (Lauric Acid)

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันจากพืชชนิดเดียวในโลกที่มีกรดลอริก อยู่ในปริมาณที่สูงมาก ประมาณ 48 – 53 % และกรดลอริกนี้เอง ที่ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติพิเศษในการเสริมสุขภาพและความงามของมนุษย์ น้ำมันมะพร้าวยังมีกรดคาปริก (Capric Acid) ซึ่งแม้ว่าจะมีน้อยกว่ากรดลอริก คือ มีเพียง 6-7 % แต่ก็ช่วยเสริมประสิทธิภาพของกรดลอริก องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันพืชบางชนิด

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างน้ำมันที่แสดงค่าปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว

	Coconut Oil	Palm Kernel Oil	Palm Oil	Olive Oil	Soybean Oil
A. Saturated					
C6:0 Caproic	0.50	0.30	-	-	-
C8:0 Caprylic	8.00	3.90	-	-	-
C10:0 Capric	7.00	4.00	-	-	-
C12:0 Lauric	48.00	49.60	0.30	-	
C14:0 Myristic	17.00	16.00	1.10	-	0.10
C16:0 Palmitic	9.00	8.00	45.20	14.00	10.50
C18:0 Stearic	2.00	2.40	4.70	2.00	3.20
C20:0 Arachidic	0.10	0.10	0.20	-	0.20
B. Unsaturated					
C16:1 Palmitoleic	0.10	-	-	1.00	-
C18:1 Oleic	6.00	13.70	38.8	71.00	22.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C18:2 Linoleic	2.30	2.00	9.40	10.00	54.50
C18:3 Linoleic	-	-	0.30	0.80	8.30
C20:4 Arachidonic	-	-	-	-	0.90
% Unsaturated	8.40	15.70	48.50	82.80	90.80

- วิตามินอี (vitamin E)

น้ำมันมะพร้าวที่ไม่ผ่านขบวนการ RBD ยังคงมีวิตามินอีเหลืออยู่ และก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ทำให้น้ำมันมะพร้าวโดดเด่นกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ

2.3 การเอนแคปซูเลชั่น (Encapsulation) (Desai, 2005)

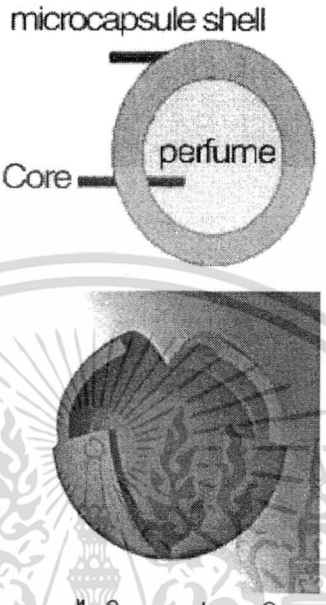
เนื่องจากในปัจจุบันนี้ผู้บริโภคเริ่มให้ความสนใจเกี่ยวกับเรื่องของอาหารเพิ่มมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเรื่องกลิ่นรสของอาหาร คุณค่าทางโภชนาการ หรือกระบวนผลิต โดยผู้บริโภคมีความต้องการและปรารถนาอาหารที่มีกลิ่นรสที่ดี มีสีที่น่ารับประทาน ลักษณะรูปร่างที่ดี มีคุณค่าทางโภชนาการและมีกระบวนการการผลิตที่สะอาด, ปลอดภัย, ถูกสุขลักษณะ แต่เนื่องจากในระหว่างกระบวนการผลิตโดยเฉพาะกระบวนการทางความร้อนและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นจะเกิดการสูญเสียสารให้กลิ่นรส คุณค่าทางโภชนาการไป ดังนั้นเทคโนโลยีการเอนแคปซูเลชันจึงเริ่มเข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้นในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจาก การเอนแคป-ซูเลชันเป็นเทคโนโลยีการควบคุมการปลดปล่อยสาร (controlled release technology) ทำให้สามารถควบคุมการปลดปล่อยสารให้อยู่ในปริมาณที่ต้องการหรืออยู่ในปริมาณที่เหมาะสม และสามารถปลดปล่อยสารนั้นทีละน้อยได้เป็นเวลานานตามความต้องการ นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการสูญเสียกลิ่นรสระหว่างกระบวนการผลิต โดยสารส่วนใหญ่ที่จะนำมาทำการเอนแคปซูเลชันจะเป็นสารจำพวก สารให้กลิ่นรส วิตามินต่างๆ ตลอดจนน้ำมันหรือน้ำมันหอมระเหย ซึ่งเทคโนโลยีนี้อาศัยหลักการเคลือบหรือการห่อหุ้ม เพื่อกักเก็บสารที่ต้องการไว้ในรูปของอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งสารที่ต้องการจะถูกเคลือบด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน หรือสารโพลิเมอร์บางชนิด ที่มีคุณสมบัติในการเกิดฟิล์มบางห่อหุ้มเคลือบสารที่ต้องการไว้ได้

เอนแคปซูเลชันเป็นกระบวนการที่ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อ 40 ปีก่อน เป็นกระบวนการที่สารหรือส่วนผสมของสารถูกเคลือบด้วยสารชนิดอื่น สารที่ถูกเคลือบ (coated) หรือ ถูกยึดจับไว้ (entrapped) ส่วนใหญ่จะเป็นของเหลว แต่บางครั้งอาจเป็นอนุภาคของแข็งหรือก๊าซซึ่งจะเรียกชื่อแตกต่างกันไปเช่น core material, active, fill, internal phase หรือ payload สารที่นำมาเคลือบจะเรียกว่า wall material, carrier, membrane, shell หรือ capsule ซึ่งสารที่นำมาห่อหุ้มสามารถป้องกันการสูญเสียสารที่ถูกหุ้มจากกระบวนการทางความร้อน เช่น การทอด การอบ การฆ่าเชื้อ และการแปรรูปต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

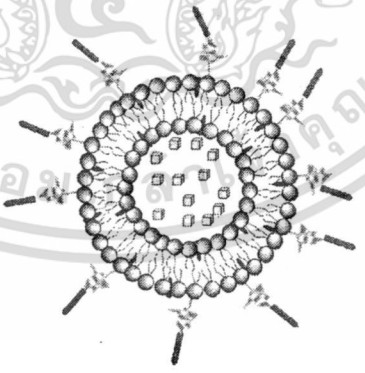
2.3.1 **ชนิดของไมโครแคปซูลที่ผลิตโดยใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชัน** (Desai, 2005)

1) Single core (True encapsulation) เป็นรูปแบบของไมโครแคปซูลที่ได้จากการเอนแคปซูเลชันโดยใช้เทคนิค coacervation



รูปที่ 2.1 **แสดงไมโครแคปซูลชนิด** Single core

2) Multi-core หรือ Matrix encapsulation เป็นรูปแบบของไมโครแคปซูลของสารให้กลิ่นรสส่วนใหญ่ที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย สเปรย์ชิลลิง สเปรย์คลูลิง เอ็กซ์ทรูชันในการเอนแคปซูเลท

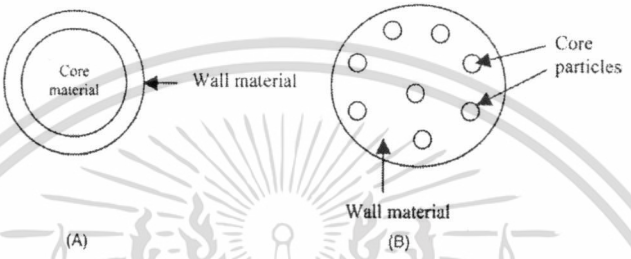


รูปที่ 2.2 **แสดงไมโครแคปซูลชนิด** Multi- core

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

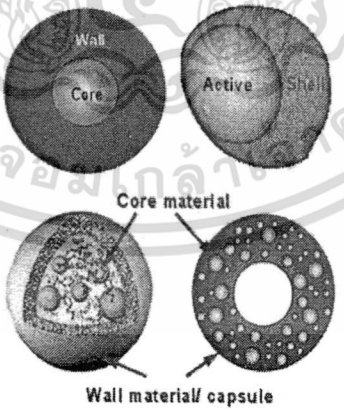
3) Multi-wall หรือ Control release เป็นรูปแบบของไมโครแคปซูลของสารให้กลิ่นรสที่มีการเคลือบผิวครั้งที่สองโดยใช้เทคนิค fluidized bed หรือ centrifugal coating ทำให้สามารถควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสในสภาวะที่ต้องการได้

โครงสร้างของไมโครเอนแคปซูเลชันแบ่งได้เป็น 2 แบบ (Desai & Park, 2005) โดยแบบแรกเป็นโครงสร้างอย่างง่ายที่สุด คือ เป็นทรงกลมที่ถูกหุ้มด้วยเปลือกรอบๆเป็นผนังคล้ายไข่ไก่ ดังในรูปที่ 2.3 (A)



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของไมโครแคปซูล

ส่วนแบบที่ 2 นั้นสามารถออกแบบให้มีสารที่ถูกห่อหุ้มการกระจายตัวอยู่ภายในไมโครแคปซูลเดียวกัน ดังในรูปที่ 2.3 (B) ตัวอย่างการห่อหุ้มสารตามธรรมชาติ ได้แก่ ไข่ไก่ สปอร์ของแบคทีเรียและเปลือกหอย(Soottitantawat, 2005) ดังแสดงในรูปที่ 2.4

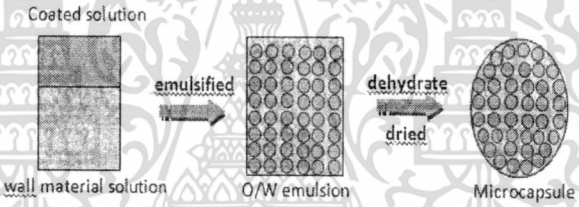


รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของการเอนแคปซูเลชัน ในเปลือกของไข่นก, เปลือกของเมล็ดพืช, สปอร์ของแบคทีเรีย และเปลือกหอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพในการป้องกันและปลดปล่อยสารนั้นขึ้นอยู่กับส่วนประกอบและโครงสร้างของเปลือกที่มาห่อหุ้ม สภาวะเงื่อนไขระหว่างกระบวนการผลิต และสภาพแวดล้อมของการใช้งานไมโครแคปซูล เช่น อุณหภูมิ, ค่าความเป็นกรดด่าง, ความดัน, ค่าความชื้น เป็นต้น

กระบวนการของไมโครเอนแคปซูเลชันของน้ำมันประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การทำอิมัลชันและการอบแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 2.5 ขั้นตอนแรก คือ การทำอิมัลชันของสารที่จะหุ้มกับสารละลายเข้มข้นของสารห่อหุ้มด้วยเครื่องกวนให้เป็นเนื้อเดียว(homogenizer) จากนั้นรีบทำอิมัลชันของน้ำมันในน้ำ (O/W Emulsion) ที่ได้ให้แห้งอย่างรวดเร็ว เพื่อไม่ให้มีเวลาเกิดการแยกเฟส จะได้เป็นชั้นของสารห่อหุ้มที่แห้งห่อหุ้มเม็ดสารที่ถูกหุ้มเล็กๆอยู่ภายในสารที่ถูกห่อหุ้ม (Coated or Entrapped Material) นั้นส่วนใหญ่เป็นของเหลว แต่สามารถเป็นของแข็งหรือก๊าซก็ได้ ซึ่งสารนี้สามารถเป็นได้ทั้งสารหอมระเหย ไขมันและน้ำมัน วิตามิน แร่ธาตุ เอนไซม์ และจุลินทรีย์ ส่วนสารห่อหุ้มนั้นอาจเรียกว่าแคปซูล เนื้อเยื่อ หรือเปลือก ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้ง น้ำตาล กัม น้ำตาลหลายโมเลกุล(polysaccharides) ทั้งจากธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้นมา โปรตีน ลิปิด และโพลิเมอร์ (Soottitantawat, 2005)



รูปที่ 2.5 แสดงกระบวนการของไมโครเอนแคปซูเลชัน

ส่วนผสมอาหารอื่นๆที่ใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชันได้แก่ กรด (Acid), ไขมัน (lipids), เอนไซม์ (enzymes), จุลินทรีย์ (microorganism), สารทดแทนน้ำตาล (artificial sweetener), วิตามิน (vitamins), เกลือแร่ (mineral), สี (colorants) และ เกลือ (salts)

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของสารให้กลิ่นรสที่ผ่านการเอนแคปซูเลท

- คุณสมบัติทางเคมีของสารให้กลิ่นรสได้แก่ โครงสร้างเคมี ความมีขั้ว และความสามารถในการระเหย
- คุณสมบัติของสารเคลือบ
- สภาวะที่ใช้ในขั้นตอนการเอนแคปซูเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เทคนิคที่ใช้ในการเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation techniques) (Gouin , 2004)

การเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสสามารถทำได้หลายวิธี วิธีการที่ใช้อย่างแพร่หลายในระดับอุตสาหกรรมได้แก่ เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) และ การเอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion) นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคอื่นๆเช่น สเปรย์ชิลลิงและคูลลิง (Spray chilling and cooling), coacervation, การเคลือบโดยใช้เทคนิคฟูลอิดไดส์เบด (fluidized bed coating), กาใช้ไลโปโซมในการหุ้ม (Liposome entrapment), Inclusion complexation, rotational suspension separation และเทคนิคการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)

2.4.1 การเอนแคปซูเลทโดยใช้วิธีทางเคมี (Chemical process)

O Coacervation การเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคนี้ใช้ปรากฏการณ์การเกิดคอลลอยด์ซึ่งประกอบไปด้วยเฟส 3 เฟสซึ่งไม่ละลายซึ่งกันและกัน ได้แก่เฟสต่อเนื่องหรือเฟสของเหลว (continuous phase) เฟสของสารที่จะนำมาเอนแคปซูเลท (core material) และเฟสของสารเคลือบ (coating material phase) การทำให้เกิดการเคลือบผิวในกรณีนี้จะเกี่ยวข้องกับการปรับสภาพของ hydrophilic colloids 2 ชนิด ซึ่งมีประจุต่างกันให้อยู่ในสภาวะที่ประจุเป็นกลางและเคลือบอยู่บนผิวของสารแกนกลาง ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ในการห่อหุ้มกลิ่น วิตามิน สารหอมระเหย ส่วนผสมอาหารที่ไวต่อสิ่งเร้าและจุลินทรีย์ ปัญหาของเทคนิคนี้คือ กระบวนการค่อนข้างซับซ้อนและเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

O Co-crystallization การเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิค co-crystallization เกิดระหว่างการตกผลึกของซูโครสไซรัปในสภาวะอิ่มตัวยิ่งยวด (95-97°Brix) ที่อุณหภูมิสูง (>120°C) โดยเติมสารให้กลิ่นรสลงไประหว่างการเกิดผลึก (spontaneous crystallization) ทำให้เกิดโครงสร้างผลึกที่มีขนาดเล็กล้อมรอบสารให้กลิ่นรสอยู่ภายในโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคนี้จะมี low hygroscopicity, good flowability และ dispersion properties

O Molecular inclusion เป็นเทคนิคการเอนแคปซูเลทในระดับโมเลกุล วิธีการนี้จะใช้ไซโคลเด็กซ์ทริน (cyclodextrin) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอนไซม์ไกลโคสิล แทรนซะเฟอเรส (glycosyl-transferase) มาทำปฏิกิริยากับสตาร์ช เปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ วงแหวนที่ประกอบไปด้วยน้ำตาลกลูโคส 6,7 หรือ 8 เรียกว่า แอลฟา-, บีตา- หรือ แกมมา- ไซโคลเดกซ์ทรินตามลำดับ บริเวณตรงกลางโมเลกุลของไซโคลเดกซ์ทรินจะมีลักษณะเป็น hydrophobic ส่วนที่ผิวนอกจะมีลักษณะเป็น hydrophilic เมื่ออยู่ในสารละลายโมเลกุลที่มีขั้วน้อยกว่าจะแทนที่โมเลกุลของน้ำที่อยู่ตรงกลางของโมเลกุลของไซโคลเดกซ์ทริน สารประกอบที่เกิดขึ้นจะละลายได้น้อยและตกตะกอนแยกตัวออกมาจากสารละลาย เทคนิคนี้จะใช้ในการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสที่ไม่เสถียรและ high added value

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

flavor chemicals โมเลกุลของไซโคลเดกซ์ทริน โดยปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บสารให้กลิ่นรสที่ผ่านการเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคนี้ ได้แก่ น้ำหนักและรูปร่างของโมเลกุล, คุณสมบัติทางเคมี (Chemical functionality), ความมีขั้ว (polarity) และความสามารถในการระเหย (volatility) ของสารแกนกลาง การ-ปลดปล่อยของสารแกนกลางจะเกิดขึ้นเมื่อสัมผัสกับสภาวะแวดล้อมที่เป็นน้ำ หรือที่อุณหภูมิสูง

O การใช้ไลโปโซมในการหุ้ม (Liposome entrapment) วิธีนี้ใช้กันมากในอุตสาหกรรมการผลิตยา (pharmaceutical industry) โดยจะใช้เป็นตัวส่ง วัคซีน ฮอร์โมน เอนไซม์ หรือวิตามิน เข้าไปในร่างกาย ปัจจุบันได้มีการนำมาประยุกษ์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ไลโปโซมประกอบด้วยเฟสที่เป็นน้ำ (aqueous phase) ล้อมรอบโดยเมมเบรนที่ประกอบด้วยฟอสโฟไลปิด (phospholipids-base membrane) เมื่อฟอสโฟไลปิดกระจายตัวอยู่ในเฟสที่เป็นน้ำจะเกิดการ form เป็นไลโปโซมโดยอัตโนมัติ ไลโปโซมสามารถใช้ในการหุ้มสารที่ละลายได้น้ำหรือในไขมันไว้ภายในสารให้กลิ่นรสจะถูกเอนแคปซูเลทอยู่ภายใน ข้อดีของเทคนิคนี้คือ ความคงตัวของไลโปโซมเมื่อใช้งานในสภาวะที่มีวอเตอร์แอคติวิตี้สูง ปัญหาของวิธีนี้คือ ไมโครเอนแคปซูเลชันที่ได้โดยใช้วิธีนี้จะต้องเก็บรักษาในสารละลายเจือจางที่เหมาะสมด้วย ซึ่งจะเป็นอุปสรรคในกระบวนการผลิตขนาดใหญ่ ลำบากยุ่งยากในการเก็บรักษาและการขนส่ง

2.4.2 การเอนแคปซูเลทโดยใช้เครื่องมือ (Mechanical processes)

O เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying technique) การอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นเทคนิคการเอนแคปซูเลทที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตสารให้กลิ่นรส เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่หาได้ง่าย และต้นทุนการผลิตในวิธีนี้จะต่ำกว่าวิธีอื่น ขั้นตอนการเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอยประกอบไปด้วย การนำตัวกลางที่ใช่ในการเคลือบ (carrier หรือ wall material) เช่น มอลโตเด็กซ์ตริน(maltodextrin), สตาร์ชดัดแปลง(modified starch), กัมหรือส่วนผสมของสารเหล่านี้มาละลายน้ำ จากนั้นนำสารที่ให้กลิ่นรสที่ต้องการนำมาเอนแคปซูเลทมาผสมกับสารละลายของตัวกลางที่ใช้เคลือบ (carrier solution)โดยทั่วไปอัตราส่วนของสารเคลือบและสารแกนกลางจะอยู่ในช่วง 4:1 นำส่วนผสมที่ได้ไปผ่านกระบวนการโฮโมจิไนซ์ (homoginize) เพื่อให้เกิดหยดสารให้กลิ่นรสในสารของตัวกลางที่ใช้เคลือบ จากนั้นนำส่วนผสมของสารแกนกลางและสารเคลือบฟีดเข้าไปยังเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยตัวอย่างจะถูกพ่นเป็นละอองฝอยผ่านหัวฉีด(nozzle หรือ spinning wheel) ภายในห้องอบแห้งจะมีกระแสอากาศร้อนเคลื่อนที่ขนานหรือสวนทางกันผลิตภัณฑ์ เมื่อกระแสของอากาศร้อนสัมผัสกับละอองของหยดของของเหลวจะทำให้น้อระเหยออกไป จากนั้นอนุภาคของผลิตภัณฑ์และกระแสของอากาศร้อนจะเคลื่อนที่ไปยังไซโคลนซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้แยกผลิตภัณฑ์ออกจากกระแสลมร้อน ผลิภัณฑ์ที่ได้จะเป็นลักษณะแบบไมโครแคปซูล ข้อดีของการเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย ต้นทุนการผลิตต่ำ เครื่องมือที่ใช้สามารถหาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง่าย สามารถปกป้องสารแกนกลางได้เป็นอย่างดี และสามารถเลือกใช้ตัวกลางในการเคลือบได้หลายชนิด

O การเคลือบโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดส์เบด (Fluidized bed coating /Air suspension coating) เทคนิคนี้เป็นการเคลือบผิวอนุภาคของแข็งโดยอนุภาคที่จะต้องการเคลือบผิวจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับกระแสอากาศที่เคลื่อนที่หมุนเวียนอยู่ภายในห้องอบแห้งด้วยความเร็วสูง ในขณะเดียวกันตัวกลางที่ใช้ในการเคลือบจะถูกฟีดผ่านหัวฉีดและพ่นเป็นละอองฝอยไปยังกระแสของอนุภาค (Particle stream) และเกาะอยู่ที่ผิวของอนุภาคความหนาของสารเคลือบผิวสามารถควบคุมได้โดยควบคุมระยะเวลาที่อนุภาคเคลื่อนที่อยู่ในห้องอบแห้ง เทคนิคนี้จะขึ้นกับหัวฉีดที่ใช้ในการสเปรย์สารเคลือบไปยังอนุภาคของสารให้กลิ่นรสที่เคลื่อนที่อยู่ในกระแสอากาศร้อนระหว่างกระบวนการฟลูอิดไดส์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคผลิตภัณฑ์จะอยู่ในช่วง 0.3-10 มิลลิเมตร วิธีการนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ในการเคลือบ spray-dried flavor เนื่องจากสารที่ใช้จะละลายได้ทันที เทคนิคนี้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคเฉพาะ

O เทคนิคการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) การเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งสามารถประยุกต์ใช้ในการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสที่ไวต่อความร้อน การเอนแคปซูเลทจะเกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการแช่เยือกแข็งโดยขณะที่น้ำในสารละลายเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็งสารละลายในส่วนที่เป็นน้ำยังไม่แข็งตัว (Non-frozen solution) จะมีความหนืดเพิ่มขึ้นซึ่งจะช่วยชะลอการแพร่ของสารให้กลิ่นรส เมื่อปริมาณผลึกเพิ่มมากขึ้นสารละลายที่มีสารให้กลิ่นรสละลายอยู่จะอยู่ในสภาวะอิ่มตัวยิ่งยวดและเริ่มตกผลึกโดยจับสารให้กลิ่นรสไว้ภายในผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูป amorphous solid การเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูงซึ่งพบว่าสูงกว่าเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอยประมาณ 50 เท่า เนื่องจากค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ได้ค่อนข้างสูง รวมถึงระยะเวลาการผลิตจะนานกว่าการเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคอื่น

O สเปรย์ชิลลิง (Spray chilling) และสเปรย์คูลลิง (spray cooling) การเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคสเปรย์ชิลลิง (Spray chilling) และสเปรย์คูลลิง (spray cooling) จะคล้ายกันโดยสารแกนกลางจะกระจายตัวอยู่ในสารละลายที่ใช้ในการเคลือบ จากนั้นทำการฟีดของผสมที่ได้ผ่านหัวฉีด (atomizer) เพื่อทำให้เป็นละอองฝอย เทคนิคนี้ต่างจากการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ไม่มีการระเหยน้ำโดยของผสมระหว่างสารแกนกลางและสารเคลือบจะถูกฉีดพ่นไปยังอากาศเย็น (cooling or chilling air) ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้สารเคลือบเกิดการแข็งตัวรอบๆผิวของสารแกนกลาง การเอนแคปซูเลทโดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคสเปรย์ชิลลิง สารที่ใช้ในการเคลือบจะเป็นสารพวก Fractionated หรือ hydrogenate vegetable oil ซึ่งมีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 32-42 องศาเซลเซียส ในขณะที่เทคนิคสเปรย์คูลลิง สารที่ใช้เคลือบจะเป็นพวกน้ำมันพืช (vegetable oil) หรือสารชนิดอื่นที่มีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 45-122 องศาเซลเซียส ดังนั้นเทคนิคของสเปรย์ชิลลิง และสเปรย์คูลลิง จึงต่างกันที่ จุดหลอมเหลวของสารที่ใช้ในการเคลือบเท่านั้น โดยทั้งสองเทคนิคจะนิยมใช้ในการเอนแคปซูเลทสารที่มีกลิ่นรส วิตามิน เกลือแร่ (Mineral) เนื่องจากสามารถเลือกจุดหลอมเหลวของสารเคลือบทำให้สามารถควบคุมการปลดปล่อย (control release) สารแกนกลางได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการเอนแคปซูเลทโดยวิธีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมอบ(Bakery product), ซุปผง (dry soup mixes) และผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของไขมันสูง

O เอกซ์ทรูชัน (Extrusion) การเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคการเอกซ์ทรูชันสามารถใช้ในการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสที่ระเหยได้ง่าย เช่น น้ำมันมะนาว(citrus oils) วิตามินซีและสีที่ใช้ในการผสมอาหารเป็นต้น โดยสารที่เคลือบจะอยู่ในรูปของมวลคาร์โบไฮเดรตที่หลอมเหลว ข้อดีของการเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคการเอกซ์ทรูชัน คือ สามารถปกป้องสารให้กลิ่นรสให้มีความเสถียรต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันเนื่องจากคาร์โบไฮเดรตเมทริกส์ (Carbohydrate matrices) ใน glassy state จะมีคุณสมบัติในการเป็น barrier ที่ดี การเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคการเอกซ์ทรูชัน จะเกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของสารให้กลิ่นรสในมวลของคาร์โบไฮเดรตที่หลอมเหลว โดยส่วนผสมจะถูกบังคับให้เคลื่อนผ่านหน้าแปลน (Die) ไปยังของเหลวซึ่งใช้ในการดึงน้ำออก (dehydrating liquid) ซึ่งจะทำให้สารเคลือบเกิดการแข็งตัวและจับสารแกนกลางไว้ภายในของเหลวที่ใช้ในการดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้แก่ isopropyl alcohol ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นซึ่งมีความแข็ง (harden material) ซึ่งต้องนำไปผ่านขั้นตอนการทำให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆและทำให้แห้ง การใช้เทคนิคเอกซ์ทรูชันจัดเป็นกระบวนการเอนแคปซูเลทอย่างแท้จริง (true encapsulation) โดยสารแกนกลางจะถูกล้อมรอบด้วยตัวกลางที่ใช้เคลือบอย่างสมบูรณ์เมื่อสัมผัสกับของเหลวที่ทำหน้าที่ดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ตัวกลางที่ใช้ในการเคลือบผิวจะแข็งตัว สารให้กลิ่นรสที่ติดอยู่ที่ผิวของผลิตภัณฑ์จะถูกกำจัดออกไปจึงทำให้ไม่มีสารให้กลิ่นรสหลงเหลืออยู่ที่ผิวของผลิตภัณฑ์การเอนแคปซูเลทจึงเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้เป็นระยะเวลานาน (excellent shelf life) ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเอนแคปซูเลทโดยวิธีนี้จะมีอนุภาคขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถเห็นได้ในลักษณะเป็นชิ้นผลิตภัณฑ์ (flavor pieces) ปัญหาของการใช้เอ็กซ์ทรูชัน คือ ไมโครแคปซูลที่ได้จะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ขนาดประมาณ 500–1000 mm ซึ่งไม่สามารถใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่ต้องการเนื้อสัมผัสที่ละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ (สารที่ใช้ในการห่อหุ้ม) (ปิติกานต์และคณะ, 2551)

2.5.1 แซนแทนกัม (Xanthan gum)

แซนแทนกัมเป็นกัมที่ได้จากการกระบวนการหมักแบคทีเรียบริสุทธิ์ คือ Xanthomonas campestris หลังจากเกิดกระบวนการหมักแล้วจะนำสารละลายที่ได้มาตกตะกอนแยกเอาแซนแทนกัมออก ด้วย ไอโซ โพรพิลแอลกอฮอล์ ทำให้แห้งแล้วนำมาบดเป็นผงละเอียด แซนแทนกัม นิยมใช้มากในอาหาร เพราะมีสมบัติพิเศษที่สำคัญคือ กระจายตัวและละลายได้ดีทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงถึงแม้จะมีความเข้มข้นต่ำและทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและความเป็นกรด-ด่าง นอกจากนั้นสารละลายแซนแทนกัม ยังมีสมบัติเป็นซูโดพลาสติก ซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏ และลักษณะสัมผัสขณะรับประทาน (mouthfeel) แซนแทนกัมใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดเพิ่มความคงตัวและทำให้อนุภาคแขวนลอยได้ดี เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีมเพราะเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะมีผลกับความหนืดน้อยมาก ถ้านำ แซนแทนกัมมาผสมกับ โลคัสบีนกัม จะนิยมนำมาใช้กับอาหารประเภท ขนมหวาน ซอสมะเขือเทศสำหรับ พิซซ่า ไส้ขนมอบ และไส้พาย นอกจากนั้นยังผสมกับทั้ง โลคัสบีนกัมและ กัวร์กัม ในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความข้นหนืด และคุณสมบัติเฉพาะตามความต้องการสำหรับอาหารชนิดหนึ่ง ๆ เช่น ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภท ของหวานที่เป็นน้ำแข็ง(frozen desserts), เนยแข็งที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอไรซ์ (pasteurized process cheese spread), เนยแข็งชนิดนุ่มรสอ่อนๆทำจากนมข้นที่สกัดเอาครีมออกแล้วมีสีขาว (cottage cheese), น้ำปรุงสลัด (salad dressing) , นมเปรี้ยว(sour cream) และ น้ำเชื่อมผลไม้ (fruit syrups) และยังอาจใช้กับผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ทำจากแป้งเพื่อช่วยลดระยะเวลาการแข็งตัวของส่วนผสมที่มีน้ำตาลต่ำ ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์เหนียวขึ้นและยังคงความอ่อนนุ่มเอาไว้ จริงๆแล้วกัมชนิดนี้จะไม่นิยมนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาด ยกเว้นในการผลิตเม็ดอมขึ้นรูปโดยใช้พิมพ์กดเป็นตัวเลือกแทนกัมทรากาแคนท์

2.5.2 เมทิลเซลลูโลส (methylcellulose, MC)

เมทิลเซลลูโลสเตรียมได้จากการแช่เส้นใยเซลลูโลสในสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อให้เซลลูโลสพองตัวก่อน ได้เซลลูโลสที่เป็นด่าง แล้วไปทำปฏิกิริยากับเมทิลคลอไรด์จะได้เป็นเมทิลเซลลูโลส เป็นไฮโดรคอลลอยด์ ที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือจะเกิดเป็นเจลได้เมื่อได้รับความร้อนและจะกลับเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดเมื่อปล่อยให้เย็นลงความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นขึ้นเมื่อสารละลายได้รับความร้อน ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อของส่วนผสมให้มีความข้นเหนียวและฟูขึ้นขณะตีให้ฟองอากาศแทรกตัวเข้าไป ฟิลม์ของของเหลวที่ล้อมรอบฟองอากาศจะมีความแข็งแรง คงตัวดีและ

ป้องกันการสูญเสียความชื้นระหว่างการอบผลิตภัณฑ์ หลังจากการอบเรียบร้อยแล้ว ยังใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดให้กับ ครีม ซุป ซอสชนิดต่างๆ ไส้พาย มีคุณสมบัติช่วยทำให้อิมัลชันชนิดน้ำมันมีความคงตัวดีที่อุณหภูมิต่ำ โดยนำ MC และ HPMC มาทำให้เกิดการกระจายตัวในน้ำร้อนก่อนโฮโมจิไนซ์อิมัลชัน ช่วยชะลอการพองตัว และการดูดน้ำของไฮโดรคอลลอยด์

2.5.3 **คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส** (Carboxymethylcellulose, CMC)

เป็นอนุพันธ์ของอีเทอร์ของเซลลูโลสตัวหนึ่ง หรือรู้จักกันในอีกชื่อว่าเซลลูโลสสกัมมีสีขาวหรือเหลืองเล็กน้อยเตรียมได้จากการแช่เซลลูโลสในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อช่วยให้เซลลูโลสพองตัวออกแล้วจึงทำปฏิกิริยากับโซเดียมมอโนคลอแอซีแอล (Sodium monochloroacetate) CMC ละลายได้ทั้งน้ำเย็นและน้ำร้อนและให้สารสะลายที่มีความหนืด เนื่องจากร่างกายไม่สามารถย่อย CMC ได้ ดังนั้น CMC จึงนิยมใช้เพราะไม่เพิ่มแคลอรี่ในผลิตภัณฑ์ CMC ให้ความหนืดที่ดี ใช้ในผลิตภัณฑ์ เครื่องดื่มผงพร้อมดื่ม ในไอศกรีม น้ำสลัด ซอสมะเขือเทศ เติมลงในไอศกรีมจะช่วยอุ้มน้ำ ลดการเคลื่อนตัวของน้ำ ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อนุ่ม และเมื่อไอศกรีมแข็งตัวจะไม่เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่

2.5.4 **ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส** (hydroxypropylcellulose, HPC)

มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ละลายน้ำได้ดีในอุณหภูมิต่ำกว่า 40 °C และจะไม่ละลายน้ำเมื่อมีอุณหภูมิสูงกว่า 40-45°C เมื่อ HPC รวมกับพอลิเมอร์ที่มีประจุลบ ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ยิ่งพอลิเมอร์น้ำหนักโมลกุลสูงขึ้นจะทำมีความหนืดเพิ่มมากขึ้นด้วย

2.5.5 **ไฮดรอกซีโพรพิเมทิลเซลลูโลส** (hydroxypropylmethylcellulose, HPMC)

คุณสมบัติพิเศษ คือจะเกิดเป็นเจลได้เมื่อได้รับความร้อนและจะกลับเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดเมื่อปล่อยให้เย็นลง จึงนำไปใช้กับอาหารประเภททอดMC และ HPMC จะช่วยน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร ถูกดูดซึมเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์อาหารมากเกินไป และช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหรือความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์อาหารด้วย ทั้ง MC และ HPMC สามารถละลายได้ในน้ำเย็น ให้สารละลายมีความหนืดและใสเนียน โดยจุดเด่นคือมีคุณสมบัติเกิดเจลได้ขณะร้อนเช่นเดียวกับ MC การเกิดเจลได้ขณะร้อนมีความสำคัญต่อคุณภาพอาหารทอดได้ และสามารถทำให้เกิดความหนืดแก่ผลิตภัณฑ์อาหารได้ระดับต่างๆ กันเป็นช่วงกว้างๆ และกระจายตัวได้ดีในอุณหภูมิที่ต่ำ และจะกลายเป็นเจลในอุณหภูมิที่สูง (วรรณา, 2549)

2.5.6 **มอลโตเด็กซ์ตริน** (Maltrodexrin)

แป้งที่ถูกไฮโดรไลซ์ (Hydrolysed starches) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า มอลโตเด็กซ์ตริน มักจะผลิตออกมาในรูปผงแห้งมากกว่าที่จะผลิตในรูปของสารละลายโดยมีความชื้นน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติค่อนข้างที่จะไม่ดูดความชื้นเมื่อเทียบกับแบะแซ (Corn Syrup) โดยเฉพาะที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า DE ต่ำๆ จะมีความสามารถในการดูดความชื้นได้น้อยที่สุด นอกจากนี้มอลโตเด็กซ์ตรินยังมีคุณสมบัติให้ลักษณะความเป็นเนื้อ(Body)แก่ผลิตภัณฑ์มี Bulk Density อยู่ในช่วง 32 – 36 ปอนด์ต่อตารางฟุต และมีความหวานเล็กน้อยหรืออาจจะไม่หวานเลย ขึ้นอยู่กับค่า DE ของมอลโตเด็กซ์ตริน เมื่อนำมอลโตเด็กซ์ตรินไปละลายน้ำ อาจจะได้สารละลายใสหรือขุ่นขึ้นอยู่กับชนิดของมอลโตเด็กซ์ตรินที่นำมาใช้ นอกจากนี้มอลโตเด็กซ์ตรินยังสามารถละลายในอาหารที่เป็นของเหลว เช่น นม, น้ำผลไม้, ซุป และผลิตภัณฑ์อื่นๆที่เป็นสารละลายน้ำได้ดี โดยอาจจะใส่เป็นผงโดยตรงหรือนำมาละลายในน้ำก่อนซึ่งความสารมารถในการละลายของมอลโตเด็กซ์ตรินจะขึ้นอยู่กับค่า DE และชนิดของอาหารที่นำมาใช้ (Wang, 1995) มอลโตเด็กซ์ตรินถูกใช้อย่างกว้างขวางในการเอ็นแคปซูเลชันโดยใช้การอบแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อกักเก็บกลิ่นและป้องกันการเกิดออกซิเดชัน มีการค้นพบว่าการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ค่า DE ต่างๆ ในอิมัลชันที่มีสัดส่วนน้ำหนักแห้งของสารห่อหุ้มต่อน้ำหนักของน้ำมันเป็น 2.0 (มีสัดส่วนน้ำมันเป็น 33% w/w ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด) ไม่มีผลต่อขนาดของหยดน้ำมันและมีอิทธิพลเล็กน้อยต่อประสิทธิภาพของการเอนแคปซูเลชันน้ำมันด้วยเทคนิคสเปรย์ดราย อย่างไรก็ตามมอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE สูง และมีมวลโมเลกุลต่ำๆ ถูกใช้ในการเพิ่มความหนาแน่นซึ่งจะช่วยกันออกซิเจนได้มากขึ้น จึงเป็นการยืดอายุการเก็บรักษา แต่ในขณะเดียวกันเนื่องจากว่า ถ้าค่ามวลโมเลกุลต่ำๆ อุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (glass transition) ก็จะต่ำลง ทำให้ผงที่ได้มีความสามารถในการดูดความชื้นมากขึ้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Fuchs และคณะ(2005) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการเอนแคปซูเลชันน้ำมันพืชให้เป็นผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้น้ำมันพืช5เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และใช้มอลโต-เด็กซ์ตรินและอคาเซียกัมในอัตราส่วน 3/2 เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ในกระบวนการทำเอนแคปซูเลชันนั้นประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การทำอิมัลชัน การอบแห้งแบบพ่นฝอยและการทำให้เกิดการรวมตัวกันด้วยฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อหาสภาวะที่เหมะสมในการอบแห้งแบบพ่นฝอยและการทำให้เกิดการรวมตัวกันด้วยฟลูอิดไดซ์เบดจะมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของผงที่ได้ทั้งก่อนและหลังการทำให้เกิดการรวมตัวกัน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคือที่เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง 40 % และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า/ออก คือ 220 และ 100 ตามลำดับ และทำให้เกิดการรวมตัวด้วยฟลูอิดไดซ์เบดเพื่อเพิ่มความสามารถในการลำเลียงรักษา

Huynh และคณะ(1999) ได้ศึกษาผลของชนิดของสารห่อหุ้ม (แป้งดัดแปลง+มอลโตเด็กซ์-ตริน และ เวย์โปรตีน + มอลโตเด็กซ์ตริน), น้ำหนักแห้งในอิมัลชัน, เปอร์เซ็นต์น้ำมันและอุณหภูมิลมร้อนขาออกต่อความสามารถในการเอนแคปซูเลชันเลมอนออย พบว่าชนิดของสารห่อหุ้มและน้ำหนักแห้งในอิมัลชันส่งผลโดยตรง แต่เปอร์เซ็นต์น้ำมันและอุณหภูมิลมขาออกไม่ส่งผลเท่าไรนัก โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สภาวะที่เหมาะสมคือที่ น้ำหนักแห้งในอิมัลชัน 40% w/w, เปอร์เซ็นต์น้ำมัน18% และอุณหภูมิลมขาออก 65°C

Bae and Lee (2008) ศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างเวย์โปรตีนและมอลโตเด็กซ์ตรินต่อประสิทธิภาพการเอนแคปซูเลชันน้ำมันอะโวคาโด พบว่าการใช้ WPI เพียงเดียวและที่อัตราส่วน WPI/MD (90 : 10) จะได้ผงที่มีลักษณะเป็นทรงกลมและผิวราบเรียบ ในขณะที่ที่ อัตราส่วน WPI/MD (50 : 50) และ (10 : 90) จะได้ผงที่มีลักษณะผิวขรุขระ และยังพบว่าการเพิ่มสัดส่วนของมอลโตเด็กซ์ตริน ส่งผลให้ความหนาแน่นจริงและความสามารถในการละลายเพิ่มมากขึ้น อาจเนื่องมาจากการเพิ่มของปริมาณของแข็งและมีสารห่อหุ้มที่สามารถละลายน้ำได้ดี จากผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน WPI/MD ไม่มีผลมากนักต่อประสิทธิภาพในการเอนแคปซูเลชัน

เทพกัญญา ตันตโยทัย (2545) ศึกษาผลของอิมัลซิไฟเออร์ต่อความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ โดยอิมัลชันในการทดลองแรกประกอบด้วย น้ำมันมะพร้าว 8, 14 และ 20 %(w/w) อิมัลซิไฟเออร์ ได้แก่ Tween 60 (Polyoxyethylene Sorbitan Monostearate หรือ Montanox 60), Sucrose Ester และ Sugar Ester โดยมีความเข้มข้นของอิมัลซิไฟเออร์ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.0 %(W/W) ซึ่งเตรียมสารละลายของอิมัลซิไฟเออร์โดยละลายอิมัลซิไฟเออร์ในน้ำปราศจากไอออน (50 องศาเซลเซียส) โฮโมจีไนซ์ด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ แบบ Rotor/Statorใช้ความเร็วรอบประมาณ 16,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที พบว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์ผสมมักทำให้อิมัลชันมีความคงตัวดีกว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์เพียงชนิดเดียวในปริมาณเท่ากัน และใช้ Tween 60 ความเข้มข้น 0.25 % ให้ความคงตัวของอิมัลชันดี เพราะไม่มีเม็ดน้ำมันแยกออกมาเมื่อระบบอิมัลชันมีความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น

ปิติกานต์ และคณะ ศึกษาอิทธิพลของอิมัลซิไฟเออร์ร่วมกับสเตบิไลเซอร์ต่อลักษณะคุณภาพของอิมัลชันน้ำมันมะพร้าวในน้ำ โดยใช้น้ำมันมะพร้าว 14% ในน้ำ และใช้อิมัลซิไฟเออร์ร่วมกับสเตบิไลเซอร์ 3 ชนิด คือ Carboxymethylcellulose (CMC), Carrageenan และ Acacia ความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.5% (โดยน้ำหนัก) พบว่าอิมัลชันที่ใช้ acacia(0.5%) ไม่เกิดการแยกชั้น ในขณะที่การใช้ CMC ทำ ให้อิมัลชันมีการแยกชั้นและให้ลักษณะที่มีความข้นหนืดสูงกว่าสเตบิไลเซอร์ตัวอื่นๆ ทั้งนี้เพราะ CMC ทำหน้าที่เพียงเพิ่มความหนืดให้กับส่วนต่อเนื่องเท่านั้น (Lawson,1990) จึงทำให้อนุภาคส่วนไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous phase) ซึ่งอยู่เป็นอิสระสามารถลอยตัวได้ เกิดเป็นชั้นครีมด้านบนและชั้นของเหลวใสด้านล่าง ส่วนการใช้ Carrageenan ความเข้มข้น 0.5% ไม่เกิดการแยกชั้นน้ำมัน แต่ที่ความเข้มข้น 0.3-0.5% จะมีลักษณะจับตัวเป็นก้อนเจลสีเหลืองเกิดขึ้น

รุ่งนภา และคณะ ได้ศึกษาผลของชนิดโฮโมจีไนเซอร์ที่ใช้เตรียมอิมัลชันและความเข้มข้นของเกลือ (0 ถึง 100mM Nacl) ที่เติมในอิมัลชันต่อสมบัติทางกายภาพของอิมัลชันชนิดน้ำมันมะพร้าวใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
115576

น้ำ (ปริมาณน้ำมัน 20 wt%) ซึ่งทำให้คงตัวด้วยเวย์โปรตีน 0.6% พบว่า อิมัลชันที่ผ่านเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ความดันสูงชนิดวาล์ว 2 ตัวจะให้อิมัลชันที่มีความคงตัวมากกว่าอิมัลชันที่ผ่านเครื่องโฮโมจีไนเซอร์แบบโรเตอร์/สเตเตอร์ เนื่องจากมีค่า creaming index ต่ำกว่ามาก โดยความหนืดปรากฏของอิมัลชันมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะที่ shear rate ต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ที่ใช้ในการศึกษาได้จาก บ.ภูมิดิน จก และใช้มอลโตเด็กซ์ตริน DE 10 เป็นสารห่อหุ้ม

3.2 วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ศึกษาผลกระทบของตัวแปรในการเอนแคปซูเลชันต่อคุณลักษณะของผงน้ำมันมะพร้าวที่ได้ โดยกำหนดตัวแปรอิสระ 3 ค่า คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า, ความเข้มข้นของอิมัลชัน และอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว ตัวแปรตามคือ ปริมาณความชื้น, ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้, ปริมาณน้ำมันทั้งหมด,ปริมาณน้ำมันที่กักเก็บได้(Encapsulated Oil), เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้เมื่อเทียบกับปริมาณทั้งหมด (% Encapsulated oil of Total oil), ปริมาณกรดไขมันอิสระ(Acid Value) และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

3.2.1 การเตรียมอิมัลชัน (Fuchs และคณะ, 2005)

ชั่งส่วนผสมสำหรับการทำอิมัลชันตามอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 3.1 ทำการละลายมอลโตเด็กซ์ตรินลงในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องอย่างช้าๆ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน 3 ระดับ(30%, 40% และ 50% w/w) เทน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ลงไปในสารละลายที่ผสมระหว่างน้ำและมอลโตเดกซ์ตรินตามจำนวนดังแสดงในตารางให้ได้อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว 3 ระดับ (3:1, 2:1 และ 1:1) ทำให้ส่วนผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ที่มีค่าความเร็วรอบอยู่ที่ 8480 rpm เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นพักอิมัลชันทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาทีและนำมาปั่นซ้ำ จนครบสามรอบ อิมัลชันที่ได้จะมีความเสถียรแล้วจากนั้นจึงนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยทันที

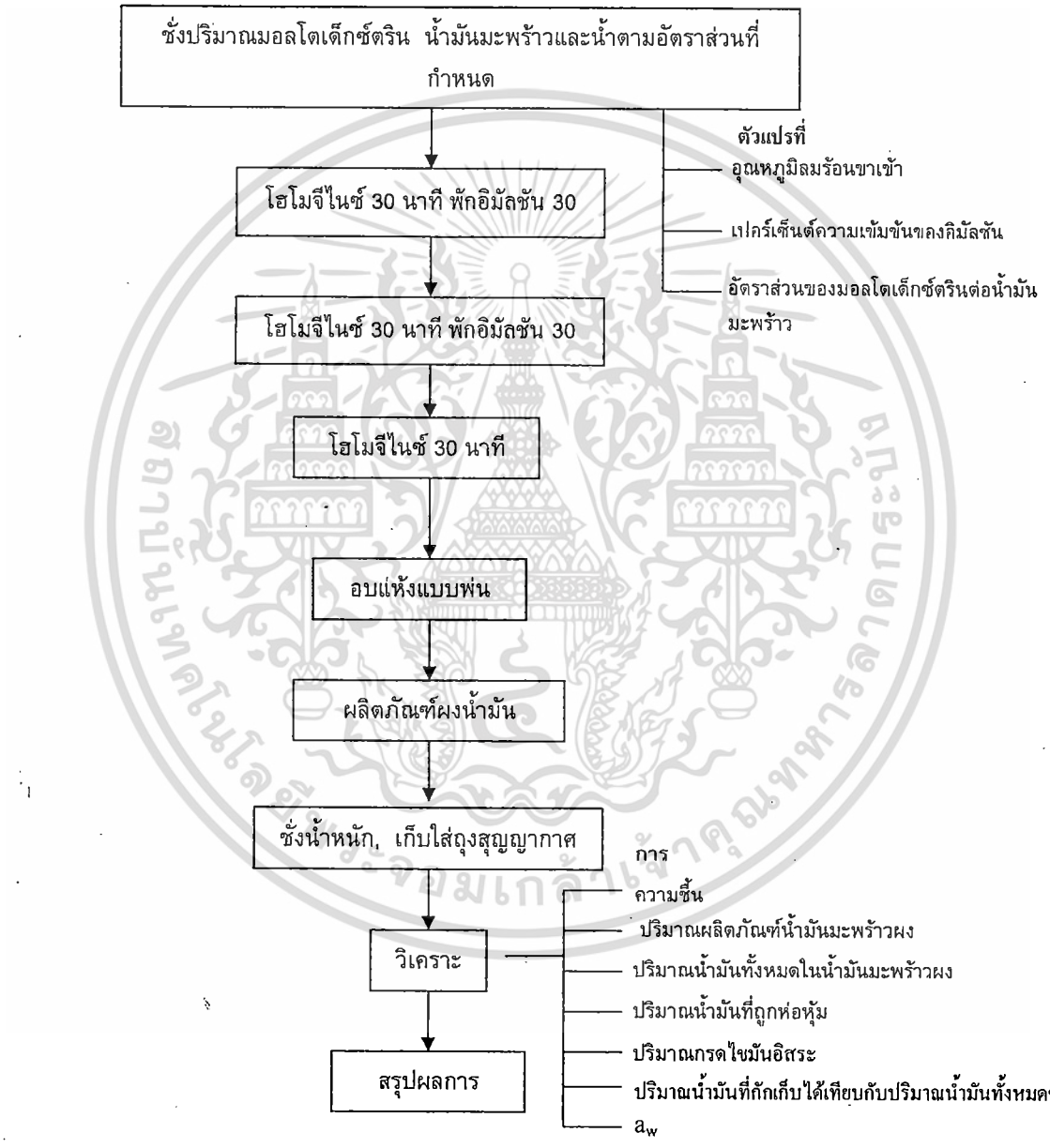
ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณส่วนผสมในการเตรียมอิมัลชันจำนวน 2 กิโลกรัม

ความเข้มข้นของอิมัลชัน (%)	อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว	มอลโตเด็กซ์ตริน (g)	น้ำมันมะพร้าว (g)	น้ำ (g)
30	1:1	300	300	1400
	2:1	400	200	
	3:1	450	150	
40	1:1	400	400	1200
	2:1	533.34	266.67	
	3:1	600	200	
50	1:1	500	500	1000
	2:1	666.67	333.34	
	3:1	750	250	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การอบแห้งแบบพ่นฝอย

ใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย หัวฉีดแบบ Two fluids nozzle ปรับค่าอุณหภูมิลมร้อน (170-230^{0}C) ความดันลมหัวฉีดที่ 0.2 MPa และอัตราการไหลของลมร้อน (1.45 m^3/min) เมื่ออุณหภูมิภายในห้องอบแห้งคงที่ เริ่มทำการป้อนอิมัลชันเข้าทำแห้งด้วยอัตราการป้อน 2.28 ลิตร/ชม. อุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ 100^{0}C โดยปรับวาล์วมอเตอร์จ่ายของเหลวให้ได้อัตราการไหลตามแผนการทดลอง เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์แห้งทั้งหมดที่ได้นำมาชั่งน้ำหนัก แล้วเก็บในถุงสุญญากาศก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพขั้นตอนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้

ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ดังนี้

- **ค่าความชื้น** (Fuchs et al., 2005) นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผงน้ำมันจำนวน 1กรัม มาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 102°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำค่าน้ำหนักที่เหลือมาคำนวณหาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ผง จากสมการความสัมพันธ์

$$\% \text{ ความชื้นฐานเปียก} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

- **ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้** วัดด้วยเครื่อง AQUA LAB MODEL SERIES 3 TE อ่านค่า Aw โดยทำการหาค่า Aw ของผลิตภัณฑ์ 2 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

- **ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้** (%oil powder yield)

ในแต่ละการทดลองจะวัดปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ผลิตได้ คือ อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์แห้งต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดในวัตถุดิบที่ป้อน

คำนวณจากสมการ

$$\% \, yield = \frac{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ผง}}{\text{น้ำหนักแห้งของสารอิมัลชั่น}} \, x \, 100$$

- **ปริมาณกรดไขมันอิสระ** (ลักขณา และ นิธิยา, 2544)

ชั่งตัวอย่างผงน้ำมันมะพร้าว 1 กรัม ละลายในน้ำร้อนปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 80°C เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้น 0.1 M คำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปของกรดลอริก (%) จากสมการ

%Free fatty acid = Acid Value / 2.81

Acid Value = V x 5.61 /W

V = ปริมาตร NaOH (aq.) 0.1M (ml)

W = น้ำหนักของน้ำมันตัวอย่างที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ปริมาณน้ำมันที่อยู่รอบนอกผิว** (%Surface free fat) นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผงจำนวน 10 กรัม มาชะล้างด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ จากนั้นทำการระเหยสารละลายที่ได้จากการชะล้าง นำส่วนที่เหลือไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำมันที่อยู่รอบนอกผิว (Fuchs et al., 2005)

$$\% \text{ Surface fat} = \frac{a \times 50 \times 100}{(ml - \frac{a}{0.94}) \times b}$$

ml = ปริมาณสารละลายที่ปิเปตออกมา ในที่นี้ได้ปิเปต 25 ml.
a = น้ำหนักตัวอย่างหลังการระเหย (g.)
b = น้ำหนักของผงน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ (g.)
0.94 = ค่าความหนาแน่นของน้ำมันโดยประมาณ

- **ปริมาณน้ำมันทั้งหมด** (%Total oil in powder, AOAC, 2000)เป็นปริมาณน้ำมันทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ผง หาโดยทำการสกัดด้วย ปิโตรเลียมอีเธอร์ ไดอีเธอร์, แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ และแอลกอฮอลล์

- **เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้** (%Encap. Oil, Vagn, 2007)

Encapsulated oil (%) = Total oil (%) – Surface free fat (%)

- **เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมด** (%Encapsulated oil of total oil)

เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมด

$$= \frac{\text{ปริมาณน้ำมันที่กักเก็บได้} \times 100}{\text{ปริมาณน้ำมันเริ่มต้นทั้งหมด}}$$

3.4 การวางแผนและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการศึกษาการทำเอนแคปซูเลชันน้ำมันมะพร้าวให้อยู่ในรูปของผง มีตัวแปรอิสระ 3 ตัวที่ทำการศึกษา คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า, เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน และอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ผล สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2007 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม โดยสร้างพื้นที่ผิวตอบ (Response Surface) จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม Matlab 6.5 และวางแผนการออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken ประกอบด้วยการทดลอง 15 การทดลอง ซึ่งแบ่งค่าตัวแปรออกเป็น 3 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงแผนการทดลอง

การทดลองที่	อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า	เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน	อัตราส่วนของน้ำมันมะพร้าวต่อมอลโตเด็กซ์ตริน
1	170°c	30%	3:1
2	170°c	50%	2:1
3	230°c	30%	2:1
4	230°c	50%	2:1
5	170°c	40%	3:1
6	170°c	40%	1:1
7	230°c	40%	3:1
8	230°c	40%	1:1
9	200°c	30%	3:1
10	200°c	30%	1:1
11	200°c	50%	3:1
12	200°c	50%	1:1
13	200°c	40%	2:1
14	200°c	40%	2:1
15	200°c	40%	2:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการศึกษาการเอนแคปซูเลชันน้ำมันมะพร้าว ได้ใช้น้ำมันมะพร้าวจาก บริษัท ภูมิดิน ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ใช้ศึกษา

Item	Result	Test Method
Free Fatty Acid (% as lauric acid)	0.11	ISO 660:1996
Peroxide Value (meq/kg)	0.29	IUPAC 2.501
Moisture and volatile matter(%)	0.12	ISO 662 : 1980
Fatty acid composition (%)		Ce 2-66, Ce 1-62 ADCS1993
C10:0 Capric acid	8.40	
C12:0 Lauric acid	54.61	
C14:0 Myridic acid	18.79	
C16:0 Palmitic acid	6.97	
C18:0 Stearic acid	3.11	
Total Saturated fatty acid	91.88	
C18:1 Oleic acid	6.95	
C18:2 Linoleic acid	1.07	
Total unsaturated fatty acid	8.02	

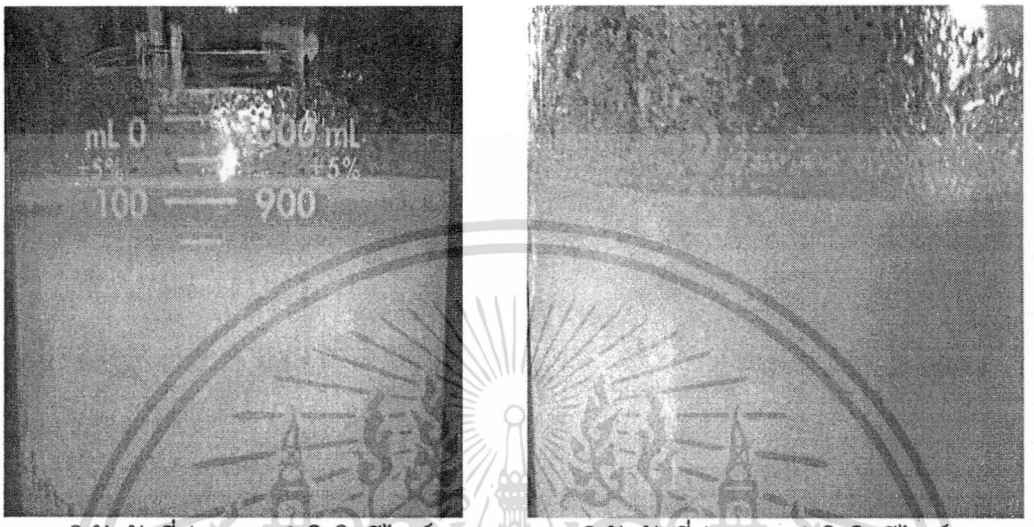
ในการทำเอนแคปซูเลชันน้ำมันมะพร้าวให้อยู่ในรูปของผง ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการทำอิมัลชันและการอบแห้งแบบพ่นฝอย

ขั้นตอนการทำอิมัลชัน

ในการเตรียมอิมัลชันเริ่มต้นโดยผสมส่วนประกอบของ มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำ และน้ำมันมะพร้าวด้วยเครื่องโฮโมจิไนซ์เซอร์ ใช้ความเร็วรอบที่ 8480 rpm หลังการปั่นผสมตั้งทิ้งไว้เพื่อดูการแยกชั้นของอิมัลชันพบว่าตัวอย่างที่ทำการโฮโมจีไนซ์เซอร์เป็นเวลา 30 นาที และตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เกิดการแยกตัวของอิมัลชันเร็วที่สุด และมีขนาดเม็ดน้ำมันที่สังเกตด้วยสายตาขนาดใหญ่ที่สุดลอยที่ผิวหน้าของอิมัลชัน และเมื่อนำตัวอย่างที่ผสมโดยทำการโฮโมจิไนซ์เป็นเวลา 30 นาที พัก 30 นาที มาทำการโฮโมจิไนซ์รอบสองอีก 30 นาที และตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่งโมง จะเกิดการแยกตัวของอิมัลชันช้ากว่าแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรก และเม็ดน้ำมันมีขนาดเล็กลงมา จากนั้นจึงได้ทำการเพิ่มการโฮโมจีไนซ์อีก 1 รอบ เม็ดน้ำมันที่ได้มีขนาดที่เล็กที่สุดและมีความคงสภาพอิมัลชัน ไม่เกิดการแยกชั้นได้นานที่สุด จึงเลือกใช้วิธีการเตรียมอิมัลชันของสารตัวอย่างน้ำมันมะพร้าว โดยการทำโฮโมจีไนซ์ 3 รอบๆละ30 นาที พักรอบละ 30 นาที ก่อนนำสารอิมัลชันที่ได้เข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 4.1



a) อิมัลชันที่ผ่านการทำโฮโมจีไนซ์สองรอบ

b) อิมัลชันที่ผ่านการทำโฮโมจีไนซ์สามรอบ

รูปที่ 4.1 แสดงรูปภาพเปรียบเทียบอิมัลชันที่ผ่านการโฮโมจีไนซ์แบบสองรอบ และสามรอบ

ขั้นตอนการอบแห้งแบบพ่นฝอย

เมื่อทำการเตรียมอิมัลชันโดยเตรียมความเข้มข้นของอิมัลชันและอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว ตามตารางสภาวะการทดลองที่ 3.2 และควบคุมเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยตามตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ใช้ในการทดลอง

No.	อุปกรณ์		ค่าที่ปรับ	หมายเหตุ
1	ปั๊มป้อนวัตถุดิบ	ค่าปรับการป้อน	10(สเกลที่ปรับค่า)	2.28 ลิตร/ชม.
2	อุณหภูมิลมร้อน	ทางเข้า	170 – 230 °c	คงที่ทุกการทดลอง
		ทางออก	100 °c	
3	ปั๊ม	ความเร็วรอบ	2800 rpm	1.45 m^3/min
4	หัวพ่นวัตถุดิบ	ชนิด	Two fluid nozzle	
		ทิศทางการทำแห้ง	Parallel	
		ความดันอากาศที่หัวพ่น	0.2 MPa	
5	เครื่องทำความร้อน	แผงความร้อนสี่ชุด	ใช้สี่ชุด (3 ,3 , 3 ,1.5 kw)	ควบคุมอัตโนมัติ 1ตัว

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำมันมะพร้าวผงที่สภาวะต่าง ๆตาม Box - Behnken Design

จากการดำเนินการทดลองด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่สภาวะต่างๆนั้น ให้ผลของค่าตัวแปรตามต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวผง

การทดลองที่	อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (°c)	เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลซัน (%)	อัตราส่วนของน้ำมันมะพร้าวต่อมอลโตเด็กซ์ตริน (MD:VCO)	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (%Yield)	ปริมาณน้ำมันกักเก็บได้ (% encapsulated oil)	ปริมาณกรดไขมันอิสระ (% Free Fatty Acid)	ค่าวอเตอร์-แอคติวิตี้ (AW)	ปริมาณน้ำมันทั้งหมด (% Total oil in powder)	ปริมาณน้ำมันที่อยู่รอบนอกผิว (% Surface free fat in powder)	เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้เทียบน้ำมันทั้งหมด (% Encapsulaed oil of Total oil)
1	170	30	3:1	1.8194	18.67	5.4715	1.9969	0.0415	9.38	3.9082	58.32
2	170	50	2:1	0.7504	50.30	6.9108	1.9969	0.0840	12.3475	5.4237	55.96
3	230	30	2:1	0.3812	23.41	5.0703	1.9969	0.0340	9.235	4.1649	54.90
4	230	50	2:1	0.3039	23.79	8.1150	1.9969	0.0430	12.6125	4.4961	64.34
5	170	40	3:1	0.4193	17.41	12.5221	1.9969	0.0583	17.7625	5.2422	70.49
6	170	40	1:1	1.6761	24.36	3.2950	1.9969	0.0865	3.52	0.2298	93.61
7	230	40	3:1	1.1080	24.88	13.9411	1.9969	0.0450	20.25	6.3000	68.84
8	230	40	1:1	1.1454	18.08	3.5048	1.9969	0.0826	10.6425	7.1400	32.89
9	200	30	3:1	0.4305	41.13	6.8313	1.9969	0.0294	18.3975	11.5676	37.12
10	200	30	1:1	2.8930	19.58	0.7100	1.9969	0.0340	10.8775	10.1646	6.53
11	200	50	3:1	1.2062	28.22	14.1812	1.9969	0.0570	20.81	6.6323	68.14
12	200	50	1:1	1.8957	18.43	4.4901	1.9969	0.0583	4.9525	0.4634	90.66
13	200	40	2:1	0.9270	34.90	6.2242	1.9969	0.0345	11.81	4.7102	52.67
14	200°c	40%	2:1	0.8090	40.91	6.2351	1.9969	0.0345	14.4175	8.1802	43.25
15	200	40	2:1	1.0410	41.73	6.7302	1.9969	0.0536	10.265	3.5371	65.56

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ผลของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับคุณลักษณะต่างๆของน้ำมันมะพร้าวผงที่ได้

4.2.1 ปริมาณความชื้น (% Powder Moisture)

ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างค่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า(x_1), เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน(x_2) และอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์-ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว(x_3) แสดงดังต่อไปนี้

$$\%Moisture = -5.19566 + 0.199328(x_1) - 0.3614(x_2) - 4.27771(x_3) - 0.00063(x_1^2) + 0.00113(x_2^2) + 0.226208(x_3^2) + 0.000827(x_1x_2) + 0.004825(x_1x_3) + 0.0443(x_2x_3)$$

โดยที่ x_1 คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

x_2 คือ เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน

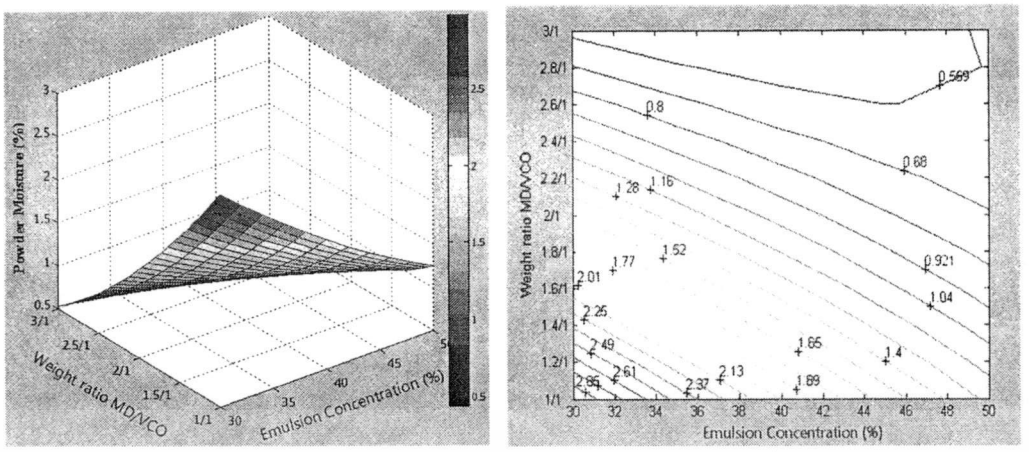
x_3 คือ อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว

$R^2 = 0.7061$, S.E. = 0.7531

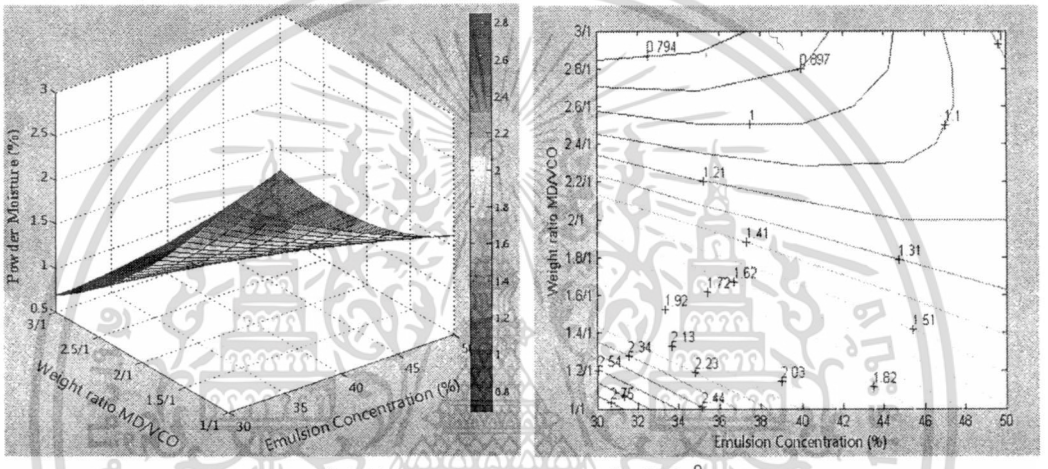
จากรูปที่ 4.2 พบว่า ปริมาณความชื้นของผงน้ำมันมะพร้าวที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 0.56% – 2.85% เมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นเดียวกัน ที่อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีค่าเพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มทำให้ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากอัตราส่วนของของแข็งเพิ่มมากขึ้น อัตราส่วนน้ำลดลง จึงทำให้ค่าความชื้นมีค่าลดลงเช่นกัน และที่อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวเดียวกัน เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มทำให้มีค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากอิมัลชันมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่ต้องระเหยจึงลดลงด้วย

เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 170, 200 และ 230°c ที่อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวเป็น 2:1 และเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นอิมัลชัน 40% เมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้าเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่ำลง เนื่องจากลมร้อนที่ใช้ทำแห้งที่อุณหภูมิสูง มีความสามารถในการระเหยน้ำและจับกับความชื้นได้ในปริมาณมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

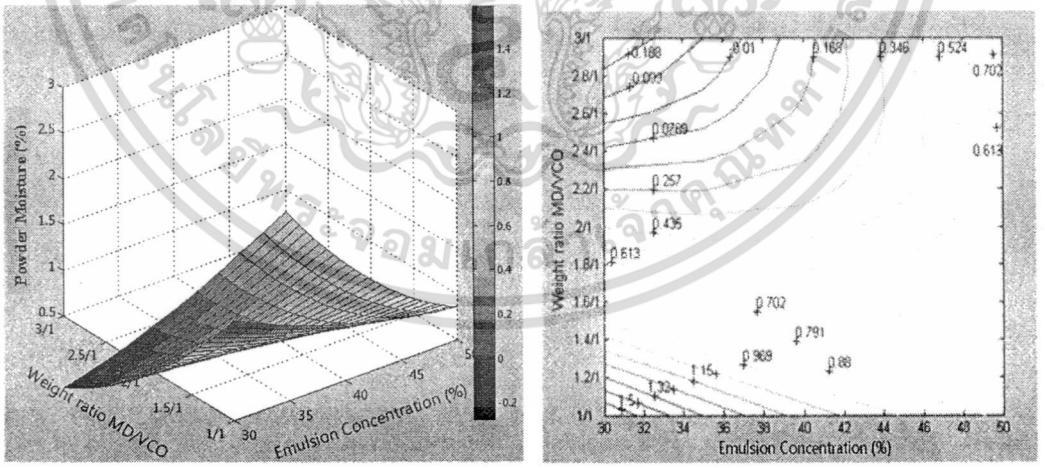
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) % Powder Moisture @ 170 °c



(b) % Powder Moisture @ 200 °c



(c) % Powder Moisture @ 230 °c

รูปที่ 4.2 **แสดงพื้นผิวผลตอบของค่าความชื้นผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวผง ที่อุณหภูมิ** 170, 200 **และ** 230°c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 **เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้** (% Powder Yield)

ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ของผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า(x_1), เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน(X_2) และอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว(x_3) แสดงดังต่อไปนี้

$$\%Yield = -573.703 + 4.23675(x_1) + 7.812708(x_2) + 33.14208(x_3) - 0.00878(x_1^2) - 0.0224(x_2^2) -10.1(x_3^2) - 0.02604(x_1x_2) + 0.114583(x_1x_3) - 0.294(x_2x_3)$$

โดยที่ x_1 คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

x_2 คือ เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน

x_3 คือ อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว

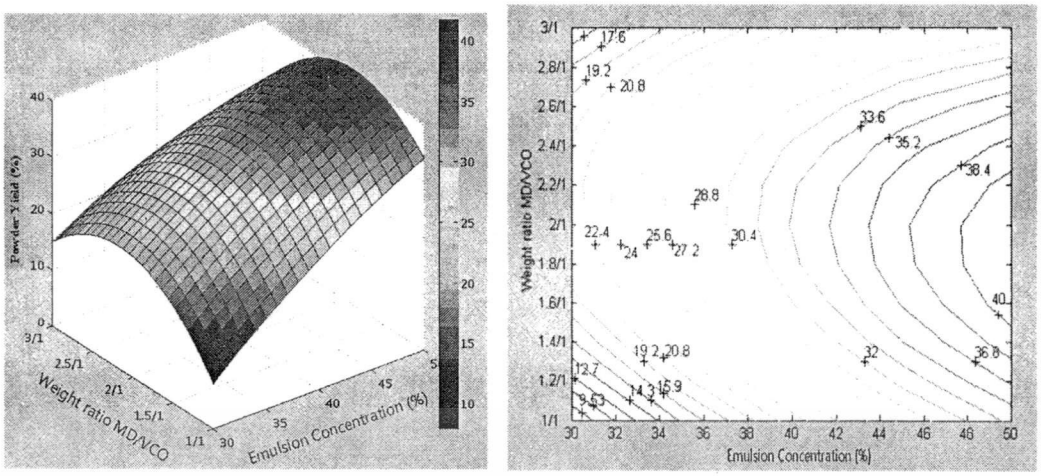
$R^2 = 0.6967$, S.E. = 9.8282

จากรูปที่ 4.3(a) ปริมาณผลิตภัณฑ์ผงน้ำมันมะพร้าวมีค่าอยู่ในช่วง 9.53% – 40%แสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของอิมัลชัน อัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีผลต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ กล่าวคือ เมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นอิมัลชันเดียวกัน พบว่าเมื่ออัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1/1 ถึง 2/1 ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากที่อัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว1/1 อิมัลชันที่ได้ยังไม่มีความเสถียรพอทำให้สูญเสียน้ำมันไปบางส่วน และที่อัตราส่วนมากกว่า 2/1 พบว่าปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้จะมีค่าลดลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของมอลโตเด็กซ์ตรินจะไปเพิ่มค่าความหนืดของอิมัลชัน ส่งผลให้ไม่สามารถสเปรย์ดรายออกมาเป็นผงได้ดี

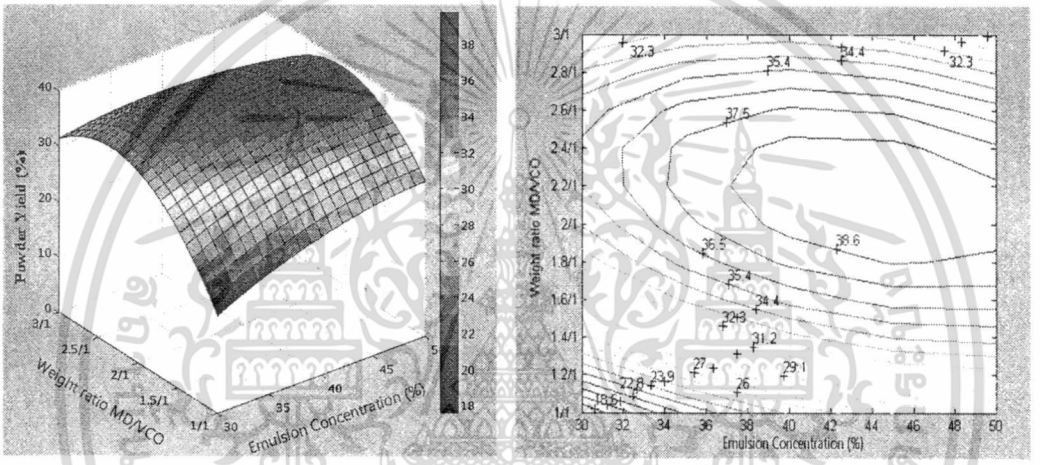
ส่วนการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชันนั้นพบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชันเพิ่มขึ้น ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน เพราะเมื่อเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชันมีค่ามากขึ้น ปริมาณของแข็งที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

จากภาพที่ 4.3 จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 3 ระดับ คือ 170, 200 และ 230°c พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีค่ามากขึ้น ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้จะมีค่าลดลง เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีผลทำให้ขนาดอนุภาคของอิมัลชันที่พ่นออกมามีขนาดเล็กลงมากอาจทำให้เกิดการสูญเสียผลิตภัณฑ์ผงไปกับลมร้อนนั้นและบางส่วนติดอยู่กับผนังเครื่อง

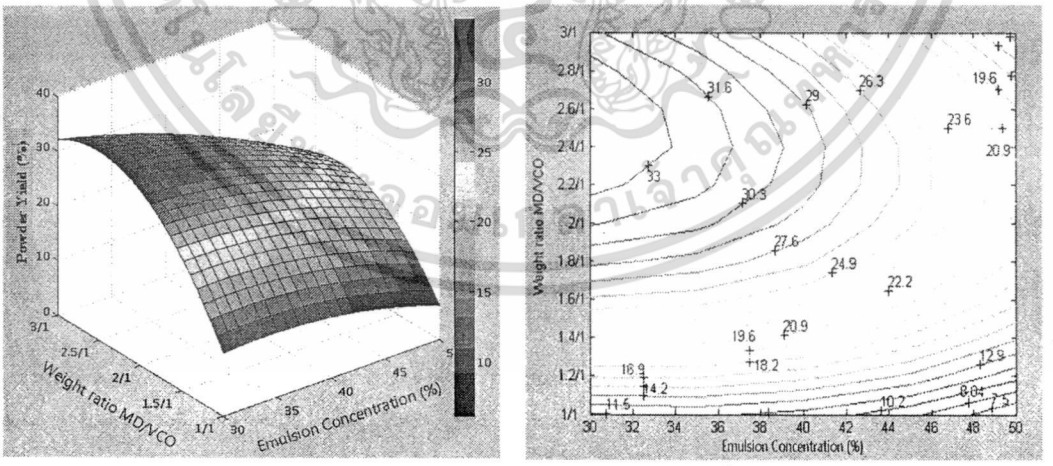
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) % Powder Yield @ 170 °c



(b) % Powder Yield @ 200 °c



(c) % Powder Yield @ 230 °c

รูปที่ 4.3 แสดงพื้นผิวผลตอบของค่าเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวผง ที่อุณหภูมิ 170, 200 และ 230°c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 **ปริมาณน้ำมันทั้งหมด** (% Total oil in powder)

ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า(x_1), เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน(x_2) และอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว(x_3) แสดงดังต่อไปนี้

$$\% \text{ Total oil} = -46.2911 + 0.545468(x_1) - 0.22789(x_2) - 2.19948(x_3) - 0.0011(x_1^2) - 0.00277(x_2^2) + 1.872604(x_3^2) + 0.000342(x_1x_2) - 0.03863(x_1x_3) + 0.208438(x_2x_3)$$

โดยที่ x_1 คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

x_2 คือ เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน

x_3 คือ อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว

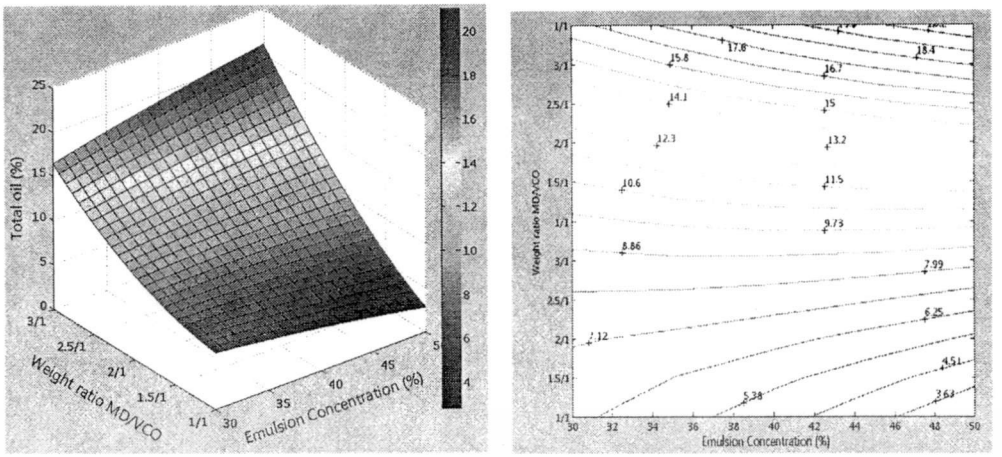
$R^2 = 0.9116$, S.E. $= 2.5393$, $p < 0.05$

จากรูปที่ 4.4 ค่าน้ำมันทั้งหมดของผงน้ำมันมะพร้าวมีค่าอยู่ในช่วง 3.3% - 20% แสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของอิมัลชันและอัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์-ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวส่งผลร่วมกันต่อปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผงน้ำมันมะพร้าว กล่าวคือ ที่อัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีค่าต่ำ คือ ที่อัตราส่วน 1/1 จะพบว่าการเพิ่มค่าปริมาณความเข้มข้นของอิมัลชันจะส่งผลให้ปริมาณน้ำมันทั้งหมดมีค่าลดลง เนื่องจากที่อัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว1/1 นั้น มอลโตเด็กซ์ตรินไม่สามารถเอาชนะแรงดึงผิวที่หน้าสัมผัสของเม็ดน้ำมันได้ ทำให้เม็ดน้ำมันรวมตัวกันและเกาะตามผนังภาชนะทำให้สูญเสียน้ำมันไปบางส่วน

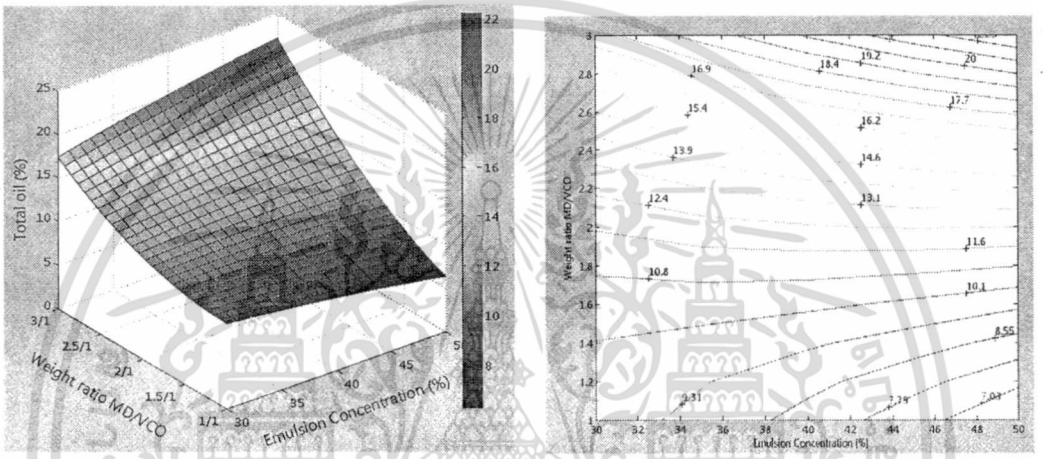
แต่เมื่ออัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีค่ามากขึ้น เช่น ที่อัตราส่วน 3/1 จะพบว่าการเพิ่มค่าปริมาณความเข้มข้นของอิมัลชันจะส่งผลให้ปริมาณน้ำมันทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณของมอลโตเด็กซ์ตรินมากพอที่จะเอาชนะแรงดึงผิวที่หน้าสัมผัสของเม็ดน้ำมันได้

และเมื่อพิจารณาที่ปริมาณความเข้มข้นของอิมัลชันเท่ากัน จะพบว่า เมื่ออัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีค่าเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันทั้งหมดก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของมอลโตเด็กซ์ตรินให้มากขึ้นจะเป็นการเพิ่มความสามารถที่จะเอาชนะแรงดึงผิวที่หน้าสัมผัสของเม็ดน้ำมันได้

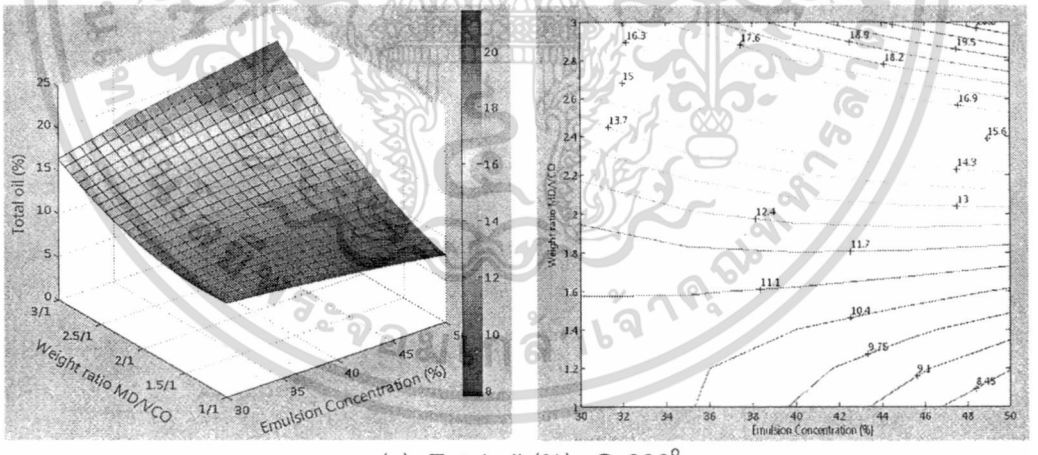
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) Total oil (%) @ 170°c



(b) Total oil (%) @ 200°c



(c) Total oil (%) @ 230°c

รูปที่ 4.4 แสดงพื้นผิวผลตอบของปริมาณน้ำมันมะพร้าวทั้งหมดของผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวผงที่อุณหภูมิ 170, 200 และ 230°c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 **ปริมาณน้ำมันกักเก็บได้** (%Encapsulated oil)

ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างปริมาณน้ำมันที่กักเก็บได้ของผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า(x1), เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน(x2) และอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว(x3) แสดงดังต่อไปนี้

$$\%\text{Encapsulated oil} = 38.67931 - 0.45418(x_1) + 0.455187(x_2) - 5.32063(x_3) + 0.000976(x_1^2) - 0.00882(x_2^2) + 1.04(x_3^2) + 0.001338(x_1x_2) + 0.010125(x_1x_3) + 0.08925(x_2x_3)$$

โดยที่ x_1 คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

x_2 คือ เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน

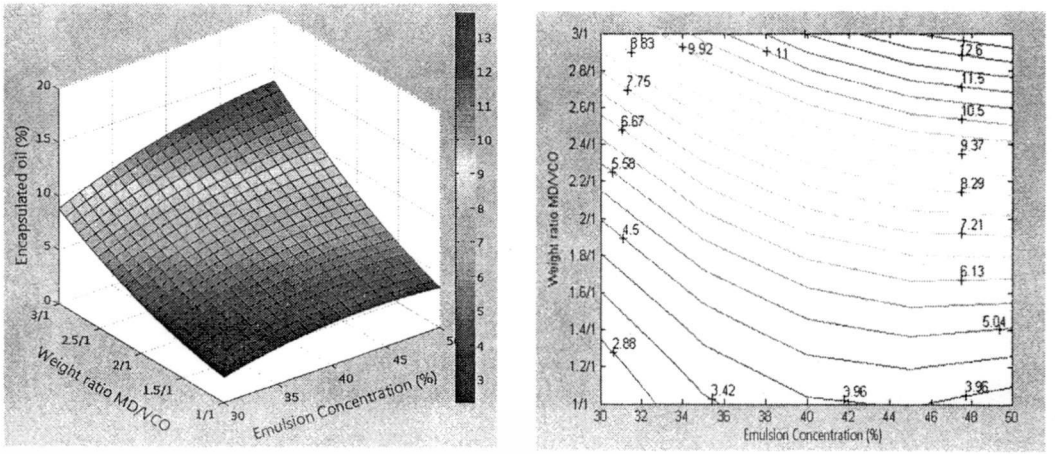
x_3 คือ อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว

$R^2 = 0.9638$, S.E. = 1.2353 , $p < 0.01$

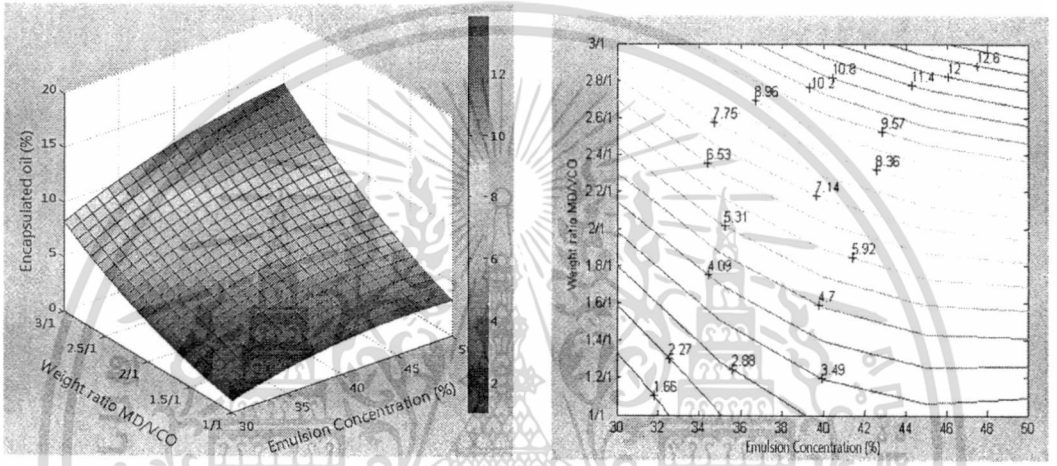
จากรูปที่ 4.5(a) ปริมาณน้ำมันที่กักเก็บได้มีค่าอยู่ในช่วง 2.2% - 14.4 % แสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของอิมัลชันและอัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์-ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่กักเก็บได้ กล่าวคือ เมื่อปริมาณความเข้มข้นของอิมัลชันเพิ่มขึ้นจาก 30%-45% ปริมาณน้ำมันที่กักเก็บได้จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อความเข้มข้นของอิมัลชันเพิ่มขึ้นอีกปริมาณน้ำมันที่กักเก็บได้จะมีค่าลดลง เนื่องจากที่ปริมาณความเข้มข้นของอิมัลชันสูงๆจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำอิมัลชันต่ำลง

ส่วนการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว พบว่าเมื่ออัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีค่ามากขึ้น ปริมาณน้ำมันที่กักเก็บได้จะมีค่ามากขึ้น เนื่องจากยิ่งปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมากอิมัลชันที่ได้จะยิ่งมีความเสถียรมากขึ้น เพราะมอลโตเด็กตรินจะทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวที่หน้าสัมผัส ป้องกันไม่ให้เม็ดน้ำมันต่างๆเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กัน

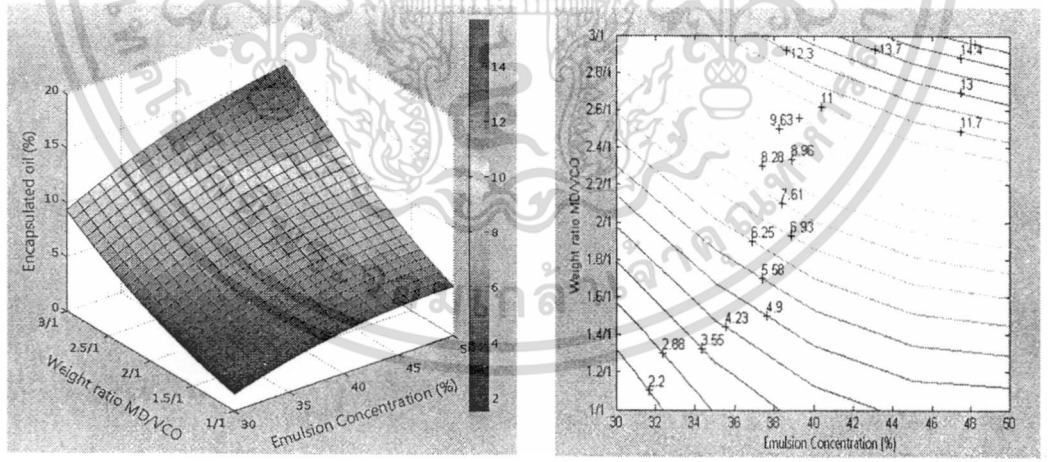
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) % Encapsulated oil @ 170 °c



(b) % Encapsulated oil @ 200 °c



(c) % Encapsulated oil @ 230 °c

รูปที่ 4.5 แสดงพื้นผิวผลตอบของปริมาณน้ำมันที่กักเก็บได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวผงที่อุณหภูมิ 170, 200 และ 230°c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมด (% Encapsulated oil Yield)

ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า(x1), เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน(x2) และอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว(x3) แสดงดังต่อไปนี้

$$\%\text{Encapsulated oil Yield} = 577.299 - 6.14937(x_1) + 6.733109(x_2) - 52.4531(x_3) + 0.011331(x_1^2) - 0.05644(x_2^2) + 2.431655(x_3^2) + 0.009828(x_1x_2) + 0.492291(x_1x_3) - 1.32796(x_2x_3)$$

โดยที่ x_1 คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

x_2 คือ เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน

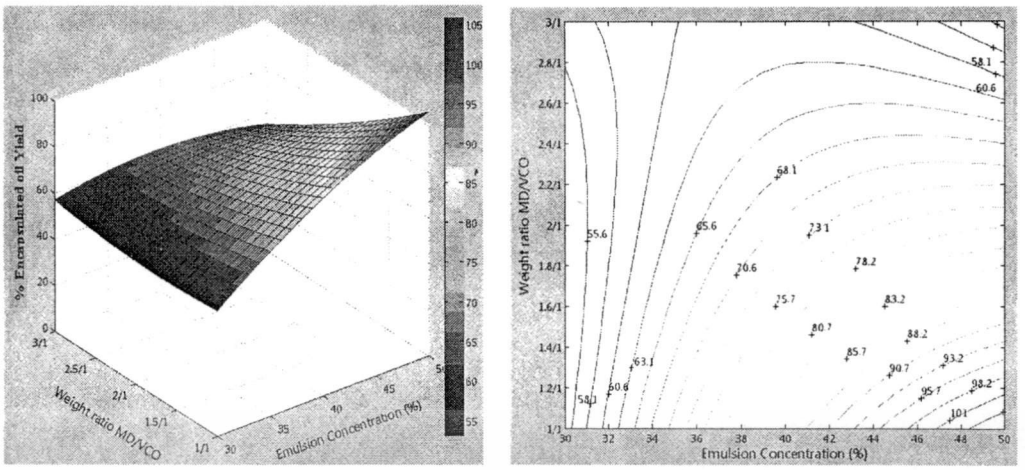
x_3 คือ อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว

$R^2 = 0.6637$, S.E. = 21.3549, $p < 0.05$

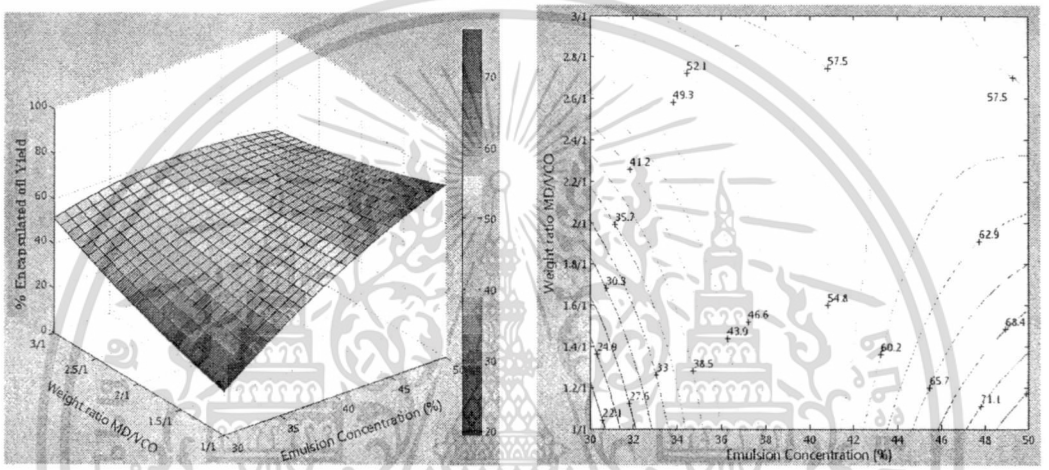
จากภาพที่ 4.6 ปริมาณน้ำมันที่กักเก็บเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 8.21% – 74.2% แสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของอิมัลชัน, อัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าส่งผลร่วมกันต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผงน้ำมันมะพร้าว กล่าวคือ ที่อุณหภูมิต่ำ 170 องศาและที่อัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีค่าต่ำคือที่ 1/1 นั้น พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของอิมัลชันมีค่ามากขึ้น และกลับมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีค่ามากขึ้นนั้นมีสาเหตุมาจาก ที่อุณหภูมิ 170 องศาไม่สามารถสเปรย์ดรายอิมัลชันที่มีค่าความหนืดสูงอันเนื่องมาจากอัตราส่วนน้ำหนักระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีค่าสูงนั้นได้เร็วพอ ทำให้เม็ดน้ำมันในอิมัลชันที่ยังไม่ผ่านเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเริ่มรวมตัวกันและมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดมีค่าลดลง และยังอาจมีผลเนื่องมาจากที่อุณหภูมิ 170 องศาไม่สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีพอทำให้อิมัลชันที่ผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยแล้วยังมีความชื้นอยู่สูงและเกาะกันเป็นก้อนตามผนังของเครื่องสอบแห้งแบบพ่นฝอย ส่งผลให้สูญเสียน้ำมันไปบางส่วนด้วย

เมื่ออุณหภูมิขาเข้าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่กักเก็บได้เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความร้อนจะทำให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) Encapsulated oil Yield (%) @ 170°c



(b) Encapsulated oil Yield (%) @ 200°c

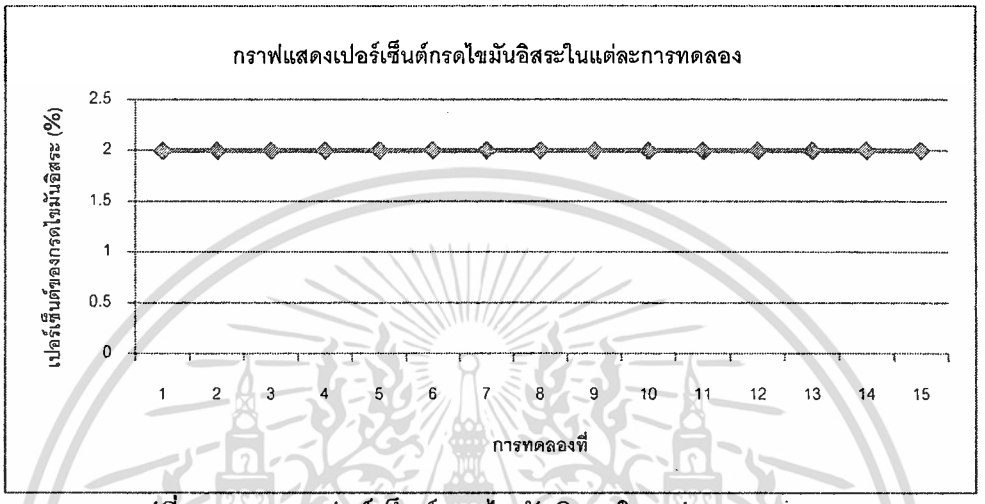
(c) Encapsulated oil Yield (%) @ 230°c

รูปที่ 4.6 แสดงพื้นผิวผลตอบของน้ำมันที่กักเก็บได้เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผงน้ำมันมะพร้าวของผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวผงที่อุณหภูมิ 170, 200 และ 230°c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 **ปริมาณกรดไขมันอิสระ** (%Free Fatty Acid)

จากการทดลองหาปริมาณกรดไขมันอิสระ โดยนำน้ำมันมะพร้าวผงมาละลายน้ำร้อนก่อน เพื่อให้สารอยู่ในรูปของสารละลาย จากนั้นจึงเติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน แล้วนำไป ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หลังจากนั้นทำการคำนวณหาปริมาณของกรดไขมันอิสระในรูปเปอร์เซ็นต์ของกรดลอริก ตามหัวข้อที่ 3.4.7 ซึ่งได้ผลดังแสดงดังกราฟ



รูปที่ 4.7 แสดงเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระในแต่ละการทดลอง

จากกราฟจะเห็นว่าในแต่ละการทดลองนั้นมีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระเท่ากัน เนื่องจากในแต่ละตัวอย่างใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการไตเตรตเพียงแค่หยดเดียวก็สามารถทำให้สารละลายเปลี่ยนสีได้ทันที แสดงให้เห็นว่าในแต่ละตัวอย่างนั้นมีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระน้อยมาก

4.2.7 Water Activity **ของผลิตภัณฑ์** (A_w)

ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างค่า Water Activity ของผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า(x1), เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน(x2) และอัตราส่วนของมอลโต-เด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว(x3) แสดงดังต่อไปนี้

$$A_w = 0.484416 - 0.006379(x_1) + 0.012178(x_2) - 0.03916(x_3) + 1.84352\times10^{-5}(x_1^2) - 6.83333\times10^{-5}(x_2^2) + 0.010641667(x_3^2) - 2.79167\times10^{-5}(x_1x_2) - 7.833310^{-5}(x_1x_3) + 8.25\times10^{-5}(x_2x_3)$$

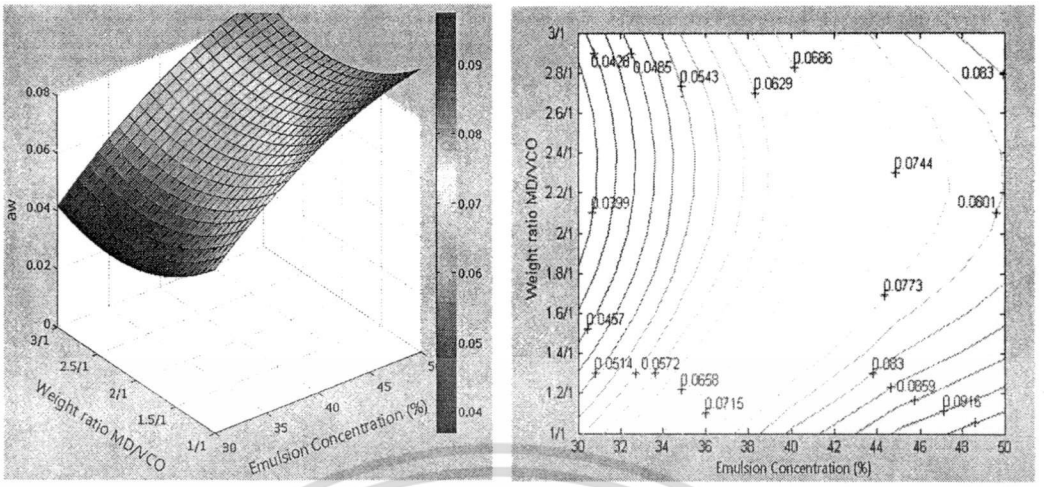
โดยที่ x_1 คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

x_2 คือ เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชัน

x_3 คือ อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าว

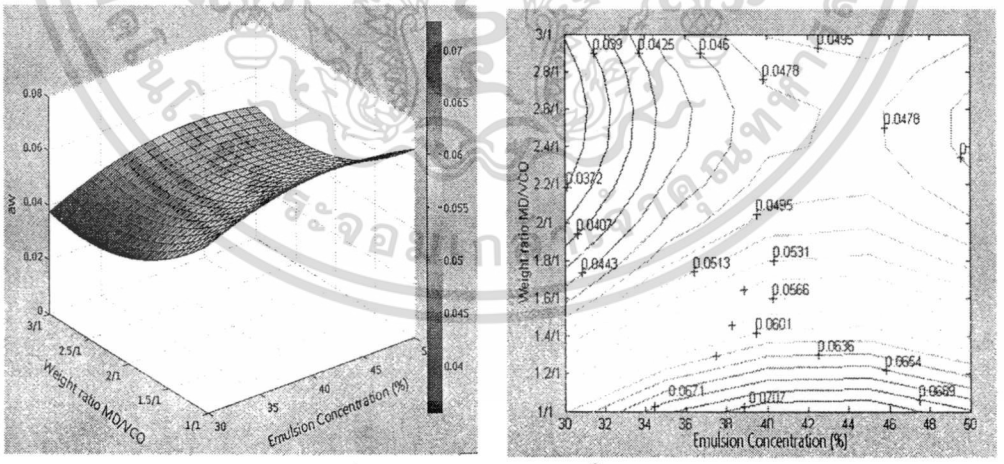
$R^2 = 0.8454$, Standard Error of Estimate = 0.1168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) A_w @ 170°c

(b) A_w @ 200°c



(c) A_w @ 230°c

รูปที่ 4.8 แสดงพื้นผิวผลตอบของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวผง ที่อุณหภูมิ 170, 200 และ 230°c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.8 ค่า Water Activity ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลมีค่าต่ำกว่า 0.1 ซึ่งที่อุณหภูมิ 170 °c เมื่อให้เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชันคงที่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีผลให้ค่า Aw เปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆ แต่เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2 และรูปที่ 3 ที่อุณหภูมิ 200 และ 230 °c จะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนคือเมื่อให้เปอร์เซ็นความเข้มข้นของอิมัลชันคงที่และเพิ่มอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวมีผลให้แนวโน้มของค่า Aw ลดลง เนื่องจากการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินในอัตราส่วนที่มากขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออกจากอิมัลชันที่จะทำแห้งลดลง ปริมาณน้ำที่อากาศสามารถระเหยได้สูงขึ้นทำให้ความชื้นลดลงส่งผลให้ค่า Aw ที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นลดลงตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาให้อัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อน้ำมันมะพร้าวคงที่ พบว่า เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของอิมัลชันมีผลให้แนวโน้มค่า Aw เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากเมื่ออิมัลชันที่ถูกพ่นใน chamber มีการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินที่มากเกินไป ทำให้ขณะที่มีการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวนอกของอนุภาคมีการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็วกว่าการเคลื่อนที่ของน้ำในอนุภาคเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวนอกทำให้บริเวณผิวนอกเกิดการแห้งเร็วกว่า เกิดเป็นผิวแข็งเคลือบอนุภาคที่ยังมีความชื้นสูงอยู่ภายใน และเมื่อถูกเก็บในที่ที่อุณหภูมิเย็นลงเป็นระยะเวลาหนึ่งทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์เข้าสู่ภาวะสมดุล มีผลให้ความชื้นที่ผิวนอกเพิ่มขึ้นทำให้ค่า Aw เพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. บทสรุป

ผลการศึกษาผลของตัวแปรในการเอนแคปซูเลชันต่อคุณลักษณะของผงน้ำมันมะพร้าวโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย สามารถสรุปความสัมพันธ์ของปัจจัยการผลิตต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้ น้ำมันมะพร้าวอินทรีย์บริสุทธ์สามารถนำมาแปรรูปให้อยู่ในสภาพผงแห้งได้ด้วยเทคนิคเอ็นแคปซูเลชั่น อาศัยขั้นตอนการทำสารอิมัลชั่นจากน้ำมันมะพร้าว/มอลโตเด็กซ์ตริน/น้ำ ร่วมกับการทำแห้งแบบพ่นฝอย สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงน้ำมันมะพร้าวมีปริมาณน้ำมันที่ถูกกักเก็บได้มากที่สุดเท่ากับ 74.2% ของปริมาณน้ำมันมะพร้าวเริ่มต้น ที่สภาวะความเข้มข้นของสารอิมัลชัน 45% มีอัตราส่วนมอลโตเด็กซ์ตริน ต่อน้ำมันมะพร้าวเท่ากับ 3:1 และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 230^{0}C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ณรงค์ โฉมเฉลา. การบรรยายประชุมวิชาการกรมพัฒน์ การบรรยายประชุมวิชาการ "บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อสุขภาพ และความงาม" 30 พฤศจิกายน 2548.

เทพกัญญา ตันตโยทัย, รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. ผลของชนิดโฮโมจีไนเซอร์และโซเดียมคลอไรด์ต่อสมบัติทางกายภาพของอิมัลชันน้ำมันมะพร้าว. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิติกานต์ ตติยพันธุ์, สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. อิทธิพลของอิมัลซิไฟเออร์และสเตบิไลเซอร์ต่อความคงตัวของอิมัลชันน้ำมันมะพร้าวในน้ำหลังการให้ความร้อน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์, นิธิยา รัตนาปนนท์. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2544,125- 311.

สถาบันคลังสมองของชาติ. แนวทางพัฒนามะพร้าวและผลิตภัณฑ์จากมะพร้าวของประเทศไทย :URL: http://www.knit.or.th/docs/policybrief-coconut.pdf

สำนักงานเกษตรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์. : URL: http://www.gotoknow.org/blog/samsamee/149297

Bae E. K., Lee S. J.. "Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin": URL http://www.Informaworld.com, 2008

Desai K.G.H, Park* HJ, Taylor & Francis. "Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients". 1361 – 1394, 2005.

Fuchs M, Turchiuli C, Bohin M, Cuvelier ME, Ordonnaud C, Peyrat – Maillard MN, Dumoulin E, "Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration". 75 , 27 – 35 , 2006

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

Horwitz W. AOAC Official Method 905.02 Fat in milk. Official Methods of Analysis MARYLAND : AOAC International; p.18-59, 2000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Huynh T. V., Caffin N, Dykes G. A., Bhandari B. Optimization of the Microencapsulation of Lemon Myrtle Oil Using Response Surface Methodology: URL: http://www.Informaworld.com, 2008

Nevin K.G., Rajamohan T." Virgin coconut oil supplemented diet increases the antioxidant status in rats",. Food Chemistry, Volume 99, Issue 2 ; 260-266, 2006.

Soottitantawat A. Encapsulation. : URL : http://www.nanotec.or.th/en/images/encapsulationo1.jpg

Vagn W. Milk Powder Technology : URL : http://www.niro.com/niro/cmsdos.nsf/webdoc/ndkw6dknxs

Versic R.J. "Microencapsulation" THE WORLD BOOK ENCYCELOPEDIA URL: http://www.rtdodge.com/worldBook.html.

Wang, M.H. .Oxidative stability of whey protein-coated milk fat droplets encapsulated in wall matrices consisting of non-fat milk solids or of carbohydrates", FOOD SCIENCE in the OFFICE OF GRADUATE STUDIES of the UNIVERSITY OF CALIFORNIA : 1995.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้