

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเวย์โปรตีนกับมอลโตเดกซ์ทรินในกระบวนการ
การทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำมะม่วง

COMPARING EFFICIENCY OF WHEY PROTEIN AND MALTODEXTRIN FOR
SPRAY DRY MANGO JUICE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเวย์โปรตีนกับมอลโตเดกซ์ทรินในกระบวนการ
การทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำมะม่วง

COMPARING EFFICIENCY OF WHEY PROTEIN AND MALTODEXTRIN FOR
SPRAY DRY MANGO JUICE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPARING EFFICIENCY OF WHEY PROTEIN AND MALTODEXTRIN FOR
SPRAY DRY MANGO JUICE



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเวย์โปรตีนกับมอลโตเดกซ์ทรินในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำ
มะม่วง

Comparing Efficiency of Whey Protein and Maltodextrin in Spray Dry Mango Juice

ผู้จัดทำ

- | | | | |
|-----------------|-------------|--------------|----------|
| 1. นายกุลเชษฐ์ | จุมวงษ์ | รหัสประจำตัว | 58010109 |
| 2. นายธนดล | ชุมประเสริฐ | รหัสประจำตัว | 58010494 |
| 3. นายสุตารัตน์ | วงศ์กล้า | รหัสประจำตัว | 58011338 |



..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.กนต์กนิษฐ์ ขวัญพฤกษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเวปโรตีนกับมอลโตเด็กซ์ทรินในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำมะม่วง	
นักศึกษา	นายกุลเชษฐ์	จุมวงษ์
	นายธนดล	ชุมประเสริฐ
	นายสุदारตัน	วงษ์กล้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กัณฑ์นิษฐ์	ขวัญพฤกษ์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
ภาควิชา	วิศวกรรมอาหาร	
ปีการศึกษา	2561	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการช่วยทำแห้งน้ำมะม่วงมหาชนกของมอลโตเด็กซ์ทรินกับเวปโรตีนไอโซเลทโดยใช้วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผงโดยการผสมน้ำมะม่วงกับมอลโตเด็กซ์ทรินและเวปโรตีนไอโซเลทในอัตราส่วนของแข็ง 10:25 , 15:20, 20:15 และนำเข้าสู่เครื่องสเปรดรายเพื่อทำแห้ง โดยสภาวะที่ใช้ในการทำแห้งคือ อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส อุณหภูมิขาออก 70 องศาเซลเซียสและเซนติฟิวออสเซล จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถังเก็บวัตถุดิบมาทำวิเคราะห์ผลดังนี้ ผลผลิตร้อยละ ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ความสามารถในการละลาย ปริมาณกรดแอสคอร์บิก และโครงสร้างจุลภาค พบว่าส่วนผสมระหว่างมอลโตเด็กซ์ทรินและเวปโรตีนไอโซเลทกับน้ำมะม่วง ในอัตราส่วนของแข็ง 20:15 เป็นส่วนผสมที่ทำให้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ดีที่สุด โดยเวปโรตีนไอโซเลทส่งผลให้ผลผลิตร้อยละมีปริมาณมากถึง 51% ขณะที่มอลโตเด็กซ์ทรินทำได้เพียง 28% แต่มอลโตเด็กซ์ทรินสามารถทำให้ความชื้นของตัวผลิตภัณฑ์ได้น้อยถึง 0.46 แต่เวปโรตีนไอโซเลทมีความชื้น 1.22 ในขณะที่ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ความสามารถในการละลาย และปริมาณกรดแอสคอร์บิกไม่ได้ให้ผลแตกต่างกันทั้งมอลโตเด็กซ์ทรินและเวปโรตีนไอโซเลท แต่ในการผสมอัตราส่วนของแข็ง 20:15 ใช้เวลาในการละลายมากที่สุดโดยทั้งสองส่วนใช้เวลาประมาณ 14.6 นาที

คำสำคัญ: มอลโตเด็กซ์ทริน,เวปโรตีนไอโซเลท,น้ำมะม่วงผง,วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

Project Title	Comparing Efficiency of Whey Protein and Maltodextrin in Spray Dry Mango Juice	
Students	Mr. Kulachet	Choomwong
	Mr. Tanadol	Khumprasert
	Ms. Sudaratt	Wongklam
Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Kankanit	Khwanpruk
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Food Engineering	
Academic Year	2018	

ABSTRACT

This research aims to study the effective of maltodextrin and whey protein isolate for dehydrate mango juice by spray dryer. Study of mango juice powder by mixing mango juice with maltodextrin and whey protein isolate in solid ratio 10:25, 15:20, 20:15. The condition for drying with spray dryer is input temperature 160 degrees Celsius, output temperature 70 degrees Celsius and use centrifuge nozzle. Then collect the product from collection vessel to analyze the results as follows Yield, Moisture, Aw, Solubility, Ascorbic acid content and Microstructure. Found that the mixture between maltodextrin and protein isolate with mango juice In solid ratio, 20: 15 is the best ratio that makes the best product properties. The result in yield whey protein isolate got the best result is 51% while maltodextrin only 28% yield. But maltodextrin can reduce the moisture content of the product to 0.46 while the protein isolate has a moisture content of 1.22. But Aw, Solubility and Ascorbic acid content are not give different results, both maltodextrin and protein isolate. but in solid ratio 20:15 both give the result

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.กัณฑ์นิษฐ์ ขวัญพฤษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้สนับสนุนงานวิจัยทั้งด้านเครื่องมือและสถานที่จัดทำ

คณะผู้วิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ.	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	3
2.1 ข้อมูลทั่วไปของมะม่วงมหาชนก	3
2.1.1 คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วงมหาชนก	3
2.2 สารพฤกษเคมี	4
2.2.1 วิตามินซี (Vitamin C)	4
2.2.1.1 ประโยชน์ของวิตามินซี	4
2.2.2 สารแคโรทีนอยด์	5
2.2.3 แอนโทไซยานิน	5
2.3 การทำแห้ง	6
2.3.1 หลักการพื้นฐานการทำแห้ง	6
2.3.2 การเลือกใช้เครื่องอบ	6
2.4 การอบแห้งแบบพ่นฝอย	8
2.4.1 กระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย	8
2.4.2 ชนิดของหัวฉีดทำแห้ง	9
2.4.3 ลักษณะการไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย	11
2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง	14
2.4.5 การวิเคราะห์ลักษณะของผลิตภัณฑ์ผง	14
2.5 กระบวนการทอหุ้ม	16
2.6 สารทอหุ้ม	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.1 ค่าสมมูลเด็กซ์โทร	17
2.6.2 สมบัติบางประการของมอลโตเด็กซ์ตริน	19
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	21
3.1 การทำแห้งแบบพ่นฝอย	21
3.1.1 วัตถุดิบ	21
3.1.2 สารเคมี	21
3.1.3 วัสดุอุปกรณ์	21
3.1.4 การวางแผนการทดลอง	21
3.1.5 การเตรียมน้ำมะม่วง	22
3.1.6 ขั้นตอนการทำแห้งแบบพ่นฝอย	22
3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์	23
3.2.1 ปริมาณความชื้น	23
3.2.2 ร้อยละผลผลิต	23
3.2.3 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	24
3.2.4 ปริมาณกรดแอสคอบิก	24
3.2.5 ความสามารถในการละลาย	25
3.2.6 โครงสร้างจุลภาค	25
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	26
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์	28
4.1.1 ผลผลิตร้อยละ	28
4.1.2 ปริมาณความชื้น	30
4.1.3 วอเตอร์แอกทิวิตี	32
4.1.4 ความสามารถในการละลาย	34
4.1.5 ปริมาณกรดแอสคอบิก	36
4.1.6 โครงสร้างจุลภาค	38
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	40
5.1 สรุปผลการทดลอง	40
5.2 ปัญหาที่พบ	40
5.3 ข้อเสนอแนะ	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	42
ภาคผนวก	46
ภาคผนวก ก. ผลผลิตของผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผง	47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เครื่องอบแห้งประเภทต่างๆ	7
3.1	การออกแบบการทดลอง	24
3.2	แสดงปริมาณของสารละลายน้ำมะม่วง	24
4.1	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมะม่วงตามอัตราส่วนต่างๆ	27
4.2	แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่คงเหลือ	36
ก.1	แสดงผลผลิตร้อยละ	48
ก.2	แสดงปริมาณความชื้น	49
ก.3	แสดงวอเตอร์แอกทิวิตี้	50
ก.4	แสดงความสามารถในการละลาย	51
ก.5	แสดงกรดแอสคอบิก	52



สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะทางกายภาพของผลและต้นมะม่วงมหาชนก	3
2.2 แสดงโครงสร้างของวิตามินซี	4
2.3 หัวฉีตแบบจานเหวี่ยง	10
2.4 หัวฉีตแบบแรงดัน	10
2.5 หัวฉีตแบบของไหลสองชนิด	11
2.6 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดกระแสไหลตามกัน	12
2.7 เครื่องอบแห้งชนิดกระแสไหลสวนทางกัน	13
2.8 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดที่มีการไหลผสมกัน	13
2.9 แสดงโครงสร้างทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับระดับของค่าสมมูลเด็กซ์โทรส	21
4.1 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารมอลโตเด็กซ์ตริน และผลผลิตร้อยละ	28
4.2 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อเวย์โปรตีนไอโซเลท และผลผลิตร้อยละ	29
4.3 ผลของอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ และผลผลิตร้อยละ	29
4.4 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารมอลโตเด็กซ์ตริน และปริมาณความชื้น	30
4.5 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อเวย์โปรตีนไอโซเลท และปริมาณความชื้น	31
4.6 ผลของอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ และปริมาณความชื้น	31
4.7 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารมอลโตเด็กซ์ตริน และวอเตอร์แอกทิวิตี	32
4.8 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อเวย์โปรตีนไอโซเลท และวอเตอร์แอกทิวิตี	33
4.9 ผลของอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ และวอเตอร์แอกทิวิตี	33
4.10 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารมอลโตเด็กซ์ตริน และความสามารถในการละลาย	34
4.11 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อเวย์โปรตีนไอโซเลท และความสามารถในการละลาย	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 ผลของอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ และความสามารถในการละลาย	35
4.13 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารมอลโตเด็กซ์ตรินก่อน และหลังทำแห้งแบบพ่นฝอย และปริมาณกรดแอสคอร์บิก	36
4.14 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อเวย์โปรตีนไอโซเลทก่อน และหลังทำแห้งแบบพ่นฝอย และปริมาณกรดแอสคอร์บิก	37
4.15 ผลของอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ และปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่เหลือหลังการทำแห้งแบบ พ่นฝอย	37
4.16 โครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์ผงที่มีอัตราส่วนระหว่างของแข็งทั้งหมดของน้ำ มะม่วงต่อสารทำแห้งมอลโตเด็กซ์ตริน	38
4.17 โครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์ผงที่มีอัตราส่วนระหว่างของแข็งทั้งหมดของน้ำ มะม่วงต่อสารทำแห้งเวย์โปรตีนไอโซเลท	39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

มะม่วงมหาชนก (*Mangifera indica* L.) เป็นผลไม้ที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยมากมายและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการหลายอย่างเช่น วิตามินเอและแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม และโพแทสเซียม (USA Agricultural Research,2008) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และเนื้อมะม่วงมีสมบัติเด่น ในด้านสี กลิ่น และรสชาติ ที่เป็นเอกลักษณ์ คือมีสีเหลืองเข้ม กลิ่นหอมและฉุนเมื่อสุกงอม รสชาติหวาน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ประมาณ 15-18 °บริกซ์ มีเนื้อหนาประมาณ 350-500 กรัมต่อผล(ระวี และเปรมปรี,2542)

ปัจจุบันได้มีการคิดค้นวิธีแปรรูปมะม่วงแบบใหม่ขึ้นมา คือการผลิตน้ำมะม่วง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษานาน ง่ายต่อการขนส่งและจัดเก็บเนื่องจากมาปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ และน้ำมะม่วงนี้สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้สะดวกและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มซึ่งกรรมวิธีการผลิตน้ำมะม่วงที่นิยม คือเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย

หลักการของการทำแห้งแบบพ่นฝอย คือ การระเหยน้ำออกจากของเหลวอย่างรวดเร็วโดยอาศัยความร้อน กระบวนการนี้ประกอบไปด้วยการพ่นของเหลวออกมาจนเป็นละอองขนาดเล็กเข้าผสมกับอากาศร้อนที่ไหลผ่านอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่อยู่ในละอองของเหลวระเหยไปทั้งหมดและได้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของผงแห้ง (เอกदनัย,2551)

การผลิตน้ำมะม่วงผงด้วยการอบแห้งแบบพ่นฝอยมีปัญหาหลัก คือ การเกาะติดระหว่างการอบแห้ง เนื่องจากน้ำมะม่วงเข้มข้นประกอบด้วยน้ำตาลที่มีมวลโมเลกุลต่ำ เช่น น้ำตาลฟรักโทส (0.0265 kg/kg เนื้อมะม่วง) น้ำตาลกลูโคส (0.095kg/kg เนื้อมะม่วง) และวัตถุดิบที่มีกรดเป็นส่วนประกอบ (0.003456 kg กรดซิตริก/kg เนื้อมะม่วง) (Jagtiani *et al.*, 1988)

บางวิธีการสามารถลดปัญหาเรื่องความเหนียว ได้เช่น การใช้อนุกรมิต่ำและความชื้นต่ำและการใช้สารห่อหุ้ม (Jayasundera *et al.*,2009) อย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านี้ก็มีข้อจำกัดอยู่ ตัวอย่างเช่น การใช้มอลโตเด็คซ์ตรินปริมาณมาก(โดยส่วนใหญ่ > 35%)ในการผสมกับน้ำผลไม้ที่มีน้ำตาลเพื่อเปลี่ยนไปเป็นรูปของผง(Bhandari, Senoussi , Dumoulin, & Lebert 1993; Righetto & Netto, 2005)

การเพิ่มสารห่อหุ้มในจำนวนมากอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นและรสชาติดั้งเดิมของผลิตภัณฑ์ และเสี่ยงต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยทางเลือกอีกหนึ่งทางเพื่อแก้ไขปัญหาคความเหนียวคือการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติพื้นผิวอนุภาคด้วยโปรตีน(Adhikari, Howes, Bhandari, & Langrish 2009; Adhikari, Howes, wood & Bhandari 2009) ด้วยคุณสมบัติการเป็นสารลดแรงตึงผิวของโปรตีนจะทำให้สามารถเอาชนะเอาเหนียวของน้ำตาลได้ (Adhikari,Howes,Bhandari *et al.*,2009)

งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์มะม่วงผง ที่เป็นผลผลิตจากความแตกต่างของปริมาณของเวย์โปรตีนไอโซเลทและมอลโตเด็คซ์ตริน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการทำแห้งของเวย์โปรตีนไอโซเลทและมอลโตเด็กตรินที่มีผลต่อน้ำมะม่วงมหาชนก
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผงที่ได้จากการผสมเวย์โปรตีนไอโซเลทและมอลโตเด็กตริน

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

โครงการนี้มุ่งเน้นในการวิจัยศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะม่วงมหาชนกผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) โดยมีปัจจัยศึกษาได้แก่ตัวพา (carrier) จำนวน 2 ชนิดได้แก่ เวย์โปรตีนไอโซเลทและมอลโตเด็กตริน โดยทำแห้งในเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย JCM MINILAB SPRAY DRYER SDE 10 ในสภาวะ อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขาออก 70 องศาเซลเซียส

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีปริมาณที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
2. คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีความใกล้เคียงกับวัตถุดิบ

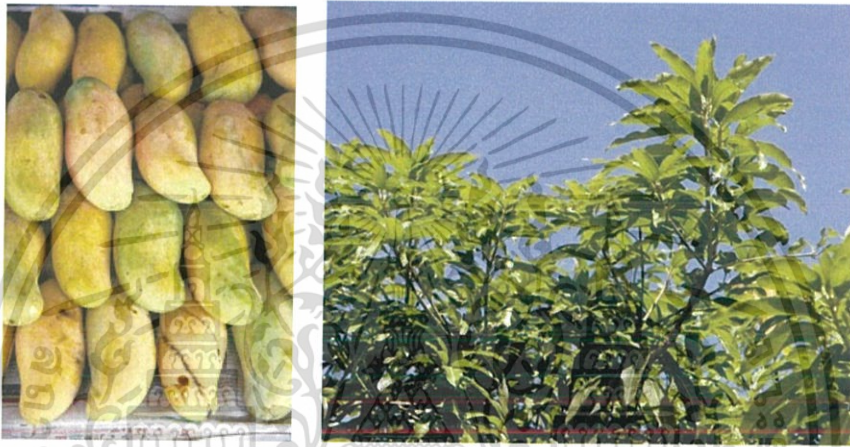
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วงมหาชนก(Mahachanok mango)

มะม่วงมหาชนก [Mangifera indica L.] จัดอยู่ในวงศ์ Anacardiaceae เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างพันธุ์ชั้นเซทกับพันธุ์หนังกกลางวัน เกิดเป็นมะม่วงพันธุ์ใหม่ ตั้งชื่อว่า “มหาชนก” หรือ “ราชาทรงโปรด” เพื่อเฉลิมพระเกียรติแด่พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร (ธาวิตา,2560)



รูปที่ 2.1 ลักษณะทางกายภาพของผลและต้นมะม่วงมหาชนก (สำนักพิมพ์บ้านและสวน, 2559)

2.1.1 คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วงมหาชนก

มะม่วงมหาชนกเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะวิตามินเอในรูปของเบต้าแคโรทีน และแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม และโพแทสเซียม (USA Agricultural Research, 2008) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และเนื้อมะม่วงมีสมบัติเด่น ในด้านสี กลิ่น และรสชาติ ที่เป็นเอกลักษณ์ คือมีสีเหลืองเข้ม กลิ่นหอมและฉุนเมื่อสุกงอม รสชาติหวาน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ประมาณ 15-18 °บrix มีเนื้อหนาประมาณ 350-500 กรัมต่อผล (ระวี และเปรมปรี, 2542) โดยมะม่วงมหาชนกมีแคลอรีต่อ 1/4 ผล หรือน้ำหนัก 65 กรัม อยู่ที่ประมาณ 51-55 กิโลแคลอรี และในปริมาณ 1/4 ผลของมะม่วงมหาชนก จะมีปริมาณน้ำตาลประมาณ 10.9 กรัม หรือราว ๆ 2.7 ช้อนชา (ผศ. ดร.พีระศักดิ์ ฉายประสาธ, 2560)

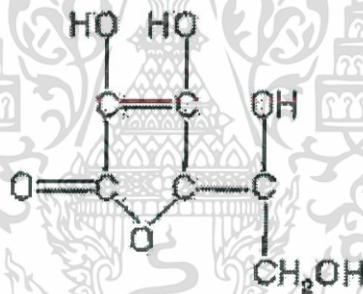
2.2 สารสารพิษเคมี

ในมะม่วงมหาชนกมีหลายชนิดที่สำคัญ คือ วิตามินซี สารแคโรทีนอยด์ สารแอนโทไซยานิน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 วิตามินซี (Vitamin C)

วิตามินซีมีชื่อทางเคมีว่ากรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) (ศิริวรรณ สุทรจิตต์. 2550 : 353-387) มีสูตรทางเคมี $C_6H_8O_6$ และสูตรโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 2.2 ในธรรมชาติวิตามินซีมี 2 ลักษณะ คือ L-Ascorbic acid หรือในรูปรีดิวซ์ (reduced form) และ L-Dehydroascorbic acid หรือในรูปออกซิไดซ์ (Oxidized form) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว วิตามินซีเป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้ดีและร่างกายไม่สามารถสร้างได้จำเป็นต้องรับประทานเข้าไป โดย วิตามินซี 1 กรัม จะสามารถละลายในน้ำ 3 มิลลิกรัม ละลายในแอลกอฮอล์และกลีเซอรอลได้เล็กน้อยแต่ไม่ละลายในอีเทอร์ คลอโรฟอร์มและเบนซิน เมื่ออยู่ในผลึกมีความคงทนมาก แต่เมื่ออยู่ในรูปของสารละลาย จะถูกทำลายได้ง่าย (สุปราณี และศิริพร, 2547) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไวต่อออกซิเจนมาก (มีความไวต่อปฏิกิริยา Oxidation) นอกจากนี้ยังสามารถสลายตัวได้ง่ายในบรรยากาศที่มีความร้อน แสง ความชื้น โลหะหนัก(แพทยสภาทหารอากาศ .2552 : 32) โดยโลหะที่ช่วยเร่งให้วิตามินซีถูกทำลายได้ดีขึ้น ได้แก่ เหล็ก (Fe^{2+}) และทองแดง (Cu^{2+}) วิตามินซีถ้าละลายในน้ำต่างคุณภาพจะเสื่อมเร็วขึ้น แต่ถ้าอยู่ในสารละลายที่มี pH ต่ำกว่า 7 จะไม่ถูกออกซิไดซ์ด้วยอากาศหรือแสงสว่าง วิตามินซีมีจุดหลอมเหลวที่ 193 องศาเซลเซียส วิตามินซี มีประสิทธิภาพสูงจึงอยู่ในรูปของ L-form มากกว่า D-form การเก็บวิตามินควรเก็บไว้ในสภาพที่เป็นกรดและเก็บไว้ในที่เย็น (สุปราณี และ ศิริพร, 2547)



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของวิตามินซี (ที่มา : สุปราณี และ ศิริพร, 2547)

2.2.1.1 ประโยชน์ของวิตามินซี

- เป็นสารต้านการออกซิไดซ์ (Antioxidant) ช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชัน โดยจะทำลายสารชีวโมเลกุล จำพวกไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิกที่มีผลทำให้เซลล์เสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว มีผลในการต่อต้านเซลล์ที่ผิดปกติ เช่น เซลล์มะเร็ง โดยจะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ (Superoxide) และ Hydroxyl (HO) ป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ซึ่งมาจากการสลายตัวของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Polyunsaturated Fatty Acid) วิตามินซีอาจทำปฏิกิริยาโดยทางอ้อมในการป้องกันการสลายตัวของไขมันในเยื่อเซลล์ โดยช่วยในการสังเคราะห์วิตามินอีที่ติดกับผนังเซลล์ขึ้นมาใหม่เป็นการป้องกันโรคมะเร็ง (แพทยสภาทหารอากาศ .2552)

- เสริมสร้างภูมิคุ้มกันและลดภูมิแพ้ เมื่อร่างกายได้รับหรือสัมผัสกับเกสรดอกไม้ ฝุ่นละออง โปรตีนแปลกปลอมในอาหาร ฯลฯ ซึ่งมีผลให้เกิดอาการแพ้ มีไข้ ลมพิษ ผื่นคัน หายใจหอบ วิตามินซีเป็นส่วนสำคัญในการกระตุ้นกระบวนการทางเคมีโดยยับยั้งสารที่เรียกว่า ฮิสตามีน ที่ร่างกายสร้างขึ้นมามากเกินไปทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เลือดซึมผ่านผนังเส้นเลือดฝอยมาก เกิดผิวหนังบวมแดงมีอาการระคายเคืองตามระบบหายใจทำให้จามและมีน้ำมูกไหล นอกจากนี้วิตามินซียังมีความสำคัญต่อระบบภูมิคุ้มกัน โดยช่วยยับยั้งและต้านทานโรคติดเชื้อจากแบคทีเรียและไวรัส ช่วยรักษาผิวและเม็ดเลือดขาวไม่ให้ถูกทำลายทำให้การเคลื่อนย้ายตัวของเม็ดเลือดขาวไปยังเชื้อโรคต่างๆ เป็นไปได้อย่างรวดเร็วขึ้น อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นการทำงานของน้ำย่อยขณะทำลายเชื้อโรคเหล่านั้น ลดอัตราการเกิดของโรคเก๊าท์ (Gout) และข้ออักเสบ (Arthritis) อีกด้วย (แพทยสภาทหารอากาศ .2552 : 33)

- วิตามินซีช่วยป้องกันการเกิดไนโตรซามีน (Nitrosamines) ไนโตรซามีนเป็นสารที่เกิดปฏิกิริยาของสารพวกไนไตร โดยไนโตรซามีนจะทำให้เกิดมะเร็งของกระเพาะอาหาร ดับ ปอด วิตามินซีสามารถป้องกันไม่ให้เกิดไนโตรซามีนโดยทำปฏิกิริยากับไนเตรตแล้วทำให้เปลี่ยนสภาพไป (จินตนา, 2543)

- ทำหน้าที่เป็นตัวดักจับอนุมูลอิสระ (free radical scavengers) วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระภายนอกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในพลาสมาเนื่องมาจากคุณสมบัติการละลายน้ำและความสามารถในการดักจับสารอนุมูลอิสระ (reactive oxygen species-ROS) ได้หลายกลุ่มในวงกว้าง (การศึกษาของ Frei และคณะ, 2533) ทำให้เกิดการป้องกันชีวโมเลกุลจากภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชัน (การศึกษาของ Sung และคณะ, 2556 การศึกษาของ Du และคณะ, 2555 การศึกษาของ Descamps และคณะ, 2544) วิตามินซีทำงานร่วมกับวิตามินอีเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระลิพอฟิลิก (lipophilic radicals) ในปฏิกิริยาไลปิด เพอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) (ปฏิกิริยาที่อนุมูลอิสระเข้าไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งมีไขมัน (lipid) เป็นส่วนประกอบสำคัญ) (การศึกษาของ Du และคณะ, 2555 การศึกษาของ Kojima, 2547)

2.2.2 สารแคโรทีนอยด์

สารแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุ สีเหลือง ส้ม แดง พบทั่วไปในพืช และสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสง มีบทบาทสำคัญหลายอย่าง เช่น ป้องกันการทำลายเซลล์จากอนุมูลอิสระจะช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันให้ดีขึ้น สามารถทำหน้าที่เช่นเดียวกับวิตามินอี คือผสมผสานตัวเองเข้ากับเยื่อเซลล์ ช่วยลดความเสี่ยงโรคมะเร็งหลายชนิด และลดความเสี่ยงที่จะเป็นโรคหัวใจลงได้ถึง 40% (ผศ. ดร.พีระศักดิ์ ฉายประสาท, 2560)

2.2.3 แอนโธไซยานิน

แอนโธไซยานินซึ่งเป็นสารที่ให้สีแดง สีม่วง หรือสีน้ำเงินกับพืช โดยสารชนิดนี้จะช่วยยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ไม่ดีในระบบทางเดินอาหาร ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ลดอัตราเสี่ยงโรคหัวใจ รวมทั้งลดความเสี่ยงของโรคที่เกี่ยวข้องกับเส้นเลือดเลือดในสมองได้ โดยสารต้านอนุมูลอิสระชนิดนี้จะพบได้ในมะม่วงมหาชนกซึ่งเป็นมะม่วงพันธุ์ที่เปลือกและผล ที่เมื่อแก่หรือสุกจะมีผิวสีแดงม่วงหรือเหลืองเข้มปนแดง สรุปได้ว่าในมะม่วงมหาชนกมีสารแคโรทีนอยด์และสารแอนโธไซยานินที่ช่วยต้านโรคมะเร็งและลดความเสี่ยงโรคหัวใจอยู่ จึงทำให้การทานมะม่วงมหาชนกเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ช่วยลดความเสี่ยงโรคทั้งสองได้ (ผศ. ดร.พีระศักดิ์ ฉายประสาท, 2560)

2.3 การทำแห้ง(Dehydration)(ผศ.ด.เจริญ เจริญชัย, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ที่สำคัญในการทำแห้งคือ เพื่อเก็บรักษาถนอมผลิตภัณฑ์ ยืดอายุการเก็บ โดยการลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ จนถึงระดับที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรือปฏิกิริยาอื่น ๆ นอกจากนี้ การลดปริมาณความชื้นยังมีผลต่อการเก็บรักษากลิ่นรสและคุณค่าทางอาหาร วัตถุประสงค์อีกประเภทหนึ่ง คือ การลดปริมาตรของผลิตภัณฑ์ ซึ่งช่วยในการขนส่งและการเก็บรักษาองค์ประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ วัตถุประสงค์สุดท้ายคือการทำแห้งเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ซึ่งสะดวกต่อการใช้ของผู้บริโภค

2.3.1 หลักการพื้นฐานการทำแห้ง(ผศ.ดร.เจริญ เจริญชัย, 2549)

สิ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารคือ น้ำที่มีอยู่ในอาหาร เมื่อก้าวถึงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและเทอร์โมไดนามิกส์ของน้ำที่ยึดเกาะในอาหาร มีน้ำอยู่ 3 ประเภท คือ 1. โมเลกุลน้ำที่ยึดกับออนิกกรุป ได้แก่ กลุ่มคาร์บอกซิล และอะมิโน (2) โมเลกุลน้ำที่ยึดกับกลุ่มไฮดรอกซิลและอะไมด์ (amide) ด้วยพันธะไฮโดรเจน และ (3) น้ำอิสระพบในช่องว่างอินเตอร์สติเชียล (interstitial pores) ซึ่งแรงคาพิลลารีและองค์ประกอบที่ละลายอยู่ทำให้ความดันโอสโมติกในระหว่างกระบวนการอบแห้งนั้น ระดับความยากง่ายของการกำจัดน้ำออกไปจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับว่าน้ำนั้นอยู่ในกลุ่มใด ซึ่งชนิดของน้ำที่กล่าวมาแล้วนั้น ระดับความยากในการกำจัดความชื้นออกไปจะลดลงตามลำดับและโอกาสที่น้ำจะถูกกำจัดออกไปเป็นปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามลำดับ หมายความว่าน้ำอิสระจะระเหยและกำจัดออกไปในตอนแรก จากนั้นจะเป็นโมเลกุลที่ยึดด้วยพันธะไฮโดรเจน และสุดท้ายจะเป็นน้ำที่ยึดด้วยพันธะออนิก จากข้อมูลนี้พอสรุปได้ว่าพลังงานที่ต้องใช้ในการกำจัดความชื้นจากน้ำแต่ละชนิดที่กล่าวมาแล้ว อาจจะใช้ปริมาณพลังงานที่แตกต่างกันในการกำจัดออกไป เนื่องความต้องการพลังงานในการกำจัดความชื้นแตกต่างกันขึ้นกับผลิตภัณฑ์และชนิดของน้ำ

2.3.2 การเลือกใช้เครื่องอบ (ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอวโส (ผอส.) ด้านความร้อน, น. 4-33 - 4-51)

ลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาอบมีความหลากหลาย ในการเลือกตู้อบจะยึดตามลักษณะความชื้นของวัตถุดิบเป็นหลัก หลังจากนั้นจะพิจารณาถึงปริมาณการผลิต รูปแบบของกระบวนการผลิต (ต่อเนื่องหรือ batch) รวมทั้งคุณลักษณะของกระบวนการและคุณลักษณะของตู้อบ เพื่อกำหนดเงื่อนไขการเดินเครื่องพิจารณาขนาดกำลังการผลิตของตู้อบ เลือกอุปกรณ์ประกอบต่างๆ รวมทั้งเครื่องป้อน-ถ่ายวัตถุดิบออกจากตู้แล้วคำนวณค่าเครื่องจักรและค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง ตารางที่ 2.1 แสดงการแบ่งประเภทตู้อบตามวิธีการรับความร้อนและสภาพของวัตถุดิบภายในตู้อบ ในจำนวนตู้อบประเภทต่างๆ จะมีคุณสมบัติดังนี้

ตารางที่ 2.1 เครื่องอบแห้งประเภทต่างๆ

	สภาพของวัตถุดิบ	เครื่องอบ	การเดินเครื่อง	กระแสนของลมร้อน	กำลังผลิต	วัตถุดิบที่เหมาะสม		
						ดีมาก	ดี	
รับความร้อนด้วยลมร้อน	ปลิวไปกับลมร้อน	flash dryer	ต่อเนื่อง	กระเจิง	สูง	2,3		
		spray dryer	ต่อเนื่อง	กระเจิง	สูง	1,2		
	กวน	drying tumbler, through-flow drying tumbler	ต่อเนื่อง	ขนาน ไหลผ่าน	สูง	3,4,5		
		bezel stirring dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน (ขนาน)	สูง	3		
		fluidized bed dryer	batch หรือต่อเนื่อง	กระเจิง	สูง	3		
		multistage disk dryer	ต่อเนื่อง	ขนาน	สูง		3	
	วางนิ่ง	tray dryer	batch	ขนาน	ต่ำ	7	2,4	
				ไหลผ่าน		2,5,6	3,4,7	
	เคลื่อนที่	tunnel dryer	ต่อเนื่อง	ขนาน	สูง	2,7,8		
		nozzle jet dryer	ต่อเนื่อง	กระแสนกัน	สูง	8,9		
		band dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน	สูง	2,5,6	3,4,7	
		turbo dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน	สูง	3		
		vertical dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน	สูง	3,4		
	รับความร้อนด้วยการนำความร้อน	กวน	bezel, disk stirring dryer (ความดันปกติ สูญญากาศ)	batch หรือต่อเนื่อง		ต่ำ	2,3	
			steam heated tube bundle	ต่อเนื่อง		สูง	3,4,5	
วางนิ่ง		drying tumbler						
		vacuum, freeze tray dryer	batch		ต่ำ	10	2,3	
เคลื่อนที่		drum dryer	ต่อเนื่อง		ต่ำ	1,2		
	multi-disk dryer	ต่อเนื่อง		ต่ำ	8			
อื่นๆ	เครื่องอบอินฟราเรด		batch หรือต่อเนื่อง		ทั้งต่ำและสูง	9	8	
	เครื่องอบไมโครเวฟ		batch หรือต่อเนื่อง		ทั้งต่ำและสูง		7	

(หมายเหตุ) ประเภทของวัตถุดิบ 1. วัตถุดิบที่เป็นของเหลวหรือ Slurry 2. วัตถุดิบที่เป็นครีม 3. วัตถุดิบที่เป็นผง 4. วัตถุดิบที่เป็นก้อน 5. วัตถุดิบที่เป็นเกล็ด 6. วัตถุดิบที่เป็นเส้นใยสั้นๆ 7. วัตถุดิบหลอม 8. วัตถุดิบที่เป็นแผ่นบางต่อเนื่อง 9. ผิวที่ทาเคลือบไว้ 10. วัตถุดิบแช่แข็ง

2.4 การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying)

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความชื้นสูง ลักษณะเฉพาะของการอบแห้งแบบพ่นฝอยคือ วงจรการอบแห้งจะเร็ว เวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในห้องอบแห้งสั้น และผลิตภัณฑ์สุดท้ายพร้อมที่จะบรรจุทันทีขณะที่ออกจากเครื่องอบแห้ง ความจริงแล้ว เวลาที่อยู่ในเครื่อง (Retention Time) อาจเป็น 3 ถึง 10 วินาที และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ไม่เคยมีอุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่ใช้ออบแห้งเลย นอกจากนี้ยังสามารถใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูงที่จุดเข้าของห้องอบแห้งโดยมิได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ (รุ่งนภา, 2535)

โดยหลักการแล้ว Spray Drying เกี่ยวข้องกับ (จันทิรา และ อัญชลิยา, 2547)

- หลักการพ่นฝอย (Atomization)
- การทำกระแสอากาศร้อนโดยเครื่องทำความร้อน (Heater)
- การผสมกันของอากาศร้อนและผลิตภัณฑ์พ่นฝอยในถังอบ (Chamber) ด้วยเวลาและการกระจายตัวที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายเทมวลสารและความร้อน
- การเกิดของแข็งที่ได้ จากกระแสอากาศร้อน และละอองผลิตภัณฑ์
- พัดลมเป่าที่ทำให้เกิดกระแสอากาศในระบบ

2.4.1 กระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย

กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยประกอบด้วยหลักการทำงานดังนี้ วัตถุดิบในรูปของเหลวถูกพ่นเป็นละออง หรืออนุภาคเล็กๆ เข้าไปในกระแสลมร้อน หรืออากาศที่มีปริมาณความชื้นต่ำ จากนั้นอนุภาคเล็กๆ จะตกลงมาด้านล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อของเหลวผ่านกระแสลมร้อนและแห้งสนิทจะตกลงมาถึงด้านล่าง และถูกแยกเก็บในรูปของผงละเอียด

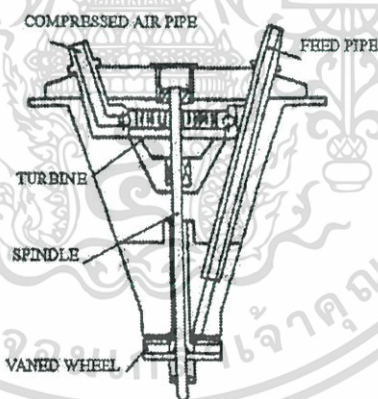
1. การฉีดเป็นละอองฝอย ของเหลวถูกฉีดเป็นละอองฝอยที่มีลักษณะเป็นหยดขนาดเล็ก โดยการใช้แรงเหวี่ยงและความดันจากหัวฉีด ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนให้มากที่สุด ระหว่างลมร้อนที่มีปริมาณความชื้นต่ำกับของเหลว เพื่อให้เกิดอัตราการแลกเปลี่ยนมวลและความร้อนที่เหมาะสม โดยปัจจัยที่นำมาใช้ในการเลือกหัวฉีดขึ้นอยู่กับลักษณะและความชื้นหนืดของวัตถุดิบ รวมไปถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการ โดยหากมีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น ก็จะได้ผงที่ละเอียดมากขึ้น ในกรณีที่ใช้พลังงานเท่ากันขนาดของผงจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนสูงมากขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่าขนาดของผงจะใหญ่ขึ้นตามความชื้นหนืดและความตึงผิวของของเหลวที่เพิ่มขึ้น (ปิยาภรณ์, 2557)

2. การสัมผัสกันระหว่างหยดของเหลวกับลมร้อน ในขั้นตอนนี้หยดของเหลวจะสัมผัสกับลมร้อนเพื่อให้น้ำในของเหลวเกิดการระเหยออกไป การกำหนดทิศทางการพ่นหยดของเหลวและลมร้อนมีความสำคัญมาก เพราะทิศทางการไหลที่เหมาะสมทำให้การถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและเหมาะสม (ปิยาภรณ์, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ชนิดของหัวฉีด

1. Rotary Atomizer (โดยการใช้พลังงานหนีศูนย์กลาง) ใช้แรงเหวี่ยงให้เกิดแผ่นของเหลว แล้วแตกออกเป็นหยดตามต้องการ ความเร็วที่ได้จะไม่เกี่ยวข้องกับความเร็ว เมื่อผลิตภัณฑ์ถูกป้อนเข้าไปยังส่วนกลางของล้อหรือจานหมุนด้วยความเร็ว และถูกพ่นออกไปยังเส้นรอบวงของล้อหรือจานหมุน สามารถทำได้โดยส่งผ่านของเหลวไปด้วยอัตราการไหล ความเร็วของอะตอมไมเซอร์ และการออกแบบอะตอมไมเซอร์ที่เหมาะสม ล้อหมุนสามารถให้ขนาดละอองที่มีความละเอียดไปจนถึงมีความหยาบปานกลางได้อัตราเร็วที่ชอบของใบพัด ซึ่งสามารถเร็วได้ถึง 300 m/s ข้อดีของRotary Atomizer ใช้งานได้แม้ว่าอัตราการป้อนจะไม่สม่ำเสมอ ดูแลรักษาง่าย ความสามารถในการทำงานที่ให้อัตราการป้อนที่สูงและอีกอย่างหนึ่งคือ สามารถให้การป้อนที่หยาบ แต่ข้อเสียคือ จานหมุนของอะตอมไมเซอร์มักจะมีการอุดตันเสมอเนื่องจากของเหลวไหลผ่านในปริมาณมาก แต่เนื่องจากระบบการป้องกันสำหรับ Rotary Atomizer จะทำงานที่ความดันต่ำ ทำให้การใช้งานและการดูแลรักษาง่ายขึ้น คุณลักษณะที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ การควบคุมขนาดอนุภาคได้ง่าย โดยการควบคุมความเร็วของจานหมุนในอะตอมไมเซอร์ Rotary Atomizer โดยทั่วไปจะให้ขนาดอนุภาคในการอบแห้ง โดยเฉลี่ยประมาณ 20 – 150 μm ขนาดอนุภาคที่ใหญ่จะต้องใช้ถังอบแห้ง (Drying Chamber) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ด้วย ขนาดอนุภาคเฉลี่ยจะเป็นสัดส่วนกับอัตราการป้อน ความหนืดของวัตถุดิบ และเป็นสัดส่วนกลับกับอัตราเร็วของจานหมุนและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานหมุน (จันทิรา และ อัญชลิยา, 2547)

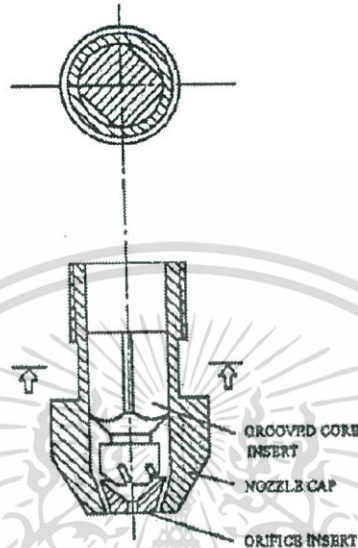


รูปที่ 2.3 หัวฉีดแบบจานเหวี่ยง (ปรัชญา, 2543)

2. Pressure Nozzle (ใช้พลังงานจากความดัน) ใช้ในการผลิตอนุภาคของผงที่มีขนาดหยาบโดยเฉลี่ย 120-300 μm สามารถปรับขนาดอนุภาคโดยการควบคุมอัตราการป้อนและชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ โดยผลิตภัณฑ์ถูกป้อนผ่านหัวฉีดภายใต้ความดัน พลังงานที่ได้จากความดันนี้จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ และถูกส่งผ่านช่องแคบของหัวฉีด ในรูปแผ่นฟิล์มที่มีความเร็วสูง ซึ่งจะทำให้กระจายออกเป็นละออง ขนาดอนุภาคจะแปรผันตรงกับอัตราการป้อนและความหนืดแต่จะแปรผกผันกับความดัน ผลิตภัณฑ์ที่ป้อนจะถูกทำให้หมุนภายในหัวฉีด ผลที่ได้จะทำให้ละอองอยู่ในรูปกรวยที่พ่นออกมาจากช่องแคบตรงตัวฉีด ละอองจาก Pressure

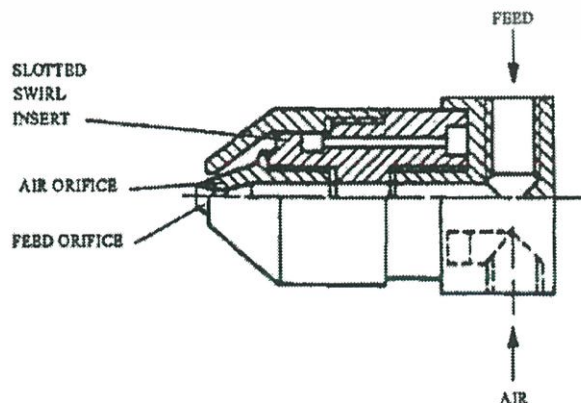
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nozzle จะให้อัตราการป้อนสูง การผสมเป็นเนื้อเดียวกัน(Homogeneous)น้อย ขนาดละอองจะหยากกว่าแบบครีบจานหมุน (Vaned Wheel) ที่อัตราการป้อนต่ำ ลักษณะของละอองจาก Nozzle และ Wheel จะเห็นได้ว่า Nozzle เหมาะสำหรับอัตราการป้อนที่สูง ซึ่งจะมีการไหลเป็นอิสระได้ดี บางครั้งอาจใช้ความดันถึง 800 atm เมื่อผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงที่อัตราการป้อนสูง (จันทิรา และ อัญชลิยา, 2547)



รูปที่ 2.4 หัวฉีดแบบแรงดัน (ปรัชญา, 2543)

3. Two-Fluid Nozzle (ใช้พลังงานจลน์) จะใช้กระแสอากาศความเร็วสูงเพื่อให้กระทบกระแสะของเหลวความเร็วต่ำ แล้วแตกออกเป็นหยดของเหลวเล็กๆ เมื่อผลิตภัณฑ์และอากาศถูกส่งเข้าสู่หัวฉีด อัตราเร็วของอากาศที่สูงจะถูกสร้างขึ้นภายในหัวฉีดเพื่อขับเคลื่อนให้พ่นออกไปเป็นละอองฝอยที่มีความละเอียดนิยมใช้ความเร็วที่ใกล้เคียงกับเสียง ระบบการฉีดนี้ประกอบด้วย บั้มความดันต่ำ, แม้ว่าจะมีอัตราการป้อนต่ำ การดูดเนื่องจากการไหลของอากาศจะทำให้เพียงพอที่จะดูดของเหลวเข้าไปในหัวฉีด การปรับค่าอัตราการไหลของอากาศด้วยค่าคงที่อัตราการป้อนของ Two-Fluid Nozzle มีข้อดีที่สามารถทำให้ของเหลวที่มีความหนืดสูงเป็นละอองฝอยที่มีความหยากปานกลางได้แต่มีการเป็นเนื้อเดียวกัน(Homogeneous)ได้ไม่ดี สำหรับของเหลวที่มีความหนืดต่ำ จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความละเอียด(10-30 μ m) (จันทิรา และ อัญชลิยา, 2547)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

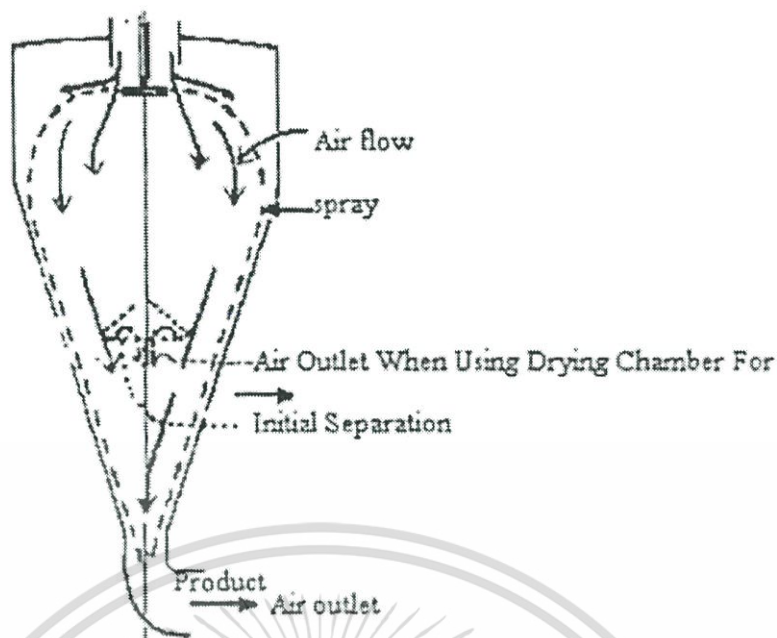
รูปที่ 2.5 หัตถ์ชนิดแบบของไหลสองชนิด (ปรัชญา, 2543)

การเลือกใช้อะตอมไมเซอร์ขึ้นกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ใช้และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์แห่งที่ต้องการ ในอะตอมไมเซอร์ทุกชนิด การเพิ่มพลังงานการพ่นเป็นละอองฝอยคงที่ แต่อัตราการพ่นฝอยจะแสดงออกในละอองฝอยที่ได้ ถ้าหากพลังงานการพ่นเป็นละอองฝอยคงที่ แต่อัตราการพ่นฝอยเพิ่มขึ้น ละอองฝอยที่ได้จะมีขนาดใหญ่ การพ่นเป็นละอองฝอยจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่พ่น ถ้าค่าความหนืดและค่าความตึงผิวมาก จะได้หยดของเหลวใหญ่รวมทั้งใช้พลังงานในการพ่นเป็นละอองที่มากด้วย การกระจายขนาดอนุภาคที่ต้องการนั้น สามารถพบได้ทั้งในอะตอมไมเซอร์แบบโรตารีและหัวฉีด สำหรับโรตารีอะตอมไมเซอร์นั้น เลือกใช้และควบคุมในงานที่มีความยืดหยุ่น ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดปานกลางจนถึงหยาบ (ขนาดเฉลี่ย 20-150 μm) สามารถผลิต ละอองที่มีความหยาบกว่า แต่อุตสาหกรรมที่มีขนาดผลิตภัณฑ์ปานกลางไปจนถึงหยาบนั้น จะต้องใช้ Drying Chamber ที่มีขนาดใหญ่ตามไปด้วย อะตอมไมเซอร์แบบหัวฉีดจะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความหยาบ (ขนาดเฉลี่ย 150-300 μm) (จันทิรา และ อัญชลียา, 2547)

2.4.3 ลักษณะการไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

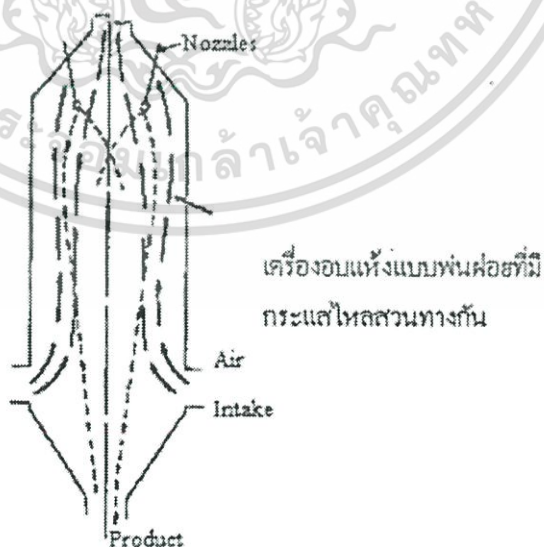
เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยมี 4 รูปแบบ แบ่งตามกระแสการไหลของอากาศ ได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดกระแสสวนทางกัน เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดกระแสตามกัน เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดกระแสไหลผสมกัน และเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีการไหลขนานกัน

1. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดกระแสตามกัน (Co-Current Spray Dryer) อากาศผสมเข้ากับละอองของผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจาก Atomizer หลักจากการผสมตอนต้น อากาศเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับละอองของผลิตภัณฑ์ขณะที่อยู่ในกระบวนการอบแห้ง ละอองผลิตภัณฑ์กับอากาศส่วนใหญ่จะออกจากห้องอบแห้งที่ทางออกด้านล่าง แล้วเคลื่อนที่ไปยังระบบแยก รูปแบบนี้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความร้อน เนื่องจากละอองจะสัมผัสกับอากาศเข้าที่มีอุณหภูมิสูงและละอองแห้งจะสัมผัสกับอากาศหลังจากอุณหภูมิลดลงอย่างมาก



รูปที่ 2.6 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดกระแสไหลสวนกัน (รุ่งนภา, 2535)

2. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดกระแสสวนทางกัน (Counter-Current Spray Dryer) ละอองผลิตภัณฑ์ถูกพ่นจาก Atomizer ที่ใกล้กับส่วนบนของห้องอบแห้ง (Drying Chamber) และตกลงมา ในขณะที่อากาศถูกพ่นจากด้านล่างของห้องอบแห้ง และเคลื่อนที่สู่ อากาศที่เข้าซึ่งมีอุณหภูมิสูง จะสัมผัสกับละอองผลิตภัณฑ์โดยตรง ผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้วจะออกมาจากด้านล่างของห้องอบแห้ง และอากาศจะถูกกำจัดใกล้บริเวณส่วนบนของห้องอบแห้ง ข้อเสียของเครื่องอบแห้งชนิดนี้คือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะลดลงเนื่องจากความร้อนที่มีต่อผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้เพื่อหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ติดไปกับอากาศในปริมาณมากเมื่ออากาศถูกกำจัด อัตราการไหลของอากาศต้องค่อนข้างต่ำ



รูปที่ 2.7 เครื่องอบแห้งชนิดกระแสไหลสวนทางกัน (รุ่งนภา, 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดกระแสผสม (Mixed Flow Pattern Spray Dryer) ละอองผลิตภัณฑ์เข้าสู่ เครื่องทาง Atomizer ที่อยู่บริเวณศูนย์กลางของห้องอบแห้ง อากาศที่พ่นเข้ามาที่ส่วนบนจะเคลื่อนที่ลงมาด้านล่างของห้องอบแห้ง อากาศจะสัมผัสกับละอองผลิตภัณฑ์และเคลื่อนที่ออกไปทางช่องกำจัดอากาศด้านบนห้องอบแห้ง ผลิตภัณฑ์จะแห้งแล้วตกลงไปที่ทางออกด้านล่างห้องอบแห้ง ถ้าอุณหภูมิของอากาศร้อนที่เข้าเครื่องอบสูง อาจทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง ข้อดีคือ รูปแบบนี้มีความสามารถในการระเหยต่อหน่วยปริมาตรสูง



รูปที่ 2.8 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดที่มีการไหลผสมกัน (รุ่งนภา, 2535)

4. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีการไหลขนานกัน (Paralle Flow) ละอองผลิตภัณฑ์และอากาศมีการไหลเป็นเส้นสมำเสมอ จากด้านบนลงสู่ด้านล่างของห้องอบแห้ง ทั้งคู่จะถูกกำจัดออกที่ด้านล่างห้องอบแห้งและเข้าสู่ระบบแยก ต่างจากกระแสไหลตามกันคือ ความเร็วลมที่ใช้ ทำให้อุณหภูมิอากาศที่เข้าสูง โดยความเร็วลมนี้มีค่าประมาณ 2-3 m/s

2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง(อรุณี, 2545, น.20-21)

1. ธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเนื้อที่โปร่ง มีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบเร็วกว่าการแพร่ในอาหารที่มีลักษณะเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารกลุ่มแรกจึงแห้งเร็วกว่ากลุ่มหลัง อาหารที่มีน้ำตาลสูงเหนียวเหนอะหนะ ซึ่งเป็นปัจจัยที่กีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำ ทำให้การทำแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวด คลึง ทำให้เซลล์แตก และแห้งได้เร็วขึ้น

2. ขนาดและรูปร่าง มีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น อาหารที่มีรูปร่างเหมือนกัน ถ้ามีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่ทำให้แห้งได้เร็วกว่า ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย ถ้าชื้นเล็กมากทั่วมกัน การระเหยเกิดได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศ จึงเกิดได้ช้า ทั้งๆที่ พื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักมาก

3. ตำแหน่งของอาหารในเครื่องอบแห้ง น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับความชื้นที่มีความชื้นต่ำอมระเหยได้ดีกว่า
4. ปริมาณอาหารต่อถาด ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อน หรือไม่ได้รับความร้อนจากถาดแล้ว แต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า
5. ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากจะได้รับไอน้ำได้น้อยกว่าอากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่น้อย
6. อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศร้อนเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำในอาหารดีขึ้นด้วย
7. ความเร็วของอากาศร้อน อากาศร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ด้วย ดังนั้นเมื่อความเร็วอากาศร้อนเพิ่มขึ้นการเคลื่อนย้ายไอน้ำก็เกิดขึ้นได้ดี การเคลื่อนย้ายไอน้ำเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตร/นาที่ นอกจากนี้ ความเร็วของอากาศร้อนยังทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเครื่องอบแห้ง อากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

2.4.5 การวิเคราะห์ลักษณะของผลิตภัณฑ์ผง (จิตาภาและคณะ, 2556)

1. โครงสร้างในระดับไมโคร

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์มากมายที่ใช้ในการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ โดยการเข้าใจลักษณะโครงสร้างระดับไมโคร สามารถช่วยให้เข้าใจถึงปัจจัยที่มีผลกับการทำแห้ง และสามารถนำความรู้ไปปรับปรุงการดำเนินงาน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะตามต้องการ ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลลักษณะโครงสร้างของอนุภาคผลิตภัณฑ์ เช่น

- การใช้อุณหภูมิการทำแห้งต่ำเกินไปมีผลให้โครงสร้างของอนุภาคเกิดการหดตัว เนื่องจากการแพร่ของน้ำที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ทำให้มีเวลามากพอที่จะทำให้โครงสร้างเสียหาย
- การใช้อุณหภูมิจากแห้งสูงเกินไป มีผลให้โครงสร้างของอนุภาคเกิดการขยายตัว เนื่องจากน้ำในอนุภาคที่เดือดและเกิดการกระจายตัวของอากาศในอนุภาค
- การใช้อัตราการทำแห้งสูงเกินไปมีผลให้โครงสร้างของอนุภาคหดตัวเล็กน้อยและจะมีผิวเรียบ แต่บางครั้งก็มีการแตกหักและมีรูพรุน
- การใช้อัตราการทำแห้งต่ำเกินไปมีผลให้โครงสร้างหนาแน่น แต่มีลักษณะเปลือกที่ผิดปกติกว่าทั่วไป

2. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาค

อนุภาคผลิตภัณฑ์ผงแบ่งตามลักษณะสัณฐานวิทยาได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

- รูปแบบผิว รูปแบบอนุภาคของอาหารมักมีลักษณะสัณฐานวิทยาแบบนี้ เนื่องจากอนุภาคเหล่านี้มักมีชั้นนอกสุดของอนุภาค(พื้นผิวของอนุภาค)เป็นของแข็ง ตัวอย่างของอาหารที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ นมขาดมันเนย นมไขมันเต็ม โยเกิร์ต กาแฟ ครีซตาร์ท เจลาติน และแลคโตส เป็นต้น ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่จำแนกเป็นประเภทรูปแบบผิวมีลักษณะได้หลากหลาย เช่น รอยเว้า รอยแตก รอยยับ เป็นต้น และเมื่อสังเกตในระดับโครงสร้างของอนุภาคจะพบว่า มีรู รอยแตกหัก หดตัว เป็นต้น นอกจากนี้พบว่าอนุภาคส่วนใหญ่มีรูปร่างปกติหรือทรงกลม

- ผลึก สารอนินทรีย์จะมีลักษณะสัณฐานวิทยาแบบนี้ โดยอนุภาคที่เป็นผลึกจะมีลักษณะที่จำกัดคือ การแตกหักและการเกิดหลุมอากาศ และยังมีรูปร่างที่ไม่ปกติไม่เหมือนกับอนุภาคที่มีลักษณะสัณฐานวิทยาประเภทรูปแบบผิว อาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต เช่นกลูโคส แม้ว่าจะถูกนิยามให้เป็นอนุภาคที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นประเภทผลึก แต่พื้นผิวยังคงมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาประเภทรูปแบบผิว

- กลุ่มก้อน อนุภาคที่มีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนเกิดจากอนุภาคที่มีลักษณะสัณฐานวิทยารูปแบบผิวตั้งแต่สองอนุภาคขึ้นไปรวมกันด้วยพันธะ โดยมีแนวโน้มจะเป็นผลสำเร็จรูปเนื่องจากการรวมกันเป็นก้อนมีการฟุ้งกระจายที่ดีและละลายได้ดี เนื่องจากโครงสร้างมีรูพรุนทำให้ตัวทำละลายสามารถแทรกเข้าไปได้ง่าย ทำให้อนุภาคจมลงในตัวทำละลายอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับอนุภาคเดี่ยว นอกจากนี้อนุภาคลักษณะกลุ่มก้อนทำให้มีเศษฟุ้งกระจายน้อยลงและลอยตัวได้ดีทำให้ผลผลิตมาก

2.4.6 คุณสมบัติทางกายภาพและฟังก์ชันของผลิตภัณฑ์ผง

คุณสมบัติทางกายภาพส่งผลต่อการประเมินราคาของผลิตภัณฑ์ วิธีการจัดเก็บ วิธีการบรรจุ และวิธีการขนส่ง นอกจากนี้ยังมีผลต่อฟังก์ชันของผลิตภัณฑ์ เช่น ความเสถียรของผลิตภัณฑ์ขณะที่เก็บรักษา การแพร่กระจาย การลอย ความสามารถในการละลาย และการผสมเข้ากับผลิตภัณฑ์อื่นๆ คุณสมบัติที่ดีที่มักใช้ในการพิจารณาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมอาหารและการประเมินของผู้บริโภค

1. ความชื้นของผลิตภัณฑ์ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2-5 % โดยน้ำหนัก
2. ความหนาแน่นของอนุภาคควรมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0-1.5 กรัมต่อมิลลิตร
3. ขนาดของอนุภาคเฉลี่ยควรอยู่ระหว่าง 10-200 ไมโครกรัม
4. ความหนาแน่นโดยรวมควรอยู่ระหว่าง 0.4-0.7 กรัมต่อมิลลิตร
5. ความสามารถในการลอยตัวของอนุภาค อนุภาคควรลอยตัวขึ้นไปทำมุมประมาณ 35 องศา โดยคุณสมบัตินี้มีผลต่อการบรรจุ การออกแบบการเก็บผลิตภัณฑ์ การออกแบบระบบท่อ เป็นต้น เพราะถ้าหากมุมน้อยกว่า 30 องศา แสดงว่าผลิตภัณฑ์สามารถลอยตัวได้อย่างอิสระ แต่ถ้ามากกว่า 57 องศาแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความหนืด ส่วน 30-57 แสดงว่าผลิตภัณฑ์เป็นแบบกึ่งลอยตัวอิสระ
6. ความสามารถในการละลาย ผลิตภัณฑ์ผงสามารถละลายได้ 92-99%
7. ความสามารถในการดูดซับความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปอยู่ประมาณ 10-60 วินาที
8. ความสามารถในการจม ควรมีการจมอย่างรวดเร็วเมื่อทำการละลาย
9. ความสามารถในการกระจายตัวในน้ำ ต้องสามารถกระจายตัวได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 กระบวนการห่อหุ้ม (Encapsulation)

เป็นกระบวนการที่สารสารหนึ่งถูกห่อหุ้ม ถูกดักจับ ถูกเคลือบ โดยสารอีกสารหนึ่ง ซึ่งสารที่ได้รับการห่อหุ้มเรียกว่า วัสดุหลัก สารทำงาน สารบรรจุ หรือสารชั้นใน ส่วนสารที่เป็นตัวห่อหุ้มเรียกว่า เมมเบรน (Membrane) สารเคลือบ สารเปลือกนอก วัสดุผนัง สารชั้นนอก สารที่ทำหน้าที่เคลือบมักจะเป็นของเหลว แต่บางครั้งอาจเป็นของแข็งหรือก๊าซ สารห่อหุ้มที่ดีควรห่อหุ้มสารแกนกลางได้ง่ายและมิดชิด ไม่ทำปฏิกิริยากับสารแกนกลาง สารแกนกลางกระจายตัวได้ดีและได้อิมัลชันที่มีความคงตัว ห่อหุ้มสารแกนกลางไว้ได้ตลอดกระบวนการผลิตและเก็บรักษา สามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่ยอมรับได้และสามารถปลดปล่อยสารแกนกลางได้อย่างสมบูรณ์

ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของสารที่ผ่านกระบวนการห่อหุ้ม (ณัฐภูมิและคณะ, 2551)

1. คุณสมบัติทางเคมีของสารแกนกลาง ได้แก่ ความมีขี้ว โครงสร้างทางเคมี และความสามารถในการระเหย
2. คุณสมบัติของสารห่อหุ้ม
3. สภาพที่ใช้ในขั้นตอนกระบวนการเอนแคปซูเลชัน สารห่อหุ้มที่ใช้ในการเอนแคปซูเลทสารแกนกลางจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารแกนกลาง มีความหนืดต่ำที่ระดับความเข้มข้นสูง ห่อหุ้มสารแกนกลางจากสภาวะแวดล้อม มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดอิมัลชันที่ความเสถียร และสามารถควบคุมการปลดปล่อยสารแกนกลางภายใต้สภาวะ และช่วงเวลาที่ต้องการ

2.6 สารห่อหุ้ม(กันตัวرارร, 2559 ชนิดาและคณะ, 2560)

1. มอลโตเด็คซ์ตริน (Maltodextrin)

เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายแป้งข้าวโพดบางส่วนด้วยกรดหรือเอนไซม์ โดยมีค่า DE (Dextrose equivalents) ที่บ่งบอกคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ เช่น ความสามารถในการละลาย ความหนืด เป็นต้น โดย DE value เป็นการวัดระดับการย่อยสลายพอลิเมอร์สตาร์ช ซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกความสามารถในการทำให้เกิดเมทริกซ์ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการทำให้เกิดการเคลือบ ความสามารถในการละลายน้ำของมอลโตเด็คซ์ตรินขึ้นอยู่กับค่า DE และชนิดของอาหารที่นำมาใช้ มอลโตเด็คซ์ตรินค่า DE ต่ำจะมีคุณสมบัติไม่ดูดความชื้น มอลโตเด็คซ์ตรินที่มีค่า DE สูงและมวลต่ำๆ ถูกใช้ในการเพิ่มความหนาแน่น เพื่อการยืดอายุการรักษา แต่ถ้ามวลโมเลกุลต่ำ อุณหภูมิทรานซิชันจะต่ำลง ทำให้ผงมอลโตดูดความชื้นมากขึ้นมีรายงานว่ามอลโตเด็คซ์ตรินที่มีค่า DE10 จะมีความสามารถในการเก็บรักษาดีที่สุด

2. สตาร์ช (Starch)

พอลิแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่งที่พบในพืช ที่ส่วนต่างๆ เช่น ราก หัว และเมล็ด เป็นต้น ถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบในการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร โดยกลไกการจับตัวระหว่างสารให้กลิ่นรสกับสตาร์ชแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ โดยรูปแบบแรก สารให้กลิ่นรสจะถูกล้อมรอบด้วย Amylase helix โดยจับกันเป็น Hydrophobic bonding ซึ่งสตาร์ชจะกักสารให้กลิ่นรสไว้ในโมเลกุล (Inclusion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

complex) และในอีกรูปแบบคือ เกิด Polar interaction โดยพันธะไฮโดรเจนระหว่าง Hydroxyl groups ของสตาร์ชและสารให้กลิ่นรส

3. กัมอาราบิก (Gumarabic)

เป็นกัมต้นอะคาเซีย (acacia) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์เชิงซ้อนชนิดหนึ่ง มีสมบัติในการทำให้อิมัลชันคงตัว สามารถกักเก็บสารให้กลิ่น รสละลายน้ำได้ดี และมีความหนืดต่ำ การทำแห้งแบบพ่นฝอยจะใช้ส่วนผสมของมอลโตเด็กซ์ตรินและ Gumarabic เป็นสารเคลือบ สามารถกักเก็บสารให้กลิ่นรสได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับตัวแปรที่ใช้ระหว่างกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ได้แก่ อุณหภูมิอากาศของอากาศร้อน ความเข้มข้นของอิมัลชัน ความหนืด สัตว์ช่วยของ Gumarabic กับมอลโตเด็กซ์ตริน

4. โปรตีน (Protein)

โปรตีนมีคุณสมบัติทำให้เกิดฟิล์ม เช่น ค่าการละลาย ความหนืด Emulsification สามารถประยุกต์ไปใช้ในกระบวนการเอนแคปซูเลชันระหว่างการเกิดอิมัลชันโมเลกุลของโปรตีน จะดูดซับที่บริเวณ Oil-water interface อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดชั้นฟิล์มที่ทำให้โมเลกุลเกาะกันอย่างเสถียร (Steric stabilizing layer) ชั้นทันที ทำให้หยดน้ำมันไม่สามารถรวมตัวกันอีก เกิดความเสถียรทางกายภาพของอิมัลชันระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา

5. เวย์โปรตีน (Whey protein)

เวย์โปรตีนคือโปรตีนในน้ำนม มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่เสถียรกับสารให้กลิ่นและรส และเป็นสารเอนแคปซูล ทำให้เกิดฟิล์มในขณะที่มอลโตเด็กซ์ตรินทำให้เกิดเมทริกซ์ เวย์โปรตีนเป็นสารเคลือบที่สามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เวย์โปรตีนสามารถละลายน้ำได้ สามารถหาได้ง่าย แต่มีราคาแพง เวย์โปรตีนปกติที่จำหน่ายมักมีโปรตีนประมาณ 95-96 เปอร์เซ็นต์

6. โปรตีนชนิดอื่น ๆ

โปรตีนถั่วเหลืองหรืออนุพันธ์ของเจลาติน มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดอิมัลชันที่เสถียรกับสารให้กลิ่นรส เจลาตินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายของคอลลาเจนถูกนำมาใช้ในรูปของสารเคลือบในการเอนแคปซูเลชันสารให้กลิ่นรสโดยเทคนิคและเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย

2.6.1 มอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin หรือ MD)

มอลโตเด็กซ์ตริน $[C_6H_{10}O_5)_n H_2O]$ คือ ไม่มีรสหวาน หรือหวานน้อยมาก สายโพลีเมอร์ของแซคคาไรด์ ที่ได้จากการไฮโดรไลซิสสตาร์ช ประกอบด้วย α -D-glucose หลายยูนิตเชื่อมกันด้วยแชนไกลโคซิดิก (Glycosidic bonds) เชื่อมกัน ค่าสมมูลยเด็กซ์โทรส (Dextrose equivalent หรือ DE) DE ต่ำกว่า 20 มอลโตเด็กซ์ตรินมีค่าสมมูลยเด็กซ์โทรส (Dextrose equivalent หรือ DE) ปกติอยู่ในช่วง 3-20 โดยค่า DE แสดงถึง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ในน้ำเชื่อม โดยคำนวณจากเด็กซ์โทรสของปริมาณน้ำหนักแห้ง

2.6.1 ค่าสมมูลยเด็กซ์โทร (Dextrose Equivalent หรือ DE) (ชนิดาและคณะ, 2560)

ค่าสมมูลยเด็กซ์โทรส คือ ร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำตาลกลูโคสที่มีอยู่ในตัวอย่าง เมื่อตรวจวัดด้วยวิธีรีดักชัน (reduction) เป็นค่าที่บ่งบอกว่าสตาร์ชถูกย่อยไปมากน้อยเพียงใด ในการบัญญัติศัพท์ภาษาไทย

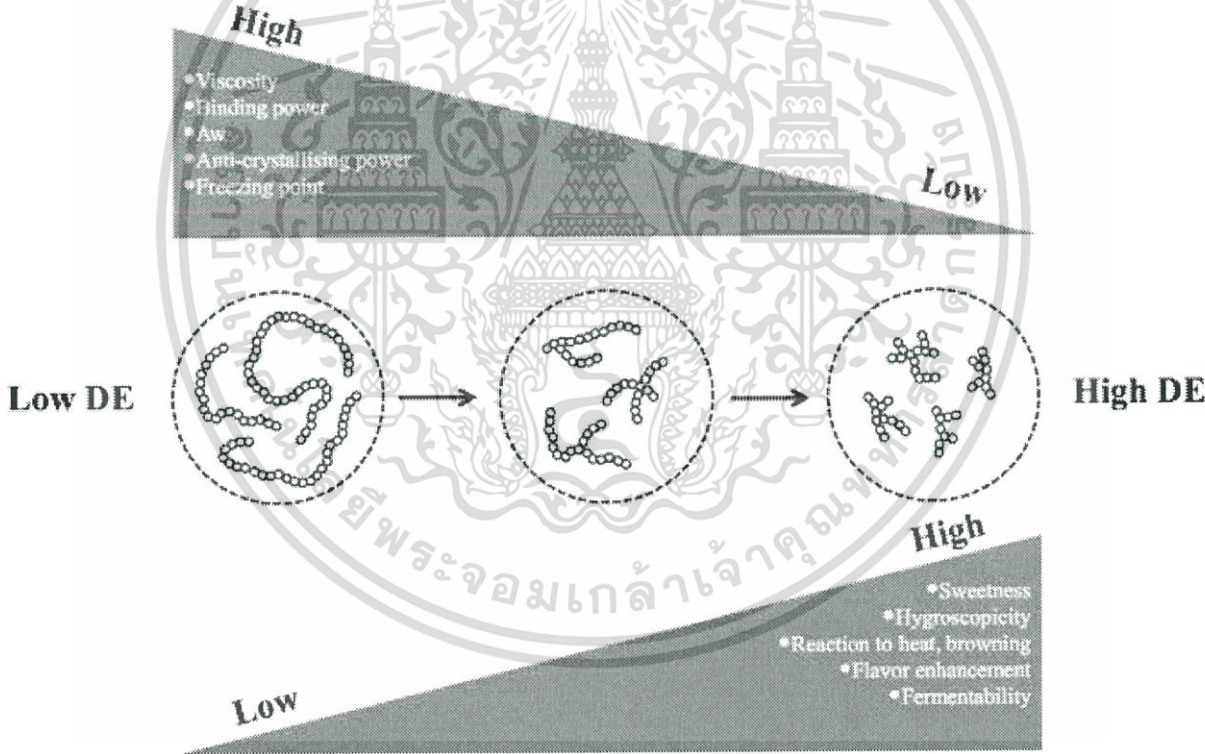
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้เรียก DE ว่า ค่าสมมูลเดกซ์โทรส ซึ่งหมายถึง ปริมาณร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์ คิดเป็นปริมาณ น้ำตาลเดกซ์โทรสที่มีอยู่ในคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

การคำนวณค่า DE (Denise L. Hofman et al., 2558)

$$DE = \frac{\text{Reducing suger, pressed as dextrose}}{\text{Total carbohydrate}} \times 100 \tag{2.6}$$

จากสมการนี้ free D-glucose (Dextrose) จะมีค่า DE เท่ากับ 100 ในกลูโคสโพลิเมอร์ น้ำตาลรีดิวซ์มักจะปรากฏในส่วนหาง(tail)ของโมเลกุล จึงถูกเรียกว่า reducing end ปริมาณของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ค่า DE และ MD มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนของปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้งที่ใช้ผลิต DE ของ MD ที่สูงขึ้น จะสัมพันธ์กับค่าปริมาณของอะไมโลเพคตินที่สูงขึ้น น้ำเชื่อมกลูโคสที่ถูกทำแห้งถูกนิยามว่าเป็นผลิตภัณฑ์สตาร์ชแห้งที่มี DE มากกว่า 20 และ MDs ถูกนิยามโดยผลิตภัณฑ์สตาร์ชไฮโดรไลซิสด้วย DE ว่า ต้องต่ำกว่า 20 แต่สูงกว่า 3 (Denise L. Hofman et al., 2558)



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับระดับของค่าสมมูลเดกซ์โทรส (Denise L. Hofman et al., 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 สมบัติบางประการของมอลโตเด็กซ์ตริน

1. การทำให้อิมัลชันคงตัว (Emulsion stability) มอลโตเด็กซ์ตรินไม่มีคุณสมบัติการเป็นสารชอบน้ำ/ไม่ชอบน้ำ แต่สามารถทำให้อิมัลชันคงตัว เนื่องจากส่วนของโมเลกุลแซคคาไรด์สายยาว ทำให้เกิดความหนืดซึ่งช่วยรักษาสภาพอิมัลชันไว้ได้ ดังนั้นถ้านำมอลโตเด็กซ์ตรินมาผสมกับสารที่มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ จะช่วยให้อิมัลชันคงตัวได้ดีขึ้นมา

2. การเกิดแผ่นฟิล์ม (Film-forming properties) สารละลายมอลโตเด็กซ์ตรินมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มมันวาว สามารถป้องกันการผ่านของออกซิเจนได้ ช่วยลดการสูญเสียของสารให้กลิ่นรสเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE สูงจะเกิดแผ่นฟิล์มได้ดีกว่ามอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE ต่ำ เนื่องจากมอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE ต่ำมีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำอยู่จำนวนมากกว่า ซึ่งจะรบกวนการเกิดฟิล์ม ทำให้แผ่นฟิล์มเกิดไม่ต่อเนื่อง กว่าที่ใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเพียงอย่างเดียว

3. ความสามารถในการดูดความชื้น (Hygroscopicity) มอลโตเด็กซ์ตรินมีความสามารถต่ำในการดูดความชื้นจากอากาศ จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ทำแห้ง โดยความสามารถในการดูดความชื้นของมอลโตเด็กซ์ตรินจะเพิ่มตามค่าสมมูลเด็กโทรสที่สูงขึ้น

4. ความหนืด (Viscosity) สารละลายมอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE ต่ำ จะมีความหนืดสูง อีกทั้งความเข้มข้นของสารละลายมอลโตเด็กซ์ตรินจะมีผลต่อความหนืดเช่นกัน ซึ่งความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายมอลโตเด็กซ์ตรินที่เพิ่มขึ้น

5. ความสามารถในการละลาย (Solubility) มอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE สูง จะสามารถละลายน้ำได้ดีกว่ามอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE ต่ำ เนื่องจากมอลโตเด็กซ์ตรินที่มี DE ต่ำ มีปริมาณแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำอยู่มากกว่ามอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE สูง โดยแซคคาไรด์ขนาดใหญ่จะละลายน้ำได้ยาก และทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของมอลโตเด็กซ์ตรินน้อย

6. การควบคุมการเกิดผลึก (Crystallization control) มอลโตเด็กซ์ตรินมีคุณสมบัติในการช่วยควบคุมการตกผลึกของน้ำตาลในอาหาร โดยขัดขวางการรวมตัวของน้ำตาลที่มีปริมาณมากเกินจุดอิ่มตัวจนเกิดโครงสร้างผลึก

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Paulo (2004) ได้ศึกษาคุณสมบัติของสาร โดยผสมกับน้ำมะม่วงแล้วทำแห้งแบบพ่นฝอย จากการศึกษาศาสตร์ 3 ชนิด คือ มอลโตเดกซ์ตริน, Arabic gum, Waxy starch โดยการศึกษาความสามารถในการละลาย, ความหนืด, โครงสร้างโมเลกุล พบว่าการเพิ่มสาร cellulose จะทำให้ความหนืดลดลง และสารห่อหุ้มมอลโตเดกซ์ตรินมีความสามารถในการละลายน้อยที่สุด และมีความหนืดมากที่สุด เมื่อเทียบกับสารห่อหุ้มทั้ง 3 ชนิด

Wei (2013) ได้ศึกษาการทำแห้งแบบพ่นฝอยถั่วเหลือง โดยมีอัตราส่วนระหว่างเวย์โปรตีนลัมมอลโตเดกซ์ตริน ที่มีอัตราส่วนระหว่าง 0-15:40-25 จากการศึกษาการทำแห้งที่อุณหภูมิ 150 °C และอุณหภูมิขาออก 75 °C พบว่าการทำแห้งโดยใช้สารห่อเวย์โปรตีน และมอลโตเดกซ์ตริน ในอัตราส่วนร้อยละ 15:25 ได้ yield ของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 86.8 ± 96 และมีความชื้นร้อยละ 7.39±0.91

พิไลรัก และคณะ (2014) ได้ศึกษาผลของการอบแห้งแบบพ่นฝอยของน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งตลอดจนการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บไว้ถึง 12 สัปดาห์ จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมกับการผลิตน้ำหมอนผสมน้ำผึ้ง มีอัตราส่วนของแข็งในน้ำหมอนผสม:มอลโตเดกซ์ตริน คือ 1.0:1.3 อุณหภูมิอบแห้งที่ 170 °C ได้ปริมาณผลผลิตมากที่สุด คือ 24.92±0.57% โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นร้อยละ 2.85±0.09% น้ำหมอนผสมน้ำผึ้งมีส่วนผสมดังนี้ น้ำผลหมอนระยะสุก 45.5% และน้ำผลหมอนระยะสุกจัด 39.5% ผสมกับน้ำผึ้ง 15% เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปคืนรูปพบว่าแอนโทไซยานินสารประกอบฟีนอล ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างน้ำหมอนผสมที่ไม่ผ่านการอบแห้ง สาเหตุเนื่องจากการถูกทำลายด้วยความร้อนระหว่างกระบวนการทำแห้ง คะแนนความชอบอยู่ในระดับ 6.51-7.16 หมายถึงผู้ทดสอบ “ชอบ” ถึง “ชอบปานกลาง” จากการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ พบว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินทำให้มีค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลกับค่าสีแดง (a*)และน้ำเงิน (b*)

Zhongziang (2012) ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเวย์โปรตีนและมอลโตเดกซ์ตรินในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำเบียร์ โดยที่มีอัตราส่วนร้อยละของแข็งในน้ำเบียร์คือ 11.0±0.5 g/100 g (w/w) ผสมกับเวย์โปรตีนไอโซเลท(WPI) และมอลโตเดกซ์ตริน โดยมีปริมาณของแข็งในน้ำเบียร์ : ของแข็งเวย์โปรตีนไอโซเลท เท่ากับ 99.5-90.0:0.5-10.0 และอัตราส่วนที่ดีที่สุดคือร้อยละ 90.0:10.0 ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ 56.19±2.11% และอัตราส่วนของปริมาณของแข็งในน้ำเบียร์ : มอลโตเดกซ์ตริน 90.0-50.0: 10.0-50.0 พบว่าอัตราส่วนที่ดีที่สุดคือร้อยละ 50:50 ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ 55.84±2.69 โดยมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ค่าความชื้นใกล้เคียงกัน

Grabowski et al. (2006) ผลิตผงข้าวโพดหวาน โดยพบว่าการเพิ่มปริมาณของมอลโตเดกซ์ตรินไม่มีผลต่อความสามารถในการละลาย

Cano-Chauca et al. (2005) พบว่าการใช้มอลโตเดกซ์ตรินในผลิตภัณฑ์ น้ำผลไม้ผง จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการละลายที่สูงมากกว่าร้อยละ 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 การทำแห้งแบบพ่นฝอย

3.1.1 วัตถุดิบ

น้ำมะม่วง 18 องศาบริกซ์ จากบริษัท เชียงใหม่ เฟรช จำกัด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

3.1.2 สารเคมี

1. มอลโตเด็กซ์ตริน (DE-10)
2. เวย์โปรตีนไอโซเลท
3. น้ำกลั่น

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย JCM MINILAB SDE 10 MINILAB
2. หม้อสแตนเลส
3. ทัพพีสแตนเลส
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น PA114
5. ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
6. เต้าแผ่นความร้อนไฟฟ้าอินฟราเรด ยี่ห้อ Imarflex รุ่น IF-401
7. เทอร์โมมิเตอร์
8. รีเฟกโตมิเตอร์ ยี่ห้อ ATAGO รุ่น Pal-α
9. เครื่องวัดความชื้นอุณหภูมิ ยี่ห้อ DIGICON รุ่น HT-770
10. ผ้าขาวบาง
11. เครื่องลดความชื้น

3.1.4 การวางแผนการทดลอง

ออกแบบการทดลอง โดยมีปัจจัย คือ อัตราส่วนปริมาณของแข็งในน้ำมะม่วงต่อปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินหรือเวย์โปรตีนไอโซเลท(ดังตารางที่ 3.1) ทำการทดลอง 2 ซ้ำรวม 12 การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การออกแบบการทดลอง

การทดลองที่	ปริมาณของแข็งในน้ำมะม่วง	มอลโตเด็กซ์ตริน	เวย์โปรตีนไอโซเลท
1	20	15	0
2	15	20	0
3	10	25	0
4	20	0	15
5	15	0	20
6	10	0	25

3.1.5 การเตรียมน้ำมะม่วง

1. น้ำมะม่วง 18 องศาบริกซ์ นำมากรองด้วยผ้าขาวบางเป็นจำนวน 2 ครั้ง และมีความเข้มข้น 16 องศาบริกซ์
2. ชั่งน้ำมะม่วง มอลโตเด็กซ์ตริน เวย์โปรตีนไอโซเลท และน้ำ ดังตารางที่ 3.2 โดยจะเตรียมน้ำมะม่วง 800 กรัม และมีความเข้มข้นของสารละลาย 25 องศาบริกซ์
3. นำมอลโตเด็กซ์ตรินหรือเวย์โปรตีนไอโซเลทผสมน้ำกลั่นหรือน้ำมะม่วงที่ละนิด พร้อมคนให้ละลายเข้าด้วยกัน

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณของสารละลายน้ำมะม่วง

อัตราส่วน MG:MD:WPI	น้ำมะม่วง (กรัม)	มอลโตเด็กซ์ตริน (กรัม)	เวย์โปรตีนไอโซเลท (กรัม)	น้ำ (กรัม)
20:15:0	714.29	85.71	0	0
15:20:0	535.71	114.29	0	150
10:25:0	357.14	142.86	0	300
20:0:15	714.29	0	85.71	0
15:0:20	535.71	0	114.29	150
10:0:25	357.14	0	142.86	300

3.1.6 ขั้นตอนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

การทดลองในสภาวะเดียวกัน โดยจะติดตั้งส่วนประกอบของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย และเครื่องลดความชื้น และตั้งค่าสภาวะของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยดังนี้

1. อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 160 องศาเซลเซียส
2. อุณหภูมิลมร้อนขาออก 70 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อัตราการป้อนอาหาร 10 มิลลิลิตรต่อนาที

4. ความดันหัวฉีดแบบของไหลสองกระแส 0.1 เมกะปาสคาล

เมื่ออุณหภูมิภายในเครื่องทำแห้งตามที่กำหนด จึงเปิดแอมเมอร์และทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยการใช้น้ำเปล่าป้อนเข้าไป จากนั้นป้อนสารละลายน้ำมะม่วงเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย หลังจากป้อนสารละลายน้ำมะม่วงจนหมดแล้ว ให้นำผลิตภัณฑ์ผงที่ได้บรรจุถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ และนำเข้าโถดูดความชื้น เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพต่อไป

3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

3.2.1 ปริมาณความชื้น(AOAC, 1990)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อนสุญญากาศ
2. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
3. ถ้วยอลูมิเนียม
4. โถดูดความชื้น

วิเคราะห์

1. ชั่งถ้วยอลูมิเนียม แล้วบันทึกน้ำหนักที่คงที่
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3 กรัม แล้วเกลี่ยตัวอย่างให้สม่ำเสมอในถ้วยอลูมิเนียม
3. นำเข้าเครื่องตู้อบลมร้อนสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความดัน 0.13 บาร์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. นำตัวอย่างใส่โถดูดความชื้นจนอุณหภูมิลดลง แล้วชั่งน้ำหนัก
5. หาน้ำหนักที่หายไป และหาปริมาณความชื้นจากสมการ

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.2 ร้อยละผลผลิต

เครื่องมือ

เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

วิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้และนำน้ำหนักผลิตภัณฑ์ผงมาคำนวณหาน้ำหนักของแข็งทั้งหมดจากสมการ

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ผง} = \text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ผง} \times \text{ร้อยละของแข็งในผลิตภัณฑ์} \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำปริมาณของแข็งทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ผงมาหาร้อยละผลผลิตผงได้จากสมการ

$$\text{ร้อยละผลผลิตผง} = \frac{\text{ปริมาณของแข็งในผลิตภัณฑ์}}{\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมดของวัตถุดิบเริ่มต้น}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.3 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี

เครื่องมือ

เครื่องวัดปริมาณความชื้นอิสระ ยี่ห้อ AQUA LAB รุ่น MODEL SERIES 3TE

วิเคราะห์

1. ทำการสอบเทียบเครื่องวัดปริมาณความชื้นอิสระโดยการปรับด้วยน้ำเปล่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีค่าเท่ากับ 1
2. นำผลิตภัณฑ์ผงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใส่ลงตลับพลาสติกประมาณ 1/3 ของถ้วย และเกลี่ยตัวอย่างผงให้สม่ำเสมอ
3. ทำการวัด 3 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

3.2.4 ปริมาณกรดแอสคอบิก(AOAC, 2000)

เครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2. บิวเรต
3. ปิเปต
4. กระจกทรง
5. ขวดรูปชมพู 50 มิลลิลิตร
6. ขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร
7. กรวยกรองแก้ว

สารเคมี

1. กรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 0.4
2. 2,6-dichlorophenolindophenol ความเข้มข้นร้อยละ 0.002
3. L-ascorbic

วิเคราะห์

1. ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ทำการละลายด้วยน้ำกลั่นโดยทำให้มีความเข้มข้น 25 องศาปริกซ์
2. นำสารละลายน้ำมะม่วงหรือ L-ascorbic 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยกรดออกซาลิกจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำสารละลายที่ปรับปริมาตรแล้วกรองด้วยกระดาษกรอง
4. นำสารละลายน้ำมะม่วงหรือL-ascorbic ที่ผ่านการกรอง 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ ไปทำไทเทรตด้วย 2,6-dichlorophenolindophenol จนถึงจุดวิกฤต สารละลายมีชมพู โดยใช้กรด L-ascorbic เป็นมาตรฐาน
5. บันทึกปริมาณ 2,6-dichlorophenolindophenol จนถึงจุดวิกฤต และหาปริมาณกรดแอสคอร์บิกได้จากสมการ

$$\text{ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (\%)} = \frac{F}{E} \times \frac{V}{Y} \times 100 \quad (3.4)$$

- เมื่อ
- F = ปริมาตรของ dye solution ที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
 - E = ปริมาตรเฉลี่ยของ dye solution ที่ใช้ไทเทรตกับ L-ascorbic (มิลลิลิตร)
 - V = ปริมาตรสารละลายทั้งหมดที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)
 - Y = ปริมาตรสารละลายน้ำมะม่วงที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

3.2.5 ความสามารถในการละลาย (Caparino et al, 2012)

เครื่องมือ

1. Magnetic stirrer
2. บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร

วิเคราะห์

ซึ่งผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผง 40 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง 200 มิลลิลิตร จากนั้นกวนด้วยเครื่อง Magnetic stirrer ด้วยความเร็วคงที่จนกระทั่งผลิตภัณฑ์ผงละลายอย่างสมบูรณ์

3.2.6 โครงสร้างจุลภาค

เครื่องมือ

1. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยี่ห้อ ZEISS รุ่น EVO MA 10

วิเคราะห์

ถ่ายภาพโครงสร้างจุลภาคของน้ำมะม่วงผงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แรงดันไฟฟ้า 20 กิโลวัตต์ กำลังขยาย 250 และ 1000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

การทำแห้งน้ำมะม่วงมหาชนกด้วยวิธีการพ่นฝอย โดยสมบัติของน้ำมะม่วงมหาชนกก่อนผสมพบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 16 องศาบริกซ์ เนื่องจากมะม่วงสะสมสารอาหารไว้ในรูปสารประกอบคาร์โบไฮเดรต หลังจากเก็บเกี่ยวแปรรูปจะเกิดการสลายตัวเป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นองค์ประกอบใหญ่ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Kapse and Katrodia, 1996) น้ำตาลที่พบมากในมะม่วง คือ กลูโคส ฟรักโทส และ ซูโครส (Lizada ,1993) ทำการผสมน้ำและเวย์โปรตีนไอโซเลทหรือมอลโตเด็กซ์ทรินจนได้ของแข็งที่ละลายทั้งหมด 25 องศาบริกซ์ โดยอัตราส่วนที่ผสมระหว่างปริมาณของแข็งในน้ำมะม่วงและสารที่ช่วยในการทำแห้งคือ 10:25 15:20 20:15 และจึงนำวัตถุดิบที่ผสมไปทำการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้หัวฉีดแบบของไหลสองชนิด จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถังเก็บผลิตภัณฑ์มาทำการวัดผลทางกายภาพและเคมี คือ ผลผลิตร้อยละ ปริมาณความชื้น วอเตอร์แอ็คทีวอดี ความสามารถในการละลาย และ ปริมาณวิตามินซี จากนั้นนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลโดยโปรแกรม minilab 18 โดยผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมะม่วงตามอัตราส่วนต่างๆ

ชนิดสารทำแห้ง	อัตราส่วนปริมาณ ของแข็งทั้งหมดของ น้ำมะม่วงต่อสารทำ แห้ง	ผลผลิตร้อยละ (%)	ปริมาณความชื้น (%wb)	วอเตอร์แอกทิวิตี	ความสามารถในการ ละลาย (วินาที)	ปริมาณกรด แอสคอร์บิก (%)
มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	23.93	2.67±0.36 ^a	0.376±0.0046 ^a	671.22±8.97 ^c	8.06±0.63 ^c
	15:20	27.90	1.77±0.26 ^b	0.316±0.004 ^b	730.03±17.18 ^b	11.72±0.63 ^b
	20:15	28.63	0.46±0.08 ^d	0.264±0.008 ^{bc}	865.78±12.33 ^a	16.48±1.10 ^a
เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	48.76	2.67±0.14 ^a	0.373±0.009 ^a	670.84±11.97 ^c	8.42±0.63 ^c
	15:20	50.47	1.92±0.11 ^b	0.282±0.009 ^{bc}	727.37±7.89 ^b	12.09±1.10 ^b
	20:15	51.72	1.22±0.01 ^c	0.258±0.004 ^c	865.50±4.81 ^a	17.22±0.63 ^a

หมายเหตุ : ^{a-c}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าที่แสดงในตารางนั้นเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

4.1.1 ผลผลิตร้อยละ

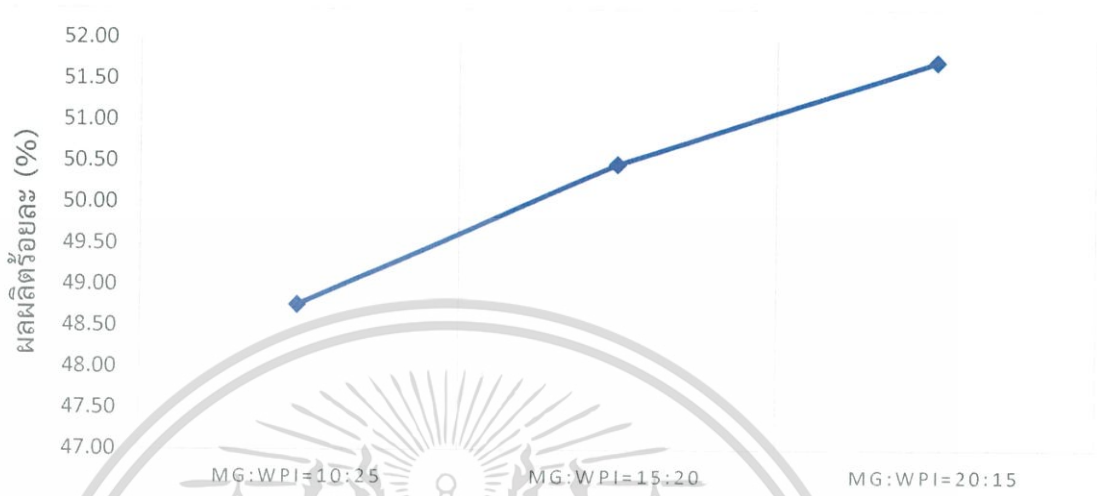
การวิเคราะห์ผลผลิตร้อยละจากผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผง พบว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารทำแห้งมอลโตเด็กซ์ตรินมีค่าผลผลิตร้อยละอยู่ในช่วง 23.93-28.63 และการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารทำแห้งเป็นเวย์โปรตีนไอโซเลทมีค่าผลผลิตร้อยละอยู่ในช่วง 48.76-51.72 ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารทำแห้งเวย์โปรตีนไอโซเลทมีค่าสูงกว่า

ทั้งนี้การใส่เวย์โปรตีนตามอัตราส่วนต่างๆได้ผลิตภัณฑ์มากกว่าการใส่มอลโตเด็กซ์ตรินทั้งหมด เพราะเวย์โปรตีนสามารถลดพื้นที่ผิวของน้ำตาลในน้ำผลไม้ ลดการติดของอนุภาคกับผนังของห้องทำแห้ง (Zhonxiang and Blesh, 2012)

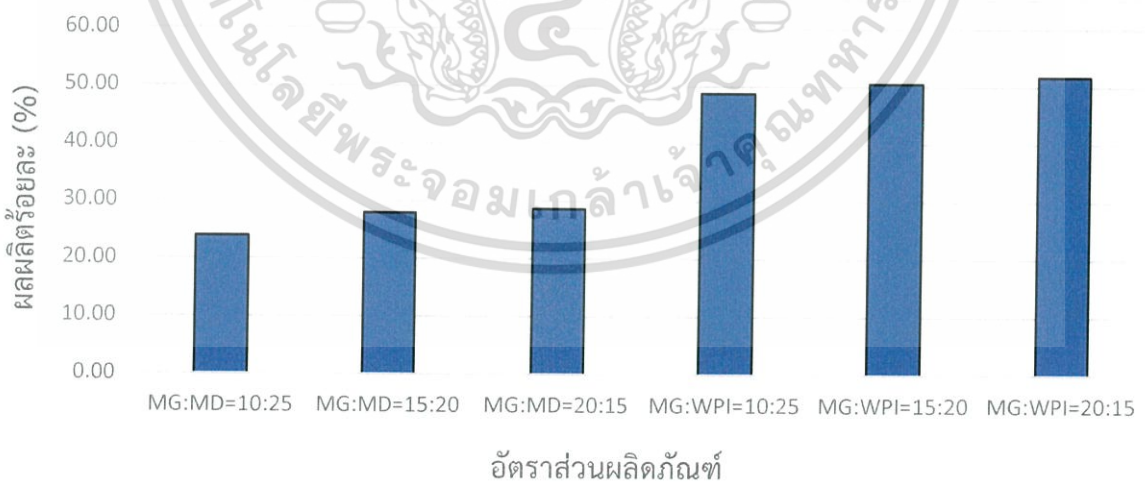
ร้อยละของผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผง ขึ้นอยู่กับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ตกลงสู่ภาชนะรับผลิตภัณฑ์ที่แยกด้วยไซโคน ผลิตภัณฑ์ที่แห้งและมีน้ำหนักเบาถูกแยกด้วยแรงจากพัดลมให้ตกลงสู่ด้านล่างของห้องทำแห้ง จากนั้นส่งต่อมาตามท่อลม และเข้าสู่ส่วนของการแยกอากาศและอนุภาคออกจากกัน ของแข็งจะตกลงสู่ภาชนะรองรับตัวอย่าง นั่นคือผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าในขั้นตอนการแยกอากาศและของแข็งออกจากกัน ผงผลิตภัณฑ์บางส่วนมีน้ำหนักเบาจนเกิดการฟุ้งกระจายในห้องทำแห้ง หรือถูกดูดออกไปตามท่อลมก่อนเข้าสู่ระบบแยกไซโคน แต่ผงผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมากเกินจะไม่ถูกแรงจากพัดลมดูดตกลงสู่ด้านล่างเช่นกัน เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียผลิตภัณฑ์ (วริพัศย์ และคณะ, 2557)



รูปที่ 4.1 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารมอลโตเด็กซ์ตริน และผลผลิตร้อยละ



รูปที่ 4.2 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อเวย์โปรตีนไอโซเลท และผลผลิตร้อยละ



รูปที่ 4.3 ผลของอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ และผลผลิตร้อยละ

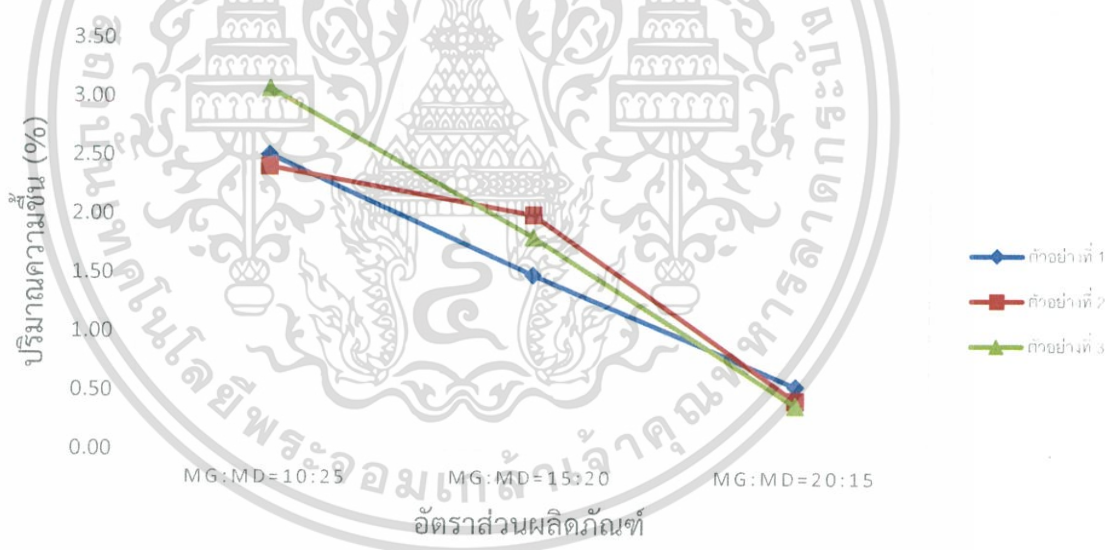
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ปริมาณความชื้น

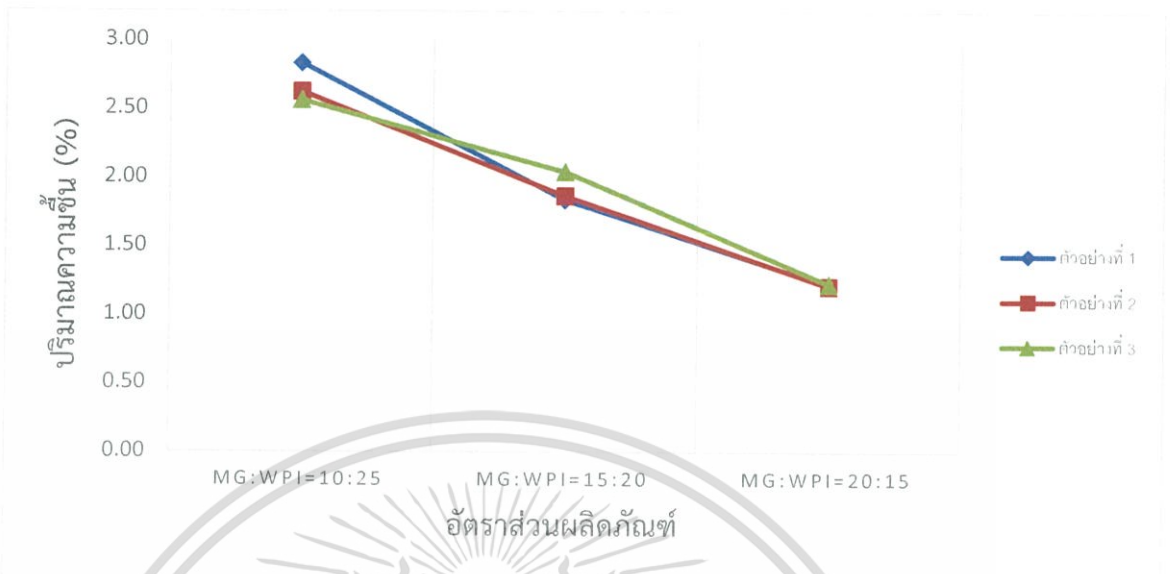
การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นจากผลิตภัณฑ์น้ำมันมะม่วง พบว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารทำแห้งมอลโตเด็กซ์ตรินมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.46-2.67 และการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารทำแห้งเป็นเวย์โปรตีนไฮโซเลทมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.22-2.67 ดังตารางที่ 4.1 โดยปริมาณสารทำแห้งที่ลดลงส่งผลให้ปริมาณความชื้นแนวโน้มลดลง และจากอัตราส่วนเดียวระหว่างมอลโตเด็กซ์ตรินและเวย์โปรตีนไฮโซเลท พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวย์โปรตีนไฮโซเลทมีปริมาณความชื้นที่มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผสมกับมอลโตเด็กซ์ตริน อัตราส่วนที่มีปริมาณความชื้นต่ำสุดคือ MG:MD 20:15

จากการเพิ่มปริมาณของแข็งให้กับวัตถุดิบ ปริมาณน้ำที่ระเหยลดลง ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าลดลง (พรทิพย์ และมาฤดี, 2560) แต่ในขณะที่มอลโตเด็กซ์ตรินช่วยเพิ่มผลผลิตและลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ แต่กลับส่งผลให้ค่าการดูดความชื้นกลับสูงขึ้น เนื่องจากความชื้นเริ่มต้นต่ำลง (สโรบล และชัยรัตน์, 2554)

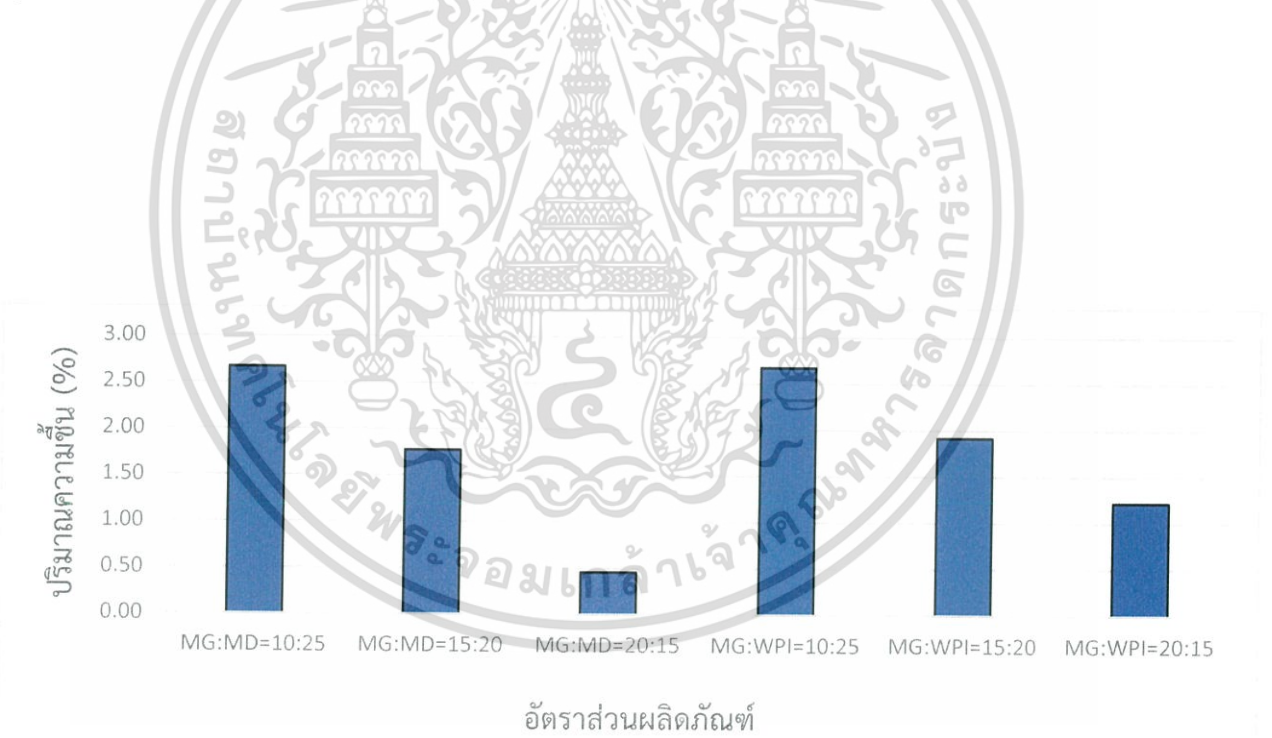
ความเข้มข้นของโมเลกุลโปรตีนที่เพิ่มขึ้นช่วยเพิ่มโอกาสให้โปรตีนเคลื่อนที่ไปยังผิวของอนุภาคได้มากขึ้น แม้โปรตีนที่ปกคลุมผิวของอนุภาคไม่ได้ลดอัตราการดูดกลับความชื้น แต่ช่วยชะลอการเกาะกันของอนุภาคลงได้ จึงสามารถยืดอายุการใช้งานออกไปได้ (สุทธิลักษณ์, 2558)



รูปที่ 4.4 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมันมะม่วงต่อสารมอลโตเด็กซ์ตริน และปริมาณความชื้น



รูปที่ 4.5 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อเวียโปรตีนไอโซเลต และปริมาณความชื้น



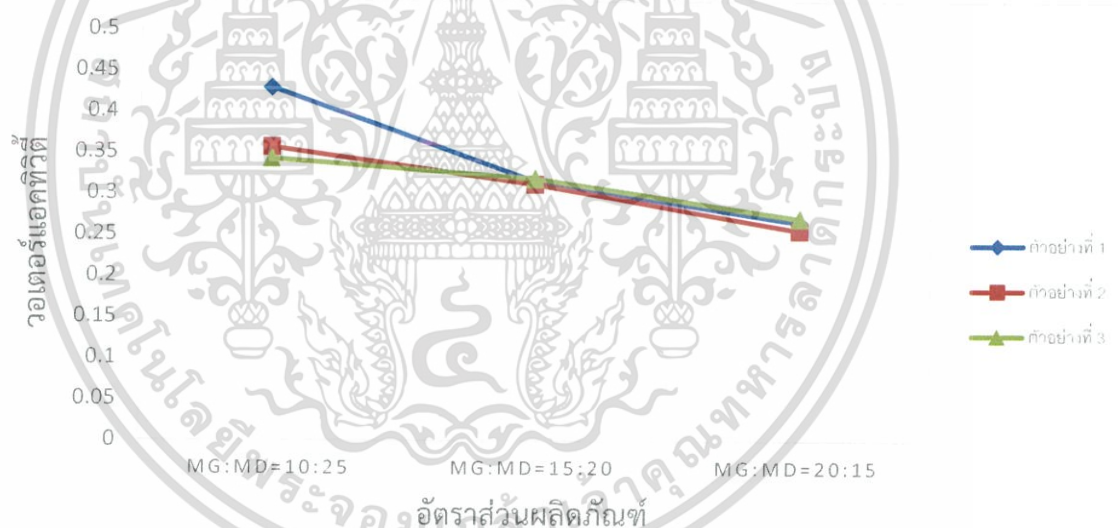
รูปที่ 4.6 ผลของอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ และปริมาณความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

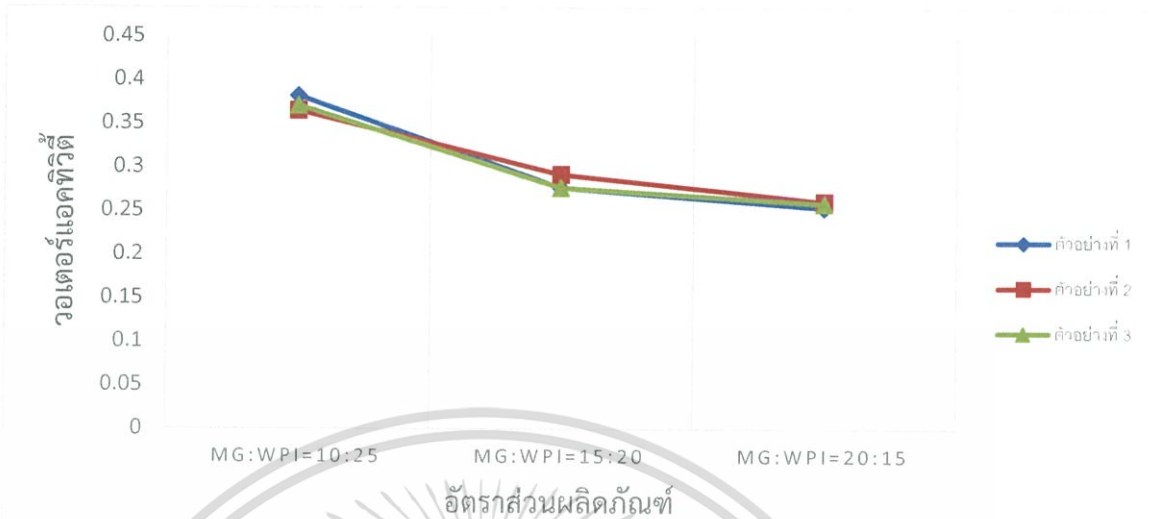
4.1.3 วอเตอร์แอกทิวิตี

การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีจากผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผง พบว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารทำแห้งมอลโตเด็กซ์ตรินมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีในช่วง 0.264-0.376 และการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารทำแห้งเป็นเวย์โปรตีนไอโซเลทมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีในช่วง 0.258-0.373 ดังตารางที่ 4.1 พบว่าอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารทำแห้ง เมื่อปริมาณสารทำแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีแนวโน้มเพิ่มขึ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผสมเวย์โปรตีนมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนเวย์โปรตีนเพิ่มมากขึ้น และอัตราส่วนที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำสุดคือ MG:WPI 20:15 และ MG:MD 20:15

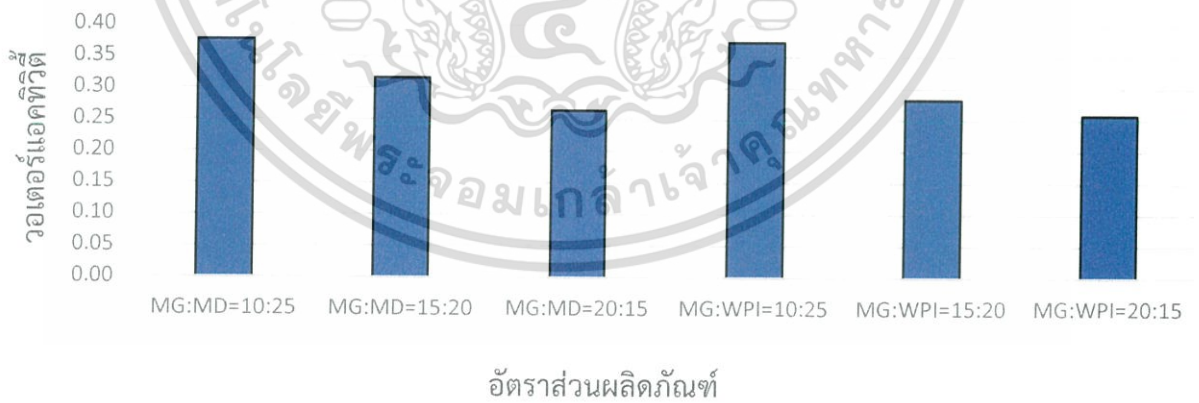
โดยค่าวอเตอร์แอกทิวิตีหรือปริมาณน้ำอิสระในอาหารแปรผันตามปริมาณความชื้นในอาหาร โดยมอลโตเด็กซ์ตรินและเวย์โปรตีนทำให้น้ำอิสระในอาหารถูกใช้ในการอมน้ำ ส่งผลให้มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำ อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ทุกตัวยังมีค่าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ที่กำหนดให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีไม่เกิน 0.6 แต่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ควรมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำกว่า 0.3 ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ รวมถึงยับยั้งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพและไม่ปลอดภัย (วรพิสัย และคณะ, 2557) จึงทำให้น้ำมะม่วงผงสูตรที่ 2 และ 3 สามารถเก็บได้ยาวนานขึ้น



รูปที่ 4.7 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารมอลโตเด็กซ์ตริน และวอเตอร์แอกทิวิตี



รูปที่ 4.8 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อเวย์โปรตีนไอโซเลท และวอเตอร์แอคทีวิตี้



รูปที่ 4.9 ผลของอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ และวอเตอร์แอคทีวิตี้

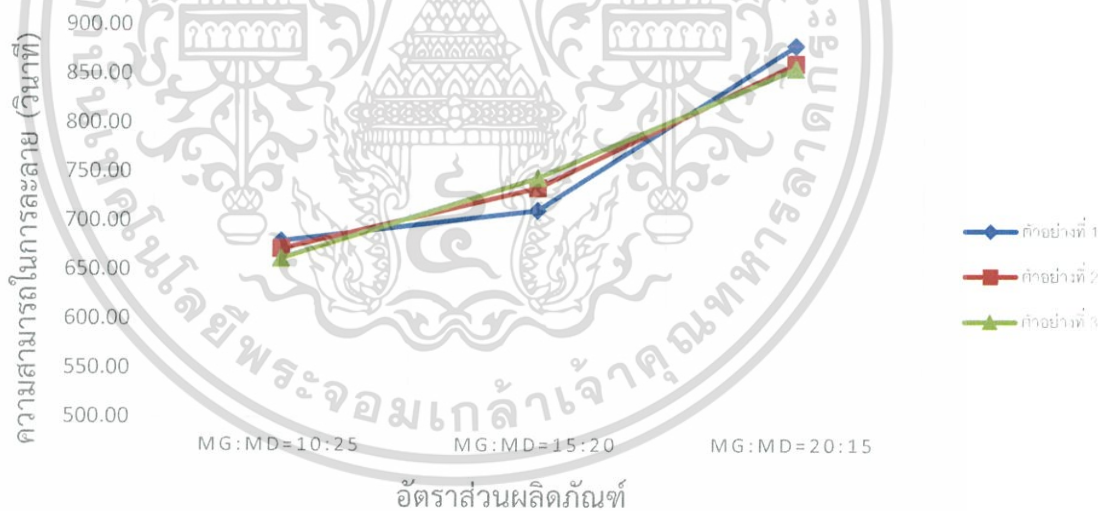
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ความสามารถในการละลาย

การวิเคราะห์ความสามารถในการละลายจากผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผง พบว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารทำแห้งมอลโตเด็กซ์ตรินมีความสามารถในการละลายอยู่ในช่วง 671.22-865.78 วินาที และการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารทำแห้งเป็นเวย์โปรตีนไอโซเลทมีความสามารถในการละลายอยู่ในช่วง 670.84-865.50 วินาที ดังตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อทำการละลายสารมอลโตเด็กซ์ตรินและเวย์โปรตีนไอโซเลทเพียงอย่างเดียวมีความสามารถในการละลาย 187.18 วินาที และ 140.95 วินาที ตามลำดับ จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 พบว่าโดยเมื่ออัตราส่วนของน้ำมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นความสามารถในการละลายลดลง โดยเวลาที่ใช้ในการละลายจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และความสามารถในการละลายของมอลโตเด็กซ์ตรินและเวย์โปรตีนมีค่าใกล้เคียงกันที่ความเข้มข้นต่างๆ

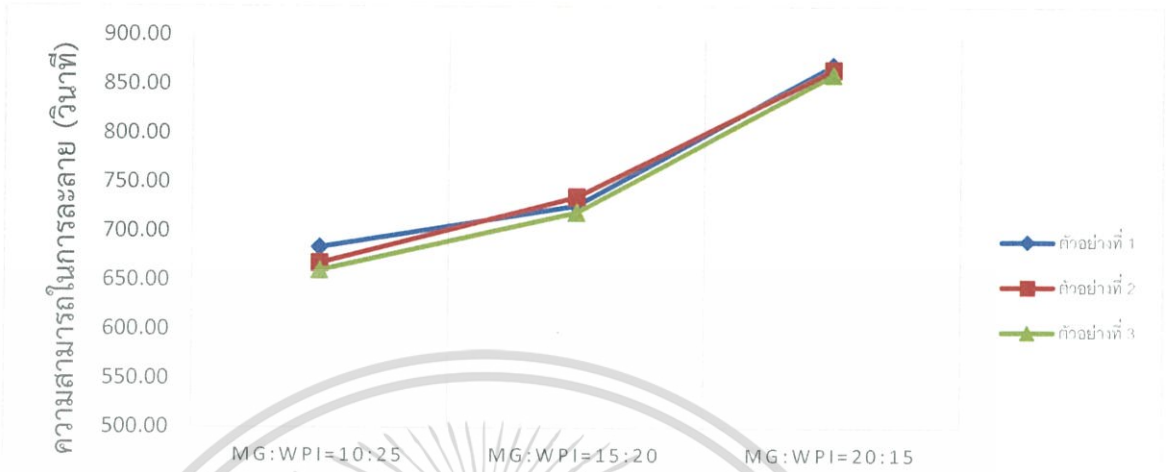
ความสามารถในการละลายขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคสร้างใหม่ที่รวมกับมอลโตเด็กซ์ตรินและเวย์โปรตีนจนอนุภาคมีขนาดใหญ่ และมีลักษณะเป็นตะปุ่มตะป่ำทำให้สัมผัสน้ำได้ไม่สม่ำเสมอความสามารถในการละลายจะลดลง (Zhi-Hong et al., 2019)

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกาะรวมตัวเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อถูกห่อหุ้มด้วยเวย์โปรตีนหรือมอลโตเด็กซ์ตริน ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสในการดูดซับน้ำซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งของความสามารถในการละลายน้ำลดลง (วรวิทย์ และคณะ, 2557)

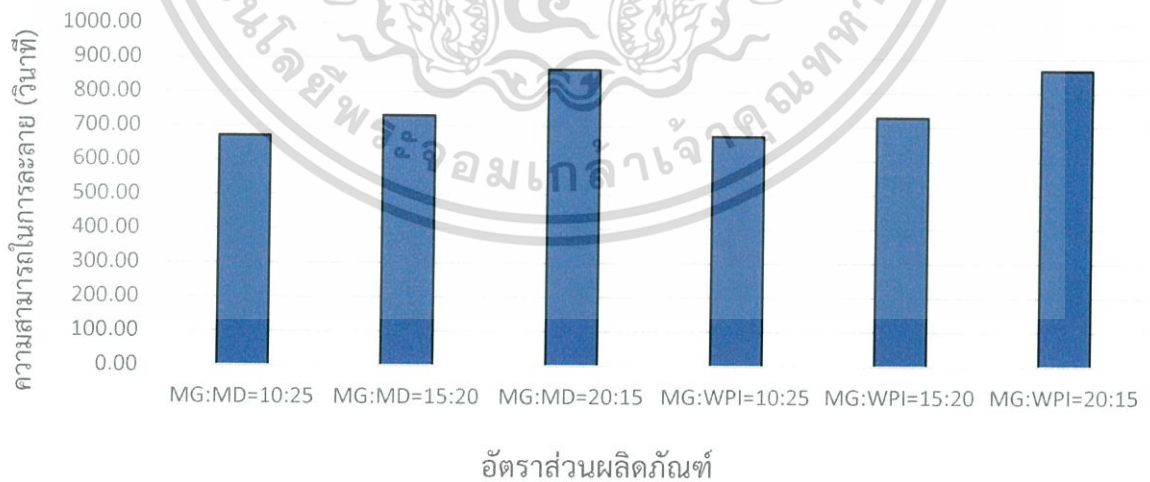


รูปที่ 4.10 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารมอลโตเด็กซ์ตริน และความสามารถในการละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อเวย์โปรตีนไอโซเลต และความสามารถในการละลาย



รูปที่ 4.12 ผลของอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ และความสามารถในการละลาย

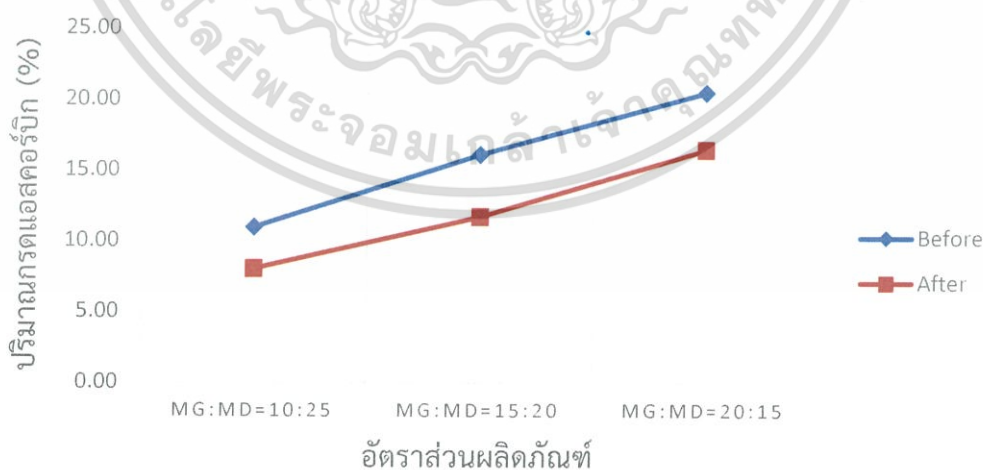
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ปริมาณกรดแอสคอร์บิก

การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิกจากผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผง พบว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารทำแห้งมอลโตเด็กซ์ทรินปริมาณกรดแอสคอร์บิกอยู่ในช่วงร้อยละ 8.06-16.48 และการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารทำแห้งเป็นเวย์โปรตีนไอโซเลทปริมาณกรดแอสคอร์บิกอยู่ในช่วงร้อยละ 8.42-17.22 ดังตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณกรดแอสคอร์บิกจากผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผงที่ใช้สารทำแห้งต่างกันและมีอัตราส่วนสารทำแห้งเท่ากันมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกใกล้เคียงกัน

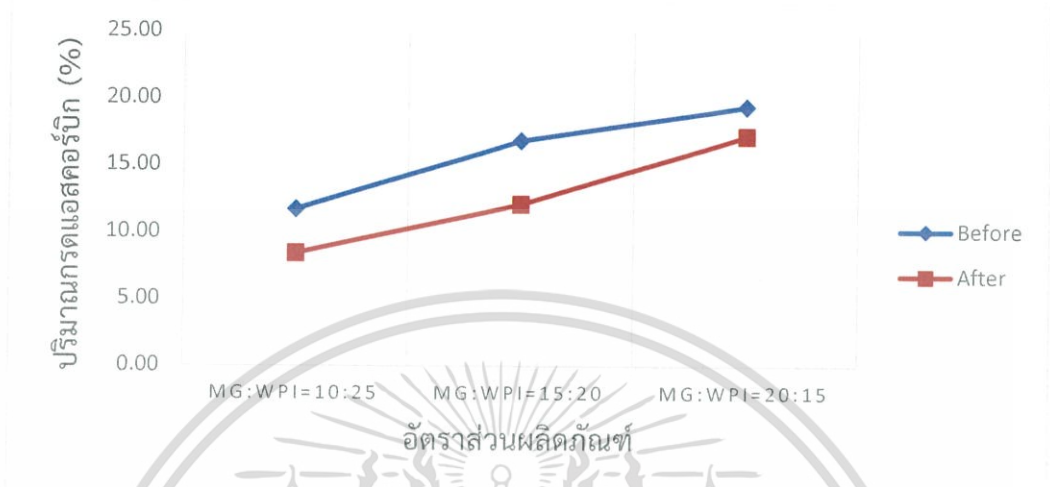
ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่คงเหลือ

ชนิดสารทำแห้ง	อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารทำแห้ง	ปริมาณกรดแอสคอร์บิกก่อนทำแห้ง(%)	ปริมาณกรดแอสคอร์บิกหลังทำแห้ง(%)	ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่คงเหลือ(%)
มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	10.99±1.01 ^c	8.06±0.63 ^c	73.34
	15:20	16.12±0.63 ^b	11.72±0.63 ^b	72.70
	20:15	20.51±0.63 ^a	16.48±1.10 ^a	80.35
เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	11.72±0.63 ^c	8.42±0.63 ^c	71.84
	15:20	16.85±0.63 ^b	12.09±1.10 ^b	71.85
	20:15	19.41±0.63 ^a	17.22±0.63 ^a	88.71

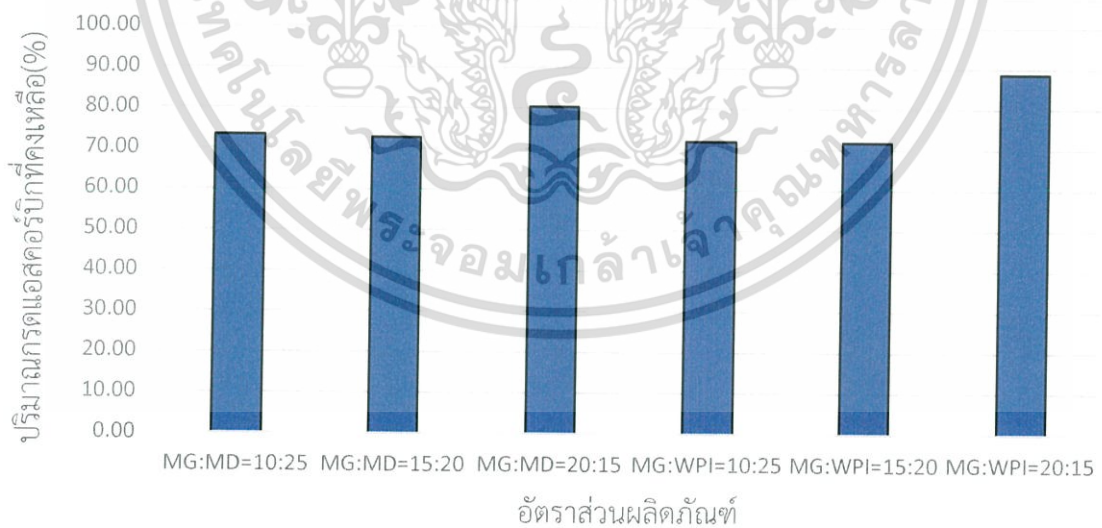


รูปที่ 4.13 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารมอลโตเด็กซ์ทรินก่อนและหลังทำแห้งแบบพ่นฝอย และปริมาณกรดแอสคอร์บิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ผลของอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อเวย์โปรตีนไอโซเลตก่อนและหลังทำแห้งแบบพ่นฝอย และปริมาณกรดแอสคอร์บิก

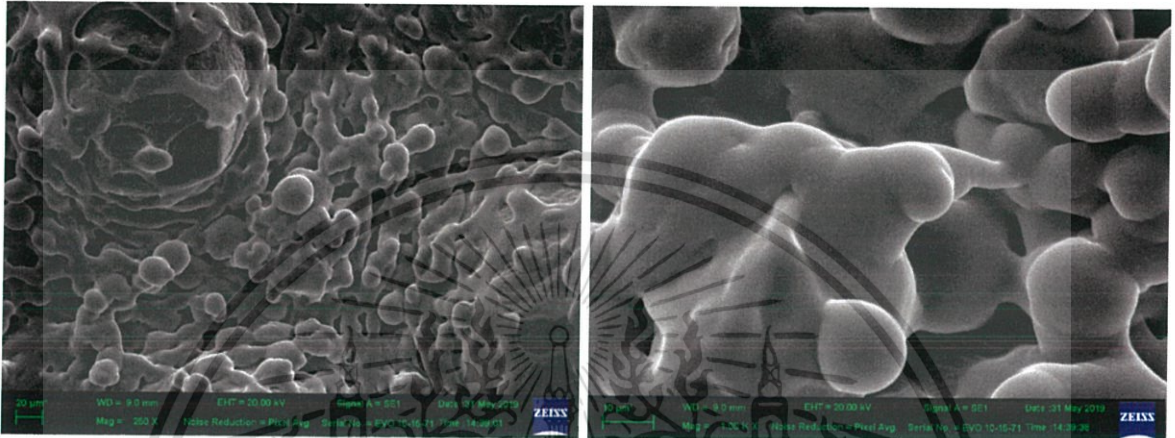


รูปที่ 4.15 ผลของอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ และปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่เหลือหลังการทำแห้งแบบพ่นฝอย

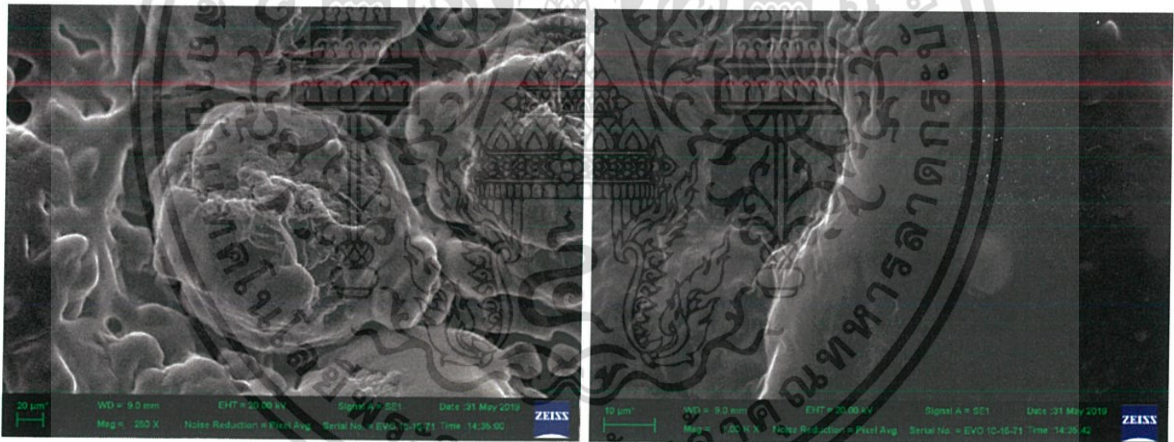
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 โครงสร้างจุลภาค

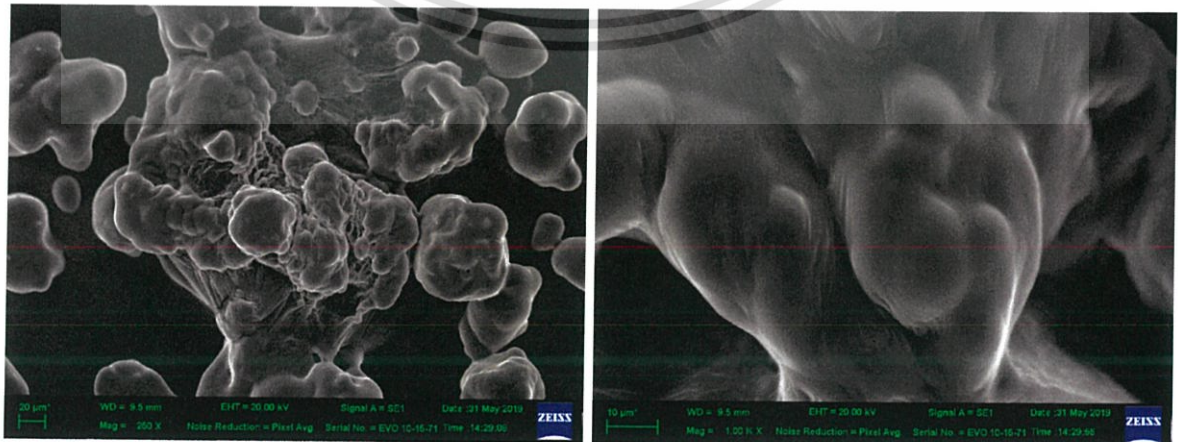
การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผงที่มีอัตราส่วนของแข็งทั้งหมดต่อสารทำแห้ง ตั้งแต่ช่วง 10:25 ถึง 20:15 พบว่าโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์ผงที่ใช้สารมอลโตเด็คซ์ตรินในการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีโครงสร้างที่จับตัวกันเมื่อเทียบกับของผลิตภัณฑ์ผงที่ใช้สารเวย์โปรตีนไอโซเลทในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย และอัตราส่วนระหว่างของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อปริมาณสารเวย์โปรตีนไอโซเลท 10:25 มีโครงสร้างจุลภาคเรียงตัวแยกออกจากกัน



(ก)



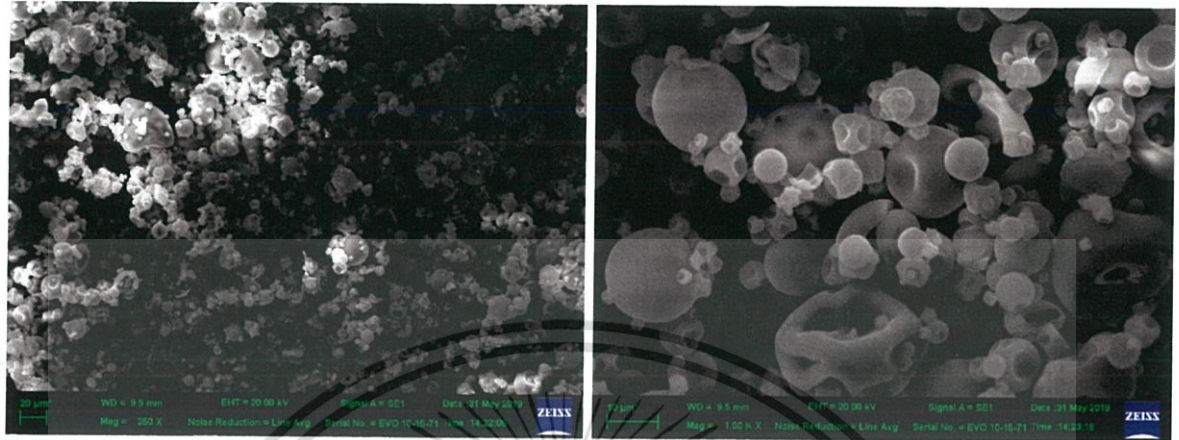
(ข)



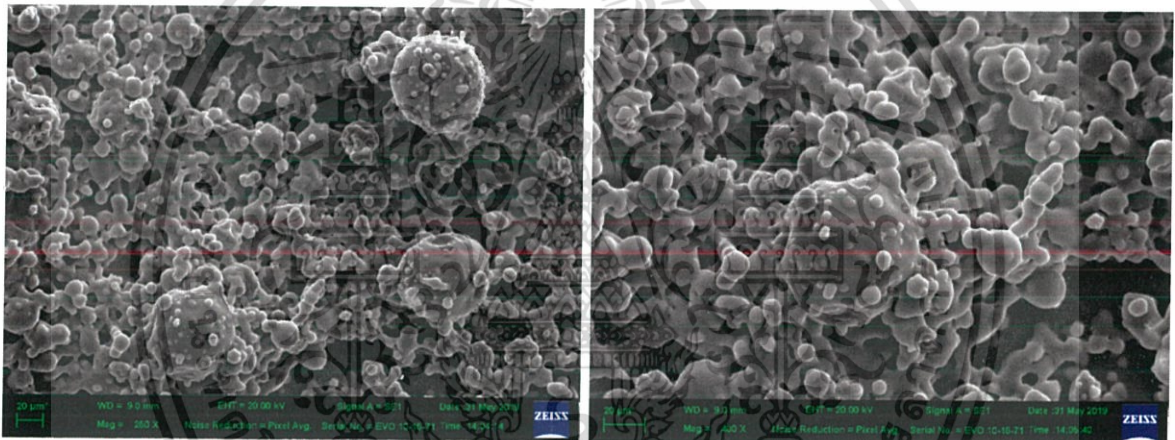
(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

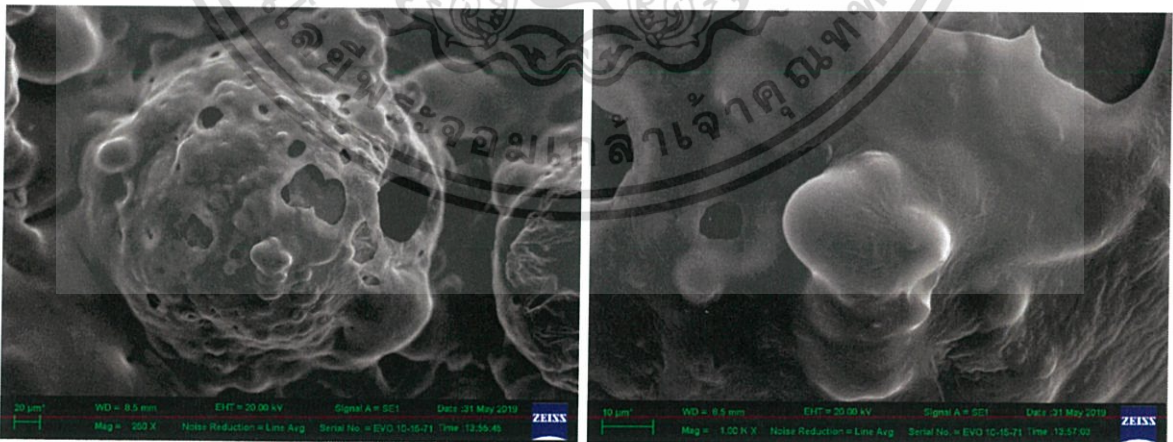
รูปที่ 4.16 โครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์ผงที่มีอัตราส่วนระหว่างของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารทำแห้งมอลโตเด็กซ์ตริน (ก) 10:25 (ข) 15:20 (ค) 20:15 โดยภาพด้านซ้ายมีกำลังขยาย 250 เท่าและภาพด้านขวามีกำลังขยาย 1000 เท่า



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.17 โครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์ผงที่มีอัตราส่วนระหว่างของแข็งทั้งหมดของน้ำมะม่วงต่อสารทำแห้งเวย์โปรตีนไอโซเลต (ก) 10:25 (ข) 15:20 (ค) 20:15 โดยภาพด้านซ้ายมีกำลังขยาย 250 เท่าและภาพด้านขวามีกำลังขยาย 1000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำมะม่วงโดยการใช้อุณหภูมิแห้งมอลโตเด็กซ์ตรินและเวย์โปรตีนไอโซเลท โดยมีการใช้อัตราส่วนของแข็งทั้งหมดในน้ำมะม่วงต่อสารทำแห้งเท่ากับ 10:25 15:20 และ 20:15 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลผลิตร้อยละของน้ำมะม่วงผงผลผลิตร้อยละมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิแห้งเวย์โปรตีนไอโซเลทในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยเมื่อเพิ่มปริมาณของสารทำแห้งเวย์โปรตีนไอโซเลททำให้แนวโน้มผลผลิตร้อยละสูงขึ้น

2. ปริมาณความชื้นของน้ำมะม่วงผง ปริมาณความชื้นเมื่ออัตราส่วนของแข็งทั้งหมดในน้ำมะม่วงต่อสารทำแห้งเท่ากับ 10:25 มะม่วงผงจากสารทำแห้งมอลโตเด็กซ์ตรินมีความชื้นน้อยกว่าสารทำแห้งเวย์โปรตีน และในอัตราส่วน 20:15 มีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน

3. วอเตอร์แอกทิวิตีของน้ำมะม่วงผงมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารทำแห้ง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของปริมาณสารทำแห้งส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีค่าเพิ่มขึ้น

4. ความสามารถในการละลายของน้ำมะม่วงผงจากการทดลองการละลายสารทำแห้งเพียงอย่างเดียว พบว่าสารทำแห้งเวย์โปรตีนไอโซเลทมีความสามารถในการละลายดีกว่า เมื่อนำมาผสมกับน้ำมะม่วงและทำแห้งแบบพ่นฝอยแล้ว ความสามารถในการละลายของสารทำแห้ง 2 ชนิดมีความใกล้เคียงกัน โดยผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มอัตราส่วนสารทำแห้งนั้นมีแนวโน้มให้ผลิตภัณฑ์ผงมีความสามารถในการละลายที่เร็วขึ้น

5. กรดแอสคอร์บิกของน้ำมะม่วงผง ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของน้ำมะม่วงผงมีปริมาณลดน้อยลงจากก่อนผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและเวย์โปรตีนที่ใช้ไม่ได้ส่งผลให้เห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นนัยยะสำคัญของปริมาณกรดแอสคอร์บิก

6. โครงสร้างจุลภาคของน้ำมะม่วงผง โดยโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทเป็นสารทำแห้งจะมีการเรียงตัวของโครงสร้างจุลภาคที่แยกจากกันมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารทำแห้ง และผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนเวย์โปรตีนมากกว่าจะมีโครงสร้างจุลภาคที่แยกจากกันมากกว่า

5.2 ปัญหาที่พบ

เนื่องจากเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยมีอายุการใช้งานที่มาก จึงต้องมีการซ่อมบำรุงและเปลี่ยนชิ้นส่วนอยู่บ่อยครั้ง ทำให้เกิดความล่าช้าในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการผสมสารทำแห้งเวียโปรตีนและมอลโตเด็กซ์ตริน เนื่องจากสารทำแห้ง 2 ชนิดนี้มีความสามารถในการห่อหุ้มโมเลกุลแตกต่างกัน ช่วยในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยและการเก็บรักษาได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2547. “การอนุรักษ์พลังงานในระบบ
อื่นๆ. In ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส (ผอส.) ด้านความร้อน.”, 4-51.
- กพ.รพ.ภูมิพลอดุลยเดช พอ.บ.นอ., ร.อ.ฉัตรชัย ไตรทอง. 2552. แพทย์สารอาหารอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1.
กรุงเทพฯ: สำนักงานแพทยศาสตราจารย์. 33-35.
- กันต์วราธร สุขฤทัยธนานนท์. 2559. “การผลิตผงน้ำซุพพู่หมักโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย.” ปริญญาโท
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง.
- จิตาภา ไทรเมือง, ธนวรรณ รันพนินิลและพุทธิพงศ์ จรณชัยกุล. 2556. “การศึกษาการผลิตมะม่วงผงด้วย
วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยและวิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชนิดา อัครเพ็ญพรรณ, ปฏิภาณ วัฒนานุกิจ, วรกาญจน์ แก้วเกต, สุทธิพัฒน์ ชูสาย. 2560. “การศึกษาและ
ออกแบบระบบลดความชื้นอากาศเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับน้ำส้มผง.” ปริญญาโท
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ณัฐวุฒิ ชื่อเจริญกิจ, ลภัสญดา จิรเพียงทอง, ผัสพร ผ่องมาลัยและ พัทธรินทร์ ชูศรีทอง. 2551.
“ผลกระทบของตัวแปรในการเอนแคปซูลเส้นน้ำมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย.”
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง.
- เทคโนโลยีชาวบ้าน. ธาวิตา ศิริสัมพันธ์. 2560. มหาชนก มะม่วงพันธุ์ไทย นามพระราชทาน (Online).
<http://digi.library.tu.ac.th/index/0158/55-1-Jan-Apr-2552/06PAGE32-PAGE46.pdf>.
- ปิยาภรณ์ คำภานนท์. 2557. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดผงแบบห่อหุ้ม.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ผศ. ดร.พีระศักดิ์ ฉายประสาธ. 2560. “มะม่วงมหาชนก ผลไม้ต้านมะเร็ง สรรพคุณเด่นหลายอย่าง.”
โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.), มหาวิทยาลัยนเรศวร, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการ
วิจัย (สกว.)
- พรทิพย์ สุริยะจันทร์หอม, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์. 2560. “ผลของอุณหภูมิการแห้ง มอลโตเด็กซ์ตรินและ
กัมมอระบิกต่อลักษณะทางเคมีกายภาพของฟักข้าวผงที่ผลิต โดยวิธีการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบ
ลูกกลิ้งคู่.”, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง.
- วัฒนา วิรุฒิกกร. 2554. “ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณวิตามินซีและไลโคปีนในผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศผสม.”
วิทยานิพนธ์เทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วันวิภา หนูมา. 2555 “ผลของวิตามินซีและอีต่อการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพอาหาร การรอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตายองค์ประกอบทางเคมีของตัวปลา องค์ประกอบเลือดและการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อของปลาตุ๊ก ลำพูน.”วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สโรบล สโรชวิสิต, ชัยรัตน์ ตั้งดวงดี. 2554. “ผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของ น้ำสับประดมงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย.”, วารสารวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2539. “กระบวนการทำแห้งอาหาร.” วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.คณาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ, 164-172.

สุทธิลักษณ์ ศิริพรเลิศ. 2558. “ผลของสภาวะการดำเนินงานต่อการกระจายตัวของโปรตีนที่ผิวของผงโปรตีน/ มอลโตเดกซ์ตรินที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอย.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

อรุณี อภิชาติสร่างกูร. 2545. “โครงการปฏิบัติการพ่นออกซิเดสของกล้วยอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์.” คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 14 และ 20-21.

อัจฉรา นิยมเดชา, มงคล คงเสน. 2556. “เมทาบอลิซึมและคุณสมบัติของแคโรทีนอยด์ในการเพิ่มความ เข้มสีไข่แดง.” มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

Adhikari, B., Howes, T., Bhandari B R, & Langish, T. A. G. "Effect of addition proteins on the production of amorphous sucrose powder through spray drying." Journal of Food Engineering 2009 (94) : 144-153

Adhikari, B., Howes, T., Shrestha, A. K., & Bhandari, B. R. "Development of stickiness of whey protein isolate and lactose droplets during convective drying." Chemical Engineering and Processing 2007a (46): 420 - 428

Adhikari, B., Howes, T., Shrestha, A. K. & Bhandari, B. R. "Effect of surface tension and viscosity on the surface stickiness of carbohydrate and protein solution." Journal of Food Engineering 2007(79) 1139 - 1143

Adhikari, B., Howes, T., Shrestha, A. K. & Bhandari, B. R. " Effect of low molecular weight surfactants and proteins on surface stickiness of sucrose during powder formation through spray drying."Journal of Food Engineering 2009 (94): 135 - 145

AOAC association of official analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 15th edition, 1990 (Washington, D.C.).

AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Gaithersburg. Maryland. USA: AOAC International.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- B. Bazaria, P. Kumar, "Effect of whey protein concentrate as drying aid and drying parameters on physicochemical and functional properties of spray dried beetroot juice concentrate," *Food Biosci* 2016(14): 21-27.
- Bhandari, B. R., Datta, N. & Howes, T. "Problems associated with spray drying of sugar rich foods." *Drying Technology* 1997(15): 671 - 684
- Bhandari, B. R., & Howes, T. "Relating the stickiness property of foods undergoing drying and dried products to their surface energetics." *Drying Technology* 2005(23) : 781 - 797
- Bhandari, B. R., Senoussi, A., Dumulin, E. D., & Lebert, A. "Spray drying of concentrated fruit juices." *Drying Technology*, 1993(11): 1081 - 1092
- Boonyai, P., Bhandari, B. & Howes, T. "Stickiness measurement techniques for food powders " *Powder Technology* 2004(145): 34-46
- Caparino, Q.A., Tang, J., Nindo, C.L., Sablani, S.S., Powers, J.R. and Fellman, J.K. 2012. "Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder". *Journal of Food Engineering*. 111:135-148
- Denise L. Hofman, Vincent J. van Buul, Fred J. P. H. 2016. *Brounsa Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2091-2100.
- Diana C. Ruano Uscategui, Hector J. Ciro Velasquez, Jose U. Sepulveda Valencia. "Concentrates of sugarcane juice and whey protein: Study of a new powder product obtained by spray drying of their combinations." *Powder Technology* 2018(333): 429 -438
- Kapse B.M. and Katrodia (1996). Ripening behavior of Kesar mangoes in relationship to specific gravity. *Acta Horticulturae* 455 :669-678
- Kennedy J.F., Knill C.J., Taylor D.W. (1995) Maltodextrins. In: Kearsley M.W., Dziejczak S.Z. (eds) *Handbook of Starch Hydrolysis Products and their Derivatives*. Springer, Boston, MA *Handbook of Starch Hydrolysis Products and their Derivatives* pp 65-66
- Lizada. c. 1993. Mango. In Seymour G.B., Taylor J.E. and Tucker G.A. (eds.), *Biochemistry of fruit Ripening*. Chapman and Hall. London. pp 255-257
- S. N. Bhusari, K. Muzaffar, P Kumar, Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder." *Powder Technol* 2014(266): 354 - 364
- Sook Fun Pang, Mashitah M. Yusoff, Jolius Gimbut. "Assessment of phenolic compounds stability and retention during spray drying *Orthosiphon stamineus* extracts." *Food Hydrocolloids*. 2014 (37): 159 - 165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wei Wang, Yifan Jiang, Weibiao Zhou. "Characteristics of sauce powders spray dried using dairy whey protein and maltodextrins as dring aids." Journal of Food Engineering 2013 (119: 724 - 730)

Zhi-Hong Zhang, Huadong Peng, Haile Ma, Xin-An Zeng. "Effect of inlet air drying temperatures on the physicochemical properties and antioxidant activity of whey protein isolate-kale leaves chlorophyll(WPI-CH) microcapsules." 2019

Zhong xiang Fang. "Comparing the efficiency of protein and maltodextrin on spray drying of bayberry juice." Food Research International 2012(48): 478 -483



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลผลิตของผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงผง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 แสดงผลร้อยละผลผลิต

การทดลองที่	สารทำแห้ง	อัตราส่วนของแข็งทั้งหมด ของน้ำมะม่วงต่อสารทำ แห้ง	ผลผลิตร้อยละ (%)
1	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	23.93
2	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	27.90
3	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	28.63
4	เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	48.76
5	เวย์โปรตีนไอโซเลท	15:20	50.47
6	เวย์โปรตีนไอโซเลท	20:15	51.72



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 แสดงปริมาณความชื้น

การทดลองที่	สารทำแห้ง	อัตราส่วนของแข็งทั้งหมด ของน้ำมะม่วงต่อสารทำ แห้ง	ปริมาณความชื้น (%)
1	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	2.51
2	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	2.41
3	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	3.08
4	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	1.49
5	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	2.00
6	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	1.82
7	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	0.55
8	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	0.43
9	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	0.39
10	เวย์โปรตีนไฮโซเลท	10:25	2.83
11	เวย์โปรตีนไฮโซเลท	10:25	2.62
12	เวย์โปรตีนไฮโซเลท	10:25	2.56
13	เวย์โปรตีนไฮโซเลท	15:20	1.84
14	เวย์โปรตีนไฮโซเลท	15:20	1.87
15	เวย์โปรตีนไฮโซเลท	15:20	2.04
16	เวย์โปรตีนไฮโซเลท	20:15	1.22
17	เวย์โปรตีนไฮโซเลท	20:15	1.21
18	เวย์โปรตีนไฮโซเลท	20:15	1.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 แสดงวอเตอร์แอกทิวตี้

การทดลองที่	สารทำแห้ง	อัตราส่วนของแข็งทั้งหมด ของน้ำมะม่วงต่อสารทำ แห้ง	ผลผลิตร้อยละ (%)
1	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	0.429
2	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	0.357
3	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	0.343
4	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	0.316
5	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	0.312
6	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	0.319
7	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	0.266
8	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	0.256
9	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	0.271
10	เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	0.382
11	เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	0.365
12	เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	0.371
13	เวย์โปรตีนไอโซเลท	15:20	0.277
14	เวย์โปรตีนไอโซเลท	15:20	0.292
15	เวย์โปรตีนไอโซเลท	15:20	0.277
16	เวย์โปรตีนไอโซเลท	20:15	0.254
17	เวย์โปรตีนไอโซเลท	20:15	0.261
18	เวย์โปรตีนไอโซเลท	20:15	0.259

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 แสดงความสามารถในการละลาย

การทดลองที่	สารทำแห้ง	อัตราส่วนของแข็งทั้งหมด ของน้ำมะม่วงต่อสารทำ แห้ง	ความสามารถในการ ละลาย (วินาที)
1	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	679.84
2	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	671.89
3	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	661.94
4	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	711.15
5	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	734.20
6	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	744.74
7	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	879.71
8	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	861.38
9	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	856.26
10	เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	683.98
11	เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	667.98
12	เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	660.55
13	เวย์โปรตีนไอโซเลท	15:20	726.54
14	เวย์โปรตีนไอโซเลท	15:20	735.64
15	เวย์โปรตีนไอโซเลท	15:20	719.92
16	เวย์โปรตีนไอโซเลท	20:15	870.33
17	เวย์โปรตีนไอโซเลท	20:15	865.47
18	เวย์โปรตีนไอโซเลท	20:15	860.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 แสดงกรดแอสคอบิก

การทดลองที่	สารทำแห้ง	อัตราส่วนของแข็งทั้งหมด ของน้ำมะม่วงต่อสารทำ แห้ง	กรดแอสคอบิก (%)
1	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	8.79
2	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	7.69
3	มอลโตเด็กซ์ทริน	10:25	7.69
4	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	10.99
5	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	12.09
6	มอลโตเด็กซ์ทริน	15:20	12.09
7	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	17.58
8	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	15.38
9	มอลโตเด็กซ์ทริน	20:15	16.48
10	เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	8.79
11	เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	7.69
12	เวย์โปรตีนไอโซเลท	10:25	8.79
13	เวย์โปรตีนไอโซเลท	15:20	12.09
14	เวย์โปรตีนไอโซเลท	15:20	13.19
15	เวย์โปรตีนไอโซเลท	15:20	10.99
16	เวย์โปรตีนไอโซเลท	20:15	17.58
17	เวย์โปรตีนไอโซเลท	20:15	16.48
18	เวย์โปรตีนไอโซเลท	20:15	17.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้