การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งแบบพ่นฝอย สำหรับเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

A STUDY OF SPRAY-DRYING OPTIMIZATION FOR FICUS RACEMOSA STEM BARK

ธีรพล ธนะภาชน์

THEERAPON THANAPHAT

นภิญา อุบลสุวรรณ

NAPIYA UBOLSUWAN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งแบบพ่นฝอย สำหรับเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

A STUDY OF SPRAY-DRYING OPTIMIZATION FOR FICUS RACEMOSA STEM BARK

ธีรพล ธนะภาชน์

THEERAPON THANAPHAT

นภิญา อุบลสุวรรณ

NAPIYA UBOLSUWAN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF SPRAY-DRYING OPTIMIZATION FOR FICUS RACEMOSA STEM BARK

THEERAPON THANAPHAT
NAPIYA UBOLSUWAN

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN ENERGY ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON
2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2021
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรองรับปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งแบบพ่นฝอย
สำหรับเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

PROJECT TITLE A STUDY OF SPRAT-DRYING OPTIMIZATION
FOR FICUS RACEMOSA STEM BARK

ชื่อนักศึกษา นายธีรพล ธนะภาชน์ **รหัสนักศึกษา** 60514020
นางสาวนภิญา อุบลสุวรรณ **รหัสนักศึกษา** 60514022

ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์	กรรมการสอบ	.....
ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล	กรรมการสอบ	.....
ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช	อาจารย์ที่ปรึกษา	.....

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 28 พฤษภาคม 2564 เวลา 9.00 – 14.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม Online

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 28 มิถุนายน 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งแบบพ่นฝอย
สำหรับเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

ชื่อนักศึกษา นายธีรพล ธนะภาชน์ **รหัสนักศึกษา** 60514020
นางสาวนภิญา อุบลสุวรรณ **รหัสนักศึกษา** 60514022

ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช
ปริญญานิพนธ์

บทคัดย่อ

มะเดื่อชุมพรหรือมะเดื่ออุทุมพรไม้ยืนต้นซึ่งเป็นสมุนไพรโบราณและเป็นต้นไม้พระราชทาน รวมไปถึงเป็นพันธุ์ไม้ประจำจังหวัดชุมพร งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน (DE10) ที่มีผลต่อการผลิตผงเปลือกมะเดื่อชุมพร ปัจจัยร่วมการทดลองที่ต้องการศึกษา คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ, อุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการทำแห่งแบบพ่นฝอย, ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน และผลตอบสนองที่ต้องการ คือ ปริมาณผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร ทำการทดลองที่อัตราการป้อนวัตถุดิบอยู่ที่ 1.86 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า 150 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า กรณีที่ไม่ใส่มอลโตรเด็กซ์ตรินได้ปริมาณผงผลิตภัณฑ์ 2.88 กรัม มีสีและกลิ่นที่ใกล้เคียงกับวัตถุดิบดั้งเดิม ส่วนกรณีที่ใส่มอลโตรเด็กซ์ตริน (10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ได้ปริมาณผงผลิตภัณฑ์ 92.45 กรัม มีสีน้ำตาลอ่อนผสมขาวและกลิ่นค่อนข้างอ่อนจากกลิ่นวัตถุดิบดั้งเดิม ลักษณะผงผลิตภัณฑ์ของทั้ง 2 กรณีมีลักษณะเป็นฝุ่นผงคล้ายแป้งและขนาดผงของผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กและละเอียดกว่าการบดแบบใช้มือในการนำไปเป็นส่วนผสมของยาสีฟัน

คำสำคัญ: สมุนไพรไทย, การทำแห้งแบบพ่นฝอย, มะเดื่อชุมพร, มอลโตรเด็กซ์ตริน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	A STUDY OF SPRAT-DRYING OPTIMIZATION FOR FICUS RACEMOSA STEM BARK	
Student	Mr. Theerapon Thanaphat	Student ID 60514020
	Ms. Napiya Ubolsuwan	Student ID 60514022
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Energy Engineering	
Project Advisor	Dr. Visit Eakvanich	

ABSTRACT

Chumphon fig or Uthumphon fig a perennial plant which is an ancient herb and a royally bestowed tree as well as being the provincial plant of Chumphon. This research presents a study of spray-drying optimization for Ficus racemose stem bark. The objective of this study was to determine the temperature of incoming hot air and the maltodextrin (DE10) content affecting the production of Chumphon fig peel powder. The experimental factors to be studied were feed rate, inlet hot air temperature, Maltodextrin content, and the desired response was the amount of Chumphon fig tree bark powder. In this experiment, the feed rate was 1.86 liters per hour. The entrance air temperature was controlled at 150 degrees Celsius. The result showed that the amount of product powder was 2.88 grams in the case of not adding maltodextrin. Moreover, the color and smell were close to the original raw material. In the case of adding 10 percent by weight of maltodextrin, the amount of product powder is 92.45 grams. Furthermore, the color of product was a light brown mixed with white, and the smell was a rather mild smell from the original ingredients. The appearance of the products in the both cases were similar to the powder and particle sizes were smaller and finer than manual ones to be used as an ingredient in toothpaste.

Keywords: Chumphon fig, Thai herbs, Spray drying, Maltodextrin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณา ความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ จากความร่วมมือในหลายๆฝ่ายที่เกี่ยวข้อง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งจาก ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช อาจารย์ที่ปรึกษาให้แนวทาง คำแนะนำ และจุดประกายความคิดริเริ่มในการสร้างงานวิจัยเพื่อประโยชน์ให้แก่ชุมชนรอบข้าง ทั้งยังให้วิชาเชิงสถิติที่สามารถใช้งานได้จริงในการทำการทดลองซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำงาน นอกจากนี้ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่ ภาควิศวกรรมศาสตร์ ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์จังหวัดชุมพร ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาชี้แนะข้อมูลทำให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดทำปริญญานิพนธ์ และให้การสนับสนุนสถานที่ในการปฏิบัติการตลอดจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งยังต้องขอขอบพระคุณ วิสาหกิจชุมชนทอปกรีนเวอร์จิ้นออยล์ ที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบและข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และผู้ปกครอง ที่คอยอบรมสั่งสอนเลี้ยงดูให้เป็นคนดีจนเติบโต และให้การสนับสนุนทุกรูปแบบในการศึกษาเล่าเรียนจนถึงระดับปริญญา ทั้งนี้ต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ นักศึกษาสาขาวิศวกรรมพลังงาน วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมเครื่องกลเกษตร และอาหารทุกคนที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในระหว่างการทำปริญญานิพนธ์นี้ ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ธีรพล ธนะภาชน์
นภิญา อุบลสุวรรณ
พฤษภาคม 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 สมมติฐานของโครงงาน	2
1.4 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.7 แผนดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ข้อมูลทั่วไปของสมุนไพร	5
2.2 การทำแห้งแบบพ่นฝอย	12
2.3 สารช่วยทำให้แห้ง (DRYING AIDS)	22
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	29
3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา	29
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	29
3.3 วิธีการออกแบบการทดลอง	31
3.4 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	35
4.1 ผลการทดลอง	35
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	37
5.1 สรุปผลการทดลอง	37
5.2 ปัญหาที่พบ	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	41
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง	42
ภาคผนวก ข ตัวอย่างผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร	44
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการออกแบบการทดลองและตัวอย่างการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	46
ประวัติผู้จัดทำ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงานการทำแห้งแบบพ้นฝอยเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร	4
3.1	แสดงค่าการออกแบบของการทดลอง	32
4.1	ผลการทดลองการทำแห้งแบบพ่นฝอยเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร	35
ก.1	ผลการทดลองหาปริมาณผงผลิตภัณฑ์เปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร	43
ค.1	NUMBER OF FACTORS AND RUNS FOR EACH TYPE OF EXPERIMENT DESIGN	47
ค.2	MINIMUM/PREFERRED FOR RECOMMENDED NUMBER OF CENTERPOINTS	47
ค.3	INSCRIBED CCD FOR TWO FACTORS WITH FOUR CENTERPOINTS	48
ค.4	INSCRIBED CCD FOR THREE FACTORS WITH FOUR CENTERPOINTS	49
ค.5	INSCRIBED CCD FOR FOUR FACTORS WITH FOUR CENTERPOINTS	50
ค.6	แสดงระดับค่าการตอบสนองของการทดลอง	51
ค.7	ตาราการทดลอง (INSCRIBED CCD FOR THREE FACTORS WITH FOUR CENTERPOINTS)	52
ค.8	ตัวอย่างผลการทดลองหาปริมาณความชื้น	54
ค.9	ตัวอย่างผลการทดลองหาคุณสมบัติการละลา	55
ค.10	ตัวอย่างผลการทดลองหาค่าสี	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินงานการทำแห้งแบบพ่นฝอยเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร	3
2.1	ต้นมะเดื่อชุมพร	5
2.2	หลักการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย	13
2.3	การถ่ายโอนความร้อน มวล และดระบวนการแข็งตัวในการทำแห้งแบบพ่นฝอย	14
2.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น อุณหภูมิและเวลา	15
2.5	หัวฉีดแบบจานหมุน	17
2.6	หัวฉีดแบบแรงดัน	18
2.7	หัวฉีกแบบไหล 2 ชนิด	18
2.8	การไหลแบบไปในทิศทางเดียวกัน	19
2.9	การไหลแบบสวนทางกัน	20
2.10	การไหลแบบผสม	21
2.11	มอลโตรเด็กซ์ตริน	24
3.1	เปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร	29
3.2	มอลโตรเด็กซ์ตริน (DE-10)	29
3.3	เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (SPRAY DRYER)	30
3.4	เครื่องปั๊มลม (AIR COMPRESSOR)	30
3.5	พัดลมดูดอากาศ (BLOWER)	30
3.6	ปั๊มรีดท่อ (PERISTALTIC PUMP)	31
3.7	เครื่องชั่งแบบละเอียด	31
3.8	เปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร 100 กรัม	32
3.9	น้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร	33
3.10	น้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ผสมกับมอลโตรเด็กซ์ตรินแล้ว	33
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตรินกับปริมาณผงผลิตภัณฑ์	44
ข.1	ผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ไม่ใส่มอลโตรเด็กซ์ตริน	55
ข.2	ผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ใส่มอลโตรเด็กซ์ตริน	55
ค.1	แสดงการออกแบบการทดลองแบบ INSCRIBED CCD สำหรับ 2 ปัจจัยและ 3 ปัจจัย	48
ค.2	ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (MOISTURE CAN)	53
ค.3	ตู้อบลมร้อน (HOT AIR OVEN)	53
ค.4	น้ำกลั่น	54
ค.5	เครื่องกวนสารละลายด้วยแท่งแม่เหล็ก	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ค.6	เครื่องวัดค่าสี	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

สมุนไพรไทยเป็นพืชที่มีสรรพคุณทางยามีอิทธิพลต่อการใช้ชีวิตของมนุษย์ อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ สารต้านอนุมูลอิสระ โดยการนำสมุนไพรมาบริโภคในรูปแบบต่างๆ หรือรับประทานแบบสด [1] พื้นที่ของจังหวัดชุมพรมีต้นมะเดื่อชุมพรที่เป็นไม้ประจำจังหวัดในทางเภสัชวิทยามีฤทธิ์ในการลดความดันหิต ลดน้ำตาลในเลือด ต้านเชื้อแบคทีเรีย สารสกัดอะซีโตนของเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรมีฤทธิ์ป้องกันความเป็นพิษของไตและสารสกัดจากใบ ยังสามารถต้านการอักเสบได้อีกด้วย [2]

การทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นวิธีการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นผง มักใช้ในอุตสาหกรรมทางเคมีและอาหาร ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่มีอยู่ได้แก่ นมผง ยาและผลิตภัณฑ์ผง การทำแห่งแบบพ่นฝอยนี้นอกจากจะทำได้อย่างรวดเร็วแล้วยังเป็นวิธีที่สามารถลดขนาดและปริมาตรของของเหลว และเป็นวิธีการอบแห้งที่นิยมมาใช้ในปัจจุบันเนื่องจากมีประสิทธิภาพ [3]

มอลโตรเด็กซ์ตรินจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นสารเติมแต่งในอาหาร ไม่มีรส ลักษณะเป็นผงสีขาว มีสูตรโมเลกุล คือ $(C_6H_{12}O_6)H_2O$ โดยทั่วไปจะมีค่า DE ในช่วง 5-19 มีค่าความชื้นประมาณร้อยละ 3-5 ความหนาแน่นในช่วง 0.31-0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การเติมมอลโตรเด็กซ์ตรินจะทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ทำให้ส่วนของน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ใช้ในผลิตภัณฑ์เคมีและอาหารเช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมควบคุมน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์โปรตีนเพิ่มน้ำหนัก เป็นต้น [4]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรและศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณของมอลโตรเด็กซ์ตรินที่มีผลต่อปริมาณผงผลิตภัณฑ์เปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานของโครงงาน

1.3.1 สามารถผลิตผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยได้

1.3.2 ผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีคุณภาพที่ดี

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1 การทำแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับสารสกัดเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

1.4.2 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย รุ่น LPG-5 Lab Spray Dryer 2

1.4.3 อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า คือ 150 องศาเซลเซียส

1.4.4 ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน คือ 10 โดยน้ำหนักของปริมาณสารสกัดเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร และกรณีที่ไม่ใส่ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน

1.4.5 อัตราการป้อนวัตถุดิบ คือ 1.86 ลิตรต่อชั่วโมง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบอุณหภูมิอากาศของทางเข้าที่เหมาะสมของการทำแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับสารสกัดเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

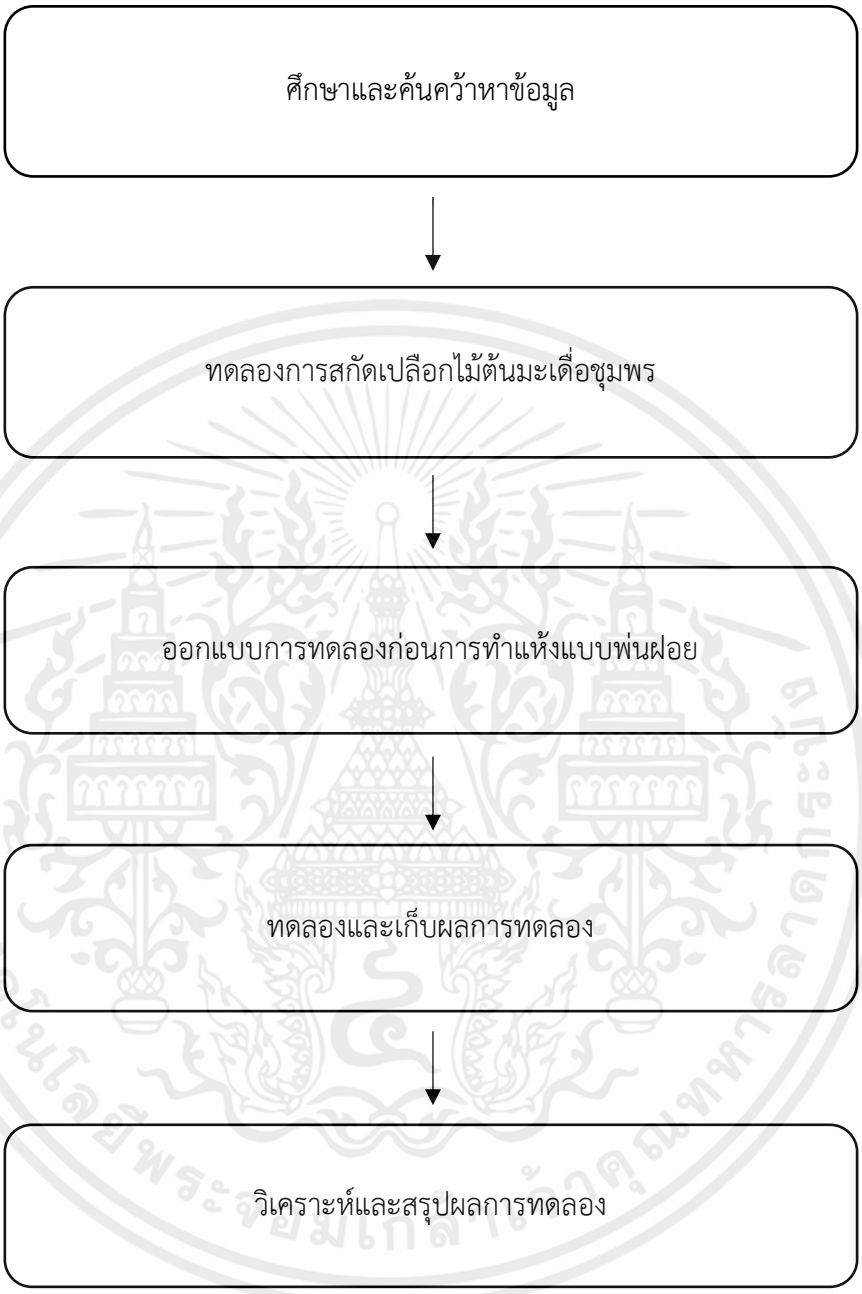
1.5.2 ทราบปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมของการทำแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับสารสกัดเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

1.5.3 เพิ่มมูลค่าและคุณภาพของผงผลิตภัณฑ์เปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

1.5.4 ได้สารสกัดสมุนไพรผงเพื่อใช้ในการผลิตยาสีฟัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงานการทำแห้งแบบพ่นฝอยเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 แผนดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานการทำแห้งแบบพ้นฝอยเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินการปี พ.ศ. 2563-2564									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
	63	63	63	63	63	64	64	64	64	64
1.ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	←	→								
2.ออกแบบและทดลอง			←				→			
3. ตรวจสอคุณสมบัติ							←	→		
4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง								←	→	
5.ทำเล่มปริญญานิพนธ์									←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของสมุนไพร

รูปที่ 2.1 ต้นมะเดื่อชุมพร

ที่มา : https://mgronline.com/dhamma/detail/9580000012704

ชื่อสมุนไพร	มะเดื่อชุมพร
ชื่ออื่นๆหรือชื่อท้องถิ่น	มะเดื่ออุทุมพร, มะเดื่อไทย (ทั่วไป) ภาคกลาง, มะเดื่อเกลี้ยง, มะเดื่อดง (ภาคเหนือ), เดื่อน้ำ (ภาคใต้), หมากเดื่อ, เดื่อเลี้ยง (ภาคอีสาน), ถูแซ(กะเหรี่ยง)
ชื่อวิทยาศาสตร์	*Ficus Racemosa Linn.*
ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์	Ficus Glomerata Roxb.
ชื่อสามัญ	Cluster Fig, Goolar Fig, Gular Fig
วงศ์	Moraceae (อยู่ในวงศ์ขนุน)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ต้นมะเดื่อชุมพรจัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่สูงประมาณ 5-30 เมตร มีพูพอน เปลือกสีน้ำตาลเข้ม ผิวเปลือกค่อนข้างขรุขระ มีตุ่มเล็กๆ กระจายทั่วไป มีร่องตื้นๆ ตามยาว เปลือกด้านในสีน้ำตาลแดง เนื้อไม้สีน้ำตาลอ่อน มีลักษณะคล้ายเสี้ยนไม้ เนื้อไม้ตัดตามขวางมีลายจางเป็นวงถี่ๆ ตรงกลางด้านในสุดสีขาวนวล มีลักษณะเนื้อไม้ไม่แข็ง น้ำหนักเบา [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบ เป็นใบเดี่ยว เรียงเวียน รูปรีถึงรูปไข่กลับ รูปขอบขนานสั้น หรือรูปใบหอก กว้าง 3.5-8.5 เซนติเมตร ปลายแหลมหรือเรียวแหลม โคนสอบแคบถึงโค้งกว้าง หรือรูปหัวใจ ขอบเรียบ เนื้อหนา เส้นใบมีข้างละ 4-8 เส้น ก้านใบยาว 1.5-7 เซนติเมตร สีน้ำตาล

ดอก เกิดตามต้นและกิ่งใหญ่ๆ ที่ไม่มีใบ ช่อดอกยาวได้ถึง 25 เซนติเมตร ช่อดอกย่อยรูปค่อนข้างกลมถึงรูปคนโท มีดอก 3 ประเภท ได้แก่

1) ดอกเพศผู้มีกลีบรวมเป็นพู 3-4 พู สีแดง เกลี้ยง รังไข่ฝ่อ ไม่มีก้าน

2) ดอกเพศเมียเหมือนดอกเพศผู้ อยู่ระหว่างดอกปุ่มหูด รังไข่ไม่มีก้านหรือมีก้านสั้น มีจุดสีแดง ก้านเกสรเพศเมียมี 1 อัน

3) ดอกปุ่มหูดหรือดอกเพศเมีย แต่มีก้านชูยอดเกสรเพศเมียสั้นมาก รังไข่สีแดงคล้ำ เกลี้ยง

ผล แบบผลมะเดื่อ รูปค่อนข้างกลมถึงรูปคนโท กว้าง 3.5-5 เซนติเมตร เมื่ออ่อนสีเขียว แก่สีแดงอมสีส้ม ผิวมักมีช่องอากาศแกมตุ่ม

เมล็ด รูปเลนส์ ยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร เรียบหรือมีสันเล็กน้อย

สรรพคุณ

ใบ ช่วยลดน้ำตาลในเลือด ต้านเชื้อบิด ลดความดันโลหิตสูง คลายกล้ามเนื้อเรียบ ต้านเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส ลดไขมันในเลือด

เปลือก มีรสฝาด ช่วยแก้อาเจียน ธาตุพิการ แก้อาการท้องเสีย ท้องร่วง (ที่ไม่ใช่บิดหรืออหิวาตกโรค) ช่วยห้ามเลือด ชะล้างบาดแผล สมานแผล แก้เม็ดผื่นคัน

ราก มีรสฝาดเย็น แก้ไข้ กระทุ้งพิษไข้ กล่อมเสมหะและโลหิต แก้ไข้หัวลม ไข้กาฬ ไข้พิษทุกชนิด

ผล รสฝาดเย็นอมหวาน แก้ท้องร่วง และสมานแผล ผลสุกเป็นยาระบาย ยาบำรุงสำหรับคนที่ขาดเลือด

การขยายพันธุ์ เมล็ด ตอนกิ่ง [5]

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมี

สารบริสุทธิ์ที่แยกได้จากเปลือกรากมะเดื่อชุมพร ได้แก่

สาร isocoumarin (bergenin), triterpenes ได้แก่ polypodatetraene, α-amyrin acetate, gluanol acetate, lupeol acetate, b-amyrin acetate, 24,25-dihydroparkeol acetate, α-amyrin octacosanoate, lanostane derivative, lanost-20-en-3b-acetate)

สาร phytosteroids ได้แก่ (beta-sitosterol และ beta-sitosterol-beta-D-glucoside) และ long chain hydrocarbon (n-hexacosane)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รากพบสาร cycloartenol, euphorbol, อนุพันธ์ hexacosanoate, taraxerone, tinyatoxin [5]

2.1.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

เจริญเติบโตได้เหมือนไม้ป่าดิบเขาทั่วไปสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาลแต่นิยมปลูกในฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม ฤดูกาลที่ใช้ประโยชน์ ตลอดปี

แม้ว่าการนำมะเดื่อชุมพรไปใช้ประโยชน์อาจยังไม่เป็นที่แพร่หลายและยังไม่ค่อยมีงานวิจัยเกี่ยวกับพืชชนิดนี้อยู่ แต่ในทางกลับกันจะมีสารเคมีที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมักถูกใช้โดยคนในท้องถิ่นเพื่อรักษาโรค เช่น แผลในกระเพาะ ความผิดปกติของระบบทางเดินปัสสาวะ เบาหวาน ความผิดปกติของเลือดและความเมื่อยล้า สารเคมีในพืชชนิดนี้เป็นที่ยอมรับ และเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับนำไปใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ [6]

2.1.5 การสกัดสมุนไพร

2.1.5.1 ขั้นตอนการสกัดสารสำคัญจากพืช

ในการที่จะคัดเลือกพืชควรคำนึงถึงคุณสมบัติของพืชที่มีจำนวนมากพอ หาง่ายในทุกฤดูเมื่อคัดเลือกพืชได้แล้ว นำมาแยกเป็นส่วน ต่างๆ ของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ ดอกและเมล็ด ทดลองสกัดสารอย่างหยาบ การสกัดใช้หลายวิธี ด้วยกัน แล้วทดสอบประสิทธิภาพของแต่ละวิธีการในห้องปฏิบัติเมื่อผลเป็นที่พอใจ นำสารสกัดที่ ใช้ได้ผลนี้ไปทดสอบความเป็นพิษกับสัตว์เลือดอุ่นเพื่อให้แน่ใจในความปลอดภัยต่อผู้ใช้สารนี้ [7]

2.1.5.2 การเตรียมตัวอย่างพืช

การเตรียมตัวอย่างพืชเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญที่มีผลต่อความแตกต่างของสารสำคัญในพืช ได้แก่

1. การตรวจสอบเอกลักษณ์ที่ถูกต้อง
2. ไม่มีพืชอื่นปน เพราะจะทำให้ได้สารแปลกปลอมซึ่งอาจเป็นอันตรายได้
3. ไม่มีโรคพืช ถ้าตัวอย่างที่เก็บมามีจุลินทรีย์อันเป็นสาเหตุของโรคพืช จุลินทรีย์อาจให้ สารซึ่งอาจถูกสกัดออกมาพร้อมกับสารที่เราต้องการ
4. ความแตกต่างของสารสำคัญในพืช (Variation of plant constituents) ในการเก็บพืชแต่ละครั้งเพื่อนำมาสกัดสารสำคัญในพืชอาจแตกต่างกันทั้งปริมาณและชนิด
5. ผลของการเก็บรักษาและการเตรียมการพืช อายุของพืช และการเก็บรักษาของพืช (Effect of preserving and processing process) ในการทำให้พืชแห้งบางครั้งอาจทำให้ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชสมุนไพรเสียไป เช่น Thyme สดมีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้แต่ถ้าตัวอย่างแห้ง ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยานี้จะหมดไป [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.3 การเก็บตัวอย่างพืช

การเก็บตัวอย่างพืชควรคำนึงถึงชนิดพืช อายุพืช ฤดูกาลที่เก็บพืช ระยะเวลาและส่วนต่างๆ ของพืชที่เก็บ ชนิดของพืชเลือกเอาชนิดที่มีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช อายุควรศึกษาว่าอายุ ของพืชแต่ละชนิดอายุเท่าใดจึงจะได้สารพิษออกมามากสุด ฤดูกาลต่างๆ เช่น พืชบางชนิดให้ สารพิษมากในฤดูแล้ง บางชนิดได้ปริมาณสารพิษมากในฤดูฝน และระยะเวลาในการเก็บพืชก็มี ความสำคัญเช่นกัน เช่น พวกน้ำมันหอมระเหยควรเก็บในตอนเช้าก่อนพระอาทิตย์ขึ้น [7]

2.1.5.4 การเตรียมสารสกัด

เนื่องจากสารประกอบในพืชมีมากมายหลายชนิด และมีคุณสมบัติแตกต่างกันมาก การ เลือกตัวทำละลายที่จะได้สารทุกกลุ่มที่ต้องการจึงทำได้ยาก นอกจากนี้ยังมีปัญหาที่สารหลายชนิด อยู่ปนกัน อาจเกิดการจับกันอย่างหลวมๆ ทำให้การละลายของสารแตกต่างออกไปจากคุณสมบัติใน การละลายของสารแต่ละชนิดจะพบบ่อยๆ ว่าสารที่แยกจากตัวทำละลายชนิดหนึ่ง เช่น น้ำ เมื่อแยก เป็นสารบริสุทธิแล้วกลับไม่ละลายในน้ำอย่างซาโปนินหรือสารที่มีคุณสมบัติเป็น Wetting agent จะ ช่วยทำให้เกิด Micelle ทำให้การละลายของสารที่ไม่มีขั้ว สามารถผสมกับน้ำได้มากขึ้น ดังนั้นจึง เป็นการยากที่จะหาตัวทำละลายที่สมบูรณ์สามารถสกัดสารได้ทุกชนิดดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการ ทดลองผิดพลาดจึงมีผู้แนะนำให้สกัดสารโดยใช้ตัวทำละลายหลายๆ ชนิดแต่การที่ใช้ตัวทำละลายหลายๆชนิดอาจทำให้เสียเวลา บางคนจึงนิยมใช้ตัวทำละลายชนิดเดียว คือ แอลกอฮอล์ หรือ ส่วนผสมแอลกอฮอล์และน้ำ เนื่องจากละลายได้ทั้งสารมีขั้วและไม่มีขั้ว อัตราส่วนที่ได้ผลดีคือ แอลกอฮอล์ 80% อาจเป็นเมทานอล หรือเอทานอลก็ได้แม้ว่าจะไม่ใช่ตัวทำละลายที่ดีที่สุดในกลุ่ม แต่ก็สามารถสกัดได้มากกลุ่มและจำนวนมากพอที่จะตรวจสอบเบื้องต้น [7]

2.1.5.5 การเลือกใช้ตัวทำละลาย

ในการสกัดจะได้ผลดีหรือไม่อยู่ที่การคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม ตัวทำละลายที่ดีควร มีคุณสมบัติดังนี้ [7]

1. เป็นตัวทำละลายที่ละลายสารที่เราต้องการสกัดได้ดี
2. ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป
3. ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด
4. ไม่เป็นพิษ
5. ราคาพอสมควร

ในการเลือกใช้ตัวทำละลายเราอาศัยหลักเกณฑ์ต่อไปนี้คือ

1. สารละลายและตัวทำละลายมีคุณสมบัติความมีขั้วคล้ายกัน
2. ละลายสารที่ต้องการออกมามากที่สุดในขณะที่ละลายสารที่ไม่ต้องการออกมาน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แรง (Force) แรงที่เกี่ยวข้องในการละลาย

2.1.5.6 ตัวทำละลายที่ใช้บ่อย

1. คลอโรฟอร์ม เป็นตัวทำละลายที่ดีแต่มี Selectivity น้อยเกิด Emulsion ง่าย ถ้าใช้สารสกัด ซึ่งเป็นด่างแก่อาจจะสลายตัวให้กรดเกลือ

2. อีเธอร์มีอำนาจในการละลายน้อยกว่า คลอโรฟอร์ม แต่มี Selectivity ดีกว่าคลอโรฟอร์ม ข้อเสียคือระเหยง่ายระเบิดง่ายเกิด Oxide ได้ง่ายและดูดน้ำได้ดีมาก

3. เฮกเซน เหมาะสำหรับพวกสารที่ไม่มีขั้ว มักใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับขจัดไขมัน สมุนไพรข้อดีคือราคาถูก

4. แอลกอฮอล์ที่ใช้มากคือเมทานอลและเอทานอลเป็น All-purpose solvent เนื่องจากมีอำนาจในการทำลายกว้างมากและยังใช้ทำลายเอนไซม์ในพืชด้วย [7]

2.1.5.7 การสกัดสารสำคัญจากพืช

การสกัดสารสำคัญจากพืชอาจทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดของสารสกัดคุณสมบัติของสาร ในการทนต่อความร้อน ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัด วิธีเหล่านี้ได้แก่ [7]

1. มาเซอเรชัน (Maceration) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชโดยวิธีหมักพืชกับตัวทำละลายในภาชนะที่ปิดเช่น ขวดปากกว้างขวดรูปชมพู่หรือโถโดยนำตัวอย่างพืชที่บดละเอียดเติม น้ำหรือตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพดีในการสกัดพืชแล้วแต่อัตราส่วนตามที่ต้องการ ทิ้งไว้ 12-24 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้นแต่ไม่เกิน 2 วัน หรือพืชบางชนิดที่ทิ้งไว้ 7 วัน เมื่อครบกำหนดเวลาทำการกรองเอาสารสกัดออก พยายามบีบเอาสารละลายออกจากกาก (Marc) ให้ มากที่สุด วิธีนี้มีข้อดีที่สารไม่ถูกความร้อน แต่เป็นวิธีที่เปลืองตัวทำละลายมาก

เนื่องจากกระบวนการสกัดโดยวิธีการหมักช้าจึงมีผู้ดัดแปลงใช้ Mixer หรือ Homoginizer มาช่วยทำให้เซลล์พืชแตกออกการสกัดจึงเร็วขึ้น เรียกวิธีการสกัดนี้ว่า Vortical (turbo) extraction โดยใช้ความถี่ที่มีความสูงเกิน 20,000 Hz แต่การใช้เสียงช่วยในการสกัด อาจทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงของน้ำไปเป็น Peroxide ซึ่งอาจมีผลต่อสารที่สกัดและยังอาจทำให้เกิดการ oxidation ต่อสารโดยตรง เพราะขณะที่ใช้ Ultrasound จะเกิดช่องว่างและมีอากาศเข้าไปแทรกในตัวทำละลาย นอกจากนี้ยังอาจเพิ่มความเร็วในการสกัดโดยเพิ่มอุณหภูมิแต่ต้องระวังการสลายตัวของสารสำคัญ

2. เพอร์โคเลชัน (Percolation) เป็นวิธีการสกัดสารแบบต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Percolator นำสมุนไพรมาหมักกับตัวทำละลายพอชื้น ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้พองตัวเต็มที่แล้วค่อยบรรจุผงยาทีละน้อย เป็นชั้นลงใน Percolator เติมตัวทำละลายลงไปให้ระดับตัวทำละลายสูงเหนือ สมุนไพร ประมาณ 0.5 เซนติเมตรเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจึงเริ่มเอาสารสกัดออกคอยเติมตัวทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลาย เหนือสมุนไพรอย่าให้แห้ง เก็บสารสกัดจนสารสกัดสมบูรณ์บีบกากเอาสารสกัดออกมาให้มากที่สุด นำเอาสารสกัดที่ได้ไปกรอง

3. การสกัดแบบต่อเนื่อง (Continuous extraction) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญทำนองเดียวกับ เพอร์โคเลชัน แต่ต้องใช้ความร้อนเข้าช่วยและใช้ซอกซ์เลตเอกซ์แทรกเตอร์ (Soxhlet extractor) ใน ระบบปิด โดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ ทำได้โดยใช้ความร้อน ทำให้ตัวทำละลายใน Flask ระเหยตัวขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมาใน Thimble ซึ่งบรรจุตัวอย่างไว้เมื่อตัวทำละลายใน Extracting chamber สูงถึงระดับ จะเกิดการลักน้ำ สารสกัดจะไหลกลับลงใน Flask ด้วยวิธีการลักน้ำ Flask นี้จะ ได้รับความร้อนจาก Hesting mantle หรือหม้ออังไอน้ำ ตัวทำละลายจึงระเหยขึ้นไปทิ้งสารสกัดไว้ ใน Flask ตัวทำละลายเมื่อกระทบ Condenser จะกลั่นตัวกลับลงมาเป็นสารสกัดใหม่วนเวียนเช่นนี้ จนกระทั่งสารสกัดสมบูรณ์การสกัดวิธีนี้ใช้ความร้อน อาจทำให้สารเคมีบางชนิดสลายตัววิธีการนี้ ใช้ได้ผลดีกับตัวอย่างที่เป็นผงบดละเอียด วิธีการสกัดแบบต่อเนื่องนี้เหมาะสมสำหรับการสกัดองค์ประกอบที่ทนต่อความร้อนและ ใช้น้ำยาสกัดน้อย ไม่สิ้นเปลืองแต่มีข้อเสียคือไม่เหมาะที่จะใช้กับองค์ประกอบที่ไม่ทนความร้อน และน้ำยาสกัดที่ใช้ไม่ควรเป็นของผสม เพราะจะเกิดการแยกของตัวทำละลายแต่ละชนิดเนื่องจากมี จุดเดือดต่างกัน จะมีผลให้สัดส่วนของน้ำยาสกัดแตกต่างไปจากเดิม และผลของน้ำยาสกัดไม่ดีเท่าที่ คาดเอาไว้

4. การสกัดน้ำมันหอมระเหย (Extraction of volatile oil) มีหลายวิธีเลือกใช้ตามความ เหมาะสมของพืชที่ใช้

4.1 การกลั่น (Distillation) ในทางอุตสาหกรรมมี 3 วิธีคือ

- การกลั่นโดยใช้น้ำ (Water distillation) ใช้กับพืชแห้งเมื่อไม่ถูกทำลายเมื่อต้มเนื่องจากพืชที่นำมากลั่นจะแช่อยู่ในน้ำเดือดทั้งหมดตลอดระยะเวลาการกลั่น วิธีนี้ใช้กลั่นน้ำมันจาก เปลือกไม้ เช่น กลั่นน้ำมันสน (Turpentine oil) จากยางสน

- การกลั่นโดยใช้น้ำและไอน้ำ (Water and steam distillation) วิธีการนี้ใช้ในการ สกัดสารออกฤทธิ์ที่มีคุณสมบัติสามารถละลายและระเหยออกมาพร้อมไอน้ำ เช่น พวกน้ำมันหอม ระเหย การสกัดทำโดยต้มน้ำให้เดือด แล้วนำไอน้ำจากน้ำเดือดที่มีกำลังดันสูงซึ่งปรับได้คงที่ ตลอดเวลา ผ่านไปในตัวอย่างพืชที่บดละเอียดสารที่มีอยู่ในพืชที่สามารถละลายได้ในไอน้ำ จะละลายออกมาพร้อมกับไอน้ำแล้วผ่านเข้าสู่ท่อทำความเย็น ไอน้ำจะจับตัวอย่างควบแน่นแล้วละลายเป็นหยดน้ำไหลลงสู่ภาชนะรองรับ นำสารละลายหรือชั้นของน้ำมันหอมระเหยมาทำให้บริสุทธิ์ การกลั่นวิธีนี้สะดวกที่สุดและใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตน้ำมันในทางการค้า

- การกลั่นโดยใช้ไอน้ำ (Steam distillation) วิธีนี้ใช้กับพืชสด เช่น สะระแหน่โดย นำพืชสดมาวางบนตะแกรง แล้วผ่านไอน้ำเข้าไปโดยตรง โดยไม่ต้องมีการหมักพืชด้วยน้ำก่อน จัดเป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็วและใช้ค่าใช้จ่ายน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การบีบหรือการอัด (Expression) ใช้กับน้ำมันหอมระเหยที่ใช้วิธีกลั่นไม่ได้ เนื่องจากถูก ทำลายได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน เช่น น้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้ม ได้แก่ น้ำมันผิวมะนาว (Lemon oil) น้ำมันผิวส้ม (Orange oil)

การบีบที่นิยมคือวิธีเอกคิวเอล (Ecuelle method) ซึ่งใช้กับน้ำมันหอมระเหยจาก พืชตระกูลส้ม (Citrus oil) โดยเอาผลไปบีบบนรางที่มีเข็มแหลมๆอยู่ เข็มต้องยาวพอที่จะแทงผ่าน ผนังชั้นนอก (Epidermis) เพื่อให้ต่อมน้ำมันแตกออก น้ำมันจะหยดลงไปในรางซึ่งเก็บน้ำมันได้

4.3 วิธีเอ็นฟอยเรนซ์ (Enfleurage) ใช้กับน้ำมันหอมระเหยของกลีบดอกไม้ต่างๆ เป็นวิธีที่ เก็บความหอมได้ดีแต่ก่อนใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำหอม (Perfume) วิธีนี้จะใช้ไขมัน (Fat) หรือ น้ำมันไม่ระเหย (Fixed oil) ที่ไม่มีกลิ่นเป็นตัวดูดซับ ส่วนใหญ่ใช้ไขมันวัว (Beef tallow) ร้อยละ 40 กับไขมันหมู (Lard) ร้อยละ 60 โดยนำตัวดูดซับมาแผ่เป็นแผ่นบางๆ แล้วเอากลีบดอกไม้มาวางเรียง บนตัวดูดซับนาน 24 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนกลีบดอกไม้ใหม่ ทำเช่นนี้เรื่อยๆ จนตัวดูดซับดูดซับเอา น้ำมันหอมระเหยมากพอจึงเอาตัวดูดซับมาสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยออกด้วยแอลกอฮอล์

4.4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Extraction with solvent) ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) อาจใช้ตัวทำละลายอื่น เช่น แอซีโทน (Acetone) เมทานอล (Methanol) เป็นต้น วิธีนี้จะควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการกลั่นที่ต้องใช้อุณหภูมิสูง ทำให้องค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงและมีกลิ่นผิด ไปจากธรรมชาติได้จึงนำวิธีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายนี้มาใช้ในทางอุตสาหกรรม แต่ต้นทุนการ ผลิตสูงกว่าการกลั่น

5. การสกัดด้วยของเหลวสองชนิด (Liquid-liquid extraction) เป็นการสกัดสารจาก สารละลายซึ่งเป็นของเหลวในตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งซึ่งไม่ผสมกับตัวทำละลายชนิดแรก เช่น การแยกเทอเชียรีแอลคาลอยด์ (Tertiary alkaloid) ออกจากควาเทอนารีแอลคาลอยด์ (Quaternary alkaloid) ในสภาพแอลคาลอยด์อิสระ (Free alkaloid) เทอเชียรีแอลคาลอยด์ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ ดังนั้นถ้าเติมแอลคาลอยด์ทั้งสองในสภาพเกลือจะละลายอยู่ในน้ำ เมื่อทำให้น้ำยา เป็นด่าง เทอเชียรีแอลคาลอยด์จะเปลี่ยนเป็นแอลคาลอยด์อิสระซึ่งไม่ละลายน้ำ หากสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์จะได้เทอเชียรีแอลคาลอยด์ในชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์ ส่วนควาเทอนารีแอลคาลอยด์ยังคงอยู่ในชั้นน้ำ ซึ่งสามารถแยกแอลคาลอยด์ทั้งสองออกได้ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- Extraction lighter คือ ตัวทำละลายที่ใช้ตัวสกัดเบากว่าตัวทำละลายที่ใช้ละลายสาร

- Raffinate lighter คือ ตัวทำละลายที่ใช้ตัวสกัดหนักกว่าตัวทำละลายที่ใช้ละลายสาร

6. การสกัดด้วยสารเคมีโดยวิธีแยกชั้น (Partition) การสกัดแบบนี้มักจะใช้สำหรับตัวอย่าง พืชสกัดโดยนำมาหั่นเป็นท่อนสั้นๆ ปั่นกับน้ำยาเคมีในเครื่องปั่น (Blender) แล้วกรองผ่านกระดาษ กรอง สารละลายที่ได้นำมาสกัดด้วยน้ำยาอีกชนิดหนึ่งเพื่อทำให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การสกัดน้ำมันพืช การสกัดน้ำมันพืชจากเมล็ดพืชอาจทำได้โดยใช้ความร้อนหรือไม่ใช้ ความร้อนก็ได้การบีบโดยใช้ความร้อนจะได้น้ำมันมากกว่าแต่จะบริสุทธิ์น้อยกว่าเครื่องมือที่ใช้บีบ น้ำมันทางอุตสาหกรรม ที่นิยมกันคือเครื่องบีบชนิดเกลียว เมื่อหมุนเกลียวเข้าไปจะเกิดแรงกดทำ ให้เมล็ดพืชแตกออกให้น้ำมันไหลออกมาทางหนึ่ง ส่วนกากจะไหลออกอีกทางหนึ่งกากที่ได้จากการบีบนี้จะมีน้ำมันค้างอยู่ 2-4% ในทางอุตสาหกรรมจึงมักจะนำไปสกัดด้วยตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซนอีกครั้งหนึ่ง

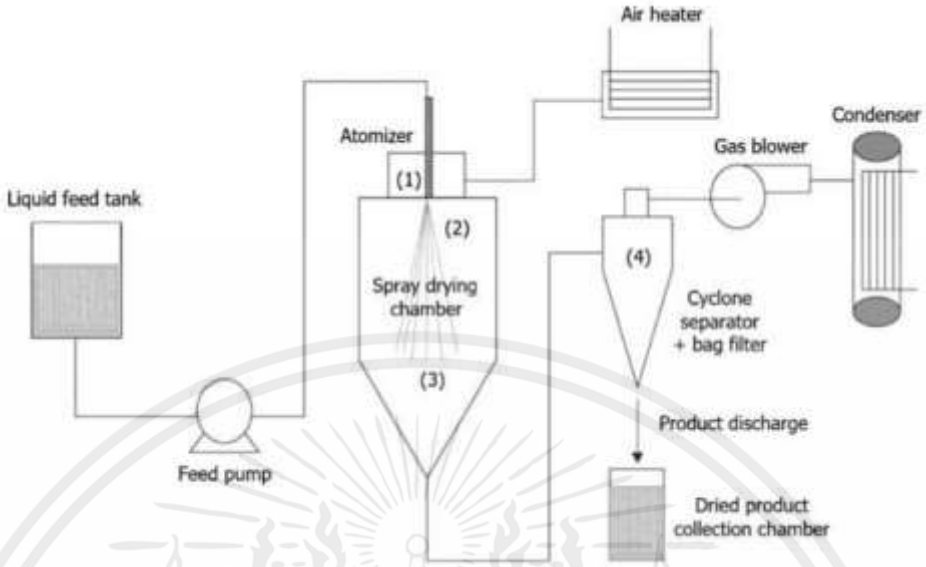
8. Extraction by Thermomicrodistillation เป็นการสกัดสารโดยใช้เครื่องมือ Thermomicro Analysis and Separtion Ovens (TAS oven) เป็นการสกัดสารขนาดน้อยมาก นำสารใส่ลงใน cartridge ซึ่งข้างหนึ่ง seal อีกข้างหนึ่งเป็น capillaries เมื่อใส่เข้าไปใน oven ความร้อนจะทำให้สารระเหย หรือระเหยออกมาทาง capillaries รองรับสารที่ระเหยหรือระเหิดออกมาด้วยแผ่น TLC แล้ว นำไปตรวจสอบอีกทีหนึ่ง

2.2 การทำแห้งแบบพ่นฝอย

กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นกระบวนการที่มักนิยมในอุตสาหกรรมเคมีและอาหาร เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการอบแห้ง และใช้ในการผลิตผงผลิตภัณฑ์โดยการระเหยน้ำออกจากสารละลายของเหลว ไม่ว่าสารละลายจะเป็นสารแขวนลอยหรือสารเนื้อเดียวก็สามารถกำจัดน้ำในสารละลายนั้นได้ และยังเป็นวิธีการถนอมอาหารให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น ง่ายต่อการจัดเก็บและขนส่ง การทำแห้งแบบพ่นฝอยจะเปลี่ยนรูปวัตถุดิบที่เป็นของเหลวให้เป็นผงแห้ง ด้วยการฉีดละอองของเหลวให้กระจายตัวในถังอบลมร้อน เมื่อละอองเหล่านั้นได้รับความร้อนก็จะระเหยกลายเป็นผง กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยนี้สามารถลดขนาดและปริมาตรของของเหลวได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ นิยมใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เคมีและอาหารต่างๆ เช่น ผงยาสมุนไพร โปรตีนเพิ่มน้ำหนัก นมผง อาหาเสริมของเด็ก เป็นต้น [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 หลักการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย



รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย [8]

หลักการทำงานของการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะเริ่มจากการดูดอากาศเข้าสู่ตัวกรองและตัวทำความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศและส่งเข้าสู่ห้องอบแห้ง ส่วนวัตถุดิบที่เป็นของเหลวจะถูกดูดโดยปั๊มและส่งไปยังหัวฉีดเพื่อสร้างละอองฝอยในห้องอบแห้ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของละอองฝอยจะอยู่ในช่วง 10-300 ไมโครเมตร ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรมากขึ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการถ่ายโอนมวลและความร้อน เมื่อละอองฝอยสัมผัสกับลมร้อนจะเกิดการระเหยของน้ำในละอองฝอยอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่ากระเปาะเปียกเล็กน้อยและได้ผงผลิตภัณฑ์ขนาดระดับไมโคเมตร จากนั้นจะแยกอากาศร้อนกับผงผลิตภัณฑ์ด้วยไซโคลน และผงผลิตภัณฑ์จะตกลงภาชนะเก็บสาร [8]

2.2.2 การถ่ายโอนมวลและความร้อน

การถ่ายโอนความร้อนโดยทั่วไป คือ การเพิ่มความร้อนของของเหลวที่ถูกขับเคลื่อนด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่ผิวของของเหลวกับอากาศร้อน โดยสมการที่ 2.1 แสดงถึงการทำความร้อนของของเหลว [8]

$$\frac{dT}{dt} = hA(T_{air} - T_{droplet}) - \frac{dm}{dt}\Delta H_{evap} \qquad (2.1)$$

โดยที่ dT/dt คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ($K \cdot s^{-1}$)

h คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อน ($Wm^{-2} \cdot K^{-1}$)

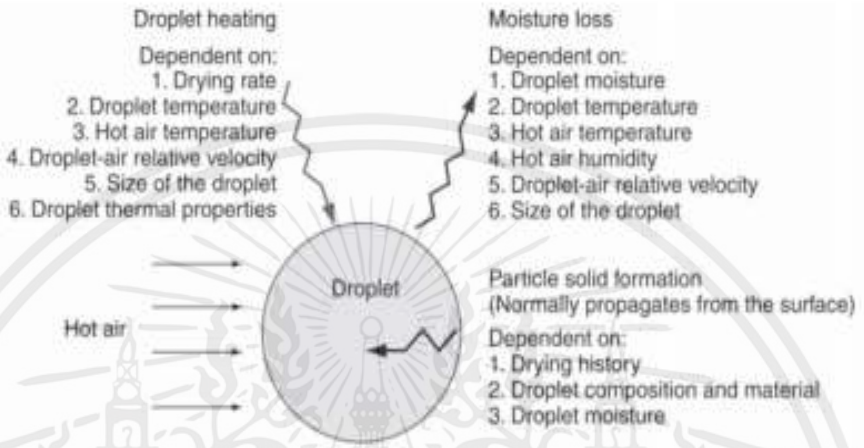
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A คือ พื้นที่ผิวของหยดสารละลาย (m^{-2})

$(T_{air}-T_{droplet})$ คือ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับหยดสารละลาย (K)

dm/dt คือ มวลของน้ำที่ระเหยต่อหนึ่งหน่วยเวลา ($kg{\cdot}s^{-1}$)

ΔH_{evap} คือ ความร้อนแฝงของงการระเหย ($kJ{\cdot}kg^{-1}$)



รูปที่ 2.3 การถ่ายโอนความร้อน มวล และดระบวนการแข็งตัวในการทำแห้งแบบพ่นฝอย [8]

การถ่านโอนมวลของการกำจัดน้ำออกจากของเหลว อาศัยความแตกต่างของความเข้มข้นของไอที่ผิวของของเหลวและความเข้มข้นของไอบริเวณรอบๆ ความชื้นของอากาศร้อนจะมีผลต่อความชื้นที่หายไปในของเหลวอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นสมการที่ 2.2 จะแสดงการถ่ายโอนมวล [8]

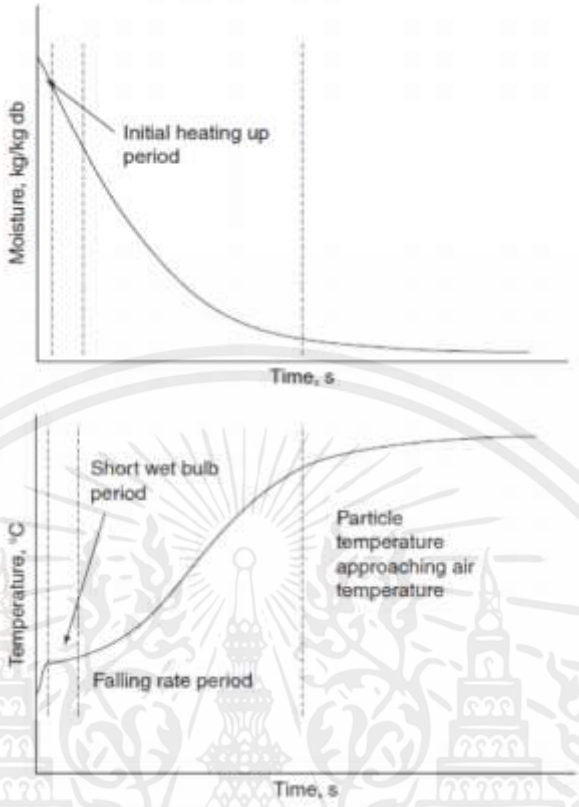
$$\frac{dm}{dt} = h_m A(\rho_{droplet.surface} - \rho_{air}) \quad (2.2)$$

โดยที่ h_m คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวล ($m{\cdot}s^{-1}$)

$(\rho_{droplet.surface} - \rho_{air})$ คือ ความแตกต่างของความเข้มข้นของไอ ($kg{\cdot}m^{-3}$)

การถ่ายโอนมวลไม่มีการตั้งสมมติฐานว่าความชื้นภายในและภายนอกของของเหลว โดยการกระจายตัวของความชื้นจะเกิดจากอัตราการสูญเสียความชื้นสูง เกี่ยวข้องกับการแพร่ความชื้นภายในของเหลว จากสมการที่ 2.1 และ 2.2 เมื่อของเหลวได้รับความร้อนสูง และความชื้นที่พื้นผิวลดลงอย่างรวดเร็ว ขนาดของของเหลวจะเล็กลงเนื่องจากความชื้นที่หายไป อัตราการถ่านโอนมวลและความร้อนจะถูกทำให้ช้าลง [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น อุณหภูมิและเวลา [8]

อุณหภูมิในช่วงที่ได้รับพลังงานความร้อนจะเท่ากับการสูญเสียความร้อนแฝงจากการระเหยของความชื้น อุณหภูมินี้จะอธิบายได้ว่าเป็นอุณหภูมิของกระเปาะเปียก จะมีการระเหยของความชื้นเล็กน้อย ของเหลวที่มีอุณหภูมิคงที่จะเสียความชื้นและเริ่มแข็งตัว จากนั้นความชื้นจะอยู่ที่บริเวณพื้นผิวเพื่อรักษาสมดุล และช่วงอัตราการทำแห้งลดลง จากการสูญเสียความชื้นน้อยลง ความชื้นในผงผลิตภัณฑ์จะสมดุลกับความชื้นในอากาศ อุณหภูมิของผงผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับอากาศ โดยรอบทำให้ผงผลิตภัณฑ์แห้ง อัตราการทำแห้ง คือ อัตราระเหยน้ำออกจากของเหลวต่อพื้นที่ผิวที่เกิดการรเหยต่อหน่วยเวลา จากสมการที่ 2.3 จะพบว่าอัตราการระเหยของของเหลวจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิว [10]

$$R = -\frac{1}{A}\frac{dm}{dt} \tag{2.3}$$

โดยที่ R คือ อัตราการแห้งหรืออัตราการระเหย ($kg/m^2 \cdot hr.$)

dm/dt คือ มวลของน้ำที่ระเหยต่อหนึ่งหน่วยเวลา ($kg \cdot s^{-1}$)

A คือ พื้นที่ผิวของหยดสารละลาย (m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งแบบพ่นฝอย

2.2.3.1 ลักษณะธรรมชาติของอาหาร

ลักษณะเป็นรูพรุน มีความพรุน (Porosity) มาก จะมีอัตราการทำแห้งแบบพ่นฝอยเร็วขึ้น เนื่องจากน้ำในอาหารจะเคลื่อนจากภายในออกสู่ภายนอกได้ง่าย และอาหารที่มีพื้นที่ผิวมาก อัตราการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากพื้นที่การระเหยของน้ำในวัตถุดิบเพิ่มมากขึ้น [8]

2.2.3.2 ขนาด รูปร่าง ปริมาตรและพื้นที่ผิวของอาหาร

เป็นสมบัติทางกายภาพของอาหารที่มีผลต่อการทำแห้งแบบพ่นฝอย อาหารที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากจะมีพื้นที่ระเหยของน้ำมากยิ่งขึ้น อัตราการทำแห้งก็จะเร็วขึ้น อาหารที่มีความหนามากจะทำแห้งได้ช้ากว่าอาหารที่มีความหนาน้อย เนื่องจากอัตราการทำแห้งเป็นส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร [8]

2.2.3.3 ปริมาณของอาหารที่นำมาทำแห้งแบบพ่นฝอย

อาหารที่นำมาทำแห้งแบบพ่นฝอยในปริมาณที่มากจะมีอัตราการทำแห้งที่ช้า เนื่องจากอากาศสัมผัสกับอาหารได้อย่างไม่ทั่วถึง จึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารได้ จึงทำให้กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยนั้นช้าลง [8]

2.2.3.4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมและความชื้นจำเพาะ (Specific humidity)

การระเหยของน้ำออกจากวัตถุดิบนั้นจะดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับความชื้นของอากาศและความเร็วของลม [8]

2.2.3.5 ความดันเกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำ

เนื่องจากในขณะที่ความดันต่ำลง น้ำจะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการทำแห้งแบบพ่นฝอยเร็วขึ้น [8]

2.2.4 ทฤษฎีการอบแห้งแบบพ่นฝอย

หลักการพื้นฐานของการทำแห้งแบบพ่นฝอยนั้น เมื่อของเหลวถูกฉีดเป็นละอองฝอยเข้าสู่ห้องอบแห้งแล้วสัมผัสกับลมร้อนภายในห้องอบแห้ง จะทำให้น้ำในของเหลวระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว จากนั้นผงผลิตภัณฑ์จะตกลงมาแล้วแยกออกจากลมร้อนภานในห้องอบแห้งสู่ภาชนะเก็บสาร กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้ [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.1 การทำให้ของเหลวกลายเป็นละออง (Atomization of feed)

กระบวนการนี้เป็นการทำให้ของเหลวเป็นละอองฝอย โดยใช้หัวฉีดในการทำละอองฝอยที่แตกต่างกัน การฉีดของเหลวให้เป็นละอองฝอยจะใช้หัวฉีดที่มีแรงดันจากปั๊มหรือแรงดันจากเครื่องอัดอากาศ และยังเป็นตัวควบคุมอัตราการไหลของของเหลว ขนาดของอนุภาคจะขึ้นอยู่กับชนิดของหัวฉีดและลักษณะการป้อน กระบวนการนี้มีผลต่อการระเหยของน้ำในวัตถุดิบ ส่งผลต่อผงผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นผิวของอนุภาคแตกต่างกัน เป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดในการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยหัวฉีดจะแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ [8]

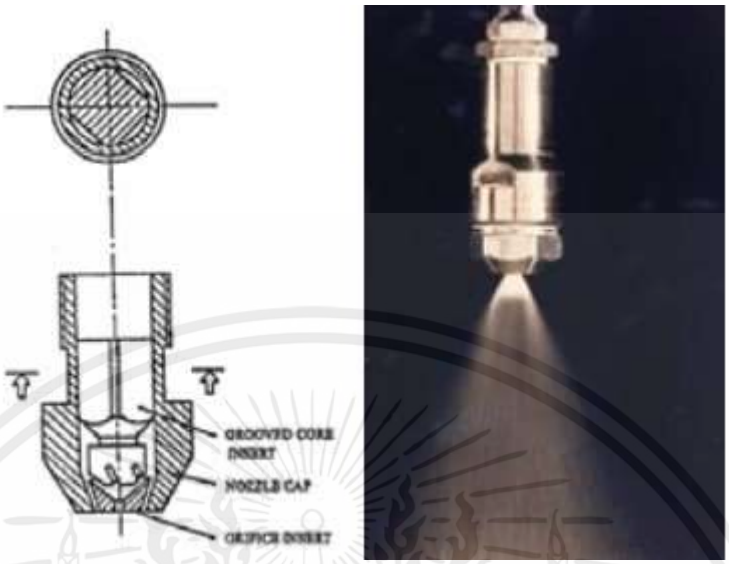
1. หัวฉีดแบบจานเหวี่ยง (Centrifugal atomizer หรือ Rotary atomizer)

รูปที่ 2.5 หัวฉีดแบบจานหมุน [8]

หัวฉีดแบบจานหมุนมีลักษณะเป็นจาน (Disk wheel) จะไหลลงบนจานหมุนใกล้กับจุดศูนย์กลาง จะมีความเร็วรอบประมาณ 5,000-60,000 รอบต่อนาที ของเหลวที่ตกลงบนจานหมุนจะถูกเหวี่ยงด้วยแรงหนีศูนย์กลางกระจายไปโดยรอบนูปของละอองฝอยขนาด 30-120 ไมโคร ขนาดของอนุภาคจะแปรผันตรงกับอัตราการไหล ความหนืดของของเหลวที่ป้อน จะแปรผกผันกับอัตราการหมุน และเส้นผ่านศูนย์กลางของจานหมุน การเพิ่มรอบของจานหมุนจะทำให้ขนาดของอนุภาคเล็กลง ข้อดีของหัวฉีดชนิดนี้ คือ สามารถเพิ่มอัตราการป้อนวัตถุดิบได้สูง ไม่มีปัญหาเรื่องการอุดตัน ข้อเสีย คือ สิ้นเปลืองพลังงานสูงกว่าชนิดอื่น และต้องใช้ห้องอบแห้งขนาดใหญ่เพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ติดข้างผนังของห้องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

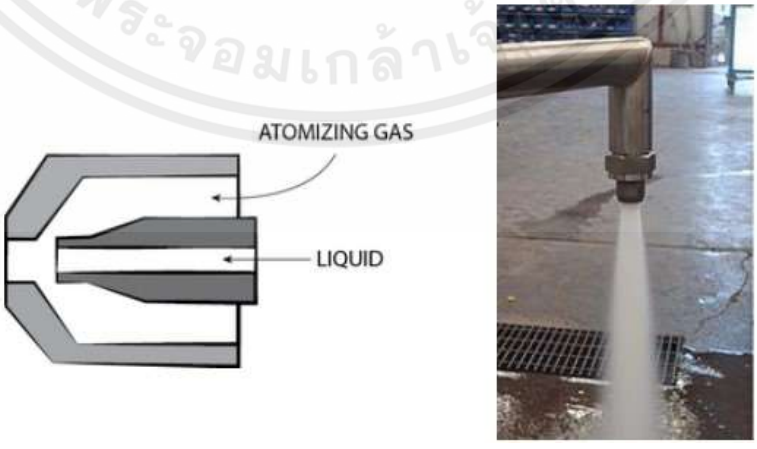
2. หัวฉีดแบบแรงดัน (Pressure nozzles หรือ Nozzle atomizer)



รูปที่ 2.6 หัวฉีดแบบแรงดัน [8]

หัวฉีดแบบแรงดันจะฉีดละอองฝอยผ่านรูขนาดเล็ก ใช้แรงดันสูงเพื่อให้ของเหลวที่ออกมามีลักษณะเป็นละอองฝอยขนาดเล็กโดยไม่ต้องใช้อากาศ ขนาดของอนุภาคจะอยู่ที่ 120-250 ไมครอน และจะแปรผันตรงกับขนาดของรูเปิด อัตราการไหล ขนาดของแรงดัน และความหนืดของของเหลว เมื่อเพิ่มแรงดันขนาดของผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีขนาดเล็กลง ข้อดีของหัวฉีดชนิดนี้ คือ สามารถใช้กับเครื่องทำแห้งที่มีอัตราการป้อนสูงและมีขอบเขตที่กว้างกว่าหัวฉีดชนิดอื่น

3. หัวฉีดแบบไหล 2 ชนิด (Two-fluid atomizer หรือ pneumatic atomizer)



รูปที่ 2.7 หัวฉีกแบบไหล 2 ชนิด [8]

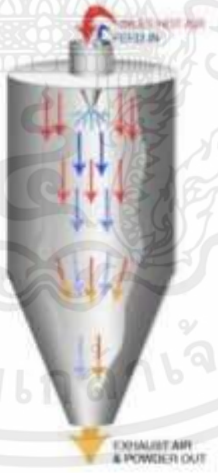
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวฉีดแบบไหล 2 ชนิดมีอากาศเข้ามาช่วยในการป้อนของเหลวให้กระจายในห้องอบแห้งโดยของเหลวและอากาสจะไหลผ่านหัวฉีดส่งผลให้ของเหลวแตกตัวเป็นละอองฝอยจากการที่อากาศไหลผ่านหัวฉีด การปรับอัตราการไหลของอากาศจะช่วยในการกระจายตัวของละอองฝอย ขนาดของอนุภาคจะแปรผันตามขนาดของหัวฉีด ความหนืดของวัตถุดิบ และอัตราส่วนระหว่างการไหลของอากาศกับการไหลของของเหลว ข้อดีของหัวฉีดชนิดนี้ คือ เหมาสำหรับของเหลวที่มีความหนืดสูง ข้อเสีย คือ สิ้นเปลืองพลังงานมากและได้ผงผลิตภัณฑ์ค่อนข้างน้อยในแต่ละกระบวนการ

2.2.4.2 การสัมผัสระหว่างละอองฝอยของเหลวกับลมร้อน (Spray-air contact)

ในกระบวนการนี้อนุภาคของของเหลวจะสัมผัสกับลมร้อนเพื่อให้น้ำที่อยู่ในของเหลวนั้นระเหยออกไป การสัมผัสระหว่างละอองฝอยกับลมร้อนจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของลมร้อน ซึ่งการกำหนดทิศทางของลมร้อนนั้นเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าทิศทางการไหลของลมร้อนเหมาะสมจะทำให้การถ่ายโอนความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการทำแห้งแบบพ่นฝอยในลักษณะขอของเหลวที่ต้องการทำแห้ง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ผงและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ การสัมผัสระหว่างละอองฝอยของของเหลวกับลมร้อนนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ [8]

1. การไหลแบบไปในทิศทางเดียวกัน (Co-current flow)



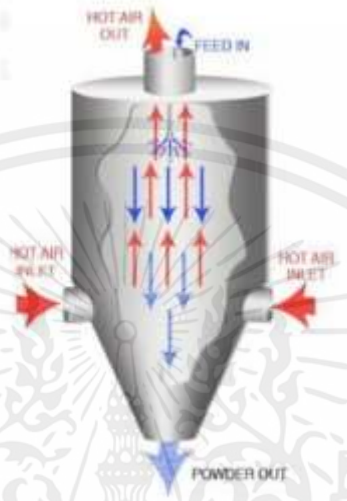
รูปที่ 2.8 การไหลแบบไปในทิศทางเดียวกัน [8]

ของเหลวและอากาศร้อนถูกป้อนเข้าห้องอบแห้งในลักษณะทิศทางเดียวกัน อุณหภูมิของลมร้อนจะลดลงระหว่างการทำแห้ง การไหลแบบนี้เหมาะกับของเหลวที่ไวต่อความร้อน ไม่สามารถทนความร้อนสูงได้ เพราะของเหลวจะสัมผัสกับลมร้อนสูงทำให้อุณหภูมิของของเหลวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ลมร้อนที่เสียความร้อนให้ของเหลวอุณหภูมิจะลดลง โดยมีการแลกเปลี่ยนความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนระหว่างอนุภาคของของเหลวกับลมร้อนแต่จะน้อยลงเรื่อยๆ เกิดจากความต่างของอุณหภูมิลดลง และการระเหยน้ำในของเหลวลดลง เพราะความชื้นของของเหลวกระจายไปกับลมร้อนทำให้การถ่ายโอนมวลลดลงเช่นกัน

2. การไหลแบบสวนทางกัน (Counter-current flow)

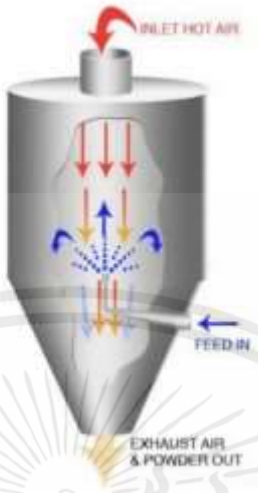


รูปที่ 2.9 การไหลแบบสวนทางกัน [8]

ของเหลวและลมร้อนจะไหลสวนทางกัน โดยของเหลวจะเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อยๆ มีการถ่ายเทความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่สามารถทนต่อความร้อนได้ดี การไหลแบบนี้ไม่นิยมในอุตสาหกรรมอาหารแต่ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทผงซักฟอกเนื่องจากของเหลวจะพ่นลงมาจากด้านบนและลมร้อนที่พ่นมาจากทางด้านล่างทำให้ละอองฝอยสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นและอุณหภูมิต่ำจึงทำให้น้ำระเหยออกได้ง่าย การไหลแบบนี้จะมีการถ่ายโอนมวลและความร้อนมากกว่าการไหลแบบไปในทิศทางเดียวกัน จึงทำให้สามารถระเหยน้ำออกจากของเหลวได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การไหลแบบผสม (Mixed flow)



รูปที่ 2.10 การไหลแบบผสม [8]

การไหลแบบผสมลมร้อนจะป้อนเข้าสู่ทั้งด้านบนและด้านล่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำแห้ง ของเหลวและลมร้อนจะไหลไปในทิศทางเดียวกันและสวนทางกันพร้อมๆกัน ของเหลวที่อยู่ส่วนกลางของห้องอบแห้งจะไหลขึ้นสู่ด้านบนและมีลมร้อนไหลลงมา เมื่อถึงความสูงที่เหมาะสมของเหลวจะไหลตามลมร้อนลงสู่ด้านล่าง ซึ่งการไหลแบบนี้จะเกิดการถ่ายโอนมวลและความร้อนมาก แต่ไม่สามารถควบคุมได้อย่างเป็นระบบทำให้คุณสมบัติของการทำแห้งแบบนี้ค่อนข้างควบคุมได้ลำบาก

2.2.4.3 การระเหยของละอองฝอย (Evaporation stage)

ในการระเหยของน้ำออกจากของเหลวที่ถูกพ่นฝอยจะถ่ายเทความร้อนและมวล ความร้อนจะส่งผ่านกับอากาศด้วยวิธีการพาความร้อนจากลมร้อนไปยังละอองฝอยและน้ำที่อยู่ในของเหลวเมื่อได้รับความร้อนก็จะระเหยออกมา ผงผลิตภัณฑ์ที่แห้งก็จะไหลลงสู่ด้านล่างของห้องอบแห้ง โดยอัตราการระเหยของน้ำจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิของลมร้อน ความชื้นสัมพัทธ์หรือความดันไอและคุณสมบัติในการถ่ายเทของอากาศ ขนาดของอนุภาค อุณหภูมิของอนุภาค ความเร็วของลมร้อน การอบแห้งวิธีนี้จะใช้เวลาน้อยเนื่องจากสามารถระเหยน้ำได้อย่างรวดเร็ว เพราะพื้นที่ผิวของอนุภาคมาก [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.4 ขั้นตอนการแยกผลิตภัณฑ์แห้งออกจากอากาศ (Dry product recovery)

การแยกผลิตภัณฑ์ผงออกจากอากาศ ผงผลิตภัณฑ์ที่แห้งจะตกลงสู่ด้านล่างของห้องอบแห้งเนื่องจากมีน้ำหนักเบาและจะถูกดูดด้วยพัดลม (Blower) ส่งออกมาตามท่ออากาศร้อนขาออกโดยจะมีไซโคลนเป็นระบบที่มีความสามารถแยกผงผลิตภัณฑ์ออกจากอากาศร้อนสามารถแยกเอาอากาศกับอนุภาคของของแข็งออกจากกันได้โดยอาศัยแรงเหวี่ยง [8]

2.2.5 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

เครื่องทำแห่งแบบพ่นฝอยมีลักษณะพิเศษที่สามารถผลิตผงผลิตภัณฑ์ให้มีขนาดของอนุภาคที่มีลักษณะเฉพาะและปริมาณความชื้นของผงจะไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณความจุของเครื่องหรือความไวต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์ ลักษณะเฉพาะหรือคุณภาพของผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จะคงที่ตลอดกระบวนการผลิต โดยไม่ขึ้นกับระยะเวลาในการเดินเครื่อง การทำงานของเครื่องทำแห่งแบบพ่นฝอยมีความต่อเนื่องและใช้งานได้ง่าย สามารถดัดแปลงการทำงานให้ควบคุมแบบอัตโนมัติได้ทั้งหมดของกระบวนการและจะใช้เวลาในการตอบสนองต่อการสั่งการได้อย่างรวดเร็ว ใช้คนควบคุมเครื่อง 1 คน สามารถควบคุมเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยได้มากกว่า 1 เครื่อง การทำแห้งแบบพ่นฝอยใช้ได้กับวัตถุดิบที่ไวต่อความร้อนและวัตถุดิบที่ทนทานต่อความร้อน วัตถุดิบที่อยู่ในรูปสารละลายอิมัลชันกับรูปของแป้งเปียกหรือที่มีความหนืดที่เหมาะสมจะสามารถทำแห้งแบบพ่นฝอยในสภาวะที่ปลอดเชื้อ

กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยนี้มีต้นทุนในการติดตั้งสูงและมีขนาดค่อยข้างใหญ่กว่าเครื่องอบแห้งประเภทอื่น ทำให้การสร้างเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยมีราคาแพงแม้ว่าจะเป็นการอบแห้งประเภทพาความร้อนแค่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนยังต่ำกว่าเครื่องอบแห้งที่มีการสัมผัสกับอากาศโดยตรง นอกจากนี้ต้องใช้อุณหภูมิสูงมากในการทำแห้งหากวัตถุดิบที่ป้อนมีจุดหลอมเหลวสูงอากาศเสียที่ปล่อยออกมาก็จะมีปริมาณมากเช่นกัน จะประกอบด้วยความร้อนที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งมีผลในการจัดการความร้อนที่ออกจากอุปกรณ์ การแลกเปลี่ยนความร้อนจะใช้ความร้อนสูง อุปกรณ์จึงต้องมีการจัดการผงและอากาศอิ่มตัวหรืออยู่ในสภาวะใกล้อิ่มตัว จะต้องออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น [8]

2.3 สารช่วยทำให้แห้ง (Drying aids)

สารช่วยทำให้แห้งทำหน้าที่เป็นตัวขนส่งและกระจายองค์ประกอบบางส่วนในของเหลวซึ่งระเหยได้ง่ายหรือถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน เช่น รส สี กลิ่น หรือสารอื่นๆในของเหลวโดยจะจับและกักเก็บสารเหล่านั้นไว้ และเมื่อนำผงไปคืนรูปโดยการละลายน้ำ สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จะถูกปลดปล่อยออกมาทำให้ผงผลิตภัณฑ์หลังจากคืนรูปจะมีคุณสมบัติคล้ายกับวัตถุดิบก่อนที่จะนำมาอบแห้งนอกจากนั้นการอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นการที่น้ำระเหยออกจากอาหารเหลว ใช้พลังงานในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นที่แตกต่างไป จึงควรเพิ่มความเข้มข้นในอาหารเหลว ที่มาผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทำแห้งนี้ให้มีปริมาณของแข็งสูงขึ้น แต่การเพิ่มความเข้มข้นในอาหารเหลวจะส่งผลให้ มีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย ถ้าความหนืดในอาหารเหลวมากเกินไป ละอองฝอยของเหลวที่ออกจากหัวฉีด จะไม่มีคุณภาพ ปริมาณของแข็งทั้งหมดในอาหารเหลวผสมที่เหมาะสมกับการอบแห้งแบบพ่นฝอย ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร [8]

2.3.1 มอลโตรเด็กซ์ตริน (Maltodextrin)

มอลโทเด็กซ์ตริน คือคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ประเภท polysaccharide มีสูตรโครงสร้างคือ [(C6H10O5)nH2O] ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคสมีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวไม่มีรส หรือมีรสหวานเล็กน้อยสามารถละลายในน้ำได้ดีมอลโตเด็กซ์ตริน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์สตาร์ช (Starch hydrolysate) วัตถุดิบที่ใช้เพื่อผลิตมอลโตเด็กซ์ตริน คือ สตาร์ช (Starch) จากพืชต่างๆ เช่น สตาร์ชจากมันสำปะหลัง (Tapioca starch) สตาร์ชข้าวโพด (Corn starch) สตาร์ชมันฝรั่ง (Potato starch)

กรรมวิธีการในผลิตขั้นตอนแรก คือการเตรียมสารละลายสตาร์ช (Starch slurry) และให้ความร้อนจนเม็ดสตาร์ชเกิดการสุกแล้วจึงย่อยสตาร์ชให้มีโมเลกุลเล็กลง ทำได้โดยการใช้เอนไซม์อะไมเลส (Amylase) ชนิดแอลฟา–อะไมเลส แล้วจึงนำไปกรอง และทำให้บริสุทธิ์จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เข้มข้นและทำแห้งให้เป็นผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ประเภทของมอลโตเด็กซ์ตริน แบ่งได้ตามค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (Dextrose Equivalent DE) มอลโตเด็กซ์ทรินที่มีค่า Dextrose equivalent ต่ำมีค่าอยู่ระหว่าง 5-20 maltodextrin ที่มีค่า DE สูง แสดงว่าโมเลกุลของสตาร์ช ถูกย่อยได้น้ำตาลกลูโคสมาก จะมีความหวานมากกว่า maltodextrin ที่มีค่า DE ต่ำ โดยค่า DE ที่แตกต่างกันจะมีคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพที่แตกต่างกัน ในส่วนของค่าความสามารถในการละลาย ความหนืด เป็นต้น แต่การที่ค่า DE เหมือนกันไม่ได้แสดงผลว่าคุณสมบัติจะเหมือนกันขึ้นอยู่กับวิธีการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของสตาร์ช และอัตราส่วนของอะไมเลส (amylase) ต่ออะไมโลเพกทิน (amylopectin)

การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินในผลิตภัณฑ์อาหาร มอลโตเด็กซ์ตรินใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างขว้างขวาง ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน อาหารไขมันต่ำ ในผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ประเภทอาหารผง เช่นเครื่องดื่มผง เครื่องปรุงรสชนิดผง ใช้เป็นสารเติมแต่งในอาหารเพื่อสร้างความหนืด ป้องกันการ เกาะเป็นก้อน และมอลโตรเด็กซ์ตรินถูกใช้อย่างกว้างขวางในการเป็นสารช่วยเพิ่มความคงตัวหรือ ปริมาณของแข็งใน ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย เพื่อกักเก็บกลิ่นและป้องกันการ เกิดออกซิเดชัน มีลักษณะที่ไม่มีรถชาติ มีความหนืดต่ำ และสามารถละลายในน้ำเย็นได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 มอลโตรเด็กซ์ตริน [8]

มอลโตรเด็กซ์ตรินมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นในอากาศได้เป็นอย่างดีจึงทำให้เป็นตัวช่วยในการจับตัวเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ผงที่ผลิตได้ เนื่องจากมีโครงสร้างอสัญฐานซึ่งเป็นโครงสร้างที่ไม่แน่นอน โมเลกุลในสภาวะมีการจัดเรียงแบบไม่เป็นระเบียบ และมีรูพรุนจึงทำส่งผลให้สามารถดูดซับน้ำจากภายนอกได้ ซึ่งค่าการดูดความชื้นในอากาศของมอลโตเด็กซ์ตรินจะมีค่า 72-83 กรัมน้ำต่อ 100 กรัม ซึ่งเป็นค่าที่การดูดความชื้นในอากาศสูงมาก และในอนุภาคของแข็งที่มีกรรมวิธีการผลิตจากสารประกอบประเภทน้ำตาล โดยมากจะมีการเติมมอลโตรเด็กซ์ตริน เพื่อที่จะไปช่วยเพิ่มปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ [8]

2.3.1.1 ค่าสมมูลเด็กซ์โทรส

ค่าสมมูลเด็กซ์โทรส เรียกย่อว่า DE คือ ปริมาณร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) คิดเป็นปริมาณน้ำตาลเดกซ์โทรส (dextrose) ที่มีอยู่ในคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้ค่า dextrose equivalent (DE) แสดงถึงระดับการย่อยแป้ง (flour) หรือสตาร์ช (starch) ให้เป็นน้ำตาลกลูโคสหรือเด็กซ์โทรส โดยสตาร์ช (starch) มีค่า DE เท่ากับ 0 ขณะที่น้ำตาลกลูโคสมีค่า DE เท่ากับ 100 ตัวอย่างค่า DE ของคาร์โบไฮเดรตบางชนิด เช่น มอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin) มีค่า DE น้อยกว่า 20 เป็นต้น

ค่า Dextrose equivalent ใช้เป็นข้อกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากการย่อยแป้งให้มีโมเลกุลเล็กลง (starch hydrolysis) ซึ่งใช้เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) โดยจะไม่นิยมกำหนดค่าความหวานแต่จะกำหนดเป็นค่า DE แทน ค่า DE สูงกว่าแสดง ว่าผลิตภัณฑ์มีความหวานมากกว่าค่า DE ของน้ำเชื่อมกลูโคสหมายถึง ปริมาณน้ำตาลเด็กซ์โทรส (dextrose ซึ่งคือ D-glucose) ที่มีอยู่ในน้ำเชื่อมกลูโคสทั้งหมด โดยน้ำหนักแห้ง หากสตาร์ช (starch) ถูกไฮโดรไลซ์เป็นน้ำตาลกลูโคสมาก จะทำให้ได้น้ำเชื่อมกลูโคสที่มีค่า DE สูงจะมีการเกิดสีน้ำตาล ได้ง่าย สามารถดูดความชื้นได้ดีมากขึ้น ละลายได้ดียิ่งขึ้น และยังมีรสชาติหวานที่มากขึ้นด้วย ในขณะเดียวกัน ค่า DE ต่ำจะมีมวลโมเลกุลสูงขึ้น เมื่อนำมาละลายน้ำความหนืดจะเพิ่มมากขึ้นจับตัว กันเป็นก้อนได้ง่าย [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วีรพงษ์ [1] ได้ทำการศึกษาปัจจัยการผลิตน้ำใบย่านางผงด้วยการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำสกัดใบย่านาง จากนั้นทำการศึกษาอุณหภูมิลมร้อน ทางขาเข้าที่เหมาะสมในการอบแห้งแบบพ่นฝอย 3 ระดับ คือ 140 160 และ 180 องศาเซลเซียส พบว่าสัดส่วนใบย่านาง และน้ำที่ใช้ในการสกัดที่ 1:20 หลังการทำอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นสัดส่วนที่ ให้ปริมาณผลผลิตของผง และมีคุณภาพที่ดีที่สุด และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เหมาะสม คือ 160 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ปริมาณผลผลิตคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีหลังจากการคืนรูปยังอยู่ ในช่วงที่ยอมรับได้ และมีคุณภาพที่ดีลักษณะใกล้เคียงกับน้ำคั้นสดใบย่านาง ทางด้านสัดส่วนที่ เหมาะสมของสารช่วยทำแห้งในการผลิตน้ำใบย่านางผงโดยการทดลอง Mixture Design แบบ Simplex Lattice Design โดยมีตัวแปร 3 ชนิด คือความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ตริน (X1 : 0-30%) ความเข้มข้นของสตาร์ชดัดแปร (X2 : 0-30%) และความเข้มข้นของกัมอะราบิก (X3 : 0-30%) โดยมีปัจจัยตอบสนองที่ สนใจคือ ปริมาณผลผลิต ค่าวอเตอร์แอคติวิตี ปริมาณความชื้น ค่าสี (L* a* b*) ความหนืด และความสามารถในการละลาย โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำใบ ย่านางผง คือการใช้ความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ตริน 26 กรัม และความเข้มข้นของกัมอะราบิก 4 กรัม ในน้ำใบย่านาง 100 กรัม

หนูเดือน และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปุยฝ้ายที่เติมผงสีมะนาวโห่ที่มีมอลโตเด็กซ์ตรินต่างกันในการทดแทนสีผสมอาหาร โดยใช้ระดับมอลโตเด็กซ์ตรินต่างกันที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 13 และ 16 โดยน้ำหนัก ทำการเติมผงสีมะนาวโห่ลงในขนมปุยฝ้ายร้อยละ 15 ของน้ำหนักแป้ง ผลการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ พบว่าขนมปุยฝ้ายที่เติมผงสีมะนาวโห่มอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 10 มีค่าความสว่างต่ำที่สุด เนื่องจากการใช้มอลโต เด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อความเข้มสีของผลิตภัณฑ์ลดลงแตกต่างกัน มีปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.92–0.93 พบว่าความเข้มข้นของมอลโตรเด็กซ์ตรินจึงมีผลต่อปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์น้อย มาก การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินในกระบวนการทำแห้งในปริมาณที่สูงขึ้นจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้น ต่ำลง เพราะมีความสามารถช่วยลดคุณสมบัติการดูดความชื้นเข้าหาตัวผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามขนม ปุยฝ้ายที่เติมผงสีมะนาวโห่มอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 13 มีค่าความแข็งและค่าพลังงานในการเคี้ยวสูง ที่สุด โดยการเติมมอลโตรเด็กซ์ตรินในผงสีมะนาวโห่ร้อยละ 10 ขนมปุยฝ้ายมีค่าความเหนียวติดกันต่ำ ที่สุด นอกจากนี้การเติมมอลโตเด็กซ์ตรินลงในผงสีมะนาวโห่ร้อยละ 16 พบว่าขนมปุยฝ้ายมีค่าความยืดหยุ่นและค่าความเกาะติดกันสูงที่สุดซึ่งเป็นสภาวะที่ให้ปริมาณผลผลิตสีสูงสุดในขณะเดียวกัน การเพิ่มมอลโตเด็กซ์ตรินส่งผลให้ความเข้มสีของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะ มีความเหนียว ความยืดหยุ่น การเกาะติด และพลังงานในการเคี้ยวสูงขึ้น

Shirlyanne Ferreira et al. [9] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และสารต้านอนุมูล อิสระของการอบแห้งแบบพ่นฝอยแป้งเมล็ดมะม่วง โดยศึกษาคุณสมบัติของแป้งที่สกัดได้จากกาก เมล็ดมะม่วงหลังจากผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย การทดลองมีปัจจัยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางขาเข้าอัตราการไหลและความดัน ผลการวิจัยพบว่าการอบแห้งที่ต่ำกว่า 6% ของความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มผลผลิตของกระบวนการ และอาจทำให้เกิดการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลส–ไขมันเชิงซ้อน จาก FTIR พบว่ามีสายโซ่สั้นของอะมิโลเพกตินสูงซึ่งอาจลดอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน แป้งเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และมีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันแม้จะผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Swaminathan Santhalakshmy et al. [10] ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิทางเข้าต่อคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ของผงน้ำหว้าอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิทางเข้าที่แตกต่างกันตั้งแต่ 140–160 องศา เซลเซียส และมีปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิทางออกที่ 80 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ ตรินที่ร้อยละ 25 และอัตราการป้อนคงที่ (10 มิลลิลิตร/นาที) หลังจากผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย นำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ความหนาแน่นรวม ความสามารถในการละลาย การดูดความชื้น ค่าสี ขนาดของอนุภาค และการเปลี่ยนผ่านของแก้ว พบว่าอุณหภูมิขาเข้าที่ 150 องศาเซลเซียส ให้ผลผลิตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิขาเข้าอื่น ๆ อุณหภูมิทางขาเข้ามีผลกระทบต่อ คุณสมบัติทางเคมีกายภาพเป็นอย่างมาก ผงที่ใช้อากาศขาเข้าที่สูงขึ้นจะแสดงให้เห็นว่าค่าความชื้น และการดูดความชื้นมีผลไปในทางที่ดีมากขึ้นรวมถึงค่าสีที่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิขาเข้าเป็น อย่างมากที่มีความสว่างมากขึ้น และสีม่วงลดน้อยลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิส่วนขนาดของผงนั้นถ้าใช้ อุณหภูมิขาเข้าที่ต่ำจะส่งผลให้อนุภาคมีผิวเรียบ ในขณะที่ถ้าใช้ในอุณหภูมิสูงอนุภาคของผงที่ผลิตได้ จะเป็นส่งกลมที่มีการหดตัวลง

Chumchuen S et al. [11] ศึกษาฤทธิ์แก้ไข้ของสารสกัดเอทานอลจากรากมะเดื่อชุมพรเปรียบเทียบกับยาแอสไพริน (acetylsalicylic acid) โดยใช้ lipopolysaccaride (LPS) และ brewer’s yeast ในการกระตุ้นให้หนูขาวสายพันธุ์วิสตาร์มีไข้ (เมื่อให้ brewer’s yeast และ LPS อุณหภูมิที่ทวารหนักของหนูขาวจะเพิ่มขึ้น 2.24 °C และ 1.84°C ตามลำดับ) เมื่อฉีด LPS ในขนาด 50 μg/kg ที่กล้ามเนื้อใต้ผิวหนัง หลังจากนั้น 1 ชั่วโมง ป้อนสารสกัดรากมะเดื่อชุมพรในขนาด 50-400 mg/kg หรือยาแอสไพริน 300 mg/kg ในหนูแต่ละกลุ่ม วัดอุณหภูมิทวารหนักก่อนการทดลอง 1 ชั่วโมง และวัดอีกครั้งหลังจากที่หนูได้รับการฉีด LPS ไปแล้ว 7 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดรากมะเดื่อชุมพรทุกขนาดสามารถลดอุณหภูมิทวารหนักของหนูได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) โดยมีฤทธิ์ลดไข้ได้เทียบเท่ากับยาแอสไพริน และเมื่อฉีด 20% brewer’s yeast ขนาด 10 ml/kg ทางชั้นใต้ผิวหนังของหนู หลังจากนั้น 18 ชั่วโมงผ่านไป ป้อนสารสกัดรากมะเดื่อชุมพรในขนาด 50-400 mg/kg หรือยามาตรฐานแอสไพรินในหนูแต่ละกลุ่ม อุณหภูมิที่ทวารหนักจะถูกวัดหลังจากที่ให้สารสกัดรากมะเดื่อชุมพรไปแล้ว 7 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากรากมะเดื่อชุมพรทุกขนาดสามารถลดอุณหภูมิทวารหนักของหนูได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $p<0.05$ และสารสกัดจากรากมะเดื่อชุมพรขนาด 200 และ 400 mg/kg มีฤทธิ์ลดไข้เทียบเท่ากับยาแอสไพริน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Xiao-hong He et al. [12] ได้ทำการศึกษาการเตรียมแป้งพรีเจลาติไนซ์โดยการเจลาติไนเซชัน และการอบแห้งแบบพ่นฝอยของแป้งข้าวไฮโดรคอลลอยด์ โดยการศึกษา เพื่อปรับปรุงแป้งเจลาติไนซ์ ให้มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีมากขึ้นโดยการให้ความร้อนกับสารละลายสตาร์ชเพื่อให้เกิดการเจลาติ ไนซ์ (gelatinization) จากนั้นทำให้แห้ง (dehydration) ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drier) การะบวนการนี้เป็นการปรับปรุงจากกระบวนการเดิมให้มีคุณภาพมากขึ้น สตาร์ช พรีเจลาติไนซ์จะใช้ให้ความหนืดได้ที่อุณหภูมิต่ำ จึงเหมาะกับการใช้กับในผลิตภัณฑ์อาหาร กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนืด โดยไม่ต้องผ่านความร้อน เช่น ในอาหารผงสำเร็จรูป ที่นำมาผสม ในน้ำเย็น จะได้ความหนืดเทียบเคียงได้กับอาหารเตรียมใหม่

นิชาภา และคณะ [13] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการอบแห้งแคนตาลูปด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย และศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (DE-10) ซึ่งเป็นสารช่วยในการทำแห้งต่อคุณภาพของแคนตาลูปผง และน้ำแคนตารูปคืนรูป ทำการออกการทดลองแบบแฟคทอเรียลประกอบไปด้วย 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 3 ระดับ คือ 160 170 และ 180 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 2 ระดับ คือร้อยละ 10 และ 15 โดยน้ำหนัก พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้น (ฐานเปียก) ร้อยละ 5.20–6.65 เมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้าเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงแต่มีบางสภาวะที่ปริมาณความชื้นไม่เป็นไปตามแนวโน้ม เนื่องมาจาก สภาพอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงจึงส่งผลต่อปริมาณความชื้น และส่งผลให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสี โดยรวมมีค่ามากขึ้น ในขณะเดียวกันการเพิ่มขึ้นของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน มีผลทำให้ปริมาณ ความชื้นลดลง ปริมาณผงที่ได้เพิ่มขึ้น และคุณสมบัติการละลายมีค่าที่ดีเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ที่คล้ายคลึงกันหากพิจารณาจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวมแล้ว โดยใช้ร้อยละของปริมาณผลผลิต และปริมาณความชื้นเป็นเกณฑ์ สภาวะอบแห้งที่เหมาะสมที่สุดในผลิตแคนตาลูปผงด้วยการอบแห้ง แบบพ่นฝอย คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 170 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก

Jain R, Rawat S and Jain SC. [14] การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทางเคมีในหลอดทดลองด้วยวิธีจับอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhdrazyl) พบว่าสารสกัดเอทานอลจากเปลือกราก แก่นราก และสารมาตรฐาน ascorbic acid สามารถจับอนุมูลอิสระ DPPH ได้โดยมีค่า IC50 เท่ากับ 5.80, 4.49 และ 5.27 μg/ml ตามลำดับ โดยแก่นรากมะเดื่อชุมพรมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด และออกฤทธิ์ดีกว่าสารมาตรฐาน การทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยวิธี FRAP เป็นการวัดความสามารถในการรีดิวซ์ Fe3+เป็น Fe 2+ซึ่งเป็นสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในการให้อิเล็กตรอน พบว่าทุกความเข้มของสารสกัดแก่นราก (10-80 μg/ml) ออกฤทธิ์ได้ดีกว่าสารมาตรฐาน ascorbic acid

Goyal PK. [15] ศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดเอทานอลจากรากมะเดื่อชุมพร เพื่อประเมินฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย 4 ชนิด และเชื้อรา 4 ชนิด ที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธี disc diffusion โดยความเข้มข้นของสารสกัดที่เกิด clear zone สูงสุด ต่อเชื้อแบคทีเรีย E. coli, B.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

subtilis, P. aeroginosa, E. cloacae เท่ากับ 8 mg/disc มีความกว้างของ clear zone เท่ากับ 24.4, 7.2, 9.1 และ 16.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยความเข้มข้นของสารสกัดที่เกิด clear zone สูงสุดต่อเชื้อรา P. chrysogenum, A. niger, T. rubrum และ C. albicans เท่ากับ 8 mg/disc มีความกว้างของ clear zone เท่ากับ 15.4, 8.2, 16.5 และ 14.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าสารสกัดรากมะเดื่อชุมพรมีฤทธิ์ต้านจุลชีพซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นยารักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 เปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร (รูปที่ 3.1)

รูปที่ 3.1 เปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

3.1.2 มอลโตรเด็กซ์ตริน (DE-10) (รูปที่ 3.2)

รูปที่ 3.2 มอลโตรเด็กซ์ตริน (DE-10)

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง

3.2.1.1 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) ยี่ห้อ KODI รุ่น LPG-5 Lab Spray Dryer (รูปที่ 3.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)

3.2.1.2 เครื่องปั๊มลม (Air compressor) ยี่ห้อ SUMO รุ่น I24665 (รูปที่ 3.4)

รูปที่ 3.4 เครื่องปั๊มลม (Air compressor)

3.2.1.3 เครื่องทำความร้อน (Heater) ขนาด 15 kW

3.2.1.4 พัดลมดูอากาศ (Blower) Model 9-19 (รูปที่ 3.5)

รูปที่ 3.5 พัดลมดูดอากาศ (Blower)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.5 ปั๊มรีดท่อ (Peristaltic pump) ยี่ห้อ LONGER รุ่น BT100-2J แบบ YZ1515x (รูปที่ 3.6)

รูปที่ 3.6 ปั๊มรีดท่อ (Peristaltic pump)

3.2.1.6 ถังภาชนะรองรับผงผลิตภัณฑ์ (Powder bucket)

3.2.1.7 เครื่องชั่งแบบละเอียด 0.01 g ยี่ห้อ OHAUS รุ่น SPX2202 (รูปที่ 3.7)

รูปที่ 3.7 เครื่องชั่งแบบละเอียด

3.3 วิธีการออกแบบการทดลอง

3.3.1 การศึกษาผลของตัวแปรต่างๆเบื้องต้น

1. อัตราการป้อนวัตถุดิบ
2. อุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอย (อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า)
3. ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การศึกษาผลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

ปัจจัยร่วมการทดลองที่ต้องการศึกษา (ตัวแปรต้น) ได้แก่ อัตราการป้อนวัตถุดิบ อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า และปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน ผลการตอบสนองที่ต้องการศึกษา (ตัวแปรตาม) คือ ปริมาณผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าการออกแบบของการทดลอง

ปัจจัยร่วมการทดลอง	ค่าที่ใช้ในการทดลอง
อัตราการป้อนวัตถุดิบ	1.86 ลิตรต่อชั่วโมง
อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า	150 องศาเซลเซียส
ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน	10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และกรณีที่ไม่เติมมอลโตรเด็กซ์ตริน

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

3.4.1 ขั้นตอนการเตรียมสาร

3.4.1.1 นำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

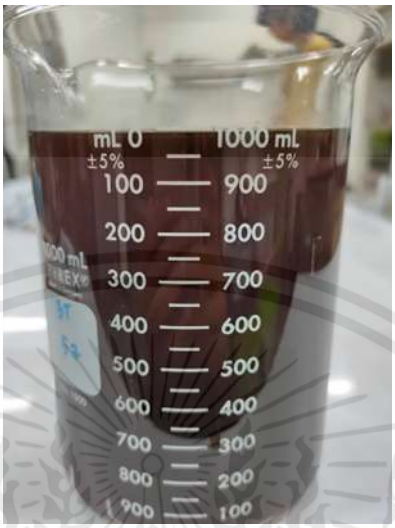
3.4.1.2 นำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 100 กรัม (รูปที่ 3.8)

รูปที่ 3.8 เปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร 100 กรัม

3.4.1.3 นำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ชั่งน้ำหนักแล้วแช่กับน้ำสะอาดเพื่อละลายสารสำคัญในเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร โดยใช้น้ำสะอาด 1000 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 80-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100 องศาเซลเซียส จนสีของน้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรมีความเข้มข้นที่คงที่ และกรองด้วยผ้าขาวบางแยกเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรออกจากน้ำ (รูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.9 น้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

3.4.1.4 นำน้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ได้จากการกรองผสมกับมอลโตรเด็กซ์ตรินในอัตราส่วนร้อยละ 10 โดยปริมาตรของน้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร แล้วกรองด้วยผาขาวบางอีกครั้ง (รูปที่ 3.10)

รูปที่ 3.10 น้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ผสมกับมอลโตรเด็กซ์ตรินแล้ว

3.4.2 ขั้นตอนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

3.4.2.1 ติดตั้งส่วนประกอบต่างๆของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

3.4.2.2 ตั้งค่าสถานะของเครื่อง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กำหนดอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส
- อัตราการป้อนของปั๊มรีดท่อ 1.86 ลิตรต่อชั่วโมง

3.4.2.3 เปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาทีเพื่อให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งคงที่

3.4.2.4 ทำการป้อนน้ำเปล่าเข้าสู้ห้องอบแห้ง ในขณะนั้นอุณหภูมิของห้องอบแห้งจะลดลงเนื่องจากความชื้นของน้ำที่ป้อนเข้าไป (ป้อนน้ำเข้าไปเพื่อเป็นการทดสอบเครื่องให้ได้อุณหภูมิตรงตามที่ต้องการก่อนจะนำน้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรเข้าไป) รอให้อุณหภูมิของห้องอบแห้งคงที่ก่อนนำน้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรป้อนเข้าไป

3.4.2.5 ป้อนน้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรผ่านปั๊มรีดท่อและหัวฉีดเพื่อทำการฉีดละอองฝอยของน้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรเข้าสู่ถังอบแห้ง

3.4.2.6 เก็บผงผลิตภัณฑ์ที่ได้ใส่ถุงซิปล็อค นำไปชั่งน้ำหนักและวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการทดลอง

จากการทดลองการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร ที่ประกอบด้วยจำนวนปัจจัยร่วมการทดลอง (ตัวแปรต้น) คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้าและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน ซึ่งนำทางสู่การ ค้นพบการตอบสนอง (ตัวแปรตาม) คือ ปริมาณผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร โดยได้ทำการทดลองโดยใช้ปริมาณของสารสกัดที่ 1000 มิลลิลิตร อัตราการป้อนวัตถุดิบที่ 1.86 ลิตรต่อชั่วโมง และอุณหภูมิทางเข้าที่ 150 องศาเซลเซียส ทำการทดลองกรณีที่ใส่มอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 10 โดยน้ำหนักและกรณีที่ไม่เติมปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน

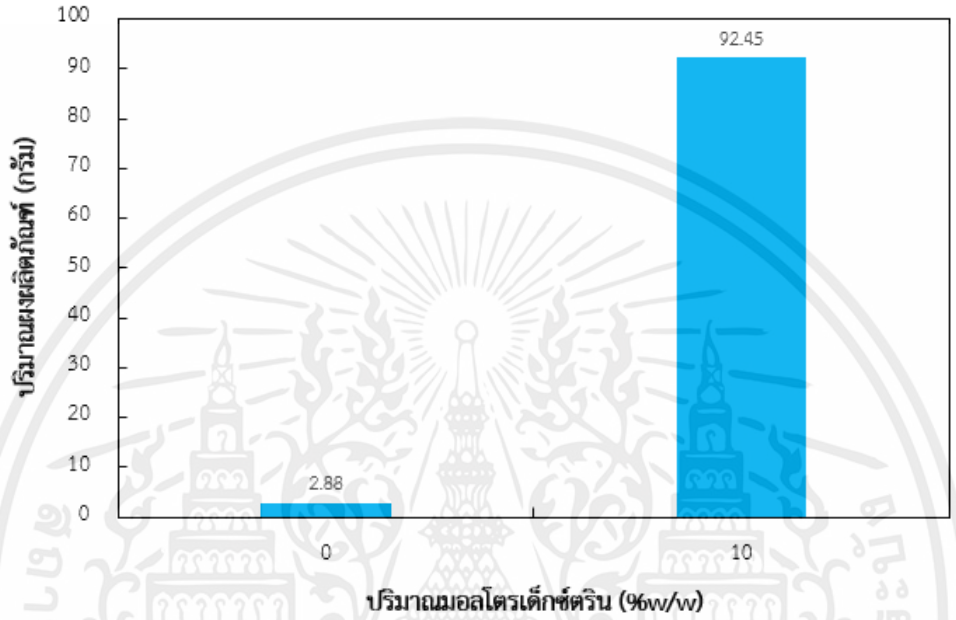
ซึ่งทั้งสองการทดลองทำให้เกิดผงผลิตภัณฑ์ของเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร กรณีแรกที่ที่ไม่เติมปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตรินได้ปริมาณของผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรอยู่ที่ 2.88 กรัม กรณีที่สองใส่มอลโตรเด็กซ์ตรินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ให้ตัวแปรตามหรือปริมาณผงลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรอยู่ที่ 92.45 กรัม (ดังแสดงในตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการทำแห้งแบบพ่นฝอยเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน (%w/w)	อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า (°C)	ปริมาณผงผลิตภัณฑ์ (กรัม)
-	150	2.88
10	150	92.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองจะเห็นได้ว่ามอลโตรเด็กซ์ตรินมีส่วนช่วยในการเพิ่มพื้นที่สัมผัสในการทำแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับเปลือกไม้มะเดื่อชุมพรให้มีปริมาณผงผลิตภัณฑ์ที่ได้เพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในขณะเดียวกันผงผลิตภัณฑ์บางส่วนที่ได้อาจจะติดที่ผนังของเครื่อง เนื่องจากขนาดของเครื่องใหญ่และอัตราการป้อนของน้ำเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรน้อยกว่ากำลังในการผลิต (ดังแสดงในรูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตรินกับปริมาณผงผลิตภัณฑ์

การทดลองกรณีใส่มอลโตรเด็กซ์ตรินมีสีและกลิ่นที่อ่อนลงค่อนข้างมากมีความแตกต่างจากน้ำสกัดของเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร ส่วนกรณีที่ไม่ใส่มอลโตรเด็กซ์ตริน มีสีและกลิ่นที่คล้ายคลึงกับน้ำสกัดของเปลือกไม้ด้นมะเดื่อชุมพร ผงผลิตภัณฑ์เปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ได้มีลักษณะเป็นฝุ่นผงคล้ายกับแป้งฝุ่นที่มีอนุภาคขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร ที่ประกอบด้วยจำนวนปัจจัยร่วมการทดลอง (ตัวแปรต้น) คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้าและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน ซึ่งนำทางสู่การ ค้นพบการตอบสนอง (ตัวแปรตาม) คือ ปริมาณผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร พบว่าในการใช้ปัจจัยการทดลองเดียวกัน ปริมาณของมอลโตรเด็กซ์ตรินมีผลต่อปริมาณผงผลิตภัณฑ์และสีของเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรเนื่องจากมอลโตรเด็กซ์ตริน คือ คาร์โบไฮเดรตที่มีลักษณะเป็นผงและเป็นสารสารเติมแต่งในอาหารเพื่อสร้างความหนืด ป้องกันการเกาะกันเป็นก้อนและยังช่วยเพิ่มความคงตัวหรือปริมาณของแข็งในผงผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยจึงเป็นผลทำให้ผงผลิตภัณฑ์จากเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ใส่มอลโตรเด็กซ์ตรินมีสีที่อ่อนและปริมาณผงผลิตภัณฑ์มากกว่าผงผลิตภัณฑ์จากเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ไม่ได้ใส่มอลโตรเด็กซ์ตรินและเนื่องจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ใช้หัวฉีดเพื่อสร้างละอองฝอยในห้องอบแห้ง ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรมากขึ้นและยังเพิ่มพื้นที่ในการถ่ายโอนมวลและความร้อนจึงส่งผลให้ผงผลิตภัณฑ์ที่ได้มีขนาดเล็กในระดับไมโครเมตร

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 ปัญหาของการแพร่ระบาดของโรค COVID-19 ซึ่งส่งผลต่อการทดลองในระยะยาว

5.2.2 สืบเนื่องมาจากการแพร่ระบาดของโรค COVID-19 ทำให้ไม่สามารถเข้าไปทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ B-101 ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การสกัดสารสำคัญในเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรสามารถนำกระบวนการสกัดที่ทันสมัยมาใช้ได้แต่ด้วยกรรมวิธีในการสกัดจะต้องมีผู้เชี่ยวชาญและนักวิชาการเข้ามาควบคุมดูแลด้าน การใช้เครื่องมือในการสกัดซึ่งมีราคาสูงและควรคำนึงถึงความปลดภัยเป็นหลัก

5.3.2 ควรทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการของพื้นที่การตอบสนองที่แสดงในภาคผนวก ค

5.3.3 ควรทำการทดสอบคุณสมบัติทางการยภาพเบื้องต้นดังตัวอย่างในภาคผนวก ค

5.3.4 ควรนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์และเผยแพร่ความรู้แก่ชุมชนภายในพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] วีรพงษ์ วงศ์กันทรากร. (2561). “การผลิตน้ำใบย่านางผงด้วยการอบแห้งแบบพ่นฝอย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[2] MGR Online. (2558). **“มะเดื่อชุมพร” 1 ในตำรับยา 5 ราก ปกป้องไตเป็นพิษ.** เข้าถึงเมื่อ 23 พฤษภาคม 2564. เข้าถึงได้จาก https://mgronline.com/dhamma/detail/9580000012704.

[3] ไทรท์ ศรีโยธา และคณะ. “การศึกษาระบบการอบแห้งแบบพ่นฝอย.” ปริญญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีกสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

[4] หนูเดือน สาระบุตร และคณะ. “สมบัติทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปุยฝ้ายเติมผงสีมะนาวโห่ที่มีมอลโทเด็กซ์ทรินต่างกัน.” วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5: 399-405.

[5] Sudarat Homhual. (2010). **มะเดื่อชุมพร.** เข้าถึงเมื่อ 24 พฤษภาคม 2564. เข้าถึงได้จาก http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=190.

[6] Basista R. et al. (2020). “Microwave assisted extraction of phytochemicals from Ficus racemose.” 3, 100020. School of Biotechnology and Biosciences Lovely Professional University Phagwara Punjab India.

[7] Jiraporn Yu. (2550). “การศึกษาสมบัติยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Salmonella typhi*, *Escherichia coli Staphylococus aureus* และ *Bacillus subtilis* ของสารสกัดของพืชไม้หอม.” (2550). Special Project General Science Bs.

[8] วริทธิ์ โภคะสวัสดิ์, ชินพัฒน์ พิมพ์สุวรรณ และบุษราภรณ์ มัธยัสถ์. (2562). “การศึกษาอุณหภูมิลมร้อนทางขาเข้าและปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตรินต่อคุณภาพผงใบมันปูด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย.” ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

[9] Shirlyanne Ferreira et al. (2019). “Physicochemical, morphological and antioxidant properties of spray-dried mango kernel starch.” 1, 100012. Universidade Federal Campina Grande Paraiba Brazil.

[10] Swaminathan Santhalakshmy et al. (2015). “Effect of spray drying on phenolic compounds of cranberry juice and their stability during storage.” 274, 37-43.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Department of Food Science and Technology Pondicherry University Puducherry India.

[11] Chomchuen S. et al. (2010). “Antipyretic effect of the ethanolic extract of Ficus racemosa root in rats.” 24, 1: 23-28.

[12] Xiao-hong He et al. (2019). “A new pre-gelatinized starch preparing by gelatinization and spray drying of rice starch with hydrocolloids.” 229, 115485. State Key Laboratory of Food Science and Technology Nanchang University Nanchang China.

[13] นิชาภา ชัยธนบูรณ์ และคณะ. (2555). “การผลิตแคนตาลูปผงด้วยกรรมวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย.” ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[14] Jain R, Rawat S, and Jain SC. (2013). “Phytochemicals and antioxidant evaluation of Ficus racemosa root bark.” 6, 615-619.

[15] Goyal PK. (2012). “Antimicrobial activity of ethanolic root extract Of Ficus racemosa L.” 4, 4: 1765-1769.

[16] Joanne W. Siccama et sl. (2021). “The effect of partial replacement of maltodextrin with vegetable fibers in spray-dried white asparagus powder on its physical and aroma properties.” 356, 129567. Wageningen University & Research Laboratory of Food Process Engineering P.O. Box 16 Wageningen The Netherlands

[17] สโรบล สโรชวิกสิต และชัยรัตน์ ตั้งดวงดี. (2554). “ผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของน้ำสับปะรดผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย.” วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 34 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน 2554: 203-215.

[18] ณัฐดนัย ปทุมานนท์. (2560). “สภาวะการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่มีผลต่อคุณสมบัติของขิงสกัดผง.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[19] ณัฐรีพร จันทพันธ์. (2549). “การผลิตน้ำบ๊วยผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[20] สุทธิลักษณ์ ศิริพรเลิศ. (2558). “ผลของสภาวะการดำเนินงานต่อการกระจายตัวของโปรตีนที่ผิวของผงโปรตีน/มอลโตเดกซ์ตรินที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอย.” วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[21] ทัตดาว ภาษีผล, ประภาพร เพียสังกะ และเทราตรี แจ้งสนาม. (2562). “ผลของปริมาณสารตัวพาต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผงบีตาเลนจากผลผักปลังที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย.” แก่นเกษตร 47 ฉบับพิเศษ 1: 1373-1378.

[22] ศิริพร สอนสมบูรณ์สุข. (2561). “การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะตูมผงสำเร็จรูปด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[23] Joseph B. and Raj SJ. (2010). “Phytopharmacological properties of Ficus racemosa L.” 3, 2: 134-138.

[24] ศศิมา เรืองมนัสสุทธิ, หทัยชนก วาณิชเจริญทรัพย์ และณฐกฤช จารุวัฒนาสกุล. (2557). “ผลของอุณหภูมิอากาศขาเข้าและปริมาณมอลโตเดกตรินต่อคุณภาพของแก้วมังกรผงโดยวิธีอบแห้ง แบบพ่นฝอย.” ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[25] Joanne W. Siccama et al. (2021). “Maltodextrin improves physical properties and volatile compound retention of spray-dried asparagus concentrate.” 142, 111058. Laboratory of Food Process Engineering Wageningen University and Research Wageningen The Netherlands.

[26] กลอยใจ เชยกลิ่นเทศ. (2556). “การผลิตสีผงสำหรับผสมอาหารจากวัสดุธรรมชาติด้วยวิธีการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย.” โครงการวิจัย คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[27] ณัฐวุฒิ ดอนลาว และธีรพงษ์ เทพกรณ์. (2554). “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งแบบพ่นฝอยของสารสกัดชาเขียวในระดับโรงงานต้นแบบ.” วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

[28] วิภาวรรณ นีละพงษ์, บุษบา ผลโยธิน และวันเช็ง สิทธิกิจโยธิน. (2561). “การสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรไทย: แบบผงแห้งและแบบสกัด.” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 29 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2562: 157-166.

[29] นิสรีน ม่วงอุมิงค์ และประสงค์ เผือกบัวขาว. (2560). “การผลิตผลิตภัณฑ์ผงจากน้ำสกัดหัวปลีด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย.” ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[30] โพธิ์ทอง ปราณีตพลกรัง และไชยวัฒน์ จวงทอง. (2560). “เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับผลิตภัณฑ์ระกำผง.” โครงการทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2560 มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองหาปริมาณผงผลิตภัณฑ์เปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

ครั้งที่	อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า (°C)	ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน (%w/w)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลาย (g)	อัตราการป้อนวัตถุดิบ (LPH)	ปริมาณผงผลิตภัณฑ์ (g)
1	150	-	100	1.86	2.88
2	150	10	100	1.86	92.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.1 ผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ไม่ใส่มอลโตรเด็กซ์ตริน

รูปที่ ข.2 ผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพรที่ใส่มอลโตรเด็กซ์ตริน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการออกแบบการทดลองและตัวอย่าง การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

วิธีการของพื้นที่การตอบสนอง (Response Surface Methodology)

Response Surface Methodology (RSM) คือ วิธีการออกแบบการทดลองเพื่อหาความสอดคล้อง กับพื้นที่ของการตอบสนองและประเมินความเหมาะสมในสภาวะของการทดลอง การวิเคราะห์ได้นำมาใช้เพื่อ หาคำตอบของการทดลองที่ประกอบด้วยจำนวนปัจจัยร่วมการทดลอง (ตัวแปรต้น) หลายปัจจัยซึ่งนำทางสู่การ ค้นพบการตอบสนอง (ตัวแปรตาม) ที่เหมาะสมในที่สุด ได้แก่ การตอบสนองที่มากที่สุด (Maximum) หรือ การตอบสนองต่ำสุด (Minimum)

ตารางที่ ค.1 Number of factors and runs for each type of experiment design

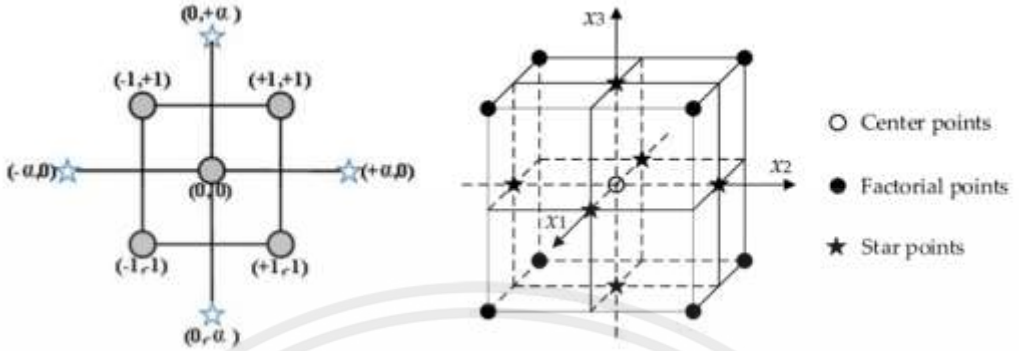
Experiment Design	Number of Factors	Number of Runs
Full 2 Level Factorial	2-6	4-64
Fractional Factorial (Resolution 5)	2-8	4-64
Fractional Factorial (Resolution 4)	2-11	4-32
Fractional Factorial (Resolution 3)	2-32	4-32
Plackett-Burman	2-27	12-28
Central Composite Designs	2-6	8-44
Box-Behnken	3-7	12-56

ตารางที่ ค.2 Minimum/Preferred for recommended number of centerpoints

Design	Number Recommended
Full Factorial	2,3
Fractional Factorial (All Resolution)	2,3
Plackett-Burman	2,3
Central Composite	
Circumscribed and Inscribed	4,4
Face Centered	2,3
Box-Behnken	4,4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Inscribed Central Composite Designs



รูปที่ ค.1 แสดงการออกแบบการทดลองแบบ Inscribed CCD สำหรับ 2 ปัจจัยและ 3 ปัจจัย

สำหรับ Two factors จะได้ The response regression model คือ

$$\text{Response } y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2 + \text{error} \quad \text{(ค.1)}$$

$$\alpha = \sqrt[4]{2^k} = \sqrt[4]{2^2} = 1.414 \quad \text{(ค.2)}$$

ดังนั้น จำนวนการทดลองกรณี Inscribed CCD for two factors with four centerpoints

$$\text{Run} = 2^k + 2k + \text{centerpoints} = 2^2 + (2x2) + 4 = 12 \quad \text{(ค.3)}$$

ตารางที่ ค.3 Inscribed CCD for two factors with four centerpoints

Exp #	x_1	x_2	y
1	-1	-1	
2	+1	-1	
3	-1	+1	
4	+1	+1	
5	-1.414	0	
6	1.414	0	
7	0	-1.414	
8	0	1.414	
9	0	0	
10	0	0	
11	0	0	
12	0	0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ Three factors จะได้

$$\alpha = \sqrt[4]{2^k} = \sqrt[4]{2^3} = 1.682 \quad \text{(ค.4)}$$

ดังนั้น จำนวนการทดลองกรณี Inscribed CCD for three factors with four centerpoints

Runs = 2^k + 2k + centerpoints = 2^3 + (2x3) + 4 = 18 (ค.5)

ตารางที่ ค.4 Inscribed CCD for three factors with four centerpoints

Exp #	x_1	x_2	x_3	y
1	-1	-1	-1	
2	+1	-1	-1	
3	-1	+1	-1	
4	+1	+1	-1	
5	-1	-1	+1	
6	+1	-1	+1	
7	-1	+1	+1	
8	+1	+1	+1	
9	-1.682	0	0	
10	1.682	0	0	
11	0	-1.682	0	
12	0	1.682	0	
13	0	0	-1.682	
14	0	0	1.682	
15	0	0	0	
16	0	0	0	
17	0	0	0	
18	0	0	0	

สำหรับ Four factors จะได้

$$\alpha = \sqrt[4]{2^k} = \sqrt[4]{2^4} = 2 \quad \text{(ค.6)}$$

ดังนั้น จำนวนการทดลองกรณี Inscribed CCD for four factors with four centerpoints

Run = 2^k + 2k + centerpoints = 2^4 + (2x4) + 4 = 28 (ค.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 Inscribed CCD for four factors with four centerpoints

Exp #	x_1	x_2	x_3	x_4	y
1	-1	-1	-1	-1	
2	+1	-1	-1	-1	
3	-1	+1	-1	-1	
4	+1	+1	-1	-1	
5	-1	-1	+1	-1	
6	+1	-1	+1	-1	
7	-1	+1	+1	-1	
8	+1	+1	+1	-1	
9	-1	-1	-1	+1	
10	+1	-1	-1	+1	
11	-1	+1	-1	+1	
12	+1	+1	-1	+1	
13	-1	-1	+1	+1	
14	+1	-1	+1	+1	
15	-1	+1	+1	+1	
16	+1	+1	+1	+1	
17	-2	0	0	0	
18	2	0	0	0	
19	0	-2	0	0	
20	0	2	0	0	
21	0	0	-2	0	
22	0	0	2	0	
23	0	0	0	-2	
24	0	0	0	2	
25	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลของตัวแปรต่างๆเบื้องต้น

1. อัตราการป้อนวัตถุดิบ
2. อุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอย (อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า)
3. ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน

การศึกษาผลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

ปัจจัยร่วมการทดลองที่ต้องการศึกษา (ตัวแปรต้น): x_1, x_2, x_3, ...

โดยที่ x_1 คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ

x_2 คือ อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า

x_3 คือ ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน

ผลการตอบสนองที่ต้องการศึกษา (ตัวแปรตาม): y_1, y_2, y_3, ...

โดยที่ y_1 คือ ปริมาณผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

y_2 คือ องค์ประกอบทางเคมีของผงเปลือกไม้ต้นมะเดื่อชุมพร

** y_2 ส่งตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของผงเปลือกไม้มะเดื่อชุมพร (สรรพคุณทางยา)

ตารางที่ ค.6 แสดงระดับค่าการตอบสนองของการทดลอง

Parameters	Rangers and levels				
	-1.682	Low (-1)	0	High (+1)	+1.682
อัตราการป้อนวัตถุดิบ (rpm)	7.3	8	9	10	10.7
อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า (°C)	133.2	140	150	160	166.8
ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน (%)	1.6	5	10	15	18.4

** อัตราการป้อนวัตถุดิบ แปลงค่าเป็นหน่วยลิตรต่อชั่วโมงภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.7 ตาราการทดลอง (Inscribed CCD for three factors with four centerpoints)

Exp #	อัตราการป้อนวัตถุดิบ	อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า	ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน	ปริมาณผง
	(rpm)	(°C)	(%)	(กรัม)
1	8	140	5	
2	10	140	5	
3	8	160	5	
4	10	160	5	
5	8	140	15	
6	10	140	15	
7	8	160	15	
8	10	160	15	
9	7.3	150	10	
10	10.7	150	10	
11	9	133.2	10	
12	9	166.8	10	
13	9	150	1.6	
14	9	150	18.4	
15	9	150	10	92.45
16	9	150	10	
17	9	150	10	
18	9	150	10	

ตัวอย่างการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

การทดลองหาปริมาณความชื้น [8]

1. อุปกรณ์

1.1 ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can) (รูปที่ ค.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.2 ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can) [8]

1.2 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ BINDER รุ่น ED/FD (รูปที่ ค.3)

รูปที่ ค.3 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) [8]

2. ตัวอย่างวิธีการทดลอง (AOAC 2000) [8]

การหาปริมาณความชื้นของตัวอย่าง (สมการที่ ค.8) โดยการชั่งน้ำหนักที่ แน่นอนของผงใบมันปูหนัก 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะอะลูมิเนียม สำหรับหาความชื้นที่ทราบน้ำหนัก แน่นอน เข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส อบเป็น เวลา 3 ชั่วโมง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}} \times 100 \qquad \text{(ค.8)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.8 ตัวอย่างผลการทดลองหาปริมาณความชื้น [8]

ครั้งที่	อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (°C)	ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน (%w/w)	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	ปริมาณความชื้น (%)
1	135	5	26.85	26.50	1.32
2	135	10	26.45	26.20	0.95
3	135	15	26.85	26.60	0.94
4	145	5	26.10	25.89	0.81
5	145	10	26.60	26.40	0.76
6	145	15	26.60	26.40	0.76
7	155	5	26.60	26.45	0.57
8	155	10	26.70	26.55	0.56
9	155	15	26.65	26.50	0.57

การทดลองหาคุณสมบัติการละลาย [8]

1. อุปกรณ์

1.1 น้ำกลั่นขนาด 1 ลิตร (รูปที่ ค.4)

รูปที่ ค.4 น้ำกลั่น [8]

1.2 เครื่องกวนสารละลายด้วยแท่งแม่เหล็ก ยี่ห้อ IKAMAG รุ่น C-MAGHS 7 (รูปที่ ค.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.5 เครื่องกวนสารละลายด้วยแท่งแม่เหล็ก [8]

2. ตัวอย่างวิธีการทดลอง [8]

การทดลองหาคุณสมบัติการละลาย (สมการที่ ค.9) โดยการชั่งผงใบมันปู 3 กรัมละลายในน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศา เซลเซียส กวนผสมด้วยเครื่องกวน สารละลายที่ความเร็วคงที่ จับเวลาในการละลายที่สมบูรณ์

สมบัติการละลาย = เวลาที่ใช้ในการละลายของตัวอย่างจนสมบูรณ์ (ค.9)

ตารางที่ ค.9 ตัวอย่างผลการทดลองหาคุณสมบัติการละลาย [8]

ครั้งที่	อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (องศาเซลเซียส)	ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	การละลาย (นาที)
1	135	5	2.59
2	135	10	1.51
3	135	15	1.30
4	145	5	2.52
5	145	10	1.41
6	145	15	1.30
7	155	5	2.42
8	155	10	1.38
9	155	15	1.19

การทดลองหาค่าสีของผงผลิตภัณฑ์ [8]

1. อุปกรณ์

1.1 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CHROMA METER CR-400 (รูปที่ ค.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.6 เครื่องวัดค่าสี [8]

2. ตัวอย่างวิธีการทดลอง [8]

2.1 สอบเทียบเครื่องมือโดยนำแผ่นเทียบสีมาตรฐานสีขาวมาตั้งบนช่อง สแกนวัดส

2.2 นำตัวอย่างใบมันปูผงวางลงบนภาชนะและใช้เครื่องวัดสีวางแนบ ลงไปกับตัวอย่างใบมันปูผงให้ตรงช่องสแกนวัดค่าสี

2.3 กดปุ่มตรงกลางที่มีสัญลักษณ์สายฟ้า เครื่องจะแสดงค่าสีได้เป็นค่า L* b* และ a* ทำการเก็บบันทึกข้อมูลผลการทดลอง

2.4 ทำการทดลองวัดค่าสีจนครบ 3 ซ้ำ ในแต่ละตัวอย่าง

ตารางที่ ค.10 ตัวอย่างผลการทดลองหาค่าสี [8]

ครั้งที่	อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (ºC)	ปริมาณมอลโตรเด็กซ์ตริน (%w/w)	ค่าสีของผงใบมันปู		
			L*	a*	b*
1	135	5	73.55	-7.59	15.93
2	135	10	76.55	-6.57	13.95
3	135	15	80.09	-5.89	11.76
4	145	5	73.66	-7.45	15.63
5	145	10	76.62	-6.39	13.52
6	145	15	80.54	-5.52	11.54
7	155	5	73.73	-7.27	15.46
8	155	10	76.64	-6.06	13.38
9	155	15	80.73	-5.45	11.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายธีรพล ธนะภาชน์
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541
ภูมิลำเนา	จังหวัดชุมพร
ที่อยู่	80/1 หมู่ที่ 4 ตำบลดอนยาง อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86210
E-mail	ibasezmoney@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนศรียาภัย จังหวัดชุมพร
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน) ปีการศึกษา 2563 จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- เข้าร่วมกิจกรรมงาน Thinkathon 20-21 Aug 2020 KMITL Chumphon campus
- เข้าร่วมกิจกรรมการศึกษาหลักสูตรด้านวิทยาการพลังงาน สำหรับนักศึกษา (วพศ.) รุ่นที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวนภิญา อุบลสุวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2541
ภูมิลำเนา	จังหวัดสงขลา
ที่อยู่	115/129 ถนนประสานมิตร ซอย 8 ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000
E-mail	Supremeii2541@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนสภาราชินี จังหวัดตรัง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน) ปีการศึกษา 2563 จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ปีการศึกษา 2560 ได้ทำกิจกรรมอาสาสโมสรนักศึกษาในหน้าที่สวัสดิการนักศึกษา
- ปีการศึกษา 2560 ได้ทำกิจกรรมเป็นอาสาสโมสรนักศึกษาในหน้าที่ผู้ช่วยฝ่ายประชาสัมพันธ์
- ปีการศึกษา 2560 ได้ทำกิจกรรมเป็นอาสาสโมสรนักศึกษาในหน้าที่ดูแลงบประมาณสโมสรนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้