การอบแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ

ปภาวดี แท่นทอง
พิทยา อังคณากุลชัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา ๒๕๕๖

การอบแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ

ปภาวดี แท่นทอง

พิทยา อังคณากุลชัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การอบแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ	
โดย	นางสาวปภาวดี	แท่นทอง
	นายพิทยา	อังคณากุลชัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ศิริพันธ์	มุรธาธัญลักษณ์
ปริญญานิพนธ์	สาขาวิศวกรรมเคมี	คณะวิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ศิริพันธ์ มุรธาธัญลักษณ์)

....กรรมการ
(ผศ.รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

....กรรมการ
(ดร.พรสวรรค์ อัศวแสงรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การอบแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ
จัดทำโดย	นางสาวปภาวดี แท่นทอง รหัสประจำตัว 53010919
	นายพิทยา อังคณากุลชัย รหัสประจำตัว 53011128
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ศิริพันธ์ มุรธาธัญลักษณ์
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
	คณะวิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

ในประเทศไทยทางตอนเหนือมีการเพาะปลูกต้นหม่อนเพื่อนำไปเลี้ยงตัวไหมเป็นจำนวนมาก และมีการนำผลหม่อนมาใช้เพื่อการบริโภค แต่ผลหม่อนสุกจะเน่าเสียอย่างรวดเร็วหลังจากการเก็บเกี่ยว โดยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้เพียง 2-3 วัน ปริญญานิพนธ์นี้จึงได้ศึกษาเรื่องการทำแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ โดยทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาด และสภาวะการทดลอง คือ ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิอากาศ 45 และ 70 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 10 และ 70 จากการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศสูงขึ้นและค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำลงจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น และที่อุณหภูมิสูงผลของความชื้นในอากาศจะมีผลต่อการทำแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ แต่การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเสื่อมสลายของสารสำคัญในผลหม่อน ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผลหม่อน คือ การทำแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 10 ซึ่งสภาวะดังกล่าวผลหม่อนแห้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 2081.9 ไมโครกรัมต่อกรัม ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 8967.3 ไมโครกรัมต่อกรัม และค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 56.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสำคัญ: ทำแห้ง เครื่องอบแห้งแบบถาด ผลหม่อน

Report Title	Drying of mulberry with low temperature dryer
By	Miss. Paphawadee Thaenthong ID.NO. 53010919
	Mr. Pittaya Aungkanakunchai ID.NO. 53011128
Advisor	Mrs. Siripan Murathathunyaluk
Report for	Bachelor Degree of Chemical Engieering
	Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Year	2013

ABSTRACT

North of Thailand cultivates a lot of mulberry tree for silkworm feeding and then fruits of mulberry are popular for consumption. But ripe mulberry are increasingly rotten after crop harvest because they are kept at room temperature for few days.This research is studied about mulberry drying by low temperature dryer. According the purpose of this study is properly examination state at low temperature by tray dryer, air velocity is 0.5 m/s, air temperature are 45 and 70 degree Celsius, relative humidity are 10 and 70 %. The finding indicated that at high temperature and low relative humidity cause high drying rate. At high temperature, relative humidity has an effect less than low temperature but high temperature cause of essential substances degradetion. Appropiable drying state is temperature at 45 degree Celsius and air relative humidity 10%. And they have total phenolic compound 2018.9 μg/g, total anthocyanin 8967.3 μg/g and total Free radical scavenger capacity 56.7%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keywords: drying, mulberry, low temperature drying, tray dryer

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์ และบุคคลหลายฝ่ายคณะผู้จัดทำขอขอบคุณ

อาจารย์ศิริพันธ์ มุรธาธัญลักษณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ คำแนะนำ คำปรึกษา คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดี รวมทั้งยังตรวจแก้รายงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้

คุณพิสันต์ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำอนุเคราะห์เครื่องมือในการดำเนินงาน

บิดา มารดา ของผู้จัดทำที่ให้การสนับสนุนการศึกษาและให้กำลังใจตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์จากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำต้องขออภัยและพร้อมน้อมรับ ณ ที่นี้

ผู้จัดทำ

นางสาวปภาวดี แท่นทอง

นายพิทยา อังคณากุลชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

X_t	ความชื้น (Moisture content)
W	น้ำหนักวัสดุทั้งหมด
W_s	น้ำหนักวัสดุแห้ง
a_w	แอตติวิตี้ของน้ำ (Water activity)
A_0	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่เติมสารสกัด
A_e	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่เติมสารสกัด
R	อัตราการทำแห้ง
m	มวลของน้ำในสารชื้น
M	มวลของสารแห้งสนิท
W	ความชื้นในอาหารมาตรฐานแห้ง
l	ความหนาของสารแห้งสนิท
ρ_s	ความหนาแน่นของสารแห้งสนิท
T	อุณหภูมิ
V	ปริมาตร
R	รัศมี
H	ความสูง
A	พื้นที่หน้าตัด
v	ความเร็ว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สัญลักษณ์	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินปริญญานิพนธ์	**17**
3.1 สารเคมี	17
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	17
3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง	18
บทที่ 4 ผลการทดลอง	**22**
4.1 สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ	22
4.2 ผลของสภาวะการทำแห้งต่ออุณหภูมิของผลหม่อนแห้ง	23
4.3 ลักษณะของผลหม่อนต่ออัตราการทำแห้ง	23
4.4 การเปรียบเทียบการทำแห้งผลหม่อนด้วยตู้อบและเครื่องทำแห้งแบบถาด	24
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	**26**
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	26
5.2 ข้อเสนอแนะ	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	**27**
ภาคผนวก	**30**
ภาคผนวก ก	31
ภาคผนวก ข	35
ภาคผนวก ค	36
ภาคผนวก ง	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของค่าแอตติวิตี้ของน้ำขั้นต่ำสุดกับการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ 5

ตารางที่ 3.1 สภาวะของอากาศที่ใช้ในการทดลอง ด้วยความเร็วของอากาศ 0.5 เมตรต่อวินาที 19

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารสำคัญคงเหลือในผลหม่อน 23

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 น้ำอิสระและน้ำผูกพัน 3
รูปที่ 2.2 แสดงการเคลื่อนที่ของน้ำระหว่างการทำแห้ง 6
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงอัตราการทำแห้ง 7
รูปที่ 2.4 การใส่อาหารในเครื่องทำแห้งแบบถาด 10
รูปที่ 2.5 สูตรโครงสร้างทางเคมีของแอนโทไซยานิน 11
รูปที่ 2.6 โครงสร้างและรูปแบบทั่วไปของฟลาโวนอยด์ในอาหาร 12
รูปที่ 2.7 ยูวี-วิส สเปกตรัม 13
รูปที่ 3.1 แผนภาพเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ 21
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดลองการทำแห้งผลหม่อนสุกทั้งผลด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ 23
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการทำแห้งหม่อนผล และหม่อนปั่นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 24
รูปที่ 4.3 กราฟการทำแห้งผลหม่อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผลหม่อน (Morus alba Linn) เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่กำลังได้รับความนิยม เนื่องจากผลหม่อนมีคุณค่าทางอาหารไม่ด้อยไปกว่าผลบลูเบอรี่ ผลราสพ์เบอรี่ และผลแบล็คเบอรี่ ซึ่งเป็นผลไม้นำเข้าจากต่างประเทศที่มีราคาสูงมาก โดยสามารถนำผลหม่อนไปสกัดเป็นสีผสมอาหารซึ่งทำได้ 3 รูปแบบ คือ สีน้ำเข้มข้น สีผงเคลือบน้ำตาล และสีผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง สีในทุกรูปแบบนี้สามารถใช้แต่งสีในอาหารได้หลากหลายชนิด เช่น ไวน์ น้ำผลไม้ และอาหารหวาน ในผลไม้กลุ่มเบอร์รี่พบสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีส่วนช่วยในการเพิ่มการทำงานของหัวใจ และลดการอักเสบของหลอดเลือด อันเป็นสาเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน รวมทั้งโรคที่เกี่ยวกับระบบประสาทและสมอง อีกทั้งยังมีวิตามินบี 6 ช่วยบำรุงเลือด ตับ ไต ลดการเกิดสิว ลดอาการปวดประจำเดือน ป้องกันและยับยั้งการเกิดลิ่มเลือด ป้องกันเส้นเลือดแตกอันเป็นสาเหตุของโรคอัมพฤกอัมพาต มีวิตามินซีสูงช่วยป้องกันหวัด โรคภูมิแพ้ โรคปอด วัณโรค และป้องกันเชื้อไวรัส มีวิตามินเอซึ่งมีส่วนช่วยในการบำรุงสายตา ป้องกันการเกิดต้อกระจก (ป้องกันแสงสีน้ำเงินเข้าทำลายเลนส์ตา) บำรุงเหงือกและฟัน บำรุงผิว ลดการอักเสบของสิว มีกรดโฟลิค หรือวิตามินใบไม้ หรือวิตามินเอ็ม ป้องกันโรคโลหิตจาง ทารกพิการ ช่วยการเจริญเติบโตของทารกในหญิงตั้งครรภ์เดือนแรก และช่วยแก้อาการเมาค้าง ผ่อนคลายความเครียด ช่วยบำรุงเส้นผมให้ดกดำ ป้องกันผมหงอกก่อนวัย ผลหม่อนสุกจะเน่าเสียอย่างรวดเร็วซึ่งสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้เพียง 1-2 วัน ถ้ามีปริมาณของผลหม่อนผลิตออกมามากจนนำมาบริโภค หรือจำหน่ายไม่ทันจะทำให้ผลหม่อนเน่าเสียหรือร่วงหล่นไป ซึ่งเป็นการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ ปริญญานิพนธ์นี้จึงมุ่งศึกษาวิธีการถนอมอาหารโดยการทำแห้ง เพื่อเป็นการยืดอายุการเก็บรักษา และคงคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เดิม

โดยปกติการทำแห้งมักจะใช้ลมร้อนซึ่งมีอุณหภูมิสูง แต่ในผลหม่อนมีสารสำคัญที่สลายตัวเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง เช่น แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) เป็นต้น จากปัญหาข้างต้นจึงได้ทำการศึกษาวิธีการทำแห้งแบบต่างๆ และพบว่าวิธีการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดเป็นวิธีที่เหมาะสม โดยใช้อากาศที่อุณหภูมิและความชื้นต่ำในการทำแห้งมาพิจารณาเพื่อขจัดปัญหาดังกล่าว อีกทั้งการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดเป็นวิธีการที่เข้าใจได้ง่าย และต้นทุนของอุปกรณ์ราคาต่ำ ซึ่งเหมาะสำหรับการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมขนาดย่อม

เอกสารนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของสภาวะการทำแห้งที่มีต่อสารสำคัญในผลหม่อนแห้ง

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1.3.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้ง โดยตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศร้อน

1.3.2 ศึกษาผลของสภาวะการทำแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของผลหม่อนแห้ง โดยพิจารณาจากสารสำคัญคงเหลือในผลหม่อน ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radial scavenging activity และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 เข้าใจหลักการการทำแห้งและทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้ง รวมถึงสามารถรักษาสารสำคัญในผลหม่อนได้หลังการทำแห้ง

1.4.2 สามารถนำผลที่ได้จากปริญญานิพนธ์ไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงเครื่องทำแห้งแบบถาดเพื่อนำไปใช้ได้จริงในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

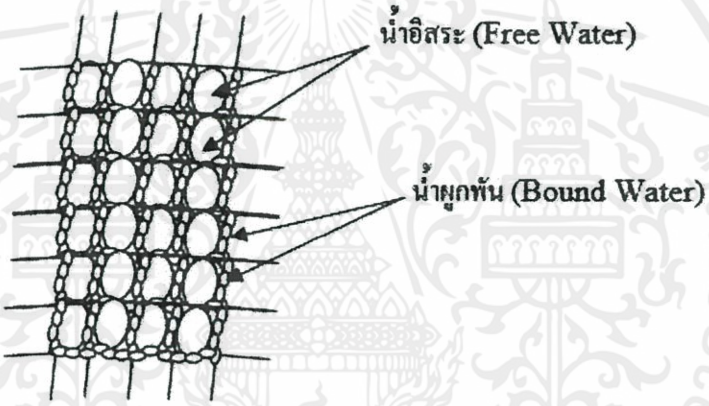
บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความชื้นในผลิตผลการเกษตร [1]

ปริมาณน้ำในผลิตผลเกษตรส่วนมากจะอยู่ในรูปของน้ำอิสระ(Free water) ซึ่งน้ำอิสระจะแทรกอยู่ระหว่างเซลล์น้ำผูกพัน (Bound Water) คือ น้ำที่แทรกอยู่ตามผนังโครงสร้างของอาหารที่ยึดด้วยกลไกระดับโมเลกุลในอาหาร โดยปริมาณน้ำในผลิตผลเกษตรเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร



รูปที่ 2.1 น้ำอิสระและน้ำผูกพัน [2]

การแสดงปริมาณความชื้น (Moisture content) ที่อยู่ภายในผลิตผลทางการเกษตรสามารถบอกในรูปของอัตราส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานแห้ง (Dry basis) ดังสมการ (2.1)

$$\text{Moisture content } (X_t) = \frac{W - W_s}{W_s} \tag{2.1}$$

เมื่อ X_t = ปริมาณความชื้น(kg H_2O/kg dry solids)

W = น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ (kg)

W_s = น้ำหนักแห้งหรือน้ำหนักของของแข็งภายในผลิตผล (kg)

ในการลดความชื้นของผลิตผลเกษตรจะต้องพิจารณาถึงความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content) ของวัสดุกับสภาวะแวดล้อม ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อวัสดุมีค่าอัตราการสูญเสียความชื้นออกสู่สิ่งแวดล้อมและอัตราการรับความชื้นจากสิ่งแวดล้อมเท่ากันที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สมดุลหนึ่งๆ

2.1.2 แอตติวิตี้ของน้ำ (Water Activity) [2], [3], [4]

แอตติวิตี้ของน้ำ (Water activity: a_w) คือปริมาณน้ำอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ค่าแอตติวิตี้ของน้ำสามารถนิยามได้ว่าเป็นความชื้นสัม พัทธ์สมดุล (Equilibrium relative humidity: ERH) ณ จุดที่อาหารไม่มีการดูดซับหรือสูญเสียน้ำ (Mohsenin, 1996) ค่าแอตติวิตี้ของน้ำสามารถหาได้จากอัตราส่วนของความดันไอที่มีได้สูงสุด (P) ต่อความดันไอของน้ำ (P_0) ณ อุณหภูมิเดียวกัน ดังสมการที่ (2.2)

$$a_w \times 100 = \%ERH = \frac{P}{P_0} \times 100 \quad (2.2)$$

เนื่องจากค่าแอตติวิตี้ของน้ำบริสุทธิ์ ณ อุณหภูมิใดๆเหนือจุดเยือกแข็งมีค่าเท่ากับ 1.00 ดังนั้นค่าแอตติวิตี้ของน้ำของอาหารจึงมีค่าอยู่ในช่วง 0-1.00 เช่น อาหารความชื้นสูงจำพวก ผักและผลไม้จะมีค่าสูงกว่า 0.97 สำหรับอาหารความชื้นปานกลางจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-0.9 และสำหรับอาหารแห้ง เช่น ขนมปัง นมผง กาแฟสำเร็จรูป ค่าแอตติวิตี้ของน้ำจะต่ำกว่า 0.6เป็นต้น

ค่าแอตติวิตี้ของน้ำมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อคุณสมบัติต่างๆของอาหาร เช่น ในการป้องกันเชื้อราขึ้นบนเนยแข็ง ควรจะต้องควบคุมค่าแอตติวิตี้ของน้ำให้ต่ำกว่า 0.93 สำหรับเนยแข็งเช็ดดา (Chedda cheese) สำหรับเนยแข็งที่มีอายุปานกลาง จะต้องให้ต่ำกว่า 0.92 ส่วนเนยแข็งเก่าจะต้องให้ต่ำกว่า 0.89 เป็นต้นไป ส่วนใหญ่แล้ว การถนอมอาหารจะใช้วิธีการลดค่าแอตติวิตี้ของน้ำให้ต่ำลง ซึ่งจะจำกัดปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อปฏิกิริยาต่างๆ ที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ เช่น ปฏิกิริยาเคมีแบบ Enzymatic, Non-enzymatic, Lipid oxidation รวมไปถึงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของค่าแอตติวิตี้ของน้ำขั้นต่ำสุดกับการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ [4]

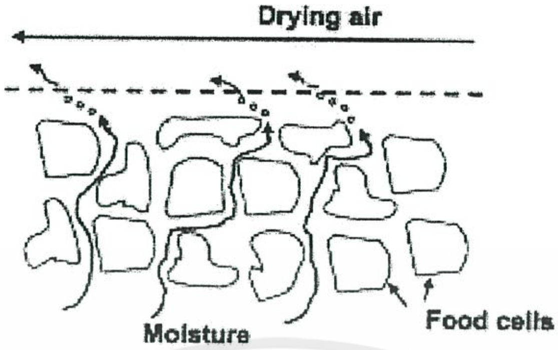
ชนิดจุลินทรีย์	ค่าแอตติวิตี้ของน้ำขั้นต่ำ
แบคทีเรีย	0.91
ยีสต์	0.88
แบคทีเรียชนิดทนเกลือได้ดี	0.75
เชื้อราชนิดทนแห้งได้ดี	0.61
ยีสต์ชนิดทนน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงได้ดี	0.60
Achromobacter	0.96
Aerobacteraerogense	0.95
Bacillus subtilis	0.95
Clostridium botulinum	0.95
Escherichia coli	0.96
Pseudomona	0.97
Staphylococcus aureus	0.86
Saccharomyces rouxii	0.62
Salmonella	0.95

2.1.3 การทำแห้ง (Drying) [5]

2.1.3.1 กลไกการทำแห้ง

การทำแห้งเป็นกระบวนการลดความชื้นวัสดุจนถึงระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เพื่อทำให้วัสดุมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา ด้วยการถ่ายเทความร้อนและมวลสารไปพร้อมๆกัน โดยทั่วไปแล้ว การทำแห้งมักจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลาง (Drying medium) ในการพาความชื้นออกไปจากวัสดุ ดังนั้นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่ออัตราการทำแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการไหลของอากาศร้อน ด้วยเหตุนี้ปรากฏการณ์หลักที่เกิดขึ้นกับการทำแห้งด้วยลมร้อนคือการถ่ายเทความร้อนและมวลสารระหว่างวัสดุและของไหล ที่อาศัยแรงขับจากความต่างศักย์ของอุณหภูมิและความชื้น กล่าวคือความร้อนสัมผัสจากของไหลจะถ่ายเทสู่วัสดุ ทำให้ความชื้นระเหยออกไปกับอากาศ ในขณะเดียวกันไอน้ำก็จะเคลื่อนที่จากผิวหน้าวัสดุไปยังอากาศ ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงการเคลื่อนที่ของน้ำระหว่างการทำแห้ง [5]

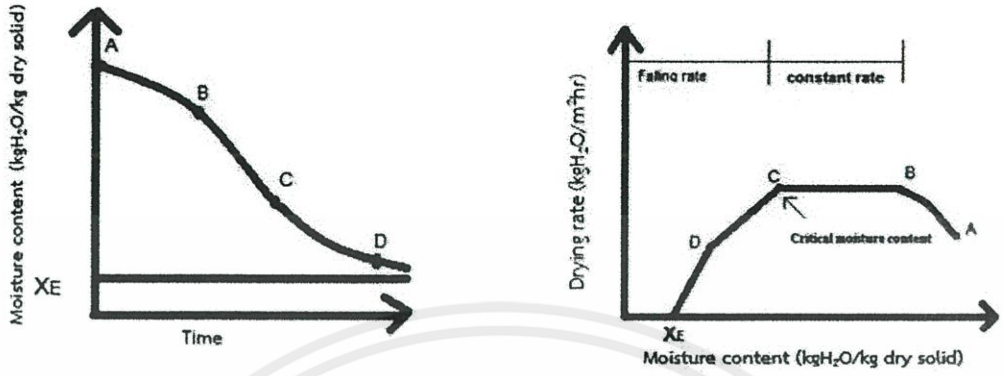
การเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุมีผลต่ออัตราการทำแห้ง (Drying rate) โดยแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ซึ่งสามารถอธิบายดังรูปที่ 2.3 ดังนี้

ก.) ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น (Initial Adjustment Period -AB) เป็นช่วงที่ความชื้นเริ่มต้น (A) ของวัสดุยังสูงอยู่และเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างลมร้อนกับวัสดุทำให้อุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) ของลมร้อนที่ใช้เป็นตัวกลางหลังจากนั้นอัตราการทำแห้งจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงช่วงอัตราทำแห้งคงที่ (constant rate)

ข.) ช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ (Constant Rate Period-BC) เป็นช่วงที่น้ำภายในวัสดุเคลื่อนที่มาที่ผิวหน้าและได้รับความร้อนจากลมร้อนทำให้น้ำในวัสดุมีการระเหยอย่างต่อเนื่อง โดยการเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุจะมีผลต่ออัตราการทำแห้งถ้าวัสดุมีเนื้อโปร่งการเคลื่อนที่ด้วยการไหลผ่านช่องแคบ (Capillary) น้ำจะเคลื่อนที่มาที่ผิวได้เร็วกว่าการระเหยกลายเป็นไอ ทำให้ผิววัสดุเปียกชุ่มด้วยน้ำ การระเหยเป็นไปอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ จากนั้นความชื้นของวัสดุจะลดลงจนกระทั่งถึงจุดสุดท้ายของช่วงการทำแห้งคงที่ ซึ่งอัตราเร็วในการทำแห้งจะเริ่มลดลง โดยจะเรียกความชื้นของวัสดุ ณ จุดเปลี่ยนแปลงระหว่างอัตราการทำแห้งคงที่ และอัตราการทำแห้งลดลงว่า ความชื้นวิกฤต (critical moisture content)

ค.) ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (Falling Rate Period CD และ DE) เป็นช่วงที่ความชื้นในวัสดุเหลือน้อยจนน้ำแพร่ไปยังผิวหน้าได้ไม่ต่อเนื่องทำให้ผิวหน้าของอาหารเริ่มแห้งส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวของอาหารสูงขึ้นและอัตราการทำแห้งลดลง โดยความชื้นจะลดลงเรื่อยๆจนมีความชื้นต่ำสุด เรียกว่า ค่าความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content, X_E) ที่ความชื้นนี้อัตราการทำแห้งจะเป็นศูนย์ ซึ่งน้ำในวัสดุจะไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก สำหรับวัสดุที่มีเนื้อแน่นน้ำเคลื่อนที่ได้ช้าจะมีเฉพาะช่วงอัตราการทำแห้งจะลดลงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 2.3 กราฟแสดงอัตราการทำแห้ง [5]

(ก) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา

(ข) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งกับปริมาณความชื้น

2.1.3.2 การคำนวณอัตราการทำแห้งภายใต้สภาวะคงที่ของตัวกลางทำแห้ง (Drying under Constant Drying Condition) [6]

ภายใต้สภาวะการทำแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ทิศทางการไหล และอัตราการไหลของอากาศคงที่ อัตราการทำแห้ง (Drying rate) คือ อัตราส่วนของมวลของของเหลวที่ระเหยต่อพื้นที่ที่เกิดการระเหยต่อเวลา โดยสมการของอัตราการทำแห้ง สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (2.3)

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

เมื่อ R = อัตราการทำแห้งหรืออัตราการระเหย (kg/m^{2}h)

A = พื้นที่ที่เกิดการระเหย (m^2)

$\frac{dm}{dt}$ = มวลของน้ำที่ระเหยต่อหนึ่งหน่วยเวลา (kg/h)

ความสัมพันธ์ของมวลของน้ำในอาหารและความชื้นในอาหาร สามารถแสดงได้ ดังสมการที่ (2.4)

$$m = WM \text{ เมื่อ } M = lA\rho_g \tag{2.4}$$

$$dm = MdW = lA\rho_g dW \tag{2.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ m = มวลของน้ำในสารชื้น (kg)

M = มวลของสารแห้งสนิท (kg)

W = ความชื้นในอาหารมาตรฐานแห้ง (kg H_2O/kg dry solids)

l = ความหนาของสารแห้งสนิท (m)

ρ_s = ความหนาแน่นของสารแห้งสนิท (kg/m^3)

แทนค่า dm ในสมการที่ (2.3) จะได้

$$R = -\frac{1}{A}\frac{dm}{dt} = -l\rho_s\frac{dW}{dt} \quad (2.6)$$

$$dt = -\frac{M}{A}\frac{dW}{R} = -l\rho_s\frac{dW}{R} \quad (2.7)$$

2.1.3.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการทำแห้ง [7], [8]

ก). ลักษณะธรรมชาติของอาหาร

อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมีความพรุน (porosity) มากจะมีอัตราการทำแห้งเร็ว เนื่องจากน้ำในอาหารสามารถเคลื่อนจากภายในออกมาภายนอกได้ง่าย นอกจากนี้อาหารที่มีพื้นที่ผิวมาก อัตราการทำแห้งสามารถเกิดได้เร็วเช่นกัน เพราะพื้นที่การระเหยของน้ำในวัสดุเพิ่มขึ้นมาก

ข). ขนาดและรูปร่างของอาหาร

ขนาดและรูปร่างของอาหารเป็นสมบัติทางกายภาพของอาหารที่มีผลต่อการทำแห้ง อาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากจะมีพื้นที่ระเหยน้ำมาก และมีอัตราการทำแห้งเร็ว ดังนั้นหากอาหารมีความหนามากอัตราการทำแห้งจะช้ากว่าอาหารที่มีความหนาน้อย เนื่องจากอัตราการทำแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร

ค). ปริมาณอาหาร

อาหารที่นำมาทำแห้งในปริมาณมากๆ จะมีอัตราการทำแห้งช้าเนื่องจากอากาศร้อนไม่สามารถสัมผัสกับอาหารที่นำมาทำแห้งได้อย่างทั่วถึง จึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารได้ จึงทำให้อัตราการทำแห้งช้าลง

ง). อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นสิ่งสำคัญมากต่อการระเหยของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เนื่องจากความแตกต่างของอุณภูมิภายในและภายนอกผลิตภัณฑ์ หากมีความแตกต่างกันมาก น้ำภายในผลิตภัณฑ์จะสามารถระเหยออกมาได้ดีมากขึ้นตามความแตกต่างของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้มีการอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ). ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์คือ ปริมาณไอน้ำในอากาศ ถ้าอากาศมีความชื้นพัทธ์สูงหมายถึง มีไอน้ำในอากาศมาก ดังนั้นหากต้องการให้การทำแห้งมีประสิทธิภาพสูงจะต้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้มีค่าต่ำ

ฉ). ความเร็วลม

ความเร็วลมเป็นปัจจัยสำคัญในการระเหยของน้ำ เนื่องจากยิ่งใช้ความเร็วลมมากจะทำให้อัตราการระเหยของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เร็วขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำแห้งของผลิตภัณฑ์

ช). ความดัน

ความดันมีผลเกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำ เมื่อที่ความดันต่ำน้ำจะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันต่ำจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น

2.1.4 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด [7]

การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในการผลิตผักและผลไม้อบแห้ง เพราะมีราคาและค่าบำรุงรักษาเครื่องค่อนข้างต่ำ โดยการทำแห้งในเครื่องทำแห้งแบบถาดดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะอาศัยลมร้อนจากแหล่งความร้อน ซึ่งอาจจะเป็น ฮีทเตอร์ คอล์ยไอน้ำ ก๊าซหุงต้ม หรือน้ำมันเตา ลมร้อนจะไหลผ่านอาหารที่วางเป็นชั้นบางๆ (ประมาณ 2-6 ซม.) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ในชั้นของถาดที่อาจจะมีรูพรุนหรือไม่มีก็ได้ ความเร็วลมที่ไหลเวียนอยู่ในช่วง 0.5-5 เมตร/วินาที มีระบบบังคับทิศทางการไหลของลมร้อนภายในเครื่องโดยใช้แผ่นเหล็กบางๆกั้นเพื่อให้ลมร้อนไหลอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงทุกส่วน

รูปที่ 2.4 การใส่อาหารในเครื่องทำแห้งแบบถาด [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ข้อมูลทั่วไปของผลหม่อน [9], [10], [11]

2.1.5.1 ผลหม่อน

ลักษณะของผลหม่อนเป็น ผลรวม อวบน้ำรูปทรงกระบอก มีสีเขียว เมื่อสุกสีม่วงแดงเข้มเกือบดำ สีแดงเกิดจากแอนโทไซยานิน โดยยังพบสารประกอบเคอร์ซิทินที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งจะช่วยในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โรคมะเร็ง และบำรุงสายตา ผลหม่อนมีรสหวานอมเปรี้ยว สรรพคุณทางด้านยาสมุนไพร เช่น แก้ไข้ แก้เจ็บคอ แก้ไอ แก้ตาแดง ยาระบายอ่อน แก้โรคปวดข้อ ดับร้อน โรครูมาติค ชาตามแขนขา และลดการอักเสบลำคอ นอกจากนี้ยังมีการนำผลหม่อนไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผลหม่อนแช่อิ่ม ลูกอมหม่อน ซึ่งผลหม่อนที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์สามารถใช้ได้ทั้งหม่อนห่ามและหม่อนสุก ในปัจจุบันไม่ใช่แค่ผลหม่อนเท่านั้นที่สามารถนำไปเพิ่มคุณค่าแต่ในส่วนของต้นหม่อนยังมีคุณค่าและมีศักยภาพที่สามารถนำเอาไปใช้พัฒนาให้มีประโยชน์ได้อย่างขว้างขวาง ต้นหม่อนสามารถจะออกผลในช่วงเดือน ธันวาคมถึงมีนาคมของทุกปี ซึ่งผลผลิตต่อไร่ประมาณ 600-700 กิโลกรัม แต่หม่อนสามารถที่จะให้ผลผลิตได้ปริมาณสูงสุดถึง 1000 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ชาวไทยภูเขาภาคเหนือในเขตจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอนนิยมปลูกเป็นผลไม้ริมรั้ว ก่อนการวิจัยและพัฒนาจนกลายมาเป็นอาหารและเครื่องดื่มการนำมาแปรรูปของสินค้าหนึ่งผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบล

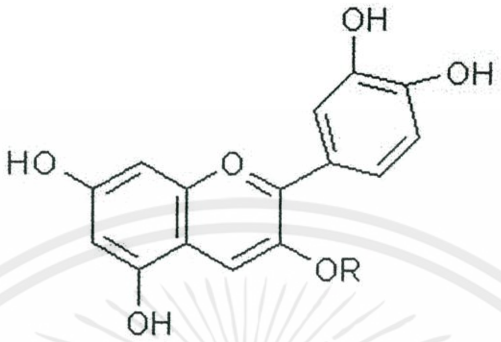
2.1.5.2 สารเคมีและสารอาหารที่สำคัญในผลหม่อน [12]

ผลหม่อนอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุ เช่น กรดโฟลิก ซึ่งพบว่า ทารกที่เกิดจากมารดาที่ขาดกรดโฟลิก มีความเสี่ยงที่จะพิการทางสมองและประสาท ไขสันหลัง นอกจากนั้นยังพบสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แอนโทไซยานิน เควอซิติน ที่มีส่วนลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง

สารประกอบฟีนอลได้แก่ สารประกอบที่มี aromatic ring และอย่างน้อย 1 hydroxyl group และรวมไปถึงอนุพันธุ์ของสารประกอบฟีนอล ได้แก่ แอนโทไซยานิน, ฟลาโวนอยด์, lignin, ฮอร์โมน abscisic acid, cinnamic acid, caffeic acid, caffeic acid, chlorogenic acid เป็นต้น สารประกอบฟีนอลเป็นตัวแทนของสารในธรรมชาติที่นับว่ามีปริมาณมากอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับ สี กลิ่นและรส

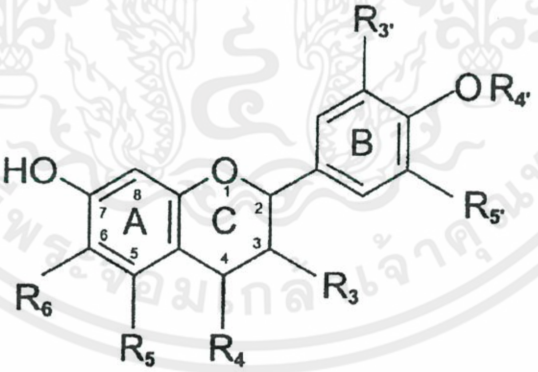
แอนโทไซยานิน [6] เป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงินใช้เป็นสารให้สี (coloring agent) ธรรมชาติในอาหารสารสกัดแอนโทไซยานินมีสมบัติเป็นโภชนะเภสัช (nutraceutical) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมองด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อนชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) อีโคไล (*Escherichia coli*) ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษด้วย แอนโทไซยานิน จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟี

นอล กลุ่มพอลิฟีนอล (polyphenol) โดยผลผม่อนจะมี cyanidin3-*O*-rutinoside (60%) และcyanidin 3-*O*-glucoside (38%) ในปริมาณสูงสุด



รูปที่ 2.5 สูตรโครงสร้างทางเคมีของแอนโทไซยานิน [6]

ฟลาโวนอยด์ [13] เป็นสารประกอบกลุ่มพอลิฟีนอล ซึ่งประกอบด้วยวงอะโรมาติกตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป โดยมีการจับกับคาร์บอนและ aromatic hydroxyl ดังแสดงในรูปที่ 2.6 จากงานวิจัยพบว่า กลุ่มของสารประกอบฟลาโวนอยด์ ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สาร flavones และcatechuic สามารถช่วยป้องกันการถูกทำลายของเซลล์และเนื้อเยื่อร่างกายจากอนุมูลอิสระและออกซิเจนอิสระ



รูปที่ 2.6 โครงสร้างและรูปแบบทั่วไปของฟลาโวนอยด์ในอาหาร [13]

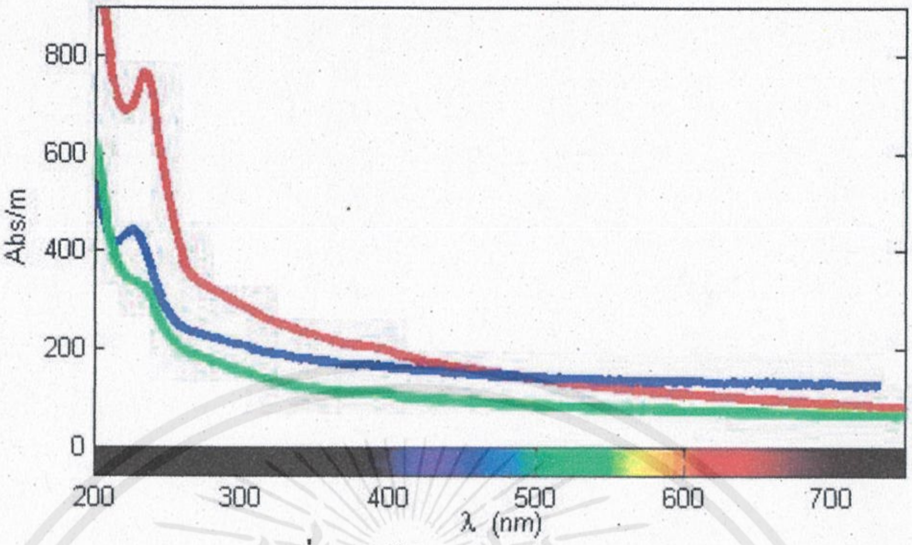
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์ในผลหม่อน

สารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) [14] เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ที่สามารถพบได้ในธรรมชาติในอาหาร โดยปกติจะมีอนุมูลอิสระเกิดอยู่ตลอดเวลาจากกระบวนการเผาผลาญภายในร่างกาย ซึ่งอนุมูลอิสระ เป็นส่วนของโมเลกุลซึ่งมีพลังงานสูงและชอบที่จับเป็นคู่และในการหาคู่ของส่วนอนุมูลอิสระจะทำให้เกิดการทำลาย และทำให้ร่างกายเกิดริ้วรอยและแก่ก่อนวัยได้ง่าย ถ้าในร่างกายมีอนุมูลอิสระมากเกินไปจะก่อให้เกิด โรคหลอดเลือด โรคหัวใจ และโรคต้อกระจก นอกจากนี้ยังพบว่าคนที่สูบบุหรี่และตากแดดเป็นประจำจะเกิดอนุมูลอิสระได้มากกว่าคนปกติหลายเท่า ซึ่งในการวิเคราะห์หาสารแอนติออกซิแดนท์จะมีการใช้เทคนิค UV-VIS spectrophotometer ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์

VIS Spectrophotometer [15] เป็นเทคนิคการวิเคราะห์สารโดยใช้หลักการดูดกลืนแสงที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190-1000 นาโนเมตร(nm) ของสารเคมีนั้นได้แก่ สารอินทรีย์ (organic compound) สารประกอบเชิงซ้อน (complex compound) หรือสารอนินทรีย์ (inorganic compound) โดยนำสารตัวอย่างใส่ในเซลควอตซ์ (quart) แล้ววางในบริเวณใกล้แหล่งกำเนิดแสง แหล่งกำเนิดแสงที่ดีควรให้แสงที่มีความเข้มสม่ำเสมอ และนิ่งตลอดความยาวคลื่นที่ใช้งาน [12] โดยสารตัวอย่างจะดูดกลืนรังสีหรือแสงบางส่วนไว้ แสงที่ไม่ดูดกลืนจะผ่านออกมายังเครื่องวัดแสง (photomultiplier tube) เครื่องวัดแสงจะทำการวัดปริมาณแสงที่ออกมา โดยการหักล้างกับปริมาณของแสงก่อนดูดกลืน จากนั้นจะทำการประมวลผลเป็น curve หรือสเปกตรัม ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) และค่าความยาวคลื่นดังแสดงในรูปที่ 2.7 อีกส่วนประกอบที่สำคัญคือตัวตรวจสัญญาณ สำหรับเครื่องตรวจวัดนิยมใช้ ได้แก่ PMT (photomultiplier tube), diode arrays และ CCDs (charge coupled devices) โดยเครื่องจะทำการบันทึกค่าความยาวคลื่นร่วมกับค่ามุมของแต่ละความยาวคลื่นที่เกิดการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ยูวี-วิส สเปกตรัม [15]

2.1.6.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลรวม โดยใช้เทคนิค Folin-Ciocalteu Colorimetric Method

สารประกอบฟีโนลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่ง [10] การศึกษาถึงปริมาณสารประกอบฟีโนลิกรวมจึงมีความสัมพันธ์กับความจุของสารต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant capacity) และมักทำควบคู่กับการทดสอบหาฤทธิ์การต้านการเกิดออกซิเดชัน ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกรวมนี้สามารถหาได้โดยวิธี Folin-Ciocalteu ซึ่งอาศัยการเกิดสีจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารประกอบฟีโนลิกจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในสารละลายคาร์บอเนตและสาร Folin-Ciocalteu จะถูกรีดิวซ์กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีเขียวอมเหลือง จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไป โดยวิธีสเปกโตรโฟโตรเมตรีที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตรเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid)

2.1.6.2 วิเคราะห์หาค่าความสามารถในการกำจัดเอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radial scavenging acitvity [16]

อนุมูลอิสระ (free radicals) เป็นสารที่ไม่เสถียรทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ว่องไว DPPH เป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ซึ่งจะใช้ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl เป็นตัว เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ง่ายต่อการวิเคราะห์ ให้ความถูกต้อง และแม่นยำค่อนข้างสูง โดยหลักการ DPPH เป็น stable radical ในตัวทำละลายเมทานอล (methanol) สารละลายนี้จะมีสีม่วง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 515-517 นาโนเมตร ก่อนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ต้องมีการเตรียมสารสกัดจากพืชอบให้แห้งที่อุณหภูมิหนึ่งๆ จากนั้นย่อยให้มีขนาดเล็ก และเตรียมสิ่งสกัดที่ต้องการทดสอบตามความเข้มข้นที่ต้องการ เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยจะเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้เป็นมาตรฐาน ถ้าตัวอย่างในการวิเคราะห์มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูงความเข้มของสารละลายสีม่วงจะลดลง

2.1.6.3 วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total anthocyanin content: TAC) ด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล [17]

สารแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่พบในพืชทั้งในดอกและในผล ดังนั้นในการวิเคราะห์ชนิดหรือปริมาณของแอนโทไซยานินจะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การสกัดให้อยู่ในรูปของสารละลาย การทำให้บริสุทธิ์ และการวิเคราะห์ การสกัดที่ดีจึงควรที่จะสกัดเอาปริมาณแอนโทไซยานินให้ได้สูงสุด มีการปนเปื้อนของสารอื่นน้อยที่สุด และมีการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินน้อยที่สุด และเนื่องจากแอนโทไซยานินมีความคงตัวสูงที่ pH ต่ำ ในการวิเคราะห์หาแอนโทไซยานินจะใช้การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นหนึ่งๆ และวิธีพีเอชดิฟเฟอเรนเชียลในการวัดค่าการดูดกลืนแสง สำหรับแอนโทไซยานิน ความยาวคลื่นสูงสุดที่ถูกดูดกลืนจะอยู่ในช่วง 490-550 นาโนเมตร นอกจากนี้วิธีนี้ยังเป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ข้อบกพร่อง จากสารเมลานอยดิน ที่เกิดจากการสลายตัวของแอนโทไซยานินซึ่งจะสามารถดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกับแอนโทไซยานินทำให้ค่าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กันยวิชญ์ กันจินะ และสมชาย จอมดวง (2554) [18] ศึกษาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหม่อนผง วัตถุดิบที่ใช้เป็นผลหม่อนสุก(สีม่วงดำทั้งผล) พันธุ์เชียงใหม่แช่เยือกแข็งนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดแบบหินขัด แล้วทำการทำแห้งด้วยเครื่องอบ 2 แบบ คือ เครื่องทำแห้งแบบถาดและเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรด จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ยังคงอยู่ในหม่อนผงพบว่าการทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสม จากการเปรียบเทียบวิธีการทำแห้งพบว่าการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นวิธีที่เหมาะสมในการผลิตหม่อนผง โดยก่อนเริ่มการศึกษาการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดมีการทดลองอบที่ 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าใช้เวลาในการอบนานซึ่งไม่คุ้มค่าในการผลิตจึงเลือกศึกษาที่ระดับความร้อน 3 ระดับ คือ 60 70 80 องศาเซลเซียส

อรุษา เชาวนลิขิต (2554) [17] ศึกษาการสกัดสารสำคัญของแอนโทไซยานินธรรมชาติ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ นอนอะซิเลตเทต แอนโทไซยานิน (Non acylated anthocyanin) และอะซิเลตเทต แอนโทไซยานิน (Acylated anthocyanin) โครงสร้างของแอนโทไซยานิน ประกอบด้วย แอนโทไซยานิดิน น้ำตาล และ กรด ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดแอนโทไซยานิน ได้แก่ น้ำ เอทานอล เมทานอล

และอะซีโตน วิธีการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (Solid Phase Extraction) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการทำให้แอนโทไซยานินบริสุทธิ์ การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินสามารถแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด เช่น วิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (pH-Differential) ด้วยสเปคโตรมิเตอร์ และการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแอนโทไซยานิน โดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography) การย่อยด้วยกรดและการย่อยด้วยด่างหรือการใช้แมสสเปคโตรมิเตอร์เป็นเทคนิคที่ใช้ร่วมกับเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography) เพื่อการวิเคราะห์แอนโทไซยานินที่ไม่ทราบชนิด

ยุพากร ผลาขจรศักดิ์ (2547)[10] ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะในการสกัดแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุด โดยใช้ 1%HCL ใน 95% ethanol เป็นตัวทำละลาย ในการเปรียบเทียบปริมาณของแอนโทไซยานินที่ได้จากเปลือกมังคุดบริเวณด้านนอกและด้านในของเปลือก โดยพบว่าเปลือกมังคุดส่วนด้านนอกมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าส่วนด้านในของเปลือก โดยพบว่าอัตราส่วนระหว่างเปลือกมังคุดต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมคือ 1:25 และเวลาสกัดในการสกัดที่น้อยที่สุดที่ให้ค่าปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุดคือ 1 ชั่วโมง และปัจจัยที่ส่งผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ แสง และเวลา กล่าวคือ เปลือกมังคุดในการสกัดแอนโทไซยานินควรเก็บชุดทดลองในที่มืดและในที่ที่อุณหภูมิต่ำ

เพชรรุ่ง เทพทอง และคณะ (2555) [19] ศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลลิกในสารสกัดส่วนที่เป็นเอทานอลของขิง พริกไทยดำ และดีปลี พบว่าสารสกัดส่วนที่เป็นเอทานอลของขิงมีปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกสูงที่สุดเมื่อทดสอบด้วย Folin-Ciocalteu Colorimetric Method

แฉล้ม มาศวรรณา และคณะ (2553) [20] ศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลีบกระเจี๊ยบแดง ได้แก่ สารแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกของกระเจี๊ยบแดง 29 พันธุ์สายพันธุ์ ที่รวบรวมโดยกรมวิชาการเกษตรและปลูกที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ในการวิเคราะห์แอนโทไซยานินจากกลีบกระเจี๊ยบ พบว่า ปริมาณสารแอนโทไซยานิน มีค่าอยู่ระหว่าง 51 - 442 มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง กระเจี๊ยบแดงลพบุรี และกระเจี๊ยบแดงขอนแก่น มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด คือ 439 และ 442 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอยู่ระหว่าง 94-239 GAE (gallic acid equivalent) มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง โดยพันธุ์ขอนแก่นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด รองลงมา คือสายพันธุ์ JRC/624 H พันธุ์กระเจี๊ยบแดงที่มีปริมาณสารแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกสูงจะมีลักษณะกลีบหนา น้ำหนักมาก สีแดงเข้ม ส่วนสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกน้อยจะมีลักษณะกลีบบาง น้ำหนักเบา สีแดง อาจจะมีจุดประแต้มสีเขียวบนกลีบ ค่าความเป็นกรด (pH) ของน้ำกระเจี๊ยบอยู่ระหว่าง 1.94-2.73

มนต์วดี หุ่นเจริญ และศศิธร ตรงจิตภักดี [21] ศึกษาผลของสายพันธุ์และระยะการเจริญเติบโตต่อแอนโทไซยานินของผลหม่อน 3 สายพันธุ์โดยศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธี pH-differential และตรวจสอบแอนโทไซยานินชนิดหลักโดยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของผลหม่อนขึ้นกับสายพันธุ์และระยะการเจริญเติบโตโดยมีปริมาณตั้งแต่ 3 ถึง 1,844 มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ในตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้งโดยเมื่อผลหม่อนเจริญเติบโตมากขึ้นจะมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น

ฉัตรชัยนนท์ พิลาทอง และศศิธร ตรงจิตภักดี [22] ศึกษาคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของน้ำองุ่นดำที่เตรียมจาก 6 สายพันธุ์โดยศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธี pH – differential และศึกษาคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2, 2-Diphenly-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay ผลจากการทดลองพบว่าสายพันธุ์ Tempranillo มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 14905.7±1328.7 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 345.9±21.9 มิลลิกรัมของมัลวิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อลิตร และคุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน DPPH 13850.4±650.7 มิลลิกรัมสมมูลของวิตามินซีต่อมิลลิลิตร

ศุทธินี ลีลาเหมรัตน์ และศศิธร ตรงจิตภักดี [23] ศึกษาปริมาณกลุ่มสารองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของกากผลหม่อนซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากการผลิตน้ำผลไม้ โดยเตรียมตัวอย่างกากผลหม่อนด้วยวิธีทำแห้งแบบใช้ลมร้อนและทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากผลการทดลองพบว่าวิธีการทำแห้งไม่มีผลต่อปริมาณกลุ่มสาร (เถ้าไฟเบอร์โปรตีนไขมันความชื้น และคาร์โบไฮเดรต) โดยตัวอย่างกากผลหม่อนแห้งมีความชื้นเฉลี่ย 14.4 ± 0.2% และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดเฉลี่ย 62.8 ± 2.4% เมื่อตรวจสอบปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดปริมาณ
สารประกอบฟีนอลลิคทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ 2, 2-Diphenly-1-picrylhydrazyl (DPPH) พบว่าวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะยังคงรักษาองค์ประกอบดังกล่าวได้มากกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน

Medeni Maskan and Fahrettin Gogus [24] ศึกษาลักษณะเฉพาะของผลหม่อนโดยการทำแห้งซึ่งใช้หลักการกระบวนการเพิ่มความชื้นและกระบวนการลดความชื้นที่อุณหภูมิ 10 20 30 องศาเซลเซียลในการทำแห้งผลหม่อนแบบถาดใช้อัตราเร็วของอากาศ 1.2 m s^{-1} ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียล จากการทดลองจะเป็นช่วงของอัตราการทำแห้งที่ลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การแพร่ที่ 2.32×10^{-10} – 2.76×10^{-9} m s^{-1} โดยอุณหภูมิจะมีผลค่อนข้างมากต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ที่สงวนไว้ ... ห้ามใช้ในเชิงพาณิชย์หรือการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานปริญญานิพนธ์

3.1 สารเคมี

- ไนโตรเจนเหลว
- สารละลาย เอทานอล 95%
- กรดไฮโดรคลอกริก 1%
- 0.025 โมลาร์ โพแทสเซียมคลอไรด์
- 0.4 โมลาร์ โซเดียมอะซิเตท
- 2, 2–Diphenly-1-picrylhydrazyl (DPPH)
- สารละลาย Folin-Ciocalteau reagent
- สารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต 10%
- กรดแกลลิค
- น้ำกลั่น

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ผลหม่อนสด
- กระทงฟอยล์กลม
- เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-VIS spectrophotometer)
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)
- เครื่องปั่นน้ำผลไม้
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- เครื่องทำแห้งแบบถาด
- เครื่องวัดความเร็วลม (flow meter)
- นาฬิกาจับเวลา
- หลอด centrifuge ขนาด 15 มิลลิลิตร
- เทอร์โมมิเตอร์
- ครกบดสาร
- ปิเปต ขนาด 0.1-1.0 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น เดือดทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปิเปต ขนาด 1.0-10 มิลลิลิตร
- เครื่องแก้ว

3.3 วิธีการดำเนินงานปริญญานิพนธ์

ตอนที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ

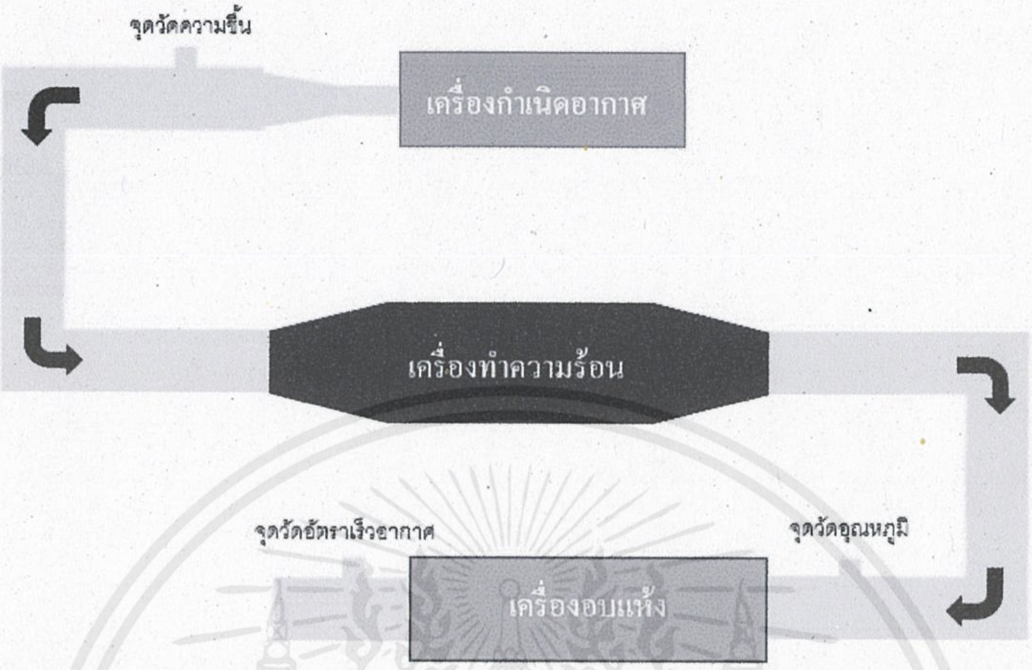
1). นำผลหม่อนสุกทั้งผลมาทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำดังรูปที่ 3.1 โดยใช้สภาวะดังตารางที่ 3.1 และ บันทึกน้ำหนักของผลหม่อนหลังจากทำแห้งโดยบันทึกน้ำหนักทุก 30 นาที จนกระทั่งความชื้นในผลหม่อนเป็น 0.3 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

2). นำผลการทดลองที่ได้มาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา (Drying Curve)

ตารางที่ 3.1 สภาวะของอากาศที่ใช้ในการทดลองที่ความเร็วของอากาศ 0.5 เมตรต่อวินาที

การทดลองที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพันธ์ (เปอร์เซ็นต์)
1.	45	10
2.		70
3.	70	10
4.		70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนภาพเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ

เครื่องกำเนิดอากาศ: เครื่องอัดอากาศ สำหรับอากาศความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 10 (ความชื้นต่ำ)
เครื่องเป่าลม สำหรับอากาศความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 (ความชื้นสูง)

เครื่องทำความร้อน: ฮีตเตอร์แบบครีบ กำลัง 3000 วัตต์

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในผลหม่อน

1). นำผลหม่อนจากการทดลองตอนที่ 1 มาสกัดสารสำคัญ โดยเติมไนโตเจนเหลวพอท่วมใส่ในครกที่มีหม่อนแห้ง บดให้ละเอียดและนำมาทำการสกัดโดยวิธีที่ดัดแปลง จากวิธีของ Kim et al. (2002) [8] โดยนำหม่อนแห้งบดละเอียดปริมาณ 1 กรัม สกัดด้วยสารละลาย ethanolic 10 มิลลิลิตร ในหลอด centrifuge ขนาด 15 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10000 rpm 5 นาที แยกเอาเฉพาะสารละลายใสไปวิเคราะห์

2). การวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (Giusti and Wrolatad, 2001)

นำสารสกัด 0.02 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์โดยใช้ 0.025 โมลาร์ โพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรด-ด่าง 1.0 และ 0.4 โมลาร์ โซเดียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร โดยใช้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลั่น เป็นสารเปรียบเทียบ (blank) รายงานผลในรูปของมิลลิกรัมสมมูลไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด $\left(\frac{\text{มิลลิกรัมสมมูลไซยานิดิน}-3-\text{กลูโคไซด์}}{100\ \text{กรัมน้ำหนักแห้ง}}\right) = \mathbf{A \times MW \times DF \times 1000 \times CF/(\varepsilon \times 1)}$

เมื่อ $\mathbf{A = (A_{510} - A_{700})_{pH\,1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\,4.5}}$

$\mathbf{MW = 449.2\ g/mol}$

$\mathbf{DF = dilution\ factor = \frac{3}{0.02} = 150}$

$\mathbf{1000 = conversion\ factor\ \ from\ g\ to\ mg}$

$\mathbf{CF = conversion\ factor} = \frac{1\ \text{ลิตร สารสกัด}}{100\ \text{กรัมน้ำหนักแห้ง}} = \frac{10\ \text{ไมโครกรัม สารสกัด}}{1\ \text{กรัมน้ำหนักแห้ง}}$

$\mathbf{\varepsilon = 26{,}900\ L/mol}$

หมายเหตุ: การวัดค่าการดูดกลืนแสงควรวัดหลังเจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ เป็นเวลา 15 นาที การทิ้งตัวอย่างไว้นานเกินไปจะทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มมากขึ้น

3). ตรวจสอบค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 2, 2-Diphenly-1-picrylhydrazyl: DPPH (DPPH Radical Scavenging Activity) ตามวิธีของ ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย และคณะ (2554) [27]

นำสารสกัด 0.05 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.004% เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร รายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูล DPPH ได้ 50% (IC_{50}) คำนวณ ดังสมการ

$$\mathbf{\%DPPH\ reduction = [\frac{A_0 - A_e}{A_0}] \times 100} \quad (3.1)$$

เมื่อ $\mathbf{A_0}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่เติมสารสกัด

$\mathbf{A_e}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่เติมสารสกัด

หมายเหตุ: การเตรียมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.004% โดยชั่งน้ำหนัก DPPH 4 มิลลิกรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วย เอทานอล เข้มข้น 95% และเก็บในขวดสีชา เพื่อหลีกเลี่ยงการถูกแสง ควรเตรียมทันทีก่อนใช้

4). การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลรวม (Total phenolic content: TPC)

นำสารสกัดมา 0.05 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteau reagent เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 10% ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสารละลาย ตั้งทิ้งไว้ที่

อุณหภูมิห้อง 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร โดยใช้โดยใช้สารละลายฟีนอลิกมาตรฐาน ความเข้มข้น 0 mg/l เป็นสารเปรียบเทียบ (blank)

นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกมาตราฐาน (แกน X) กับค่าการดูดกลืนแสง (แกน Y) จากค่าในแกน Y เพื่อได้ค่าความเข้มข้นจากค่าในแกน X แล้วนำค่า X คูณด้วยค่า dilution factor จะได้ค่าความเข้มข้นของสารประกอบทั้งหมดในสารตัวอย่าง มีหน่วยเป็น ppm หรือไมโครกรัมต่อกรัม as gallic acid

หมายเหตุ: $$\text{dilution factor} = \frac{10 \text{ มิลลิลิตรสารสกัด}}{1 \text{ กรัมน้ำหนักแห้ง}}$$

ตอนที่ 3 การทดลองเพื่อวิเคราะห์ลักษณะของผลหม่อนต่ออัตราการทำแห้ง

1). นำผลหม่อนสุกทั้งผลและผลหม่อนปั่นละเอียด มาทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 10 และ 70 บันทึกน้ำหนักทุก 30 นาที จนกระทั่งน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง

2). นำผลการทดลองที่ได้มาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา (Drying Curve)

ตอนที่ 4 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งระหว่างตู้อบและเครื่องทำแห้งแบบถาด

1). นำผลหม่อนสุกทั้งผลและผลหม่อนปั่นละเอียด มาทำแห้งด้วยตู้อบและเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส บันทึกน้ำหนักทุก 30 นาที จนกระทั่งน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง

2). นำผลการทดลองที่ได้มาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา (Drying Curve)

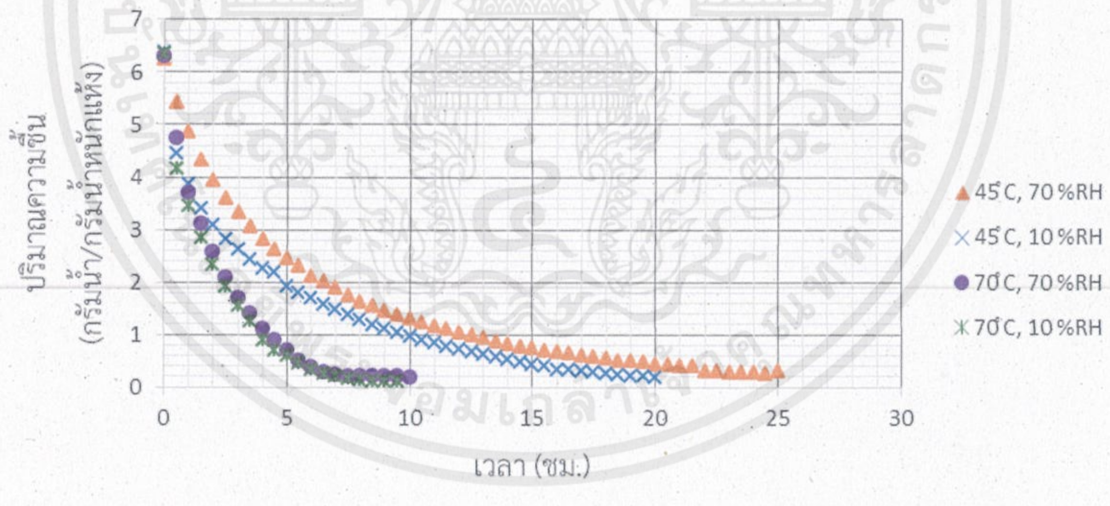
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ

การทำแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำที่อุณหภูมิการทดลอง 45 และ 70 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 10 และ70 แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.1 พบว่าที่อุณหภูมิสูง (70 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 10) เป็นสภาวะที่ทำให้อัตราการลดลงของความชื้นของหม่อนผลมีค่าสูงสุด เนื่องจากในการทำแห้งจะต้องใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิหรือความแตกต่างของความชื้นเพื่อใช้เป็นแรงขับเคลื่อนให้เกิดการแพร่ของน้ำออกจากวัสดุทำแห้ง โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นและความชื้นในอากาศที่ต่ำลงจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น แต่ที่อุณหภูมิสูงผลของความชื้นในอากาศจะมีผลต่อการทำแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ โดยเห็นได้จากการลดลงของความชื้นในผลหม่อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่างกันแต่มีค่าไม่แตกต่าง



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดลองการทำแห้งผลหม่อนสุกทั้งผลด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของสภาวะการทำแห้งต่อสารสำคัญในผลหม่อน

จากการทดลองการทำแห้งผลหม่อนที่สภาวะการทดลองดัง ตารางที่ 3.1 โดยการลดของความชื้นในผลหม่อนจาก 6.6 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยการเพิ่มอุณหภูมิและลดความชื้นในอากาศจนกระทั่งความชื้นในผลหม่อนเป็น 0.3 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญที่คงเหลือในผลหม่อนแห้ง โดยพิจารณาจากสารสำคัญคงเหลือในผลหม่อน ได้แก่สารประกอบฟีนอลทั้งหมด ค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radial scarenging activity และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.1 จากผลการวิเคราะห์พบว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้ปริมาณสารสำคัญมีค่าต่ำกว่า แม้ว่าจะใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่า และสำหรับการทำแห้งที่อุณหภูมิเดียวกัน การใช้ความชื้นต่ำในการทำแห้งจะทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลง ส่งผลให้ปริมาณสารสำคัญมีค่าสูงกว่าในกรณีที่ใช้อากาศชื้นในการทำแห้ง

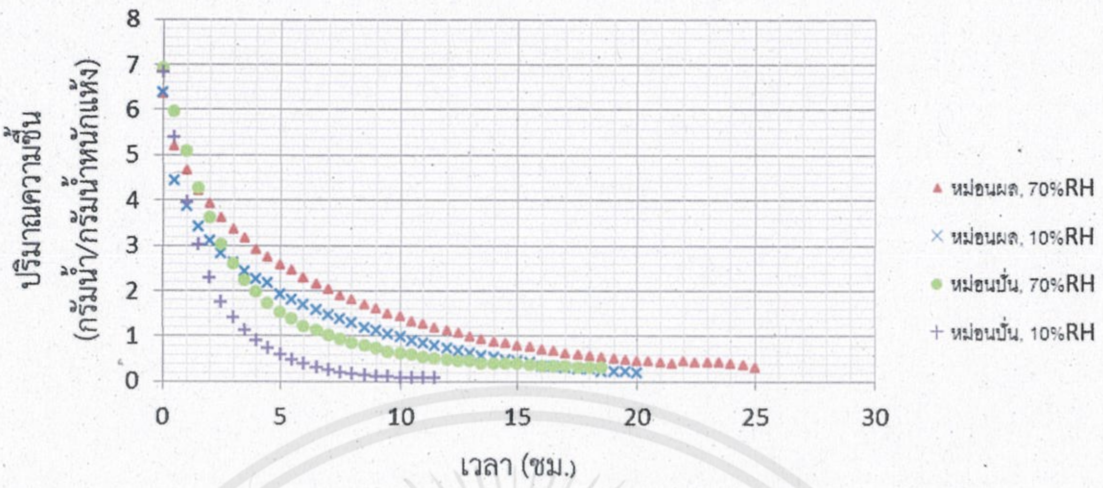
ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารสำคัญที่คงเหลือในผลหม่อนแห้ง

สารสำคัญ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	45		70	
	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)			
	10	70	10	70
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัม)	2081.9	1741.3	1771.3	1638.6
ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัม)	8967.3	4658.9	5485.9	2805.4
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	56.8	47.3	48.2	45.1
ระยะเวลาการทำแห้งผลหม่อน (ชั่วโมง)	18	25	6	9

4.3 ลักษณะของผลหม่อนต่ออัตราการทำแห้ง

จากผลการทดลองการทำแห้งผลหม่อน ดังแสดงผลการทดลองในหัวข้อ 4.1 และ4.2 ซึ่งศึกษาการทำแห้งผลหม่อนสดทั้งผล ส่งผลให้การทำแห้งต้องใช้เวลานาน โดยทั่วไปการเพิ่มอัตราการทำแห้งสามารถทำได้โดยการลดขนาดของวัสดุเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาตร แต่เนื่องจากผลหม่อนมีลักษณะชุ่มน้ำและมีเปลือกบางจึงไม่สามารถลดขนาดให้เล็กลงก่อนการทำแห้งได้

การศึกษาผลของลักษณะของผลหม่อนต่ออัตราการทำแห้ง ได้ศึกษาอัตราการทำแห้งผลหม่อนในสองลักษณะ คือ หม่อนผล และหม่อนปั่น โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟการทำแห้งหม่อนผล และหม่อนปั่นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

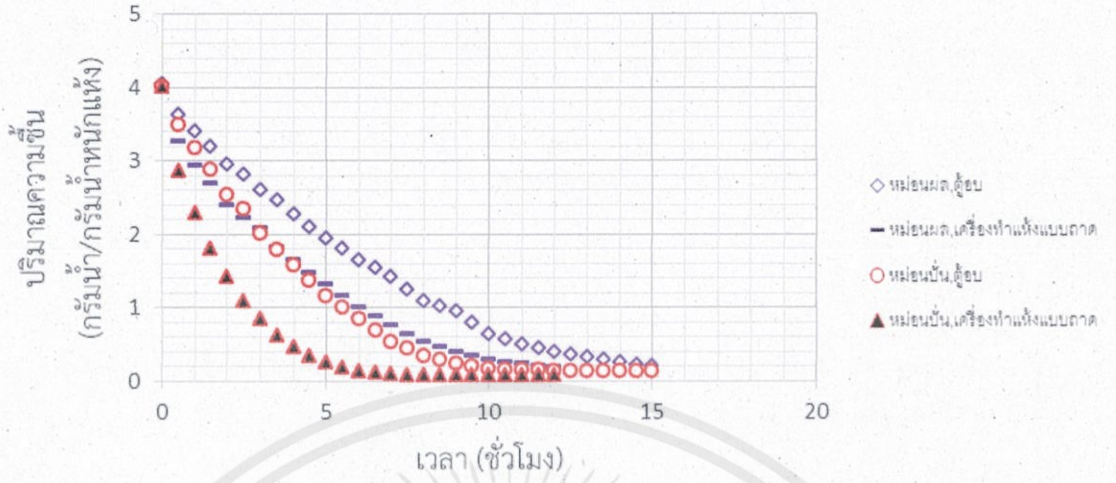
จากการทดลองพบว่า ความชื้นของหม่อนผลมีอัตราการลดลงช้ากว่าหม่อนปั่น เนื่องจากผนังเซลล์ของหม่อนปั่นถูกทำลาย จึงไม่สามารถกักเก็บน้ำผูกพันไว้ทำให้การลดลงของความชื้นในหม่อนปั่นเร็วกว่าหม่อนผล ซึ่งยังมีผนังเซลล์อยู่ ดังนั้นหากในกระบวนการทำแห้งหม่อนไม่ต้องการผลผลิตที่เป็นผล การนำผลหม่อนมาปั่นละเอียดก่อนการทำแห้งจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลง ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มีสารสำคัญในปริมาณที่สูง เพราะสารสำคัญไม่ถูกทำลายด้วยความร้อนจากการทำแห้งเป็นระยะเวลานาน

4.4 การเปรียบเทียบการทำแห้งผลหม่อนด้วยตู้อบและเครื่องทำแห้งแบบถาด

ในปัจจุบันการทำแห้งผลหม่อนของเกษตรกรใช้ตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและมีอัตราการผลิตต่ำและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากตู้อบที่ใช้มีประสิทธิภาพการกระจายของความร้อนต่ำ

ผลการทดลองการทำแห้งผลหม่อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบ (oven) และเครื่องทำแห้งแบบถาด (tray dryer) แสดงดัง รูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟการทำแห้งผลหม่อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลอง พบว่าการใช้เครื่องทำแห้งแบบถาดจะทำให้ความชื้นในผลหม่อนลดลงได้เร็วกว่าการใช้ตู้อบมาก เนื่องจากภายในตู้อบไม่มีการถ่ายเทมวลหรือความชื้นออกมาจากวัสดุ ทำให้การถ่ายเทความชื้นที่อยู่ในวัสดุสู่อากาศเป็นไปได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. ในการทำแห้งจะต้องใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิและความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเป็นแรงขับเคลื่อนเพื่อให้เกิดการแพร่ของน้ำออกจากวัสดุทำแห้ง โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นและความชื้นในอากาศที่ต่ำลงจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น และที่อุณหภูมิสูงความชื้นในอากาศจะมีผลต่อการทำแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

2. การทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูง ทำให้ปริมาณสารสำคัญมีค่าต่ำเนื่องจากการสลายตัวจากผลของความร้อน ถึงแม้ว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำก็ตาม และสำหรับการทำแห้งที่อุณหภูมิเดียวกัน การใช้อากาศความชื้นต่ำในการทำแห้งจะทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลง

3. การทำแห้งผลหม่อนหากไม่ต้องการผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นผลควรนำผลหม่อนมาทำการลดขนาดโดยการปั่นก่อนการทำแห้ง เพราะจะทำให้กระบวนการทำแห้งเร็วขึ้น

4. เนื่องจากเครื่องทำแห้งแบบตู้อบใช้เวลาในการทำแห้งผลิตภัณฑ์นานเพราะไม่มีการถ่ายเทมวลหรือความชื้นจากภายในสู่ภายนอกตู้อบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำแห้ง การใช้เครื่องทำแห้งแบบถาดจะทำให้กระบวนการผลิตใช้เวลาในการทำแห้งน้อยลง และผลิตภัณฑ์มีคุณภาพมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. สารสำคัญในผลหม่อนแห้งนอกจากจะลดลงตามอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งแล้วยังต้องคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการทำแห้งด้วยเช่นกัน

2. การวิเคราะห์สารสำคัญในผลหม่อนด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ควรจะต้องมีการทดลอบปริมาณสารที่นำมาใช้วิเคราะห์ให้มีช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสม เนื่องจากถ้ามีความเข้มข้นสูงจะไม่สามารถวิเคราะห์ได้ แต่หากความเข้มข้นต่ำเกินไปสีของสารที่ได้จะอ่อนเกินไปอาจมีผลจากการถูกแสงทำให้สีจางลง และทำให้ผลการทดลองผิดผลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิศวกรรมการแปรสภาพผลิตผลเกษตร2 คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร.มปป. “การลดความชื้นและการทำแห้ง”. (ออนไลน์).สืบค้นจาก : http://courseware.rmutl.ac.th[15 สิงหาคม2556]

[2] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[3] Mohsenin N. N. 1996. Physical properties of plant and animal materials. 2nd revision. Gordon and Breach Publishers. Canada.

[4] วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร,สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[5] กลไกลการอบแห้ง(ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://cw.rmuti.ac.th [15 สิงหาคม 2556]

[6]Anthocyanin / แอนโทไซยานิน(ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.foodnetworksolution.com [20 สิงหาคม 2556]

[7] การอบแห้งแบบถาด(ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://eng.sut.ac.th [19 สิงหาคม 2556]

[8]Drying rate (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.nzifst.org.nz [18 ธันวาคม 2556]

[9] ข้อมูลทั่วไปของผลหม่อน (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.phargarden.com [15 ธันวาคม 2556]

[10] ลือชัย บุตคุป. วิจัยพบ ลูกหม่อน ผลไม้ตระกูลเบอร์รีมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง. วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ) 1,3(2555): 41-47

[11] กันยวิชญ์ กันจินะ. 2554. ผลของวิธีการอบแห้งต่อสมบัติของหม่อนผงผสมเกสรดอกไม้. วิทยานิพนธวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[12] สารเคมีและสารอาหารที่สำคัญในผลหม่อน (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://coursewares.mju.ac.th [20 ธันวาคม 2556]

[13] Flavonoid / ฟลาโวนอยด์(ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.foodnetworksolution.com [20 สิงหาคม 2556]

[14] สารแอนติออกซิแดนท์(ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.myfirstbrain.com [20 มกราคม 2557]

[15] UV-VIS spectrophotometer (ออนไลน์).สืบค้นจาก : http://www.mfu.ac.th [30 สิงหาคม 2556]

[16] ปฏิวิทย์ ลอยพิมายและคณะ. 2554. เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรปี ที่ 42 ฉบับที่ 2(พิเศษ) พฤษภาคม - สิงหาคม 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[17] อรุษา เชาวนลิขิต. การสกัดและวิธีการวิเคราะห์แอนโทไซยานิน (EXTRACTION AND ANALYSIS OF ANTHOCYANIN).วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 3, 6(2554): 1-11

[18] กันยวิชญ์ กันจินะ สมชาย จอมดวง. การเปรียบเทียบการผลิตหม่อนผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดและเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรด (Comparison of Mulberry Powder Production using Tray Dryer and Infrared Vacuum Dryer).วารสารอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 4, 1(2556): 1-8.

[19] เพชร รุ่งเทพทอง และคณะ. การเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกในสารสกัดชั้นเอทานอลของขิงพริกไทยดำและดีปลี (Comparative Study of Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of EthanolicExtracts of Ginger, Black Pepper and Long Pepper). การประชุมเครือข่ายวิชาการบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 1,3-4.

[20] แฉล้ม มาศวรรณาและคณะ. ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลีบกระเจี๊ยบแดง 29 พันธุ์. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชพลังงานทดแทน.

[21] มนต์วดี หุ่นเจริญ และศศิธร ตรงจิตภักดี. ผลของสายพันธุ์และระยะการเจริญเติบโตต่อแอนโทไซยานินของผลหม่อน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร), 2553.

[22] ศุทธินี ลีลาเหมรัตน์ และศศิธร ตรงจิตภักดี.2552. องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกากลูกหม่อน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

[23] Medeni Maskan & Fahrettin Gogus. Sorption Isotherms and Drying Characteristics of Mulberry (Torus alba) (1998), journal of food engineering, pp. 437-449

[24] นันท์นภัส เติมวงศ์. ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระสารประกอบฟีโนลิกส์ และวิตามินซีในผักและสมุนไพร. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (สาขาเคมีคลินิก), 2551.

[25] หม่อน &ไหม...พืชและเส้นใยแห่งอนาคต(ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.gotoknow.org [20 สิงหาคม 2556]

[26] ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์. การสกัดและความคงตัวของแอนโธไซยานินส์ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด. วิทยานิพนธ์สาขาเทคโนโลยีอาหารมหาวิทยาลัยศิลปากรม, 2547.

[27] Folin, O., and Ciocalteu, V, On tyrosine and tryptophane determinations in proteins (1927), Journalof Biological Chemistry, 73, pp. 627–650.

[28] Giusti, M.M. and R. E. Wrolstad. 2005. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-VisibleSpectroscopy, pp. 19-31. In R.E. Wrolstad, T.E. Acree, E.A.

[29] Decker, M.H. Penner, D.S. Reid, S.J.Schwartz, C.F. Shoemaker, D. Smith and P. Sporns, eds. Handbook of Food Analytical Chemistry.Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey.

[30] Ranganna, S. 1977. Anthocyanins. In Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable products. Tata Mc Graw-Hill Publising Co., Ltd. New Delhi: pp. 94-104.

[31] Singelton, V., R., Orthifer, R. and Lamuela-Raventos, R., M, Analysis of total phenols andother oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent (1999), Methods inEnzymology, 299, pp. 152-178.

[32] Spectrophotometer components (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.atom.rmutphysics.com [9 กันยายน 2556]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลดิบ

ตารางที่ ก.1 แสดงน้ำหนักผลหม่อนของการทดลองการทำแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ

เวลา (ชม.)	น้ำหนักหม่อนผล (กรัม)				น้ำหนักหม่อนปั่น (กรัม)			
	15%RH		70%RH		15%RH		70%RH	
	45 °C	70 °C	45 °C	70 °C	45 °C	70 °C	45 °C	70 °C
0	10.170	10.150	10.020	10.080	10.100	10.200	10.230	10.140
0.5	7.510	7.120	8.870	7.920	8.230	7.130	8.980	7.560
1	6.710	6.130	8.080	6.490	6.390	4.820	7.850	5.450
1.5	6.090	5.300	7.360	5.660	5.180	3.900	6.780	4.250
2	5.650	4.600	6.830	4.930	4.220	3.300	5.950	3.410
2.5	5.280	4.040	6.350	4.250	3.550	2.890	5.200	2.820
3	4.990	3.530	5.960	3.710	3.090	2.530	4.640	2.460
3.5	4.730	3.110	5.620	3.310	2.730	2.260	4.170	2.190
4	4.490	2.620	5.280	2.920	2.450	2.070	3.820	2.020
4.5	4.390	2.360	5.000	2.600	2.240	1.950	3.490	1.890
5	4.040	2.210	4.760	2.330	2.050	1.870	3.250	1.790
5.5	3.860	2.020	4.550	2.090	1.890	1.810	3.070	1.730
6	3.720	1.840	4.310	1.900	1.800	1.770	2.860	1.680
6.5	3.550	1.730	4.150	1.760	1.680	1.720	2.740	1.650
7	3.410	1.660	3.980	1.700	1.600	1.720	2.600	1.620
7.5	3.270	1.590	3.800	1.680	1.550	1.690	2.470	
8	3.160	1.560	3.630	1.670	1.500	1.680	2.370	
8.5	3.030	1.540	3.530	1.670	1.470	1.670	2.290	
9	2.920	1.540	3.400	1.660	1.440		2.230	
9.5	2.820	1.530	3.300	1.660	1.420		2.130	
10	2.720		3.190	1.650	1.400		2.090	
10.5	2.620		3.090		1.390		2.040	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 แสดงน้ำหนักผลหม่อนของการทดลองการทำแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ (ต่อ)

เวลา (ชม.)	น้ำหนักหม่อนผล (กรัม)				น้ำหนักหม่อนปั่น (กรัม)			
	15%RH		70%RH		15%RH		70%RH	
	45 °C	70 °C	45 °C	70 °C	45 °C	70 °C	45 °C	70 °C
11	2.530		2.990		1.390		1.990	
11.5	2.450		2.900		1.380		1.940	
12	2.380		2.830				1.920	
12.5	2.300		2.740				1.870	
13	2.230		2.670				1.850	
13.5	2.170		2.570				1.810	
14	2.100		2.520				1.800	
14.5	2.040		2.460				1.800	
15	1.990		2.410				1.780	
15.5	1.940		2.360				1.750	
16	1.850		2.310				1.730	
16.5	1.840		2.270				1.720	
17	1.820		2.210				1.710	
17.5	1.780		2.180				1.700	
18	1.750		2.130				1.690	
18.5	1.700		2.090				1.680	
19	1.680		2.060					
19.5	1.670		2.030					
20	1.640		1.990					
20.5			1.960					
21			1.94					
21.5			1.93					
22			1.82					
22.5			1.81					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 แสดงน้ำหนักผลหม่อนของการทดลองการทำแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ (ต่อ)

เวลา (ชม.)	น้ำหนักหม่อนผล (กรัม)				น้ำหนักหม่อนปั่น (กรัม)			
	15%RH		70%RH		15%RH		70%RH	
	45 °C	70 °C	45 °C	70 °C	45 °C	70 °C	45 °C	70 °C
23			1.78					
23.5			1.78					
24			1.76					
24.5			1.74					
25			1.8					

หมายเหตุ: น้ำหนักแห้งของหม่อนผล = 1.38 กรัม, น้ำหนักแห้งของหม่อนปั่น = 1.29 กรัม

ตารางที่ ก.2 แสดงน้ำหนักผลหม่อนของการทดลองการเปรียบเทียบการทำแห้งผลหม่อนด้วยตู้อบและเครื่องทำแห้งแบบถาดทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เวลา (ชม.)	น้ำหนักหม่อนผล (กรัม)		น้ำหนักหม่อนปั่น (กรัม)	
	ตู้อบ	เครื่องทำแห้งแบบถาด	ตู้อบ	เครื่องทำแห้งแบบถาด
0	10.14	10.09	10.08	10.07
0.5	9.29	8.55	9.02	7.76
1	8.82	7.91	8.38	6.6
1.5	8.42	7.39	7.8	5.64
2	7.93	6.83	7.08	4.87
2.5	7.64	6.46	6.73	4.2
3	7.23	6.17	6.06	3.69
3.5	6.94	5.66	5.58	3.26
4	6.56	5.32	5.17	2.94
4.5	6.21	4.97	4.74	2.68
5	5.9	4.66	4.34	2.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 แสดงน้ำหนักผลหม่อนของการทดลองการเปรียบเทียบการทำแห้งผลหม่อนด้วยตู้อบและเครื่องทำแห้งแบบถาดทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ต่อ)

เวลา (ชม.)	น้ำหนักหม่อนผล (กรัม)		น้ำหนักหม่อนปั่น (กรัม)	
	ตู้อบ	เครื่องทำแห้งแบบถาด	ตู้อบ	เครื่องทำแห้งแบบถาด
5.5		4.33		2.37
6	5.33	4.03	3.7	2.28
6.5		3.76		2.23
7	4.85	3.52	3.08	2.22
7.5		3.29		2.19
8	4.19	3.07	2.7	2.18
8.5		2.93		2.17
9	3.9	2.8	2.47	2.17
9.5				
10	3.29	2.59	2.34	2.16
10.5				
11	3.02		2.3	
11.5				
12	2.8	2.36	2.29	2.16
12.5				
13	2.64		2.28	
13.5				
14	2.51		2.27	
14.5				
15	2.42		2.27	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ: น้ำหนักแห้งของผลหม่อน = 2.00 กรัม

ภาคผนวก ข

กราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลรวม

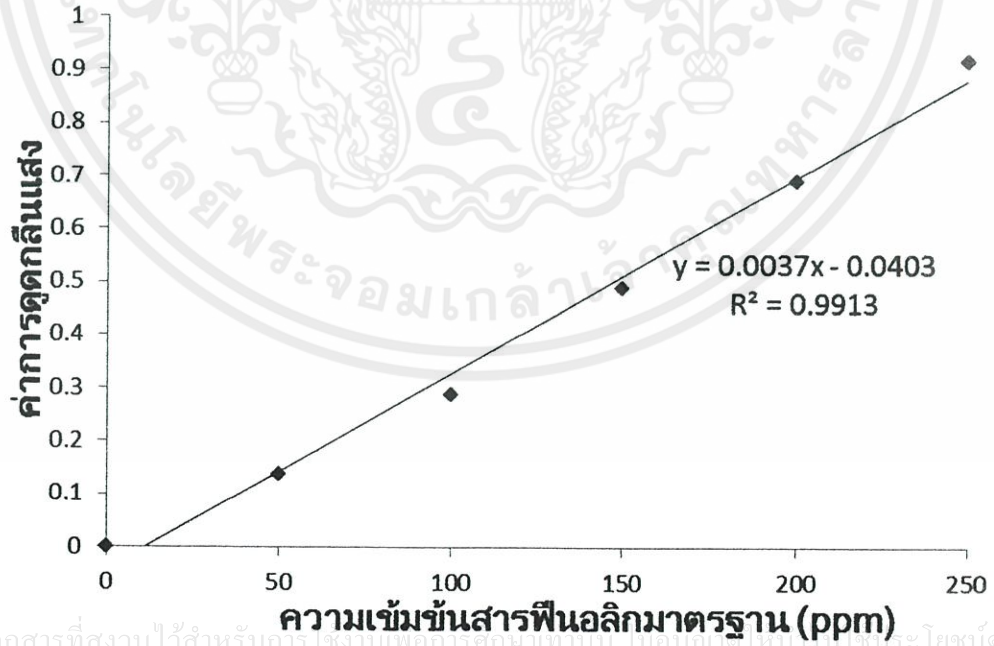
วิธีการทำกราฟมาตรฐาน

1). เตรียมสารละลายกรดแกลลิค ความเข้มข้น 1000 ppm โดยชั่งกรดแกลลิค 100 มิลลิกรัม ละลายในเอทธานอลเข้มข้น 95% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2). นำสารละลายกรดแกลลิค ความเข้มข้น 1000 ppm มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นเป็น 50 100 150 200 250 ppm

3). นำตัวอย่างมา 0.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตรเติมสารละลาย Folin-Ciocalteau reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 10% 3 มิลลิลิตรปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสารละลาย (shaker) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายฟีนอลิกมาตรฐานความเข้มข้น 0 mg/l เป็นสารเปรียบเทียบ (blank)

4). สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน (แกน X) กับค่าการดูดกลืนแสง (แกน Y)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ ข.1 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นสารฟีนอลิกมาตรฐาน

ภาคผนวก ค

การคำนวณที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

วิธีการคำนวณ

1. ข้อมูลเครื่องทำแห้งแบบถาด

ความกว้างภายในเครื่องอบแห้ง	100	มิลลิเมตร
ความยาวภายในเครื่องอบแห้ง	140	มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อภายใน	50	มิลลิเมตร
ความเร็วของอากาศร้อนในเครื่องอบ	0.50	เมตรต่อวินาที

2. การคำนวณความเร็วของลมร้อนในท่อ

$$A_{\text{ท่อ}} v_{\text{ท่อ}} = A_{\text{เครื่องอบ}} v_{\text{เครื่องอบ}} \quad \pi R^2_{\text{ท่อ}} * v_{\text{ท่อ}} = X * Y * v_{\text{เครื่องอบ}}$$

$$\pi(0.05\ \text{m})^2(v_{\text{ท่อ}}) = (0.1)(0.14)(0.5\frac{\text{m}}{\text{s}}) \quad v_{\text{ท่อ}} = 0.89\ \text{m/s}$$

3. การคำนวณความชื้นหลังการทดลองอบแห้ง

ทำการทดลองอบหม่อนผลและหม่อนปั่นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากน้ำหนักเริ่มต้น 10 กรัม พบว่าได้น้ำหนักแห้งของหม่อนผล และหม่อนปั่นเท่ากับ 1.38 และ 1.29 กรัม ตามลำดับ

$$\text{Moisture Content (dry basis) } X_t = \frac{W - W_s}{W_s} \times 100\% \ \frac{\text{g total water}}{\text{g dry solid}}$$

$$= \frac{1.880 - 1.38}{1.38} \times 100\% \ \frac{\text{g total water}}{\text{g dry solid}}$$

$$= 36.2\ \% \ \frac{\text{g total water}}{\text{g dry solid}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การคำนวณแอคทิวิตี้ของน้ำ (Water activity: aw) [1]

จากการทดลองกำหนดค่าความชื้นที่เริ่มเก็บตัวอย่างผลหม่อนที่ 30% ตัวอย่างการคำนวณ เช่น ที่เวลา 330 นาที หม่อนผลอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสความชื้นต่ำมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1.750 จะได้ค่าความชื้นดังนี้

$$\text{Moisture Content } X_t = \frac{1.750 - 1.38}{1.38} \times 100\% = 26.80\ \%$$

5. การคำนวณค่าการต่อต้านอนุมูลอิสระ

ตัวอย่างหม่อนผลที่อุณหภูมิต่ำความชื้นต่ำ ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.465

$$\%\text{DPPH reduction} = \left[\frac{A_0 - A_e}{A_0}\right] \times 100$$
$$= \left[\frac{1.076 - 0.465}{0.465}\right] \times 100$$
$$= 56.78$$

เมื่อ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่เติมสารสกัด

A_e = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่เติมสารสกัด

6. การคำนวนปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

ตัวอย่างสภาวะของหม่อนผลที่อุณหภูมิต่ำความชื้นต่ำมีค่าการดูดกลืนแสงในสภาวะความเป็นกรดด่างต่างๆที่ pH1 510nm, pH4.5 510nm, pH1 700nm, pH4.5 700nm มีค่า 0.465 0.122 0.053 0.068 ตามลำดับ

จากสมการ

$$\text{ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด}\left(\frac{\text{มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์}}{\text{100 กรัมน้ำหนักแห้ง}}\right) = A \times MW \times DF \times 1000 \times CF/(\varepsilon \times 1)$$

เมื่อ

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH\,1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\,4.5}$$
$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH\,1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\,4.5}$$
$$A = [(0.465 - 0.053)_{pH\,1.0} - (0.122 - 0.068)_{pH\,4.5}]$$
$$= 0.358$$

$$\text{ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด} = 0.358 \times 449.2 \times 150 \times 1000 \times 1/26{,}900$$
$$= 896.72\left(\frac{\text{มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์}}{\text{100 กรัมน้ำหนักแห้ง}}\right)$$
$$= 8967.2 \text{ ไมโครกรัม/กรัม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. วิธีการเตรียมบัฟเฟอร์ในการวัดค่าแอนโทไซยานิน

การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ 0.025 โมลาร์ (pH 1.0) โดยชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ 1.86 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตรประมาณ 1000 มิลลิลิตร จนละลายหมด วัดค่า pH แล้วเติมกรดไฮโดรคอริก 37 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรประมาณ 5 มิลลิลิตรปรับ pH 1.0 ด้วยการเติมกรดไฮโดรคลอริก เทใส่ขวดวัดปริมาตร 1000 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

การเตรียมสารละลายโซเดียมแอซีเตทบัฟเฟอร์ 0.4 โมลาร์ (pH 4.5) โดยชั่งน้ำหนักโซเดียมแอซีเตท 54.43 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตรประมาณ 1000 มิลลิลิตร จนละลายหมด วัดค่า pH แล้วเติมกรดไฮโดรคลอริก 37 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรประมาณ 20 มิลลิลิตร ปรับ pH 4.5 ด้วยการเติมกรดไฮโดรคลอริกแล้วเทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

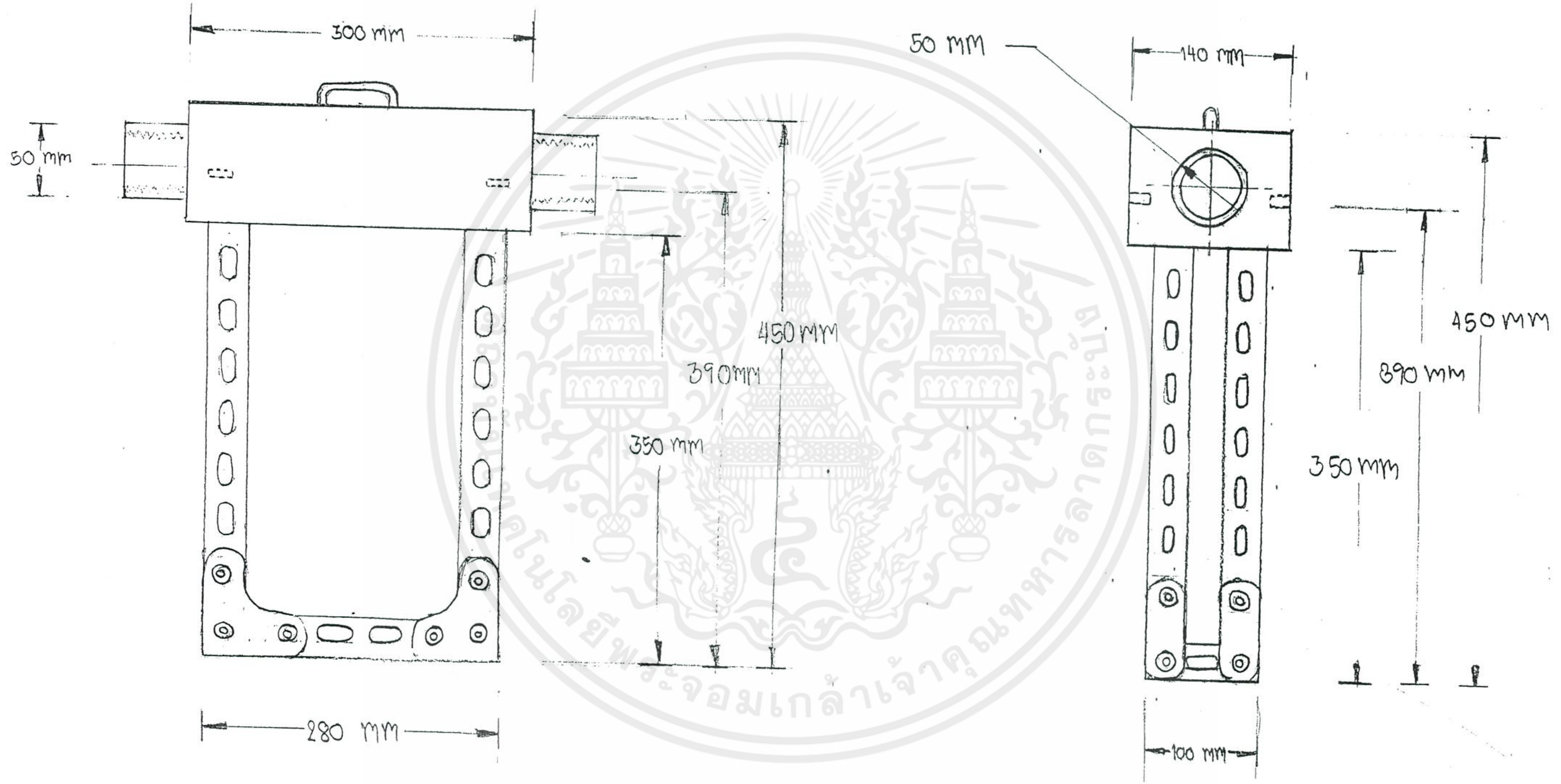
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

เครื่องทำแห้งแบบถาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตู้อบแห้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า