การเปรียบเทียบวิธีการอบแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ

COMPARISON OF DRYING PROCESSES OF KAFFIR LIME LEAVES BETWEEN TRAY DRYER AND MICROWAVE

ธนกาญจน์ แกล้วกล้า

รัตนาวัลย์ สมร่าง

อศัลยา อ้นศิริ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การเปรียบเทียบวิธีการอบแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ

COMPARISON OF DRYING PROCESSES OF KAFFIR LIME LEAVES BETWEEN TRAY DRYER AND MICROWAVE

จัดทำโดย

ธนกาญจน์ แกล้วกล้า รหัสนักศึกษา 59080150

รัตนาวัลย์ สมร่าง รหัสนักศึกษา 59080177

อศัลยา อ้นศิริ รหัสนักศึกษา 59080195

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 29 / มิ.ย. / 2563

(ดร.กิตติชัย บรรจง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การเปรียบเทียบวิธีการอบแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ
ชื่อนักศึกษา ธนกาญจน์ แกล้วกล้า รหัสนักศึกษา 59080150
รัตนาวัลย์ สมร่าง รหัสนักศึกษา 59080177
อศัลยา อ้นศิริ รหัสนักศึกษา 59080195
หลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
พ.ศ. 2563
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

การศึกษาการทำแห้งใบมะกรูดเพื่อเปรียบเทียบวิธีการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ โดยการอบด้วยตู้อบแห้งแบบถาดจะใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสและตู้อบไมโครเวฟใช้กำลังไฟฟ้าที่ 300, 500 และ 700 วัตต์ มาเปรียบเทียบปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้เพื่อหาระยะเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสม นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการทดลองพบว่าการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 90 นาที ทำให้ได้ค่าปริมาณความชื้น 10.31±0.59 %d.b. และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ 0.32±0.01 การทำแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟที่ใช้เวลาเร็ว(จากทั้งสามระดับ) คือระดับกำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ใช้เวลา 1 นาที ได้ค่าปริมาณความชื้น 12.91±0.31 %d.b. และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ 0.54±0.03 จากการทดลองการทำแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 1 นาทีเมื่อเทียบกับตู้อบแห้งแบบถาดที่ใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสซึ่งใช้เวลา 90 นาทีที่น้ำหนักใบมะกรูดเท่ากัน

คำสำคัญ: การทำแห้ง ตู้อบไมโครเวฟ ตู้อบลมร้อนแบบถาด ใบมะกรูด อุณหภูมิ เวลา ปริมาณความชื้น ค่าแอคติวิตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Comparison of drying processes of kaffir lime leaves between tray dryer and microwave
Student name	Thanakan Kleawkla Student ID 59080150
	Rattanawan Somrang Student ID 59080177
	Asanlaya Onsiri Student ID 59080195
Program	Bachelor of Science in Food process engineering
Year	2020
Advisor	Dr. Kittichai Banjong

ABSTRACT

The aim of this study was to compare microwave drying of kaffir lime leaves with tray dryer. The tray dryer temperature was 70°C and the drying time was 120 minutes. While the microwave drying was performed at 300, 500 and 700 watts for 3 minutes. Kaffir lime leaves was died under these conditions and compared in terms of moisture content and water activity. The results were compared by t-test at 95% confidential level. It was shown that when using 70°C for 90 minutes in tray drying, the moisture content of dried kaffir lime leaves was 10.31±0.59 %d.b. and the water activity was 0.32±0.01. In the other hand, microwave drying at 700 watts for 1 minutes resulted in moisture content and water activity at 12.91±0.31 %d.b. and 0.54±0.03 respectively. The current study showed that drying process of kaffir lime leaves with microwave resulted in shorter drying time than the conventional tray drying at 70°C.

Keywords: drying process, tray dryer, microwave, temperature, time, kaffir lime leaves, moisture content, water activity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเพื่อศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำแห้งใบมะกรูดระหว่างตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟจะสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีต้องขอขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในปัญหาพิเศษมาโดยตลอด เพื่อให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สนธิสุข ธีระชัยชยุติ ที่ให้เกียรติมาเป็นคณะกรรมการในการสอบปัญหาพิเศษฉบับนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมให้คำปรึกษาในการทำเล่มวิจัย เพื่อนๆ พ่อแม่ พี่น้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจ คำปรึกษาทั้งเรื่องส่วนตัวและเรื่องการทำวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์ประจำคณะอุตสาหกรรมรมอาหารทุกท่านที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำในการใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์กับผู้ที่สนใจเกี่ยวกับปัญหาพิเศษเล่มนี้ และข้าพเจ้าขอน้อมรับคำแนะนำจากผู้ที่ศึกษาในเรื่องนี้สำหรับข้อบกพร่องต่างๆ หากเกิดข้อผิดพลาดประการใดก็ขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ธนกาญจน์ แกล้วกล้า
รัตนาวัลย์ สมร่าง
อศัลยา อ้นศิริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบเขตของการการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ใบมะกรูด 3
2.2 การทำแห้ง 3
2.3 ตู้อบลมร้อนแบบถาด 4
2.4 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 5
2.5 อาหารแห้ง 6
2.6 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (water activity) กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร 6
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 11
3.1 วัตถุดิบ 11
3.2 อุปกรณ์ 11
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การหาปริมาณความชื้น 13
3.5 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (water activity, Aw) 13
3.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ 14
3.7 การคำนวณค่าไฟฟ้า 14
บทที่ 4 ผลการทดลอง 15
4.1 ผลการศึกษาการทำแห้งใบมะกรูด 15
4.1.1 การทำแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาด 15
4.1.2 การทำแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาด 17
4.2 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ 18
4.2.1 ปริมาณความชื้น 18
4.2.2 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ 19
4.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบแห้งแบบถาดในการทำแห้ง 20
บทที่ 5 สรุปผล 22
บรรณานุกรม 23
ภาคผนวก 26
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 27
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมีของใบมะกรูด 30
ภาคผนวก ค ใบมะกรูดแห้ง 31
ประวัติผู้เขียน 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ค่า water activity ของอาหารบางชนิด..... 7

4.1 ปริมาณความชื้นของใบมะกรูดแห้งที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ.....19

4.2 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของใบมะกรูดแห้งที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ.....20

4.5 พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำแห้งของอบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ.....21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ตู้อบลมร้อนแบบมีถาดหลายชั้น....5

2.2 การจำแนกตามค่าแอคติวิตีของน้ำ (water activity)....7

2.3 แผนผังของระบบทำแห้งด้วยไมโครเวฟ....9

3.1 แผนภาพแสดงวิธีการทำแห้ง....12

3.2 แผนภาพแสดงวิธีการหาความชื้น....13

4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งที่อุณหภมิ 70°C....16

4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้และเวลาในการทำแห้งที่อุณหภมิ 70°C....16

4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งที่กำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์....17

4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้และเวลาในการทำแห้งที่กำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์....18

4.5 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของใบมะกรูดที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ...19

4.5 การเปรียบเทียบค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของใบมะกรูดที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ....20

ก.1 ไมโครเวฟ (microwave)....27

ก.2 ตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer)....27

ก.3 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง....28

ก.4 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)....28

ก.5 เครื่องวัด water activity....29

ค.1 ใบมะกรูดแห้งที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสใช้เวลา 1 นาที....31

ค.2 ใบมะกรูดแห้งที่ทำแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ใช้เวลา 1 นาที....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันผักมีความสำคัญในการดำรงชีวิตมีประโยชน์หลากหลายให้สารอาหารและช่วยในการเจริญเติบโต ผักมีความชื้นสูงเกิดความเสี่ยงต่อการทำลายจากจุลินทรีย์จึงทำให้เน่าเสียง่าย การเก็บรักษาในระยะยาวจึงเป็นปัญหาที่สำคัญมากจากมุมมองของการบริโภค ในบรรดาทางเลือกต่างๆของการถนอมผักการอบแห้งนั้นมีความหลากหลายมากสุดในแง่ของการประหยัดต้นทุน มีความยืดหยุ่นในระดับสูง การใช้งานง่ายและความสามารถในการเก็บรักษาผักหลากหลายชนิด การทำแห้งช่วยลดความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ในสมัยก่อนวิธีการกำจัดความชื้นแบบดั้งเดิมเกิดจากความแตกต่างของความดันไอของวัสดุอาหารและสภาพแวดล้อมโดยรอบซึ่งเกิดจากความร้อนของแสงอาทิตย์ เป็นที่ทราบกันดีว่าการทำแห้งด้วยการตากแดดนั้นช้าและเป็นอันตรายต่อการรักษาคุณภาพในผัก องค์ประกอบภายในมีความไวต่อการรักษาความร้อนและสภาพแวดล้อมในการทำให้แห้ง ดังนั้นการเลือกวิธีการทำแห้งที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งเพื่อรักษาคุณค่าทางโภชนาการสูงสุดของผัก (Satwase et al., 2013)

ตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer) เป็นตู้อบที่ใช้ลมร้อนโดยนำตัวอย่างอาหาร เช่น ผัก ผลไม้ และพืชสมุนไพรใส่ในถาด แล้วนำเข้าตู้อบที่มีอุณหภูมิประมาณ 50-70 องศาเซลเซียส ภายในตู้จะมีการกระจายความร้อนไปทั่วตู้อบเพื่อทำให้อาหารแห้ง

ไมโครเวฟ (microwave) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic spectrum) ที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุ (radio wave) กับอินฟราเรด (infrared) มีความถี่ระหว่าง 300-30,000 MHz (Gordon, 2010) ในปัจจุบันความถี่ทั่วไปของไมโครเวฟที่ใช้ในการแปรรูปสินค้าทางการเกษตรคือ 915 ถึง 2,450 MHz หรือวัดเป็นความถี่ได้ 915×10^6 ถึง 2.45×10^9 รอบต่อวินาทีที่กระทำต่ออาหาร (Jiang et al., 2015)

ใบมะกรูดเป็นผักทำให้เน่าเสียได้ง่ายจึงต้องนำมาทำแห้งเพื่อยืดอายุการบริโภคและแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่ามากขึ้น หากเราใช้ความร้อนจากพลังงานไฟฟ้าก็จะทำให้เพิ่มต้นทุนการผลิตซึ่งจะทำให้ผักอบแห้งมีราคาสูงขึ้นและยังสามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อย่างอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อเปรียบเทียบการทำแห้งของใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาดที่อุณภูมิ 70 องศาเซลเซียสกับตู้อบไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การค้นคว้าวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบมะกรูดทำแห้งโดยใช้วิธี 2 วิธีเปรียบเทียบกันคือการใช้ตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer) และตู้อบไมโครเวฟ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาจึงต้องให้ได้ค่าความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 15 ของอาหารแห้งและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ในอาหารน้อยกว่า 0.6

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบระยะเวลาทำแห้งของผลิตภัณฑ์ใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ ที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใบมะกรูดผงที่มีคุณภาพ และเป็นแนวทางการใช้กระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟในการทำผักแห้งและผงผักชนิดอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ใบมะกรูด

ใบมะกรูด (kaffir lime leaves) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus hystrix* D.C. จัดอยู่ในสกุล Citrus ตระกูล Rutaceae เป็นพืชเมืองร้อนที่ปลูกในประเทศแถบเอเชีย เช่น ลาว อินโดนีเซีย มาเลเซีย เวียดนาม และไทย ใบมะกรูดมีการใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นสมุนไพรหอมเพื่อเพิ่มกลิ่นหอมและรสชาติที่โดดเด่นให้กับอาหาร ใบมะกรูดเป็นส่วนผสมสำคัญในอาหารไทยหลายชนิด เช่น ซุปและแกง ในแกงใบมะกรูดจะถูกฉีกเป็นชิ้นเล็กๆถูกใส่เข้าไปในอาหารไทยโดยเฉพาะต้มยำกุ้งที่เป็นอาหารที่นิยมมากที่สุดของไทย (Raksakantong et al., 2012)

ใบมะกรูดสามารถใช้สดหรือแห้งได้สำหรับเป็นเครื่องเทศ แต่ใบสดมีอายุสั้นหลังการเก็บเกี่ยว 3-4 วัน ทำให้ราคาในตลาดลดลง ใบมะกรูดแห้งเป็นที่นิยมที่จะเอาไปเป็นเครื่องเทศและมีประโยชน์ในฐานะอาหารแห้งที่เก็บรักษาได้ โดยปกติจะเก็บบรรจุในฟิล์มพลาสติก (Phoungchandang et al., 2008) เนื่องจากใบมะกรูดเป็นที่น่าสนใจและมีประโยชน์ค่อนข้างมากจึงได้ถูกส่งออกไปยังหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักรและออสเตรเลีย

2.2 การทำแห้ง

การทำให้แห้งเป็นหนึ่งในวิธีการทั่วไปที่สามารถใช้ยืดอายุการเก็บและเพื่อให้ได้ลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์ ลดค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการนี้สามารถลดการเสื่อมสภาพจากปฏิกิริยาทางเคมีและยับยั้งการเกิดของจุลินทรีย์ได้ (Naphaporn et al., 2010) การทำแห้งจึงเป็นสิ่งสำคัญและเป็นวิธีการแปรรูปอาหารที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย (Koyuncu et al., 2007) เนื่องจากขาดการแปรรูปที่เหมาะสมและทันเวลาทำให้การผลิตอาหารทั่วโลกประมาณหนึ่งในสามหายไป (Gustavsson et al., 2011) การสูญเสียนี้ยิ่งมากขึ้นในประเทศกำลังพัฒนา เช่น บังคลาเทศที่เสียผักและผลไม้ 30-40% (Karim and Hawlader, 2005) มีการใช้เทคนิคหลายอย่างเพื่อลดการสูญเสียอาหารและเพิ่มอายุการเก็บ การทำแห้งเป็นหนึ่งในวิธีการที่เก่าแก่ที่สุด เรียบง่ายและใช้กันอย่างแพร่หลายในการถนอมอาหาร

วิธีการทำแห้งแบบดั้งเดิมที่ทำให้ใบมะกรูดแห้งโดยการใช้แสงแดดจากดวงอาทิตย์ทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นงานวิจัยจำนวนมากได้ดำเนินการเกี่ยวกับการทำแห้งใบมะกรูดในเครื่องอบแห้งชนิดต่างๆเพื่อเอาชนะปัญหาเหล่านี้ หนึ่งในนั้นคือการอบแห้งด้วยลมร้อนและการทำแห้งที่ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

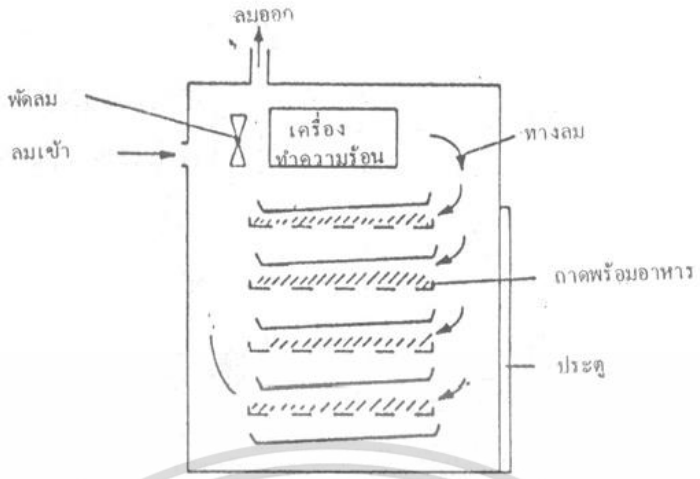
ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเช่น ตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ การทำแห้งเป็นวิธีที่รู้จักกันดีในการถนอมอาหาร สาเหตุหลักของการทำให้แห้งในอุตสาหกรรมอาหารคือการยับยั้งจุลินทรีย์และการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย หากไม่มีน้ำการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเหล่านี้สามารถควบคุมได้และทำให้อาหารสามารถเก็บได้นานขึ้น (Lin et al., 1998)

โดยศึกษาผลของกรรมวิธีการอบแห้งต่ออัตราการอบแห้ง ระยะเวลาอบแห้ง ความชื้น และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของใบมะกรูดอบแห้ง โดยทดลองอบแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาอากาศร้อนเข้าสู่ห้องอบ ตู้อบลมร้อนแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ ใบมะกรูดที่ใช้อบมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 177.13 มาตรฐานแห้ง พบว่าในกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดจะปรากฏอัตราการทำแห้งช่วงลดลงเท่านั้น (อิศรพงษ์, 2553) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นในระยะเวลาการอบต่างๆ พบว่าอัตราส่วนความชื้นจะลดลงเมื่อระยะเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการอบแห้งใบมะกรูดด้วยเครื่องอบแห้งทั้งสามชนิด โดยใช้การประเมินปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้เป็นดัชนีคุณภาพ พบว่าคุณภาพหลังการอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อนแบบถาด และตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการอบแห้งทั้ง 3 วิธีมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 (นัทพงศ์ และคณะ, 2557)

2.3 ตู้อบแห้งแบบถาด

ตู้อบแห้งแบบถาดจะนำวัตถุดิบวางไว้ในถาดตะแกรงหรือแผ่นที่มีรูพรุนแล้วเป่าลมร้อนขนานไปกับผิวหน้าวัตถุดิบหรือเป่าตั้งฉากกับก้นถาดที่ยอมให้ลมผ่านได้ ลมร้อนจะผ่านเข้าไปในชั้นวัตถุดิบเนื่องจากใช้ลมร้อนที่มีความเร็วไม่สูง ตู้อบแบบนี้จะทำงานแบบกะ (batch) จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ต้องการอบด้วยการควบคุมภายใต้เงื่อนไขหรือวัตถุดิบหลายๆชนิด นำเข้าตู้อบลมร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 50-70 องศาเซลเซียส ภายในตู้จะมีพัดลมดูดอากาศและความชื้นออกไปเพื่อทำให้อาหารแห้งเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ตู้อบแห้งแบบมีถาดหลายชั้น

ที่มา: สมจิต (2563)

2.4 การทำแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟ

การทำแห้งด้วยไมโครเวฟแตกต่างจากการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer) เพราะความร้อนจากไมโครเวฟเกิดขึ้นภายในชิ้นของอาหารมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ ส่วนการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งเป็นการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร การทำแห้งด้วยไมโครเวฟเป็นทางเลือกที่ถูกนำมาใช้มากขึ้นในปัจจุบันเพราะมีความสะดวกสบายรวดเร็ว เนื่องจากการนำความชื้นออกโดยวิธีธรรมดาเป็นการนำความร้อนและการแผ่รังสีที่น้อยมากจึงไม่สามารถอบชิ้นวัสดุที่มีความหนาได้ และเมื่อวัสดุแห้งจะมีความสามารถในการนำความร้อนไม่ดีนักส่วนที่สัมผัสกับแผ่นร้อนเท่านั้นที่จะได้รับความร้อนแต่ส่วนอื่นจะได้รับพลังงานน้อยลงและการแผ่รังสีจะมีเฉพาะส่วนผิวบนเท่านั้นที่สามารถรับพลังงานได้ ซึ่งไมโครเวฟนั้นสามารถให้ความร้อนต่อวัสดุได้ดีโดยความร้อนจะเกิดขึ้นจากภายในทำให้ไอน้ำเคลื่อนตัวจากภายในสู่ภายนอก และหลังการอบแห้งวัสดุจะมีรูปร่างใกล้เคียงกับของเดิมเพราะได้รับความร้อนเป็นเวลาสั้นๆ (สุคนธ์ชื่น, 2539) ประโยชน์ของไมโครเวฟคือมีอัตราการอบแห้งสูงได้ในเวลาสั้นเป็นการใช้คลื่นไมโครเวฟที่สามารถใช้อบแห้งวัสดุที่มีลักษณะผิวปิดหรืออบแห้งยากได้ นอกจากนั้นวัสดุหลังอบมีความสะอาดสูงโดยทำได้ทุกสถานที่โดยไม่คำนึงถึงสภาพอากาศภายนอก ใช้พื้นที่ในการทำน้อยและยังรักษาคุณค่าทางอาหารได้ซึ่งอาจทำให้วัสดุหลังอบมีราคาสูงได้ด้วย (อรุณี, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

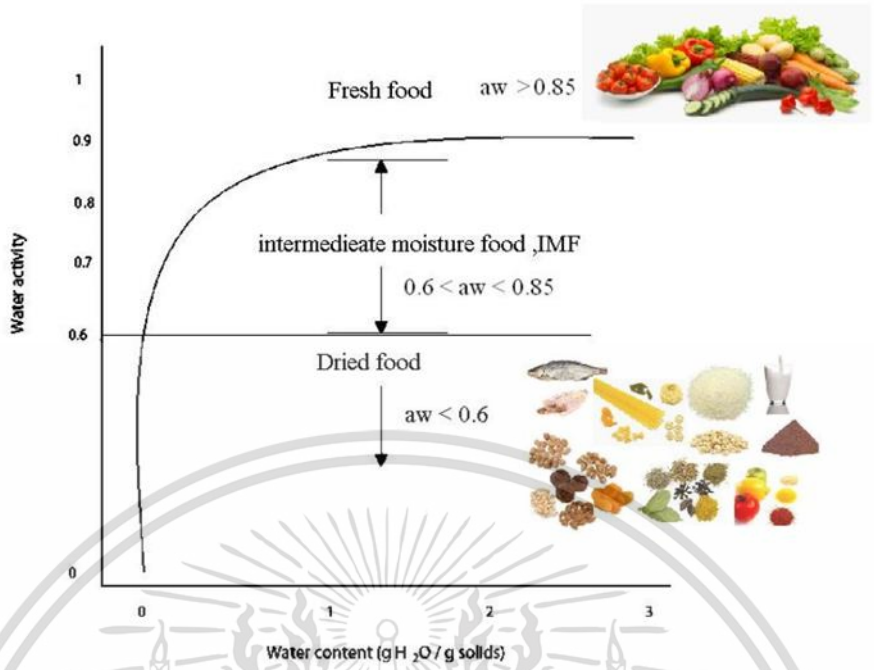
2.5 อาหารแห้ง

อาหารแห้ง หมายถึง อาหารที่ผ่านการอบแห้งหรือการตากแห้ง (drying หรือ dehydration) เพื่อลดปริมาณน้ำในอาหารเป็นการถนอมอาหารที่สำคัญวิธีหนึ่ง เพราะการลดปริมาณน้ำเป็นการหยุดการทำงานของเอนไซม์ (enzyme) และชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหาร (food spoilage) และจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) สมบัติสำคัญและลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง คือ อาหารแห้งเป็นอาหารที่มีค่าแอคติวิตีของน้ำที่ต่ำ (low water activity food) มีค่า water activity น้อยกว่า 0.6 มีความชื้น (moisture content) ต่ำกว่าร้อยละ 15 เพื่อป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียทั้งรายีสต์และแบคทีเรีย หากเป็นอาหารที่มีความชื้นปานกลาง (intermediate moisture food, IMF) จะมีค่า water activity ระหว่าง 0.6-0.85 และมีความชื้นร้อยละ 15-55 (Jay et al., 2005)

2.6 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (water activity) เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่า water activity เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ สามารถใช้ค่า water activity ในการประเมินว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดเป็นหรือไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสีย ตลอดจนใช้ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ได้เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ภายใต้ค่า water activity ที่จำกัด สามารถทำให้อาหารมีค่า water activity ต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ เช่น แบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า water activity ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า water activity ต่ำกว่า 0.6 การทำผักให้แห้งจึงต้องควบคุมให้ค่า water activity ต่ำกว่าหรือใกล้เคียงแต่ไม่เกิน 0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การจำแนกตามค่าแอคติวิตีของน้ำ (water activity)

ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา (2563)

ตารางที่ 2.1 ค่า water activity ของอาหารบางชนิด

Water activity	จุลลินทรีที่เจริญได้ ที่ค่า a_w ระดับน้ำหรือสูงกว่า	อาหาร
0.95	จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (microbial spoilage) ส่วนใหญ่ ยีสต์บางชนิด แบคทีเรียก่อโรค (pathogen) ได้แก่ *Eschericiae coli, Clostridium perfringens*	อาหารสด เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์
0.91	Salmonella, Clostridium, Botulinum, Lactobacillus และราบางชนิด	เนยแข็ง (cheese) บางชนิด, แฮม, น้ำผลไม้เข้มข้น
0.85	ยีสต์หลายชนิด	ไส้กรอกหมัก, sponge cakes, dry cheese, margarine
0.80	ราส่วนใหญ่และยีสต์ในสกุล Saccharomyces sp., *Staphylococcus aureus*	น้ำผลไม้เข้มข้น, นมข้นหวาน, condensed milk, น้ำเชื่อม, flour, high-sugar cakes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.75	แบคทีเรียที่ทนเกลือด (halophilic bacteria) *Mycotoxigenic aspergilli*	แยม, marmalade, glace fruits, marzipan, มาร์ชเมลโล่
0.65	ราที่ชอบความแห้ง (xerophilic mold)	rolled oats with 10% moisture, jelly, molasses, nuts
0.50		noodle with 12% moisture, spice with 10% moisture
0.40		ไข่ผง ที่มีความชื้น5%
0.30	จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้	cookies, crackers, bread crusts with 3-5% moisture
0.03		whole milk powder with 2-3% moisture, dehydrated soups

ที่มา: Jay และคณะ (2005)

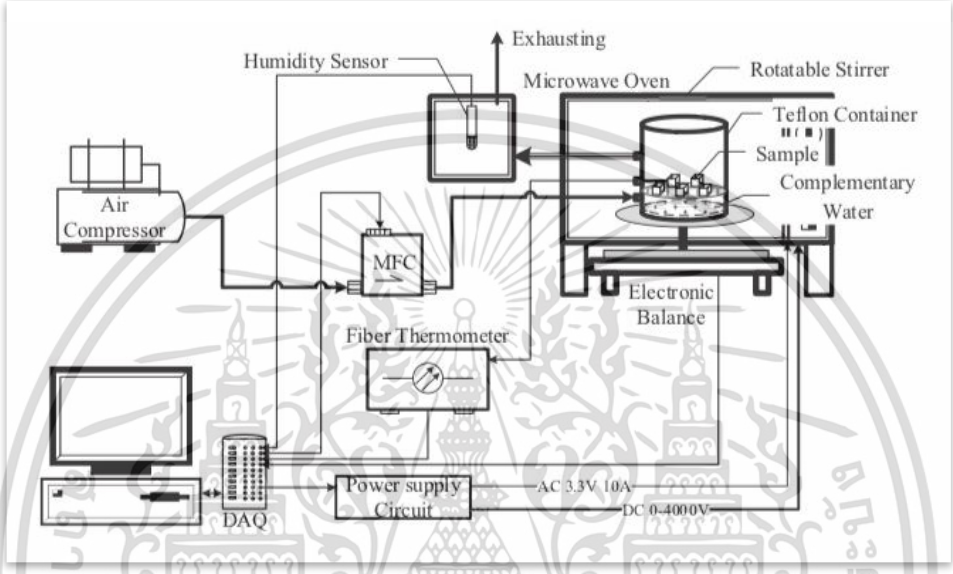
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Pu และคณะ (2016) ผลของความชื้นสัมพัทธ์ต่อการทำแห้งแครอทของไมโครเวฟ เพื่อศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟพร้อมการควบคุมความชื้น กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับอัตราการทำแห้งตลอดจนคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของการไหลของอากาศรอบ ๆ ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่าวิธีเพิ่มน้ำสามารถให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ดีที่สุดตามด้วยการไหลของอากาศที่เร่งและต่ำ ควรหลีกเลี่ยงอัตราการไหลที่สูงและการลดความเร็วของอากาศเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูงสุด

ระบบทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 2450 MHz (Midea, MM720KG1-PW) คือ ดัดแปลงสำหรับการทดลองเป็นการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ เครื่องทำแห้งใช้ magnetron 700 วัตต์ ไมโครเวฟมีเครื่องกวนไมโครเวฟแบบหมุนได้ติดตั้งที่ด้านบนของช่องเพื่อกระจายพลังงานไมโครเวฟอย่างสม่ำเสมอตัวอย่างถูกวางในภาชนะเทฟลอนแบบปิดภาชนะบรรจุเป็นทรงกระบอก ปลายอีกด้านวางบนเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์เพื่อวัดน้ำหนักของตัวอย่าง อากาศแวดล้อมถูกใส่เข้าไปโดยเครื่องอัดอากาศและไหลไปตามภาชนะตัวอย่างหลอดเทฟลอน ติดตั้งตัวควบคุมการไหลของมวลระหว่างเครื่องอัดอากาศกับภาชนะเพื่อวัดและควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหล เมื่ออากาศอัดผลักความชื้นออกมาความชื้นสัมพัทธ์ (RH) จะถูกวัดด้วยไฮโกรมิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความแม่นยำสูง ข้อมูลที่วัดได้ของอุณหภูมิน้ำหนักความชื้นและอัตราการไหลถูกถ่ายโอนไปยังพีซีสำหรับการควบคุมและการบันทึก การอ่านน้ำหนัก, การอ่านความชื้น, การควบคุมพลังงาน, การควบคุมอุณหภูมิและการควบคุมอัตราการไหลถูกรวมไว้ในบอร์ด DAQ



รูปที่ 2.3 แผนผังของระบบทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

ที่มา: Pu และคณะ (2016)

Norma และคณะ (2012) การทำแห้งมะเขือเทศเพื่อดูคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบอุณภูมิและความเร็วลมที่แตกต่างกันในตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer) มีอุณหภูมิ 45, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วอากาศ 0.6 และ 1.2 เมตรต่อวินาที วิเคราะห์ทุก ๆ 15 นาที นำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักคิดค่าเฉลี่ยทำแห้งอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งความชื้นเหลือในปริมาณที่ต้องการเป็นอันเสร็จสิ้น

Andrea และคณะ (2016) การทำแห้งบรอคโคลี่เพื่อดูการวิวัฒนาการของปริมาณซัลโฟราเฟนในบรอคโคลี่ ทำแห้งในตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer) โดยใช้อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส อบแห้งเป็นเวลา 15 นาทีแล้วชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักที่ต้องการ ตรวจสอบว่าอุณหภูมิไหนดีสุด ผลสรุปได้ว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีปริมาณซัลโฟราเฟนมากที่สุด

Bains และคณะ (1989) การทำแห้งแอปเปิ้ลบดเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาด (tray dry) โดยใช้การออกแบบแฟคทอเรียล อุณหภูมิที่ใช้อบ 70 และ 94 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส ความเร็วลม 2 และ 4 เมตรต่อวินาที ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ร้อยละ 5 และ 15 ผลการศึกษาพบว่าการทำแห้งด้วยอุณหภูมิที่ต่ำหรือ 70 องศาเซลเซียสจะให้ผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่า 94 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

ใบมะกรูดสด

3.2 อุปกรณ์

3.1.1 ไมโครเวฟ (microwave)	SAMSUNG รุ่น M1712N
3.1.2 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	METTLER TOLEDO ML204/01
3.1.3 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)	MEMMERT
3.1.4 เครื่องวัด water activity (Aw)	Aqua LAB 4TE
3.1.5 ตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer)	
3.1.6 นาฬิกาจับเวลา	
3.1.7 จานหาความชื้น (moisture can)	
3.1.8 ถาด	
3.1.9 มีด	
3.1.10 เขียง	
3.1.11 แหนบเบ้าหลอม (tongs)	
3.1.12 เครื่องปั่น	
3.1.13 โถดูดความชื้น	

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำใบมะกรูดที่ใช้ในการทดลองมาล้างให้สะอาด นำไปวัดค่าปริมาณความชื้น (moisture content) จะได้ค่าเริ่มต้นประมาณ 163 %d.b. ตัวอย่างใบมะกรูดหั่นให้ได้ขนาด 10 x 10 มิลลิเมตรด้วยมีด แล้วนำตัวอย่างใบมะกรูด 10 กรัม มาทำการทดลองทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ เพื่อให้ได้ค่าปริมาณความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 15 และค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ให้ได้น้อยกว่า 0.6 โดยจะทำการทดลองทั้งหมดสองซ้ำ

3.2.2 วิธีการทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.1 การทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาด

ตู้อบแบบนี้จะนำวัตถุดิบวางไว้ในถาดตะแกรงหรือแผ่นที่มีรูพรุน แล้วเป่าลมร้อนขนานไปกับผิวหน้าวัตถุดิบหรือเป่าตั้งฉากกับก้นถาดที่ยอมให้ลมผ่านได้ ลมร้อนจะผ่านเข้าไปในชั้นวัตถุดิบ ตู้อบแบบนี้จะทำงานแบบกะ (batch) จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ต้องการอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิ เตรียมใบมะกรูดสำหรับการทดลองถาดละ 10 กรัม รวม 12 ถาด และใบมะกรูดในถาดจะต้องกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอโดยใช้อุณหภูมิในการทำแห้ง 70 องศาเซลเซียส บันทึกผลทุก 10 นาทีในระหว่างกระบวนการทำให้แห้งใช้ระยะเวลา 120 นาที นำไปคำนวณหาค่าปริมาณความชื้น (ร้อยละ) และวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity) เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมของการทำแห้ง

3.2.2.2 การทำแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟ

ในการทำแห้งด้วยไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุภาคไอออนิกและโมเลกุลของขั้วเป็นสาเหตุทำให้เกิดการกระตุ้นและการเสียดสีของอนุภาค ทำให้เกิดความร้อนและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (Buffler, 1993) เมื่อปิดเครื่องไมโครเวฟปฏิกิริยาของอนุภาคทั้งหมดจะหยุดลงและส่งผลให้อุณหภูมิลดลงทันทีลักษณะเหล่านี้ทำให้ไมโครเวฟแตกต่างจากวิธีทำแห้งอื่นๆ ซึ่งโดยทั่วไปความร้อนจะถูกเคลื่อนย้ายจากพื้นผิวไปแกนกลางทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างช้าๆ (Feng et al., 2001) ดังนั้นจึงได้เลือกวิธีการทำแห้งด้วยไมโครเวฟเพราะมีการกระจายตัวของความร้อนได้เร็วและทั่วถึง โดยการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์ บันทึกผลทุก 0.5 นาทีในระหว่างกระบวนการทำให้แห้งใช้ระยะเวลา 3 นาที นำไปคำนวณหาค่าปริมาณความชื้น (ร้อยละ) และวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity) เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมของการทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่งน้ำหนักหลังการทำแห้งและจดบันทึกค่า ชั่งน้ำหนักหลังการทำแห้งและจดบันทึกค่า

ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงวิธีการทำแห้ง

3.4 การหาปริมาณความชื้น (moisture content) (AOAC, 2005)

ตัวอย่างใบมะกรูดอบแห้ง 1-2 กรัมใส่ moisture can พร้อมฝาปิดที่ผ่านการอบแห้ง นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียสประมาณ 120 นาทีปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) 30 นาทีและชั่งน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่งและคำนวณหาร้อยละของปริมาณความชื้นของใบมะกรูด ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ซึ่งปริมาณความชื้นที่ได้ของใบมะกรูดแห้งต้องต่ำกว่าร้อยละ 15 มี ขั้นตอนตามแผนภาพดังแสดงในภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 แผนภาพแสดงวิธีการหาความชื้น

3.5 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (water activity, Aw)

ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของแต่ละตัวอย่างจะถูกวัดด้วยเครื่อง water activity (รุ่น Aqua lab 4TE) ที่อุณหภูมิ 25°C ก่อนการวัดแต่ละครั้งจะทำการ calibrate โดยใช้ค่ามาตรฐานที่มีอยู่ในช่วง 0.113-0.973

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจาก calibrate จะนำตัวอย่าง 0.9-1 กรัมใส่ในตลับของเครื่อง water activity จากนั้นจะทำการวัดค่า ซึ่งจะทำให้ได้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ที่มีความแม่นยำอยู่ที่ ±0.01 ทำการวัดซ้ำสองครั้ง

3.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิต

การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ t-test ใช้โปรแกรม IBM SPSS ในที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อใช้วิเคราะห์ผลการทดลอง

3.7 การคำนวณค่าไฟฟ้า

คำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำแห้งจากตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ โดยดูจากกำลังไฟฟ้าของเครื่องที่ใช้ ระยะเวลาในการทำแห้ง เพื่อคำนวณยูนิตไฟฟ้าตามสมการที่ 3.1 และสมการที่ 3.2 คิดจากการเลือกระยะเวลาการทำแห้งที่เหมาะสมมาคำนวณ (การไฟฟ้านครหลวง, 2561)

$$\text{ยูนิตไฟฟ้า}(\text{kWh}) = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า } (P)}{1000} \times \text{ระยะเวลาการใช้งาน } (\text{ชั่วโมง}) \quad (3.1)$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า (บาท)} = \text{ยูนิตไฟฟ้า} \times 4 \text{ บาท/ยูนิต} \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาการทำแห้งใบมะกรูด

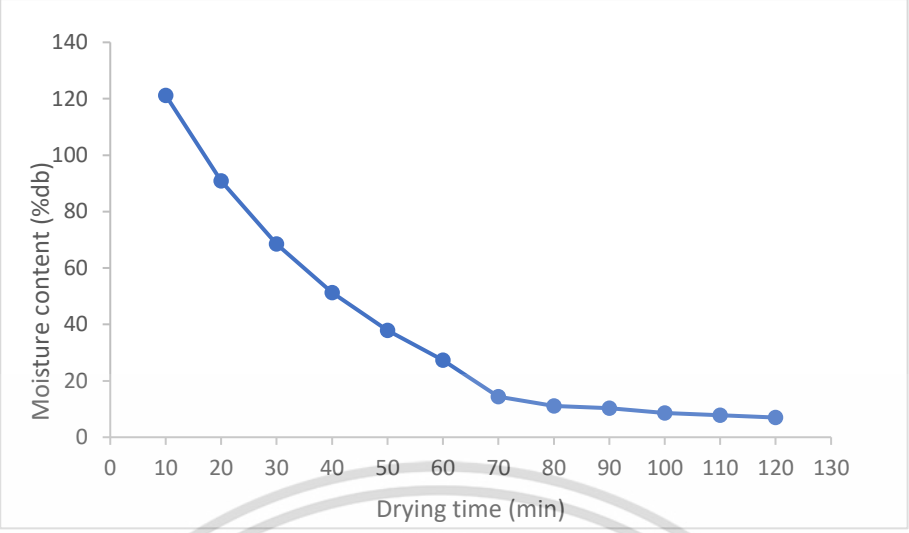
การทำแห้งของใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟเพื่อให้ได้ระยะเวลาการทำแห้งที่เหมาะสม โดยใบมะกรูดถูกทำให้แห้งที่เวลาแตกต่างกันเพื่อให้ได้ค่าปริมาณความชื้นสุดท้ายที่ร้อยละ 15 และมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (water activity, Aw) น้อยกว่า 0.6 เพื่อป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย

ผลการทดลองสอดคล้องกับ อิศรพงษ์ (2553) โดยศึกษาผลของกรรมวิธีการอบแห้งต่ออัตราการอบแห้ง ระยะเวลาอบแห้ง ความชื้น และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของใบมะกรูดอบแห้ง โดยทดลองอบแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาอากาศร้อนเข้าสู่ห้องอบ ตู้อบลมร้อนแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ ใบมะกรูดที่ใช้อบมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 177.13 มาตรฐานแห้ง พบว่าในกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดจะปรากฏอัตราการทำแห้งช่วงลดลงเท่านั้น จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นในระยะเวลาการอบต่างๆ พบว่าอัตราส่วนความชื้นจะลดลงเมื่อระยะเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการอบแห้งใบมะกรูดด้วยเครื่องอบแห้งทั้งสามชนิด โดยใช้การประเมินปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้เป็นดัชนีคุณภาพ พบว่าคุณภาพหลังการอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อนแบบถาด และตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการอบแห้งทั้ง 3 วิธีมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 (นัฑพงศ์ และคณะ, 2557)

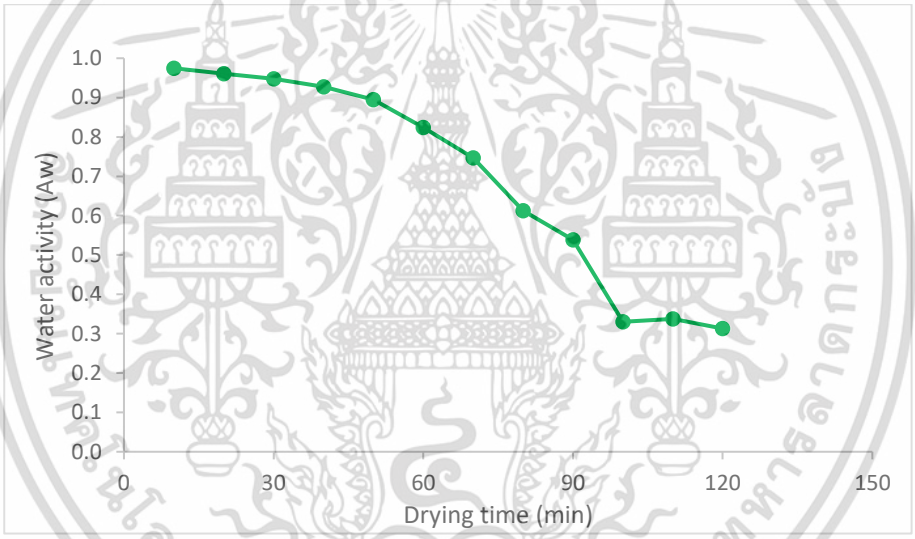
4.1.1 การทำแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาด

การทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดโดยใช้การออกแบบแบบแฟคทอเรียลผลการศึกษาพบว่าการทำแห้งที่ต่ำกว่าหรืออุณหภูมิ 70 องศาจะให้ผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่า (Bains et al., 1989) ในการอบแห้งใบมะกรูดมีค่าปริมาณความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 163 มาตรฐานแห้ง (%d.b.) ซึ่งสภาวะในการทำแห้งที่ใช้ในการทดลองคือที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสใช้ระยะเวลา 120 นาที จากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ใบมะกรูดมีค่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 ยิ่งเวลาในการอบแห้งนานขึ้นใบมะกรูดจะมีค่าปริมาณความชื้นลดลงจนเหลือค่าปริมาณความชื้น 6.98 %d.b. และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ 0.31 ที่เวลา 120 นาที จากผลของการทำแห้งโดยได้จากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการทำแห้งจึงได้ระยะเวลาที่เหมาะสมอยู่ที่ 90 นาที มีค่าปริมาณความชื้น 10.30 %d.b. และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ 0.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความชื้นกับเวลาในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70°C



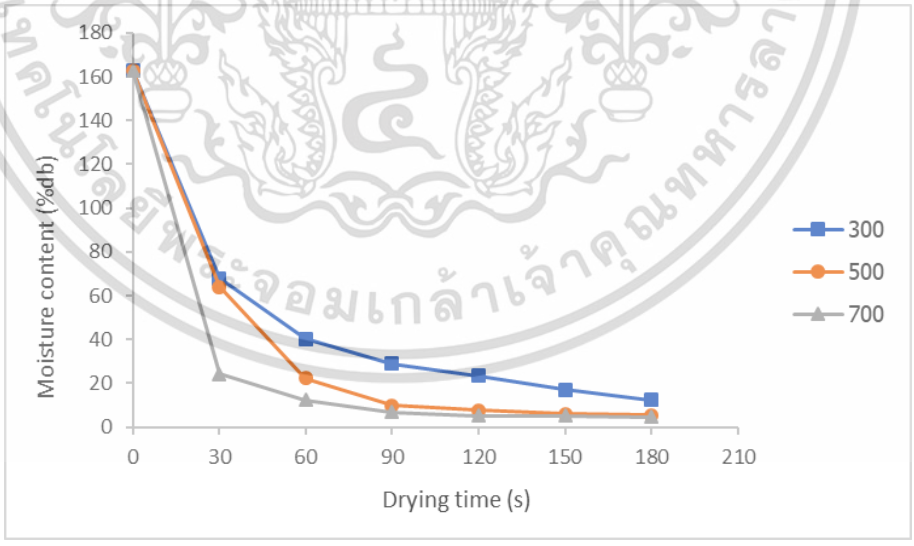
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้กับเวลาในการทำแห้งที่อุณหภมิ 70°C

จากภาพที่ 4.1 และ 4.2 ในระหว่างกระบวนการทำแห้งความร้อนจากอุณหภูมิมีการถ่ายเทไปบนผิวของใบมะกรูดส่งผลให้น้ำในใบมะกรูดระเหยออกมาแสดงให้เห็นถึงค่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ที่มีกราฟแสดงค่าการลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง เมื่อต้องการค่าปริมาณความชื้นสุดท้ายที่ประมาณร้อยละ 15 เวลาในการทำแห้งจะสั้นลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Luangmalawat et al., 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

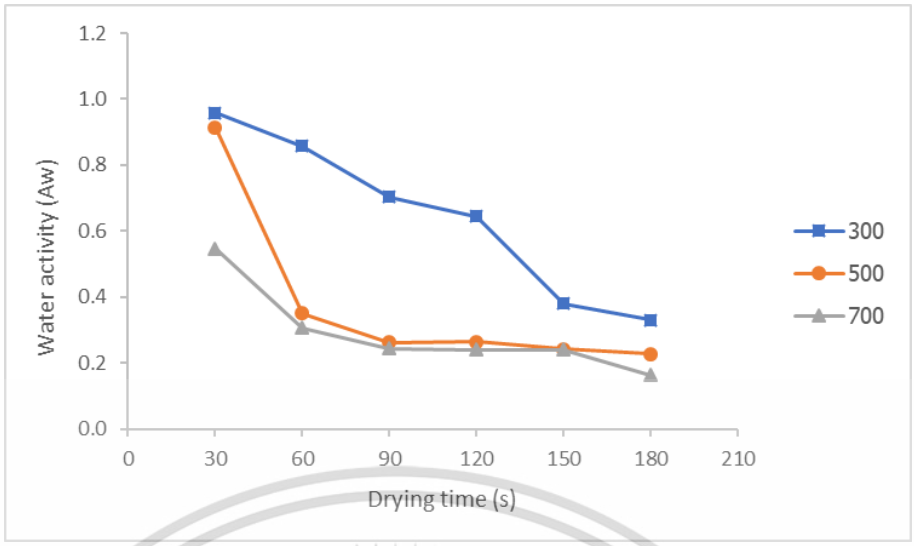
4.1.2 การทำแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบไมโครเวฟ

การทำแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟมีเวลาและพลังงานเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการทำแห้งไมโครเวฟซึ่งมีอิทธิพลต่อความเร็วในการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายเพื่อที่จะปรับปรุงการทำแห้งของไมโครเวฟจึงมีงานวิจัยจำนวนมากเพื่อตรวจสอบผลกระทบของระดับพลังงาน (Adedeji et al., 2009) จากค่าที่ได้ในการทดลองพบว่าเมื่อเวลาการทำแห้งเพิ่มขึ้นที่กำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน (300, 500 และ 700 วัตต์) จะได้ค่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ที่แสดงกราฟการทำแห้งที่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าใช้กำลังไฟฟ้าสูงในการทำแห้งจะทำให้ค่าปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ต่ำกว่า ดังภาพที่ 4.3 และ 4.4 ค่าปริมาณความชื้นเริ่มต้นของใบมะกรูดประมาณร้อยละ 163 มาตรฐานแห้ง (%d.b.) โดยจากผลของการทำแห้งซึ่งได้จากการเปรียบเทียบเวลาที่ 0-180 วินาที (0-3 นาที) ที่ใช้กำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์ จะได้ระยะเวลาการทำแห้งที่เหมาะสมอยู่ที่ 180, 90 และ 60 วินาที (3, 1.5, 1 นาที) มีค่าปริมาณความชื้น 12.36, 9.88 และ 12.43 %d.b. และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ 0.33, 0.26 และ 0.31 ตามลำดับ สรุปผลได้ว่าระยะเวลาการทำแห้งที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ค่าปริมาณความชื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 15 และมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้น้อยกว่า 0.6 ของกำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์ โดยเทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง พบว่าที่ 700 วัตต์ใช้เวลาในการทำแห้งให้ได้สภาวะที่เหมาะสมเร็วที่สุดคือใช้เวลาทำแห้ง 1 นาที



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความชื้นกับเวลาในการทำแห้งที่กำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้กับเวลาที่กำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์

4.2 เปรียบเทียบปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้

จากการเปรียบเทียบการทำแห้งใบมะกรูด 10 กรัมของตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟมาทำการตรวจหาปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (water activity, Aw) ได้ดังนี้

4.2.1 ปริมาณความชื้น

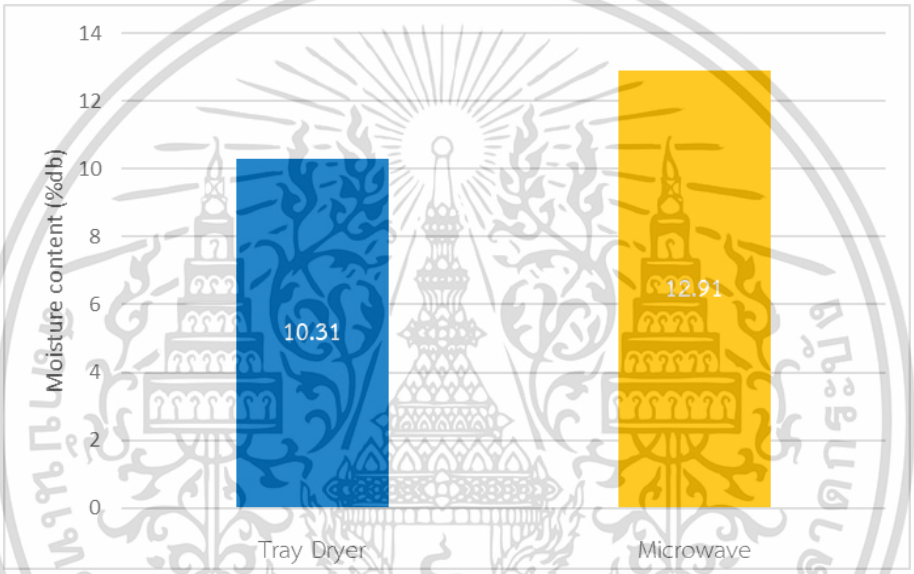
จากการทดลองค่าปริมาณความชื้นจะแสดงในรูปร้อยละมาตรฐานแห้ง (%d.b.) โดยใช้วิธีการหาปริมาณความชื้นของ AOAC (2005) ให้ได้ค่าปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 15 ถ้าค่าปริมาณความชื้นสูงก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียง่ายเพราะจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ซึ่งค่าปริมาณความชื้นมีความสอดคล้องกับค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ จากการทำแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาด (70 องศาเซลเซียส) ใช้เวลา 90 นาที ตู้อบไมโครเวฟ (700 วัตต์) ใช้เวลา 1 นาทีนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่ามีปริมาณความชื้นดังตารางที่ 4.1 และดูการเปรียบเทียบได้จากภาพที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้นของใบมะกรูดแห้งที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ

ชนิด	moisture content (%d.b.)
Tray Dryer	10.31±0.59[a]
Microwave	12.91±0.31[b]

หมายเหตุ: a และ b ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันกำกับด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยวิธี t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P ≤ 0.05)



ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของใบมะกรูดที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ

4.2.2 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้

ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (water activity) เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตตลอดจนใช้ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร ดังนั้นเราจึงทำให้ใบมะกรูดที่ผ่านการทำแห้งมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ต่ำกว่า 0.6 โดยวัดค่าได้จากเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ Aqua Lab 4TE จากการทดลองการทำแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาด (70 องศาเซลเซียส) ใช้เวลา 90 นาที ตู้อบไมโครเวฟ (700 วัตต์) ใช้เวลา 1 นาที พบว่าตู้อบแห้งแบบถาดมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ต่ำกว่าตู้อบไมโครเวฟนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

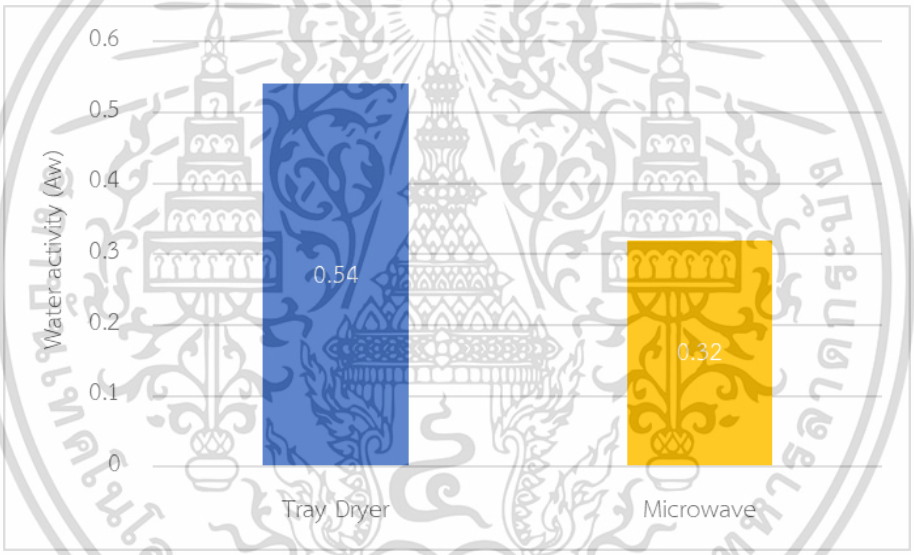
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(P ≤ 0.05) แสดงค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ดังตารางที่ 4.2 และดูการเปรียบเทียบได้จากภาพที่ 4.6

ตารางที่ 4.2 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของใบมะกรูดแห้งที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ

ชนิด	water activity (Aw)
Tray Dryer	0.32±0.01[a]
Microwave	0.54±0.03[b]

หมายเหตุ: a และ b ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันกำกับด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยวิธี t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P ≤ 0.05)



ภาพที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของใบมะกรูดที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ

4.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟในการทำแห้ง

จากการทดลองการหาระยะเวลาที่เหมาะสมของการทำแห้งของตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟมาคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละเครื่อง โดยดูจากกำลังไฟฟ้าของเครื่องที่ใช้และระยะเวลาในการทำแห้งเพื่อคำนวณหายูนิตไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำแห้งของตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟ

วิธีทำแห้ง	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนรอบมิเตอร์ที่หมุน/ชั่วโมง	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง (นาที)	ยูนิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
Microwave	300	540	3	0.0225	0.090
	500	948	1.5	0.0198	0.079
	700	1356	1	0.0188	0.075
Tray dryer	3000	-	90	4.5	18

จากตารางที่ 4.5 เป็นการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าของวิธีการทำแห้งทั้ง 2 วิธี โดยคำนวณจากระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งของเครื่องซึ่งเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมของการทำแห้งใบมะกรูด จากผลการทดลองการทำแห้งใบมะกรูด 10 กรัมแสดงได้ว่าตู้อบไมโครเวฟที่ใช้กำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 3, 1.5 และ 1 นาทีตามลำดับ ใช้พลังงานไฟฟ้าที่คิดเป็นยูนิตได้ 0.0225, 0.0198 และ 0.0188 กิโลวัตต์ชั่วโมงตามลำดับ เมื่อนำคิดเป็นค่าไฟฟ้าโดยคิดหน่วยละ 4 บาท/ยูนิต จะได้ 0.090, 0.079 และ 0.075 บาทตามลำดับ และตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer) ที่ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (กำลังไฟฟ้า 3000 วัตต์) ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 90 นาที ใช้พลังงานไฟฟ้าที่คิดเป็นยูนิตได้ 4.5 กิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อนำคิดเป็นค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท/ยูนิตจะได้ 18 บาท สรุปได้ว่าในระยะเวลาการทำแห้งที่เหมาะสมของตู้อบไมโครเวฟใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตู้อบแห้งแบบถาดส่งผลให้คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าได้น้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล

5.1 สรุปผล

จากการวิจัยการหาเพื่อหาระยะเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสมของการทำแห้งใบมะกรูดด้วยตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟใช้น้ำหนักใบมะกรูด 10 กรัมเท่ากัน โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้คือปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15 และมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (water activity) ต่ำกว่า 0.6 เป็นสภาวะที่เหมาะสมของของแห้ง จากการทดลองพบว่าใบมะกรูดมีค่าปริมาณความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 163 มาตรฐานแห้ง (%d.b.) เมื่อนำมาทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดที่ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสใช้เวลา 120 นาทีเก็บผลการทดลองทุกๆ 10 นาทีได้ระยะเวลาที่เหมาะสมของการทำแห้งคือ 90 นาที ได้ค่าปริมาณความชื้น 10.30 %d.b. และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ 0.54 การทำแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟใช้กำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์ใช้เวลา 180 วินาที (3 นาที) เก็บผลทุกๆ 30 วินาที ได้ระยะเวลาที่เหมาะสมของการทำแห้งที่กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ ใช้ระยะเวลา 180 วินาที (3 นาที) ที่กำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ ใช้ระยะเวลา 90 วินาที (1.5 นาที)และที่กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ ใช้ระยะเวลา 60 วินาที (1 นาที) สรุปผลได้ว่าการหาระยะเวลาที่เหมาะสมของกำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์ โดยเทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง พบว่าที่ 700 วัตต์ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งให้ได้สภาวะที่เหมาะสมเร็วที่สุดคือใช้ระยะเวลาทำแห้ง 1 นาที เมื่อเปรียบเทียบการทำแห้งตู้อบแห้งแบบถาดและตู้อบไมโครเวฟพบว่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าโดยพิจารณาจากกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาในการทำแห้งของเครื่องพบว่าตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer) ที่ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (กำลังไฟฟ้า 3000 วัตต์) คิดค่าไฟฟ้าได้ 18 บาท ตู้อบไมโครเวฟที่ใช้กำลังไฟฟ้า 300, 500 และ 700 วัตต์ คิดค่าไฟฟ้าได้ 0.090, 0.079 และ 0.075 บาทตามลำดับ โดยระยะเวลาของตู้อบไมโครเวฟจะเร็วกว่าส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าการทำแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ใช้เวลา 1 นาทีเร็วกว่าเมื่อเทียบกับตู้อบแห้งแบบถาดที่ใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสซึ่งใช้เวลา 90 นาทีที่น้ำหนักใบมะกรูดเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

การไฟฟ้านครหลวง. 2561. วิธีคำนวณค่าไฟฟ้าด้วยตนเอง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.mea.or.th/-content/detail. 22 พฤษภาคม 2563.

นัทพงศ์ สิงห์ศร, รักชาติ ท่าโพธิ์ และ กัชรินทร์ เวชชากุล. 2557. ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำจากแผ่นโพลีคาร์บอเนต (Solar Oven Made From Polycarbonate Sheets). สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี. 13, 47-52.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2563. แอคติวิตีของน้ำ Water activity. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.foodnetworksolution.com/water-activity. 15 พฤษภาคม 2563.

สมจิต สุรพัฒน์. 2563. บทความการดูแลสุขภาพ และเคล็ดลับเพื่อสุขภาพดี. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.healthcarethai.com/หลักการผลิตอาหาร. 15 พฤษภาคม 2563.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2539. กระบวนการทำแห้งอาหาร. ในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ, 164-172.

อรุณี อภิชาติสรางกูร. 2545. การทำแห้ง. ในโครงการปฏิกิริยาฟีนอลออกซิเดสของกล้วยอบด้วยเครื่องแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สำนักพิมพ์มหาวิยาลัยเชียงใหม่. 14, 20-21.

อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล. 2553. อายุการเก็บรักษาของใบมะกรูดที่อบแห้งโดยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อนแบบถาด และตู้อบไมโครเวฟสุญญากาศ (Shelf Life of Dried Kaffir Lime Leaves Using Solar Dryer, Hot Air Tray Dryer and Vacuum Microwave Dryer). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 86, 664-387.

Adedeji, A.A., Ngadi, M.O. and Raghavan, G.S.V. 2009. Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried chicken nuggets. Journal of Food Engineering. 91, 146-153.

Andrea, M., Constanza, M., Alejandro, R. and Aldo, S. 2016. Evolution of sulforaphane content in sulforaphane-enriched broccoli during tray drying. Journal of Food Engineering. 186, 27-33.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 2005, 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bains, M.S., Ramaswamy, H.S. and Lo, K.V. 1989. Tray drying of apple puree. Journal of Food Engineering. 93, 195-201.

Buffler, C.R. 1993. Microwave Cooking and Processing. Van Nostrand, Reinhold, New York.

Feng, H., Tang, J., Cavalirie, R.P. and Plump, Q.A. 2001. Heat and mass transport in microwave drying of porous materials in a spouted bed. American Institute of chemical Engineers Journal. 47, 1499-1512.

Gordon, A. 2010. Developments in the Packaging of Convenience Foods. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.foodnetworksolution.com/microwave. 15 พฤษภาคม 2563.

Gustavsson, J., Cederberg, C. and Sonesson, U. 2011. Global Food Losses and Food Waste Food and Agriculture Organization of the United Nations. Journal of Food Engineering.

Jay, M.J., Martin, J.L. and David, A.G. 2005. Modern food microbiology. Springer science business media Inc.

Jiang, H., Zhang, M., Fang, Z., Mujumdar, A.S. and Xu, B. 2016. Effect of different dielectric drying methods on the physic-chemical properties of a starch-water model system. Food Hydrocolloids. 52, 192-200.

Karim, M.A. and Hawlader, M.N.A. 2005. Mathematical Modeling and experimental investigation of dropical fruits drying. International Journal of Heat and Mass Transfer. 48 (23-24), 4914-4925.

Koyuncu, T., Tosun, I. and Pinar, Y. 2007. Drying characteristics and heat energy requirement of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.). Journal of Food Engineering. 78, 735-739.

Lin, T.M., Durance, T.D. and Scaman, C.H. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. Food Research International. 31, 111-117.

Luangmalawat, P., Prachayawarakorn, S., Nathakaranakule A. And Soponronnarit, S. 2008. Effect of temperature on drying characteristics and quality of cooked rice. LWT-Food Science and Technology. 41, 716-723.

Naphaporn, C., Chananan, P. and Sakamon, D. 2010. Effect of pretreatment on surface to pographical features of vegetables during drying. Journal of Food Engineering. 101, 41-48.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Norma, S.S., Rogelio, V.B., Mayra, G.G., Aleyda, P.H. and Raúl, S.C. 2012. Effect of rotating tray drying on antioxidant components, color and rehydration ratio of tomato saladette slices. LWT- Food Science and Technology. 46, 298-304.

Phoungchandang, S., Srinukroh, W. and Leenanon, B. 2008. Kaffir lime leaf (*Citrus hystrix* D.C.) drying using tray and heat pump dehumidified drying. Drying Technology. 26, 1602-1609.

Pu, H., Li, Z., Hui, J. and Raghavan, G.V. 2016. Effect of relative humidity on microwave drying of carrots. Jour of Food Engineering. 190, 167-175.

Raksakantong, P., Siriamornpun, S. and Meeso, N. 2012. Effect of drying methods on volatile compounds, fatty acids and antioxidant property of Thai kaffir lime (*Citrus hystrix* D.C.). Journal of Food Science Technology. 47, 603-612.

Satwase, A., Pandhre, G., Sirsat, P. and Wade, Y. 2013. Studies on drying characteristic and nutritional composition of drumstrick leaves by using sun, shadow, cabinet and oven drying methods. Journal of Food Science. 584, 2-4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ไมโครเวฟ (microwave)

รูปที่ ก.1 ไมโครเวฟ (microwave)

ตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer)

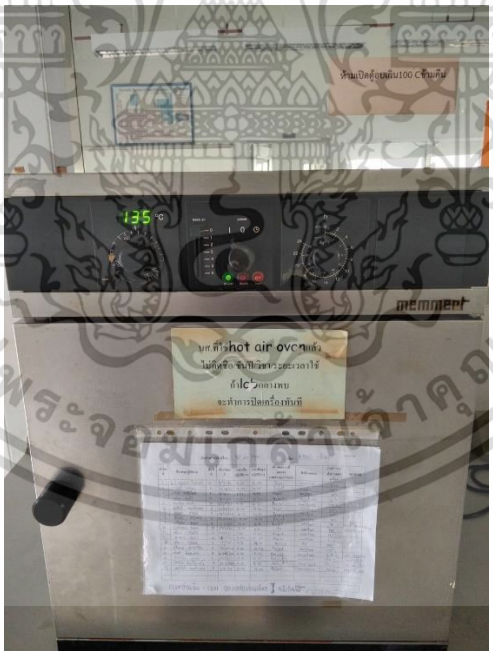
รูปที่ ก.2 ตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

รูปที่ ก.3 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

ตู้อบลมร้อน (hot air oven)



รูปที่ ก.4 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัด water activity

รูปที่ ก.5 เครื่องวัด water activity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใบมะกรูด

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของใบมะกรูด (moisture content) (AOAC, 2005)

วิธีการ

1. อบจานหาความชื้น (moisture can) พร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เวลา 120 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้องเวลา 30 นาที ชั่งน้ำหนักจานและฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่จานหาความชื้นพร้อมฝาปิดที่ผ่านการอบแห้งแล้ว
3. นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เวลา 120 นาที โดยทำการเปิดฝา
4. ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นเวลา 30 นาที และชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน
5. คำนวณปริมาณร้อยละความชื้นของตัวอย่างอาหาร

จากสมการ

$$\% \text{ Moisture content} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักของจานหาความชื้น

W_1 = น้ำหนักของจานอบความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ

W_2 = น้ำหนักของจานอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ใบมะกรูดแห้ง

รูปที่ ค.1 ใบมะกรูดแห้งที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสใช้เวลา 90 นาที

รูปที่ ค.2 ใบมะกรูดแห้งที่ทำแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ใช้เวลา 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวธนกาญจน์ แกล้วกล้า	
วัน เดือน ปี เกิด	27 กันยายน 2540	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2553-2555	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๒
	พ.ศ. 2556-2558	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๒ (แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์)
	พ.ศ. 2559-2562	ปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ) คณะอุตสาหกรรมอาหาร สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2562	พนักงานฝึกงานแผนกผลิต บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย)จำกัด มหาชน โรงงานแปรรูปมีนบุรี 2
ชื่อ-นามสกุล	นางสาวรัตนาวัลย์ สมร่าง	
วัน เดือน ปี เกิด	25 มิถุนายน 2541	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2553-2555	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบางกะปิ
	พ.ศ. 2556-2558	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบางกะปิ (แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์)
	พ.ศ. 2559-2562	ปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ) คณะอุตสาหกรรมอาหาร สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2562	พนักงานฝึกงานแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท ยูโรเปี่ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอศัลยา อ้นศิริ	
วัน เดือน ปี เกิด	16 ตุลาคม 2540	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2553-2555	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์
	พ.ศ. 2556-2558	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์ (แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์)
	พ.ศ. 2559-2562	ปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ) คณะอุตสาหกรรมอาหาร สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2562	พนักงานฝึกงานแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์(R&D) บริษัท ยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้