

คุณลักษณะทางกายภาพของมะนาวดองผง
Physical characteristics of pickled lime powder



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คุณลักษณะทางกายภาพของมะนาวดองผง
Physical characteristics of pickled lime powder

จัดทำโดย

พัชณัฐ เรืองกุลสุรชต์ รหัสนักศึกษา 59080164

ภาณิดา อาทะจา รหัสนักศึกษา 59080174

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

...29...../..พ.ค../...2563..

(ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่วมกับนักวิจัย ทำการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยการเตรียมเป็นน้ำซุ๊ปที่เตรียมจากมะนาว
ดองผง เปรียบเทียบกับน้ำซุ๊ปมะนาวดองที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้ง ผลการสังเกตคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส
พบว่าซุ๊ปที่เตรียมจากมะนาวดองผงมีความข้นกว่าซุ๊ปมะนาวดองแบบลูก มีรสชาติขมติดปลายลิ้นเล็กน้อย แต่
รสชาติโดยรวม และกลิ่นของมะนาวดองมีลักษณะที่ยอมรับได้

คำสำคัญ: การอบแห้ง มะนาว มะนาวดอง มะนาวดองผง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี เพราะความกรุณาและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก หจก.เพิ่มทรัพย์ผู้ดำเนินการเกษตร ที่ได้อนุเคราะห์วัสดุดิบมะนาวดอง รวมถึงแนะนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตมะนาวดอง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในปัญหาพิเศษมาโดยตลอด เพื่อให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนความห่วงใยและคอยเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา รวมถึงขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พงษ์เสรีฐศรีพรหม ซึ่งให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบปัญหาพิเศษ และแนะนำให้ออกเสนอต่างๆ อันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย จนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ช่วยให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ให้แนวความคิดและมุมมองที่ต่างออกไป รวมไปถึงคอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนกระทั่งการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระคุณบิดามารดาและอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้และให้ความเมตตาแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ซึ่งเป็นอีกหนึ่งสิ่งสำคัญที่ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

พชญณัฐ เรืองกุลสุรรัตน์

ภาณีดา อาทะจา

31 เมษายน 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
คำสำคัญ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 มะนาว.....	3
2.2 การดอง.....	4
2.3 การอบแห้ง.....	5
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	8
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	8
3.2 เครื่องมือวิเคราะห์.....	8
3.3 วัสดุดิบ.....	8
3.4 การเตรียมวัสดุดิบ.....	9
3.5 วิธีการทดลอง.....	9
3.6 การศึกษาจลนศาสตร์ของการอบแห้งของมะนาวดองผง.....	10
3.7 การวิเคราะห์ความชื้นและคุณสมบัติทางกายภาพของมะนาวดองผง.....	10
3.8 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านกายภาพของมะนาวดองผง.....	11
3.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	12
3.10 การตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส.....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	15
4.1 ผลการศึกษาจลนศาสตร์ของการอบแห้ง.....	15
ของมะนาวดองผง	
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของมะนาวดองผง.....	16
4.3 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส.....	21
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	25
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	25
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	25
บรรณานุกรม.....	26
ภาคผนวก.....	29
ภาคผนวก ก.....	30
ประวัติผู้เขียน.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ส่วนประกอบที่ใช้ในการปรุงรสน้ำซุบต้มพริกมะนาวดอง..... และน้ำซุบต้มพริกที่เติมมะนาวดอง	13
4.1	ปริมาณความชื้นและ %yield ของมะนาวดองอบแห้ง..... แบบถาด ที่อุณหภูมิต่างๆ	18
4.2	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และค่าสีของมะนาวดองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่..... และผงละเอียดที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ	20
4.3	การตรวจสอบการละลายน้ำและการดูดกลืนน้ำกลับของมะนาวดอง..... ในลักษณะของผงขนาดใหญ่และผงละเอียดที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ	21
4.4	คุณสมบัติด้านต่างๆของมะนาวดองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่..... ที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	22
4.5	ผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ผลมะนาว.....	3
3.1 มะนาวดองที่มีผลไม่สมบูรณ์ที่รับมาจากโรงงาน.....	8
3.2 เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด	9
3.3 วิธีในการทำต้มพื้กมะนาวดอง.....	14
4.1 Drying Kinetics ของมะนาวดองอบแห้ง..... ด้วยเครื่องด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	15
4.2 ลักษณะปรากฏของมะนาวดองฝงที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ.....	17
4.3 ลักษณะของฝงขนาดใหญ่และฝงละเอียดของมะนาวดองอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ.....	18
ก1 มะนาวดองที่แตกจากกระบวนการผลิตมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลอง.....	30
ก2 มะนาวดองที่ปั่นลดขนาด.....	30
ก3 มะนาวดองที่เกลี่ยให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร ทำการอบในเครื่องอบแห้งแบบถาด.....	31
ก4 มะนาวดองหลังการอบแห้งเป็นลักษณะแผ่นบาง.....	31
ก5 ลักษณะมะนาวดองฝงที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อผ่านการปั่นโดยละเอียด.....	32
ก6 มะนาวดองฝงที่ผ่านการร่อนเป็นฝงขนาดใหญ่ของมะนาวดอง.....	32
ก7 มะนาวดองฝงที่ผ่านการร่อนเป็นฝงละเอียดของมะนาวดอง.....	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะนาวเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่สำคัญในการเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มรสชาติ และกลิ่นรสในอาหารไทย ทั้งในระดับครัวเรือน และในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากน้ำมะนาวถูกใช้เป็นเครื่องปรุงหลักในการปรุงอาหาร ที่ให้กลิ่นรสเฉพาะแก่อาหาร หรือแม้แต่การนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มสำหรับลดอาการเจ็บคอ และกระหายน้ำ เป็นต้น มะนาวสามารถเพาะปลูกได้ทั้งในระดับครัวเรือน หรือแม้แต่การเพาะปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตในปริมาณที่เป็นการต้องการของตลาด อย่างไรก็ตามราคาของมะนาวมีความแปรผันตามฤดูกาล การเพาะปลูกมะนาวเพื่อให้ผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคตลอดปีนั้นจึงยังเป็นสิ่งที่เกษตรกรยังให้ความสำคัญในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในช่วงหน้าแล้ง ผลผลิตมักจะมีปริมาณลดลงและมีราคาแพง แต่พอในช่วงหน้าฝน ผลผลิตมักจะมีปริมาณมากเกินไปและมีราคาต่ำ การแก้ไขปัญหามะนาวที่มีราคาตกต่ำในช่วงฤดูฝน ทำให้หลากหลายวิธี แต่หนึ่งในวิธีที่ผู้ผลิตอาหารใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษามะนาว คือการดอง ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ทำให้ผลผลิตมีมูลค่าสูงขึ้น ทำได้ง่ายและสามารถทำเป็นอุตสาหกรรมครัวเรือนได้ มะนาวดองถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร โดยเฉพาะ ต้มผักมะนาวดอง ส่งผลให้อาหารมีกลิ่นหอมและรสชาติที่กลมกล่อมขึ้น มะนาวดองเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่รู้จักและใช้ในการเพิ่มกลิ่นรสอร่อยให้กับต้มซุปต่างๆ นอกจากนี้ วิภาวีร์ (2544) ยังให้ข้อมูลสรรพคุณของมะนาวดองว่าสามารถ ช่วยขับลม แก้อืดท้องเฟ้อ ช่วยย่อยอาหาร ขับเสมหะ ชุ่มคอชื่นใจ อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นการขับพิษออกจากร่างกาย

การผลิตมะนาวดองเพื่อการค้า ส่วนใหญ่จะเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือเป็นอุตสาหกรรมครัวเรือน ทั้งนี้ปัญหาที่พบระหว่างการผลิต ยังพบมีปัญหามะนาวดองแตก ระหว่างในขั้นตอนการขัดผิวของมะนาว หรือขั้นตอนการดอง ผลมะนาวดองที่แตกจะถูกคัดแยกออกและไม่สามารถบรรจุขายได้ จึงต้องคัดทิ้ง สร้างการสูญเสียให้ผู้ผลิต แนวทางในการลดการสูญเสียของผลมะนาวที่แตกสามารถทำได้โดยการปรับปรุงกระบวนการดอง หรือการนำมะนาวดองที่ผลแตกมาต่อยอดการเพิ่มคุณค่า เช่น การนำไปผลิตเป็นวัตถุดิบอื่น หรือแม้แต่การสร้างโอกาสในการแปรรูปเป็นมะนาวดองในรูปแบบอื่น เช่น แบบผง เพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้ที่หลากหลายมากขึ้น ทั้งใส่ในซุป หรือเป็นส่วนผสมในเมนูอาหารต่างๆ เพื่อเพิ่มกลิ่นหอมของมะนาวดอง การชงเป็นเครื่องดื่ม เป็นต้น

การผลิตมะนาวดองผงโดยการทำแห้ง จึงเป็นแนวทางที่เป็นไปได้ในการนำไปใช้งานได้สะดวกสบาย และง่ายต่อการเก็บรักษาการนำไปใช้ยังมีหลากหลาย แล้วแต่วัตถุประสงค์ของงาน และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์และลดปริมาณของเสียได้ โดยงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำมะนาวดองที่แตกมาอบแห้งแล้วทำเป็นผงละเอียด สำหรับการที่จะได้มะนาวดองอบแห้งในลักษณะที่เป็นผง โดยใช้วิธีการอบแห้งลมร้อนแบบถาด โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งมะนาวดอง การตรวจสอบคุณลักษณะทางเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กายภาพ เพื่อการคัดเลือกสภาวะที่สามารถใช้ในการอบแห้งมะนาวดอง อีกทั้งการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของซूपมะนาวดองฝง เปรียบเทียบกับซूपที่ผลิตจากมะนาวดองที่ไม่ได้ผ่านการบวนการอบแห้ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณลักษณะการอบแห้งของมะนาวดองที่มีสภาวะการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ กัน

1.2.2 เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของมะนาวดองฝง

1.2.3 เพื่อการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะนาวดองฝง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 มะนาวดองที่ใช้ในการทดลองเลือกใช้มะนาวสายพันธุ์แป้นพิจิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0-4.4 เซนติเมตร น้ำหนักเนื้อของมะนาวดองประมาณ 50 กรัมต่อลูก อายุในการดองประมาณอย่างน้อย 2 สัปดาห์ นำมาผ่านการเตรียมก่อนการอบแห้งโดยใช้การอบแห้งลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 4

1.3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพการตรวจสอบคุณภาพของมะนาวดองฝง จะนำมะนาวดองที่ผ่านการอบแห้งในแต่ละสภาวะ จนมีความชื้นเหลือน้อยกว่าร้อยละ 4 มาร่อนแยกเป็นผงที่มีขนาดใหญ่และผงละเอียด จากนั้นมาทำการตรวจสอบลักษณะที่ปรากฏของมะนาวดองฝง ความชื้น วอเตอร์แอกทิวิตี ดี ร้อยละของผลผลิต การละลาย และการดูดกลืนน้ำกลับของมะนาวดองฝง

1.3.3 การคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเพียง 1 สภาวะ ที่มีคุณลักษณะทางกายภาพตามข้อ 1.3.2 ที่เหมาะสม สำหรับการผลิตฝงมะนาวดอง เพื่อเปรียบเทียบการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะนาวดองฝงกับมะนาวดองที่ขายโดยทั่วไป โดยเป็นการประเมินแบบพรรณนา

1.3.4 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเมื่อมะนาวดองผ่านการอบแห้งแล้ว
ตัวแปรต้น : ความชื้น ดี ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ร้อยละของผลผลิต การละลาย และการดูดกลืนน้ำกลับ
ตัวแปรตาม : การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1.3.5 ศึกษาการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิที่ 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 , 6 และ 5 ชั่วโมง
ตัวแปรต้น : อุณหภูมิ 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส
ตัวแปรตาม : Drying Kinetics ของมะนาวดองอบแห้ง

1.3.6 ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ที่มีผลต่อสีของมะนาวดองฝง
ตัวแปรต้น : อุณหภูมิ 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส
ตัวแปรตาม : สีเขียวแดงเล็กน้อยจากคลอโรฟิลล์ , คาโรทีนและไลโคปีน สีเหลืองส้มจากแคโรทีนอยด์

1.3.7 ศึกษาการนำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของมะนาวดองฝง
ตัวแปรต้น : ต้มพื้กมะนาวดอง ต้มพื้กมะนาวดองแบบกาก

ตัวแปรตาม : การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงสถานะที่เหมาะสมในการอบแห้งมะนาวดองโดยการใช้ลมร้อนแบบถาด

1.4.2 ทราบถึงคุณลักษณะทางกายภาพของมะนาวดองผง และแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะนาว

มะนาว (Lime, Common Lime) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus aurantifolia* Swing เป็นไม้ผลชนิดหนึ่งที่มีรสเปรี้ยวจัด จัดอยู่ในสกุลส้มหรือที่เรียกว่า Citrus ลักษณะของผลจะมีสีเขียว เมื่อสุกจัดจะออกเป็นสีเหลือง ลักษณะของเปลือกจะบาง ส่วนภายในมะนาวนั้นจะมีเนื้อที่แบ่งออกเป็นกลีบๆ และชุ่มน้ำมาก ถือเป็นผลไม้ที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องปรุงรส ที่สำคัญยังเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการและทางการแพทย์ โดยทั่วไปมะนาวจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ประมาณ 4.0-4.5 เซนติเมตร ซึ่งมะนาวเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ใบมีกลิ่นหอมเนื่องจากมีต่อมน้ำมันเป็นจำนวนมาก ดอกออกเป็นช่อรวมกันเป็นกระจุกสีขาว มีกลิ่นหอม กลีบดอกสีขาว ร่วงง่าย ผิวของผลขรุขระ มีน้ำที่มีรสเปรี้ยวจัด เมื่อสุกจะมีสีเหลือง มองเห็นต่อมน้ำมันชัดเจน รสเปรี้ยว มีเมล็ดขนาดเล็กคล้ายรูปไข่ หัวและท้ายแหลม (เพยาว, 2013)

มะนาวมีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะอินดีสตะวันออก หรือภาคเหนือของอินเดีย ต่อมามีการนำเข้าไปยังประเทศไทยทวีปยุโรปและอเมริกา ปัจจุบันมีการปลูกแพร่หลายเป็นการค้าในเม็กซิโก หมู่เกาะอินดีสตะวันตก และอียิปต์ ซึ่งแหล่งปลูกในประเทศไทยนั้น มะนาวสามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย จังหวัดที่มีการปลูกมะนาวมาก ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช นครสวรรค์ กาญจนบุรี นนทบุรี ปราชินบุรี และสุพรรณบุรี เป็นต้น (ศูนย์วิจัยพืชสวนยะลา, 2014)

สายพันธุ์มะนาวที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ มะนาวหนัง เป็นพันธุ์มะนาวที่ปลูกอยู่ทั่วไป มีลักษณะผลใหญ่ ผลอ่อนมีลักษณะกลมรี หัวท้ายแหลมเมื่อโตขึ้นจะค่อยๆ สั้นเข้า หัวท้ายจะมนเข้า เมื่อโตเต็มที่จะมีลักษณะกลมค่อนข้างยาวด้านหัวมีจุดเล็กๆ ผิวเรียบ เปลือกค่อนข้างหนา จึงทำให้เก็บรักษาผลได้ไว้นาน เป็นพันธุ์ที่มีรสเปรี้ยวจัดเพราะมีเปอร์เซ็นต์กรดค่อนข้างสูง เหมาะสำหรับทำมะนาวสำหรับดื่ม และมะนาวไข่ เป็นมะนาวพื้นเมืองพันธุ์หนึ่งของไทย มีขนาดและลักษณะคล้ายมะนาวหนังเกือบทุกอย่าง ผลอ่อนมีลักษณะกลมยาว หัวท้ายแหลมจะค่อยๆ มนเข้าเมื่อโตขึ้น เมื่อโตเต็มที่จะมีลักษณะกลมมนเป็นส่วนใหญ่ หัวและก้นมีจุดไม่แหลม ผิวเรียบเปลือกบางใส มีสีเขียวเข้ม เมื่อแก่จัดมีสีเหลืองอมเขียว ผลมีขนาดโตกว่ามะนาวหนัง ออกผลดก มีน้ำมาก มีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นหอม มีเมล็ดค่อนข้างน้อย มะนาวไข่เป็นมะนาวที่ตลาดนิยมมาก ปลูกง่าย ได้ราคาดี ข้อดีของมะนาวไข่คือจะออกผลที่ปลายกิ่ง ซึ่งสะดวกต่อการเก็บผล และมะนาวแป้น เป็นมะนาวที่ได้มาจากการเพาะเมล็ดมะนาวพื้นบ้านแล้วมีการกลายพันธุ์ไปจนได้ลักษณะที่ดี เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุด เพราะเป็นมะนาวที่ผลดก ออกผลได้ตลอดทั้งปี ผลมีขนาดปานกลาง ลักษณะผลกลมแป้นสวย ผลอ่อนมีสีเขียว ผลแก่จัดมีสีเหลืองอมเหลือง ผิวไม่เรียบ เปลือกบางใส มีน้ำมาก น้ำมีกลิ่นหอม ไม่ค่อยมีเมล็ดมะนาวแป้นมีหลายพันธุ์ด้วยกันคือ มะนาวพันธุ์แป้นรำไพ มะนาวพันธุ์แป้นทะวาย มะนาวพันธุ์แป้นแม่ไก่ไข่ดก และมะนาวสายพันธุ์แป้นพิจิตร เป็นต้น (ศูนย์รวบรวมข้อมูลข่าวสารการเกษตร, 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำมะนาวดอง ส่วนใหญ่นิยมเลือกใช้มะนาวสายพันธุ์แป้นพิจิตร เนื่องจาก ผลมีขนาดใหญ่ เปลือกผลบาง ให้น้ำในปริมาณมาก มีเมล็ดแต่ไม่มากนัก รสเปรี้ยวจัด มีกลิ่นหอม และเป็นสายพันธุ์ที่นิยมปลูกในจังหวัดราชบุรี ทำให้การขนส่งสะดวกและเป็นสายพันธุ์มะนาวที่มีความทนทานต่อโรคแคงเกอร์ หรือโรคแมลงทุกชนิด อีกทั้งยังให้ผลผลิตสูงอย่างสม่ำเสมอ

จากรูปที่ 2.1 ผลมะนาว มีลักษณะผิวเกลี้ยงเงาสีเขียวเหลือง โดยที่ผิวของมะนาวนั้นมีน้ำมันหอมระเหย ประกอบด้วย citral , limonene , linalool , linalyl acetate , terpineol และ cymene ส่วนในน้ำมะนาวนั้นมี citric acid และวิตามินซีสูงใช้ในการแต่งรสอาหาร และทำเครื่องดื่ม สำหรับผิวมะนาวที่ยังไม่สุก ใช้กลั่นให้น้ำมันใช้แต่งกลิ่นน้ำมะนาว ใช้ป้องกันและรักษาโรคลึกลับเปิดและใช้ขับเสมหะ แก้อาการ เจ็บคอ และใบใช้พอกเลือด ซึ่งนำไปต้มน้ำเอามาอาบโดยใช้ผสมกับสมุนไพรอื่นๆ และเมล็ด คั่วให้เหลืองผสมเป็นยาขับเสมหะ และราก ใช้เป็นยาถอนพิษไข้ (พเยาว์, 2013)



รูปที่ 2.1 ผลมะนาว

2.1.1 ผลิตภัณฑ์จากมะนาว

มะนาวนอกจากจะใช้รับประทานสดจากส่วนน้ำมะนาวแล้ว มะนาวยังสามารถนำไปแปรรูปได้หลายรูปแบบด้วยกัน เช่น ขนมขบเคี้ยวหรือลูกอม มะนาวสไลด์อบแห้ง แต่ที่นิยมมากก็คือ การทำมะนาวดองและการทำน้ำมะนาวคั้น เป็นต้น การแปรรูปของมะนาวมักจะทำเป็นมะนาวเค็มและมะนาวหวานซึ่งเกิดจากการดอง ส่วนใหญ่จะใช้มะนาวเค็มในการทำเป็นส่วนผสมของการทำอาหาร เช่น การปรุงรสน้ำซุพ เป็นต้น (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2017)

นอกจากนี้ยังทำเป็นน้ำมะนาวผสมน้ำผึ้งซึ่งเป็นเครื่องดื่มแก้กระหาย ซึ่งมะนาวดองสามารถนำมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มน้ำมะนาวและมีคุณค่าทางเภสัชกรรม ซึ่งการดื่มน้ำมะนาวที่อุดมไปด้วยฟลาโวนอยด์ ที่ช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดอาการอักเสบและควบคุมความดันโลหิตได้เป็นอย่างดี ทั้งยังช่วยยับยั้งการเกิดสารอนุมูลอิสระที่เป็นปัจจัยก่อให้เกิดมะเร็ง จึงมีส่วนช่วยยับยั้งการเกิดเซลล์มะเร็งในระยะเริ่มต้นได้ (Joe et al., 2017)

2.2 การดอง

การดองเป็นวิธีการถนอมอาหาร (food preservation) โดยนำอาหาร เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ไข่ เก็บรักษาไว้ในน้ำส้มสายชู หรือน้ำเกลือ เป็นต้น เพื่อเก็บรักษาไว้ให้อยู่ได้นาน โดยการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (A_w) ของอาหาร ให้ต่ำกว่าค่า minimum A_w โดยการใช้เกลือความเข้มข้นสูง หรือลดค่า pH ของอาหาร เพื่อควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2553) ซึ่งการดองจะมีหลายวิธี ได้แก่

2.2.1 การหมักดองที่ทำให้เกิดแอลกอฮอล์ คือการหมักอาหารพวกแป้ง น้ำตาล โดยใช้ยีสต์เป็นตัวช่วยให้เกิดแอลกอฮอล์ เช่น ข้าวหมาก ไวน์ เป็นต้น

2.2.2 การดองเปรี้ยว ผักที่นิยมนำมาดอง เช่น ผักกาดเขียว กะหล่ำปลี ผักเสี้ยน ถั่วงอก เป็นต้น วิธีทำคือนำเอาผักมาเคล้ากับเกลือ โดยผสมน้ำเกลือกับน้ำส้มตำให้เดือด ทิ้งไว้ให้เย็น นำมาเทราดลงบนผักที่เรียงไว้ในภาชนะ เทให้ท่วมผักปิดฝาภาชนะไม่ให้ลมเข้า หมักทิ้งไว้ 4-7 วัน ก็นำมารับประทานได้

2.2.3 การดองหวาน ผักและผลไม้ที่นิยมนำมาดอง เช่น มะละกอ หัวผักกาด กะหล่ำปลี เป็นต้น โดยต้มน้ำตาล น้ำส้มสายชู เกลือ ให้ออกรสหวานนำให้เดือดทิ้งไว้ให้เย็น เทราดลงบนผักผลไม้ ทิ้งไว้ 2-3 วัน ก็นำมารับประทานได้

2.2.4 การดองเค็ม อาหารที่นิยมส่วนใหญ่จะเป็นพวกเนื้อสัตว์และผัก เช่น ปูเค็ม ปลาเค็ม กะปิ หัวผักกาดเค็ม ไข่เค็ม เป็นต้น ต้มน้ำส้มสายชูและเกลือให้ออกรสเค็มจัดเล็กน้อยให้เดือดทิ้งไว้ให้เย็น กรองใส่ภาชนะที่จะบรรจุอาหารดอง แล้วหมักทิ้งไว้ 4-9 เดือนจึงนำมารับประทาน (สารถี, 2513) สำหรับการทำมะนาวดองการดองเค็มเป็นวิธีที่เก่าแก่และสามารถทำได้ง่าย แต่การทำมะนาวดองยังสามารถทำได้ถึง 3 รสชาติ ด้วยกันคือ มะนาวดองเค็ม มะนาวดองเค็มหวาน และมะนาวดองหวาน ซึ่งมีวิธีการทำดังนี้ (บ้านสวนพอเพียง, 2554)

2.2.4.1 มะนาวดองเค็ม ใช้มะนาวที่ผิวเริ่มมีสีเหลือง เกลือปนหยาบ และใช้มีดบางคมๆ ขูดผิวมะนาวเพื่อให้น้ำมันที่ผิวออก เพราะมีกลิ่นฉุนและทำให้เกิดรสชาติขม จากนั้นนำไปตากแดดจัดๆ จนมะนาวแห้ง แล้วจึงนำไปเรียงใส่ลงในขวดปากกว้าง ผสมเกลือกับน้ำให้เค็มจัด จากนั้นจึงค่อยเทลงใส่ขวดมะนาวที่จัดไว้แล้วได้ ทำการปิดฝาขวดให้สนิท นำออกตากแดดทุกวัน ถ้าแดดจัดๆ ประมาณ 15 วันก็สามารถรับประทานได้

2.2.4.2 มะนาวดองเค็มหวาน ใช้มะนาวผิวเหลือง น้ำตาลทรายขาว น้ำปลา จะต้องคลึงถูเปลือกมะนาวกับเกลือนานๆ เพื่อให้ลดกลิ่นฉุนของผิวมะนาว ล้างน้ำแล้วคลึงเกลืออีก ทำซ้ำอย่างนี้หลายๆ ครั้งจนกว่าจะหมดกลิ่นฉุนของผิวมะนาว แล้วจึงเอาน้ำเดือดลงลวก แล้วนำไปตากแดด จากนั้นจึงนำไปนึ่งด้วยไฟอ่อนๆ ระวังอย่าให้มะนาวแตก ต่อจากนั้นให้เอาผลมะนาวเรียงลงไปให้เต็มขวดปากกว้างที่เตรียมไว้ ต้มน้ำตาลกับน้ำปลา คนให้เข้ากัน แล้วใส่น้ำปลาลงบนมะนาวในขวดให้เต็ม ปิดขวดเก็บไว้ประมาณ 1 เดือน หรือจนมะนาวดูน้ำที่ใสให้แห้งจนฉ่ำน้ำดีแล้ว จึงรับประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.3 มะนาวดองหวาน ถ้าหากต้องการใช้มะนาวรับประทานเป็นของหวานชนิดผลไม้เชื่อมก็สามารถทำได้ โดยใช้มะนาวผิวเหลือง เปลือกมีรสเปรี้ยว น้ำตาลทรายขาว และน้ำ จากนั้นคลึงกับเกลือป่นหยาบๆ แล้วล้างน้ำ ทำซ้ำเช่นนี้หลายๆ ครั้ง จนกว่าจะหมดกลิ่นฉุนของผิวมะนาว แล้วนำลงแช่น้ำสะอาดไว้ เพื่อลดความฝาดหรือรสขมของผิวมะนาว จากนั้นเอาผลมะนาวออกตากแดด หรือจะใช้วิธีเอาเม็ดคั้นๆ ขูดผิวออกก็ได้ แต่ต้องเอาเกลือล้างน้ำให้สะอาดแล้วผึ่งไว้ในที่ร่มๆ จากนั้นเอามะนาวที่ตากไว้แห้งดีแล้วนั้นใส่ลงไปแช่ในน้ำเชื่อม ใช้ไฟอ่อนๆ เชื่อมต่อไปให้น้ำเชื่อมซึมเข้าเนื้อมะนาว จนมีลักษณะฉ่ำอืดตัวเต็มที่ ปิดฝาผนึกไว้ให้ดีสามารถเก็บไว้กินได้ประมาณ 1-2 เดือน

2.3 การอบแห้ง

การอบแห้ง เป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ถนอมอาหาร โดยการไล่ความชื้นออกจากวัตถุดิบ ทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์มีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง ผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียง่าย ใช้ในการแปรรูปผลผลิตต่างๆ โดยสามารถอบวัตถุดิบได้หลากหลาย เช่น อบกล้วยตาก อบพริก อบผลไม้แห้ง ที่นิยมก็คือ การอบทุเรียนทอด อบแคบหมู เป็นต้น ไม่ว่าจะอยู่ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องดื่มชนิดผง การทำผงมัตย้อม การเลือกใช้ชนิดเครื่องอบแห้งก็เป็นอีกหนึ่งอย่างที่สำคัญ เพื่อให้ตรงกับคุณสมบัติจำเพาะของวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เป็นเรื่องจำเป็นจะต้องมีความแห้งที่สม่ำเสมอ เช่น ไม่แห้งหรือแห้งเกินไป วัตถุดิบเป็นก้อน รวมทั้งบ่งบอกถึงปริมาณของผลผลิต ได้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2547) การอบแห้ง โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด เป็นการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน ตู้อบแบบนี้ จะนำวัตถุดิบวางไว้บนถาดที่มีรูพรุน แล้วเป่าลมร้อนขนานไปกับผิวหน้าวัตถุดิบ ซึ่งลมร้อนจะผ่านเข้าไปในวัตถุดิบ เนื่องจากจะใช้ลมร้อนที่มีความเร็วไม่สูงนัก วัตถุดิบจึงอยู่นิ่ง ไม่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนหรือการกระแทกใดๆ

การใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดในการอบแห้งมะนาวดองเป็นวิธีที่เหมาะสม สำหรับการเก็บข้อมูลเป็นระยะของการอบแห้ง เพื่อหาผลผลิต และจลนศาสตร์ของการอบแห้งของมะนาวดองอบแห้งด้วยเครื่องด้วยอบแห้งลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส (สุภวรรณ และ สลิลลา, 2556) ศึกษาแนวทางการอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตเป็นใบบัวบกแห้งขงดื่ม พบว่าอุณหภูมิการอบแห้งและกำลังของรังสีอินฟราเรด ส่งผลต่อการอบแห้ง ทั้งในเรื่องของอัตราการอบแห้ง คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jun Wang และคณะ (2018) ทำการอบแห้งมะนาวหั่นสไลด์ แบบสุญญากาศ โดยใช้เครื่อง Pulsed vacuum มีการกำหนดอุณหภูมิสำหรับการอบแห้งที่ 60 , 65 , 70 และ 75 องศาเซลเซียส ใช้มะนาวสไลด์หั่นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่เรียนด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นจำนวน 10 ชั้น และน้ำหนักอยู่ในช่วง 130-150 กรัมต่อถาด เพื่อสังเกตถึงคุณภาพสีที่เปลี่ยนแปลง , การดูกลิ่นน้ำกลับ , ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ รวมถึงค่าวิตามินซี การดูกลิ่นน้ำกลับของขึ้นมะนาวสไลด์ที่ถูกนำไปอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกันไป โดยมีการใช้อุณหภูมิที่ 40 และ 90 องศาเซลเซียส สำหรับการสังเกตการณ์ดูกลิ่นน้ำกลับ จะเทียบการดูกลิ่นน้ำกลับจากการใช้อุณหภูมิสูงที่ 90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำที่ 40 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าที่ 90 องศาเซลเซียส สามารถดูกลิ่นน้ำกลับได้สูงกว่า และ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นั้นมีค่าสีน้ำตาลสูงที่สุดเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิอื่นๆ แต่ก็ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นที่สุดเช่นกัน

อรุษา และ อีรรัตน์ (2554) ได้ศึกษาผลของการใช้ Maltodextrin (DE10 และ DE18) ต่อปริมาณแอนโธไซยานินของผงสีจากเปลือกมังคุดที่ผ่านการทำแห้งแบบสุญญากาศและการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยที่ผงสีจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin และผ่านการอบแห้งแบบสุญญากาศสามารถรักษาปริมาณแอนโธไซยานินได้ถึงร้อยละ 65-82 ในขณะที่ผงสีจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin และผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยสามารถรักษาปริมาณแอนโธไซยานินเพียงร้อยละ 19-31 หลังจากนั้นนำผงสีไปละลายน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 70 , 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาที่มีผลทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ชญานันท์ (2560) ได้ทำการแช่อบและอบแห้งมะเฟืองด้วยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชัน โดยทำการออสโมซิสมะเฟืองด้วยสารละลายซูโครสเข้มข้น 40 , 50 และ 60° Brix จากนั้นนำมาอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 , 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า สภาวะที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของมะเฟืองแช่อบแห้ง เช่น คุณภาพในด้านสี ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (aw) ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ค่าความเป็นกรดต่าง และ ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรต และได้มีการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของมะเฟืองแช่อบแห้งด้านสี กลิ่น ความหวาน เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบชิม ให้การยอมรับอยู่ในเกณฑ์ระดับชอบปานกลาง ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส ในระดับความเข้มข้นสารละลายซูโครสทั้ง 3 ระดับ ได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด

Akamatsu และคณะ (2017) ได้หาวิธีการอบแห้งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดซิตริกและกรดมาลิกที่มีในบ๊วย และอีกทั้งยังติดตามระยะการสุกของผลบ๊วยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซิตริกและกรดมาลิกในเหล่าบ๊วย โดยจะทำการอบแห้ง 2 แบบ คือการทำแห้งแบบระเหิดและการทำแห้งไนโตรเจนแบบพ่นฝอย พบว่า วิธีการทำแห้งแบบระเหิดนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงกรดซิตริกและกรดมาลิกน้อยกว่าการทำแห้งไนโตรเจนแบบพ่นฝอย และการสุกของผลบ๊วย ยังส่งผลให้กรดซิตริกและกรดมาลิกในเหล่าบ๊วยมีปริมาณลดลงโดยเมื่อผลบ๊วยมีความสุขมากขึ้นกรดซิตริกและกรดมาลิกจะยิ่งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลบ๊วยสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดวงพร และ พิลัยลักษณ์ (2556) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของเครื่องตีกล้วยผง โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 165 , 175 และ 185 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ 75 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เหมาะสมเท่ากับ 185 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณผลผลิตของเครื่องตีกล้วยผงสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 78.86 ± 0.64 เครื่องตีกล้วยมีปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 4.04 ± 0.03 และ 0.258 ± 0.02 ตามลำดับ ค่ามุมกอนน้อยมีค่าเท่ากับ 39.13 ± 0.33 องศา ความสามารถในการละลายมีค่าเท่ากับร้อยละ 91.95 ± 0.11 ซึ่งทำการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส การยอมรับทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินความชอบในด้านสีกลิ่น รสชาติการชงละลาย และความชอบโดยรวมเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 165 และ 175 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

อาภัสสร และ ชาตีสยาม (2560) ได้ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อสมบัติทางกายภาพของต้นหอม พบว่าการทำแห้งด้วยลมร้อนส่งผลให้ต้นหอมแห้งมีอัตราการดูดน้ำกลับต่ำที่สุดและมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุด และการทำแห้งแบบสุญญากาศส่งผลให้ต้นหอมมีอัตราการดูดน้ำกลับสูงกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน และมีความแตกต่างของสีรวมน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับต้นหอมสด ในขณะที่ตัวอย่างซึ่งผ่านการทำแห้งแบบแช่แข็งมีอัตราการดูดน้ำกลับสูงที่สุด

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1.1 เครื่องบดอาหาร SKG รุ่น SK-6618 บริษัท เอส เค จี กรุ๊ปจำกัด ประเทศไทย
- 3.1.2 เครื่องปั่น PHILIPS รุ่น HR2115/02 บริษัท ซิกนิฟาย คอมเมอร์เชียล (ประเทศไทย) จำกัด
- 3.1.3 เครื่องอบแห้งแบบ Tray Dry
- 3.1.4 ตะแกรงร่อนแป้ง ขนาดรู 0.5 ไมโครเมตร
- 3.1.5 กระดาษกรองเบอร์ 4 ยี่ห้อ Whatman ประเทศไทย
- 3.1.6 โถดูดความชื้น (Desiccator)
- 3.1.7 กระดาษไข่
- 3.1.8 เครื่องชั่งละเอียด 2 และ 4 ตำแหน่ง รุ่น CX Series และ CY 204 ยี่ห้อ Citizen ประเทศอินเดีย
- 3.1.9 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
- 3.1.10 ชุดกรองสุญญากาศ (Buchner Funnel)

3.2 เครื่องมือวิเคราะห์

- 3.2.1 เครื่องวัดสี Chroma meters รุ่น CR-400 ประเทศจีน
- 3.2.2 เครื่องวัด Aw รุ่น Aqua lab 4TE ประเทศเยอรมนี
- 3.2.3 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) รุ่น Eppendorf centrifuge 5804 ประเทศญี่ปุ่น

3.3 วัสดุดิบ

มะนาวดอง ที่มีผลไม่สมบูรณ์ (รูปที่ 3.1) ที่ผลิตจากมะนาวพันธุ์แป้นพิจิตร เบอร์ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 4.0-4.5 เซนติเมตร ผ่านการดอง 3 เดือน จาก หจก.เพิ่มทรัพย์ผู้ดูแลการเกษตร อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย



รูปที่ 3.1 มะนาวดองที่มีผลไม่สมบูรณ์ที่รับมาจากโรงงาน

3.4 การเตรียมวัตถุดิบ

มะนาวดองที่ได้รับมาจากโรงงาน จะถูกทำการแยกแหว่งระหว่างมะนาวดองกับน้ำดองออก ซึ่งส่วนที่จะใช้คือมะนาวดองแตกทั้งลูก โดยการนำมะนาวดองไปหั่นเพื่อลดขนาดก่อน นำไปปั่นในเครื่องบดอาหาร โดยใช้เครื่องบดอาหาร SKG ที่มีกำลังไฟฟ้า 450 วัตต์ เป็นเวลา 30 วินาที จนมะนาวดองละเอียด จากนั้นนำมะนาวดองละเอียดไปชั่งน้ำหนักเพื่อให้วัตถุดิบได้ประมาณ 4 กิโลกรัม สำหรับการอบแห้งในขั้นตอนตามข้อ 3.5

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การอบแห้งมะนาวดอง

นำมะนาวดองที่ผ่านการเตรียมตามข้อ 3.4 มาเกลี่ยบนถาดที่มีกระดาษไขรองอบปูบนถาดก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้มะนาวดองติดถาด หลังจากการอบแห้งโดยจะเกลี่ยมะนาวดองบนถาด ให้มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร น้ำหนักถาดละประมาณ 800 กรัม จากนั้นนำไปอบในเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีความชื้นเหลืออยู่น้อยกว่าร้อยละ 4

3.5.2 การเตรียมตัวอย่างมะนาวดองผง

ได้แก่การนำมะนาวดองที่อบแห้งตามอุณหภูมิ และเวลาการอบแห้งในข้อที่ 3.5.1 มาบดละเอียดในเครื่องปั่น ที่มีกำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ เป็นเวลา 40 วินาที จากนั้นนำมาร่อนในตะแกรงร่อนแบ่ง ขนาดรู 0.5 ไมโครเมตร เพื่อแยกมะนาวดองให้เป็นลักษณะของผงที่มีขนาดใหญ่และผงละเอียด และนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของมะนาวดองผงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด

3.6 การศึกษาจลนศาสตร์ของการอบแห้งของมะนาวดองผง

จากการอบแห้งมะนาวดองตามข้อที่ 3.5.1 โดยใช้อุณหภูมิการอบแห้งต่างๆ จะทำการสุ่มมะนาวดอง ในระหว่างการอบแห้งทุกๆ 60 นาที เพื่อมาหาร้อยละของความชื้นของตัวอย่างตามวิธีการของ (สุภวรรณ และ สลิลลา, 2556) จากนั้นสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของความชื้น และเวลาการอบแห้ง เพื่อศึกษาคุณลักษณะของการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ และประเมินระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ จนมีความชื้นเหลือไม่เกินร้อยละ 4 ตามวิธีของ (กลุติยา เชื้อนเพชร, 2561) เป็นเกณฑ์ในการกำหนดเวลาในการอบแห้งมะนาวดอง

3.7 การวิเคราะห์ความชื้นและคุณสมบัติทางกายภาพของมะนาวดองผง

จากการศึกษาคุณลักษณะการทำแห้งของมะนาวดองผง ตามรายละเอียดในข้อ 3.6 เพื่อกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งมะนาวดองในแต่ละอุณหภูมิการอบแห้ง ที่ส่งผลให้มะนาวดองอบแห้ง มีร้อยละของความชื้นไม่เกินร้อยละ 4 จากนั้นนำตัวอย่างแห้งที่ผ่านการอบแห้งในแต่ละอุณหภูมิมাত্রาตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.1 ปริมาณความชื้น

นำตัวอย่างมะนาวดองอบแห้ง ตัวอย่างละ 2 กรัม ไว้ใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักและทำการอบไล่ความชื้นของ moisture can ในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงไว้แล้ว และเก็บไว้ในโถดูดความชื้น จากนั้นเมื่อนำตัวอย่างไปใส่ไว้ใน moisture can ให้นำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 30 นาที ชั่งน้ำหนักหลังอบและนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ดังนี้ (ดัดแปลงมาจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2559)

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ(กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ(กรัม)}} \times 100$$

3.7.2 ร้อยละผลผลิต

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างมะนาวดองก่อนและหลังจากอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งแบบถาด และนำไปคำนวณหา ร้อยละผลผลิต (%yield) ของกระบวนการอบแห้ง ดังนี้ (ดัดแปลงมาจากวิธีการของอำภัสสร และ ชาตีสยาม, 2560)

$$\% \text{yield} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวอย่างหลังการอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างก่อนการอบแห้ง}} \times 100$$

3.7.3 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้

นำตัวอย่างมะนาวดองผงในลักษณะของผงและกากมาวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้โดยใช้เครื่องวัด Aw รุ่น Aqua lab 4TE ซึ่งก่อนใช้ต้องใช้น้ำ DI เพื่อทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด จากนั้นนำตัวอย่างมาใส่ในภาชนะที่อยู่ในเครื่อง นำไปชั่งน้ำหนักประมาณ 3 กรัม แล้วนำไปใส่ในเครื่องวัด ปิดฝาเครื่องและเลื่อนตัวล็อกไปทางขวาเพื่อให้เครื่องวิเคราะห์

3.8 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านกายภาพของมะนาวดองผง

3.8.1 ค่าสี

นำตัวอย่างมะนาวดองผงในลักษณะของผงและกากมาวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Chroma meters รุ่น CR-400 โดยใช้ Background สีดำในการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ค่าสีจะใช้ระบบ CIE L* a* b*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง ค่า a* หมายถึง ค่าของสีแดง (+) และสีเขียว (-) และค่า b* หมายถึง ค่าของสีเหลือง (+) และสีน้ำเงิน (-)

3.8.2 ความสามารถในการละลายน้ำของมะนาวดองผง

ทำการละลายที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

นำตัวอย่างมะนาวดองผงในลักษณะของผงและกาก น้ำหนักตัวอย่างละ 1 กรัม ใส่ในหลอดเหวี่ยงเติมน้ำ 10 มิลลิลิตร ผสมให้ละลายในน้ำอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 4500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เทของเหลวส่วนที่ใส (supernatant) ใส่ใน moisture can ที่ทราบน้ำหนัก อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 30 นาที ชั่งน้ำหนักหลังอบและนำไปคำนวณหาความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) ดังนี้ (ดัดแปลงมาจากวิธีการของดวงพร และ พิลัยลักษณ์, 2556)

$$\text{ความสามารถในการละลาย} = \frac{\text{มวลแห้งของตัวอย่างที่ละลายได้ใน supernatant (กรัม)}}{\text{มวลแห้งของตัวอย่างทั้งหมด (กรัม)}} \times 100$$

ทำการละลายที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

นำตัวอย่างมะนาวดองผงในลักษณะของผงและกาก น้ำหนักตัวอย่างละ 1 กรัม ละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปริมาตร 50 มิลลิลิตร คนให้ตัวอย่างให้ละลายด้วยแท่งแก้ว เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 4 ที่ทราบน้ำหนัก โดยใช้ชุดกรองสุญญากาศ (Buchner Funnel) ในการกรอง นำกระดาษกรองที่มีตัวอย่างทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักและนำไปคำนวณหาความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) ดังนี้ (ดัดแปลงมาจากวิธีการของอรุษา และ ธีรรัตน์, 2554)

$$\text{ความสามารถในการละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)} - \text{น้ำหนักตะกอนที่เหลือ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.3 ความสามารถในการดูดกลืนน้ำของมะนาวดองผง

นำตัวอย่างมะนาวดองผงในลักษณะของผงและกาก น้ำหนักตัวอย่างละ 1 กรัม ละลายในน้ำ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ต้มเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วย กระดาษกรอง เบอร์ 4 ที่ทราบน้ำหนัก โดยใช้ชุดกรองสุญญากาศ (Buchner Funnel) ในการกรอง นำกระดาษกรองที่มีตัวอย่างทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักและนำไปคำนวณหา ความสามารถในการดูดกลืนน้ำ (ดัดแปลงมาจากวิธีการของอาภัสสร และ ชาตีสยาม, 2560) ดังนี้

$$\text{ความสามารถในการดูดกลืนน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนที่เหลือ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

3.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองทางสถิติ โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมทาง สถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งจะนำผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติในการคัดเลือกตัวอย่างในการ ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

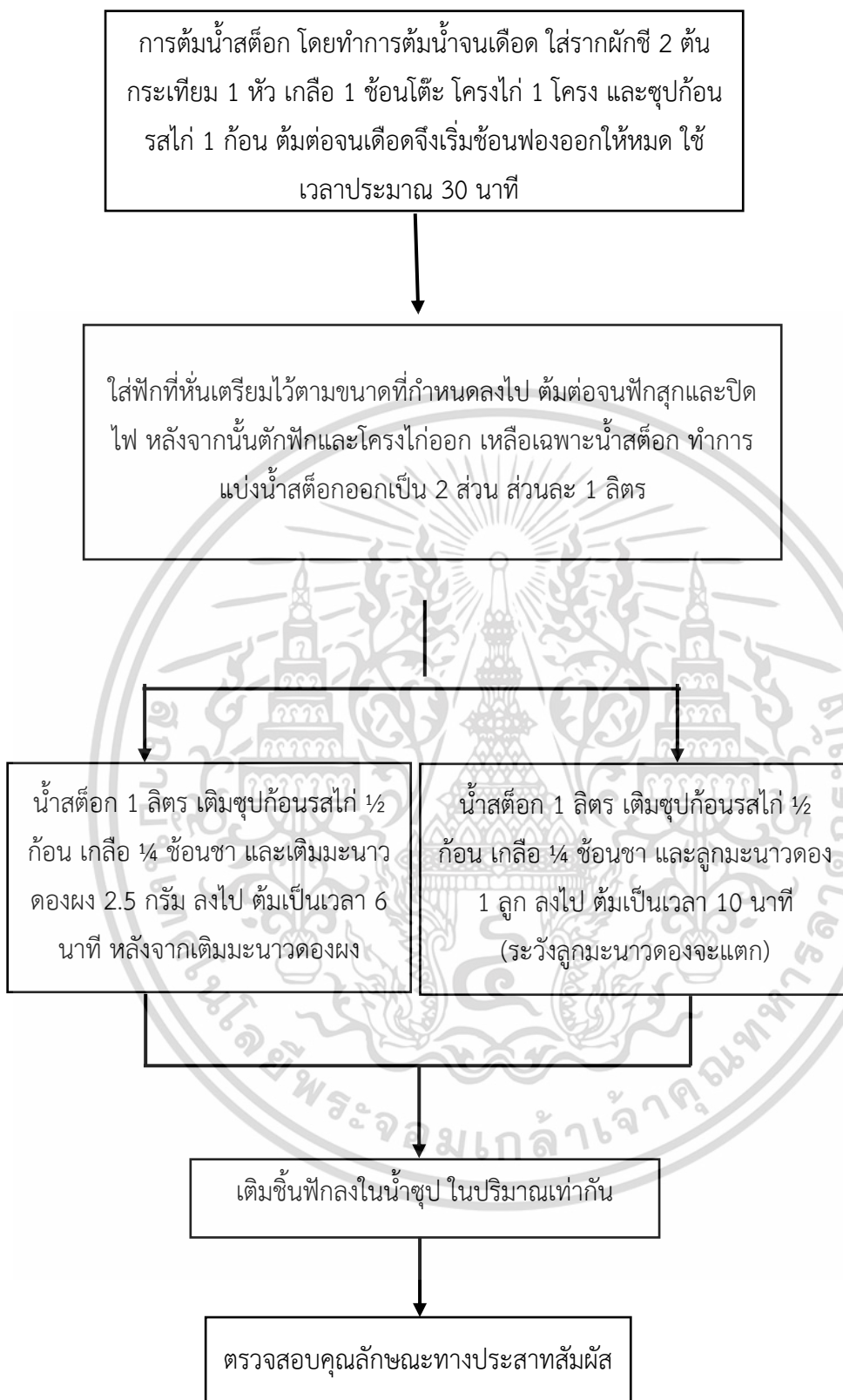
3.10 การตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ทำการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่าง โดยการผลิต ต้มฟักมะนาวดอง ที่เตรียม จากมะนาวดองผง เปรียบเทียบกับการใช้มะนาวดองที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้ง ซึ่งเป็นการประเมินจากผู้ที่มีความ เชี่ยวชาญในการผลิตมะนาวดอง จำนวน 1 ท่าน และนักวิจัยอีก 2 ท่าน ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส และอธิบายแบบการพรรณนา เพื่ออธิบายลักษณะปรากฏ , ความใสของน้ำซूप , กลิ่นรส , ความชอบโดยรวม และการยอมรับ สำหรับวิธีการทำน้ำซूप และขนาดของชิ้นฟักในการเสิร์ฟ แสดงรายละเอียดด้านล่าง และ ส่วนประกอบที่ใช้ในการปรุงรสน้ำซूपต้มฟักมะนาวดอง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบที่ใช้ในการปรุงรสน้ำซุปล้มผักมะนาวดอง

ส่วนประกอบ	ตัวอย่างน้ำซุปล้มผัก	
	เติมมะนาวดอง	เติมมะนาวดองผง
ผักเขียวแก่	ขนาดชิ้นละ 2X2 เซนติเมตร	ขนาดชิ้นละ 2X2 เซนติเมตร
เกลือ	¼ ช้อนชา ต่อน้ำสต็อก 1 ลิตร	¼ ช้อนชา ต่อน้ำสต็อก 1 ลิตร
ซุปล้มรสไก่	½ ก้อน ต่อน้ำสต็อก 1 ลิตร	½ ก้อน ต่อน้ำสต็อก 1 ลิตร
ปริมาณมะนาวดอง	มะนาวดองลูก 1 ลูก ต่อน้ำสต็อก 1 ลิตร	มะนาวดองผง 2.5 กรัม ต่อน้ำสต็อก 1 ลิตร
ระยะเวลาในการต้ม	หลังใส่ลูกมะนาวดอง ต้มเป็นเวลา 10 นาที (ระวังลูกมะนาวดองจะแตก)	หลังจากใส่มะนาวดองผง ต้มเป็นเวลา 6 นาที

จากตารางที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบที่ใช้ในการปรุงรสน้ำซุปล้มผักมะนาวดองในน้ำซุปล้มที่ใช้มะนาวดองผงและน้ำซุปล้มเติมมะนาวดอง เริ่มจากการเตรียมน้ำสต็อก ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ รากผักชี 2 ต้น กระเทียม 1 หัว เกลือ 1 ช้อนโต๊ะ โคร่งไก่ 1 โคร่ง และซุปล้มรสไก่ 1 ก้อน หลังจากการต้มน้ำสต็อกจนเดือด จึงทำการเตรียมน้ำซุปล้มผักมะนาวดองเพื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิธีในการทำต้มผักมะนาวดอง ดังรูปภาพที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วิธีในการทำต้มฟักมะนาวดอง

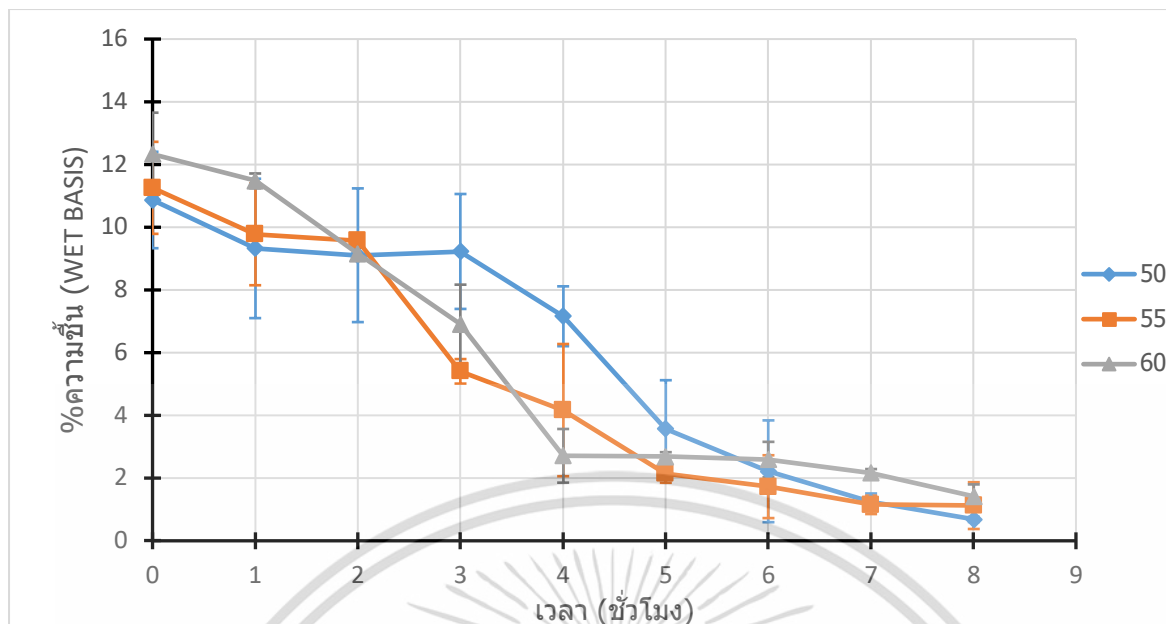
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาจลนศาสตร์ของการอบแห้งของผงมะนาวดอง

การศึกษาผลของจลนศาสตร์ที่ใช้ในการอบแห้ง (drying kinetics) ในการอบแห้งมะนาวดองด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด ซึ่งมีสภาวะในการอบแห้งที่ใช้ ได้แก่ อุณหภูมิระหว่าง 50-60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง หรือจนกว่าตัวอย่างจะมีความชื้นลดลงเหลือไม่เกินร้อยละ 4 ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มะนาวดองมีความชื้นที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 4.1 อัตราการลดลงของความชื้นจะค่อยๆ ลดลง ตามเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ยิ่งเวลาในการอบแห้งนานขึ้นการแห้งของมะนาวก็จะมีค่ามากขึ้น มะนาวดองมีความชื้นเริ่มต้นประมาณไม่เกินร้อยละ 12 เมื่ออบแห้งนานขึ้น มะนาวดองมีความชื้นลดลงจนเหลือความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 4 ที่เวลา 5-6 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ในกรณีการอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง มะนาวดองมีความชื้นระหว่าง ร้อยละ 11.30 ± 1.37 ถึง 3.57 ± 1.54 และมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 4 เมื่ออบแห้งนาน 6 ชั่วโมง สำหรับกรณีการอบแห้งที่ 55 องศาเซลเซียส พบว่ามะนาวดองมีความชื้นระหว่าง ร้อยละ 11.30 ± 1.37 ถึง 2.12 ± 0.30 เมื่ออบแห้งนาน 5 ชั่วโมง และมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 4 เมื่ออบแห้งนาน 6 ชั่วโมง สอดคล้องกับกรณีการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง มะนาวดองมีความชื้นร้อยละ 11.30 ± 1.37 ถึง 2.70 ± 0.86 และมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 4 เมื่ออบแห้งนาน 5 ชั่วโมง กล่าวโดยสรุปคือ มะนาวดองมีความชื้นที่ค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องและแห้งอย่างช้าๆ ตามเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง สภาวะการอบแห้งมะนาวดองที่ส่งผลให้ความชื้นลดลงต่ำกว่าร้อยละ 4 คือที่อุณหภูมิ 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลา 6 , 6 และ 5 ชั่วโมง โดยมีความชื้นร้อยละ 3.57 ± 1.54 , 2.12 ± 0.30 และ 2.68 ± 0.14 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 Drying Kinetics ของมะนาวดองอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระหว่างการอบแห้ง ความร้อนจากอุณหภูมิมีการถ่ายเทสู่ผิวอาหาร และเข้าไปสู่ด้านใน ส่งผลให้น้ำในอาหารเกิดการระเหยออกไปจากอาหารตามทฤษฎี Thermal Dynamics ความร้อนถ่ายเทหรือเดินทางในลักษณะต่างๆ โดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี ซึ่งการถ่ายเทนั้นต่างกันตรงตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน การแผ่รังสีความร้อนจะส่งผ่านจากที่ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ในขณะที่การนำและการพาความร้อนต้องอาศัยการส่งผ่านโดยอาศัยตัวกลางเท่านั้น ทั้งนี้การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ลดเวลาในการอบแห้งลดลงและสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ จารุวรรณ และ สมเกียรติ (2550) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิตอบแห้งที่มีต่อคุณภาพกายภาพของกล้วยแผ่น พบว่าที่อุณหภูมิสูงจะลดความชื้นของกล้วยแผ่นได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำเป็นผลเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศร้อนกับกล้วยแผ่น ดังนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนจึงสูงกว่า ทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิต่างๆหายได้ดีกว่า มีระยะเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 , 80 , 90 และ 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ความชื้นสุดท้ายร้อยละ 4 d.b. เท่ากับ 400 , 190 , 100 และ 75 นาที ตามลำดับ

ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปนัดดา (2555) ได้ศึกษาจลนศาสตร์ของเครื่องตีมน้ำมะนาวผงโดยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท ซึ่งใช้สารก่อให้เกิดโฟมต่างชนิดกัน คือเมทโรเซล กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต และอัลบูมินจากไข่ขาว โดยโฟมมีความหนา 5 มิลลิเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 , 60 และ 70 องศาเซลเซียสที่มีความเร็วลมคงที่ 0.3 ในเครื่องอบแห้งแบบถาด พบว่าปริมาณความชื้นลดลงเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นและสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งของโฟมเครื่องตีมน้ำมะนาวที่เติมเมทโรเซลเป็นสารก่อให้เกิดโฟม คือที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เนื่องจากเครื่องตีมน้ำมะนาวผงที่ผลิตได้มีความสามารถในการคืนตัวสูงร้อยละ 94.39 และมีค่าอัตราการแอคทิวิตีที่ต่ำเท่ากับ 0.18 ซึ่งในผลการทดลองได้หาสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งมะนาวดองด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด พบว่าสภาวะการอบแห้งมะนาวดองที่ส่งผลให้ความชื้นลดลงจนเหลือต่ำกว่าร้อยละ 4 คือที่อุณหภูมิ 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลา 6 , 6 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ โดยมีความชื้นร้อยละ 3.57 ± 1.54 , 2.12 ± 0.30 , 2.68 ± 0.14 ตามลำดับ

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของมะนาวดองผง

4.2.1 ลักษณะปรากฏ

จากการทดลองพบว่า มะนาวดองหลังจากการอบแห้งมีลักษณะเป็นแผ่น เมื่อบดละเอียดเป็นมะนาวดองผง ซึ่งแสดงดังในรูปที่ 4.2 พบว่า มีลักษณะปรากฏที่ใกล้เคียงกัน โดยพบว่า ลักษณะของผงมะนาวดองนั้นประกอบด้วยส่วนที่เป็นผงละเอียด ซึ่งเป็นส่วนที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน และส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมครอน สามารถสังเกตได้ และเมื่อดมกลิ่นจะมีกลิ่นหอมของมะนาวดองอ่อนๆ เมื่อเปรียบเทียบกับมะนาวดอง สังเกตเห็นได้ว่า ส่วนของมะนาวดองผงที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมครอน จะมีกลิ่นหอมกว่าส่วนที่เป็นผงละเอียดของมะนาวดอง และในกรณีอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส มะนาวดองผงมีสีน้ำตาล และมีกลิ่นหอมของมะนาวดองอ่อนๆ เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า มะนาวดองผงมีสีน้ำตาลเข้มออกคล้ำมากขึ้น มีกลิ่นหอมของมะนาวอ่อนๆ เช่นกัน และมีส่วนที่เป็นผงละเอียดและมีส่วนที่เป็นผงขนาดใหญ่ผสมกันอยู่สามารถสังเกตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของมะนาวดองผงที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ

- (ก) ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- (ข) ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- (ค) ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

มะนาว เมื่อผ่านการให้ความร้อน เช่นการอบแห้ง จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี โดยที่ผงมะนาวดองอบแห้งที่ผ่านการบดละเอียดค่าสีมีความแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากมะนาวดองผงอบแห้งมีทั้งส่วนที่เป็นผิวมะนาว , เมล็ดมะนาว และเนื้อมะนาว โดยในผิวมะนาวมีแคโรทีนอยด์เล็กน้อยจาก คลอโรฟิลล์ แคโรทีน เป็นต้น ในขณะที่ส่วนเนื้อมะนาวมีแคโรทีนอยด์เป็นส่วนใหญ่จาก แคโรทีนอยด์ และเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิสูง มะนาวดองผงมีน้ำตาลซึมออกคล้ำมากขึ้นและใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang และคณะ (2018) ที่ทำการอบแห้งมะนาวหั่นสไลด์ แบบสุญญากาศ โดยใช้เครื่อง Pulsed vacuum มีการกำหนดอุณหภูมิสำหรับการอบแห้งที่ 60 , 65 , 70 และ 75 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้ อุณหภูมิสูง ที่ 75 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด แต่ส่งผลให้มะนาวมีค่าสีน้ำตาลสูงที่สุดเช่นกัน ซึ่งค่าสีน้ำตาลที่พบคือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) ถ้าใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้ง จะเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลให้เกิดขึ้นสูง

จากการคัดเลือกสภาวะในการอบแห้งที่ส่งผลให้มะนาวดองมีความชื้นลดลงเหลือต่ำกว่าร้อยละ 4 ดังได้อธิบายในข้อ 4.1 คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 50 , 55 , 60 องศาเซลเซียส อบแห้งนาน 6 , 6 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อนำมะนาวดองผงไปวิเคราะห์ความชื้นและร้อยละของผลผลิต ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่า ปริมาณความชื้น และค่าร้อยละของผลผลิต ของมะนาวดองอบแห้งที่เตรียมได้จากในแต่ละสภาวะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้นและ %yield ของมะนาวดองอบแห้งที่อบแห้งแบบ Tray Dry ที่อุณหภูมิต่างๆ

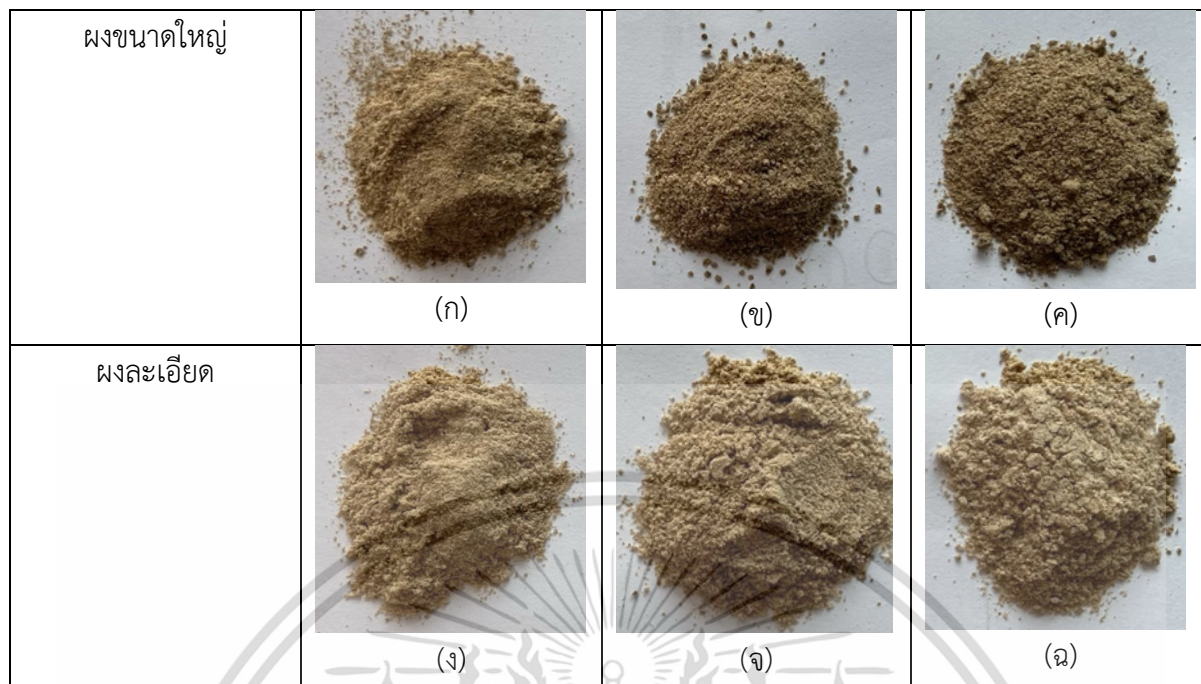
อุณหภูมิ / เวลา	moisture content (% db) ns	Yield (%) ns
50°C / 6 ชั่วโมง	0.58±0.06	23.43±0.74
55°C / 6 ชั่วโมง	2.13±1.16	23.76±0.40
60°C / 5 ชั่วโมง	0.44±0.01	23.87±1.21

**หมายเหตุ ผลการทดลองแสดงค่า Mean±SD

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณความชื้นของมะนาวดองอบแห้งโดยอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 , 55 , 60 องศาเซลเซียส อบแห้งนาน 6 , 6 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) สามารถลดข้อจำกัดของความแปรปรวนในมะนาวดองฝง เมื่อต้องเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพในด้านอื่นๆ ต่อไป

หลังจากการอบแห้งมะนาวดองมีลักษณะเป็นแผ่นเมื่อบดละเอียดเป็นผง พบว่ามะนาวดองฝงมีสีและขนาดที่แตกต่างกัน จึงได้มีการร่อนมะนาวดองฝงผ่านตะแกรงแยกขนาด โดยลักษณะของมะนาวดองฝงนั้นประกอบด้วยส่วนที่เป็นผงละเอียด จะเป็นส่วนที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน และมีส่วนผงที่มีขนาดใหญ่ เป็นส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมครอน สามารถสังเกตได้แสดงดังรูปที่ 4.3 และสามารถสังเกตได้ว่า ส่วนผงที่มีขนาดใหญ่ นั้น ประกอบด้วย ส่วนของผิวของมะนาวดอง มีสีน้ำตาลออกคล้ำ และเมื่อดมกลิ่น สังเกตเห็นได้ว่า ส่วนของผงขนาดใหญ่ จะมีกลิ่นหอมของมะนาวดอง และส่วนที่เป็นผงละเอียดประกอบด้วยส่วนของเนื้อและเมล็ดมะนาวดอง ซึ่งเป็นส่วนที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีน้ำตาลอ่อน และเมื่อดมกลิ่น สังเกตเห็นได้ว่าส่วนของผงละเอียด จะมีกลิ่นหอมอ่อนๆของมะนาวดองที่น้อยกว่าผงที่มีขนาดใหญ่



รูปที่ 4.3 ลักษณะของผงขนาดใหญ่และผงละเอียดของมะนาวตองอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ

- (ก) ผงขนาดใหญ่ อบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- (ข) ผงขนาดใหญ่ อบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- (ค) ผงขนาดใหญ่ อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง
- (ง) ผงละเอียด อบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- (จ) ผงละเอียด อบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- (ฉ) ผงละเอียด อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

จากรูปที่ 4.3 ลักษณะปรากฏของมะนาวตองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่และผงละเอียดที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า มะนาวตองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่และผงละเอียดที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ มีลักษณะปรากฏใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกัน โดยแบบผงขนาดใหญ่มีกลิ่นหอมของมะนาวตองชัดเจนมากกว่าแบบผงละเอียด ซึ่งแบบผงละเอียดจะมีกลิ่นหอมมะนาวตองจางๆ และแบบผงขนาดใหญ่จะมีสีน้ำตาลเข้มออกคล้ำ ส่วนแบบผงละเอียดจะมีสีน้ำตาลอ่อนสม่ำเสมอ

4.2.2 ค่าอเตอร์แอกทิวิตีและค่าสี

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพในด้านอื่นๆ ของมะนาวตองผงในลักษณะของผงขนาดใหญ่และผงละเอียด พบว่าค่าอเตอร์แอกทิวิตีของมะนาวตองผง ในลักษณะของผงขนาดใหญ่และ ผงละเอียดนั้น ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และค่าสีของมะนาวตองผง ในลักษณะของผงขนาดใหญ่และผงละเอียด ทั้ง 2 ลักษณะ มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าของสีเหลืองและสีน้ำเงิน (b^*) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้ง 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนค่าของสีแดงและเขียว (a^*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างลักษณะผงขนาดใหญ่และแบบผงละเอียด โดยแยกได้ว่ามะนาวที่เป็นผงขนาดใหญ่ส่วนใหญ่ได้จากผิวมะนาวดอง และลักษณะแบบผงละเอียด ส่วนใหญ่คือเนื้อของมะนาวดอง ในผิวมะนาวดองมีความเป็นสีเขียวมากกว่าในเนื้อมะนาว เนื่องจากในผิวของมะนาวดองนั้นมีโครโพลีลอยู่มากกว่าในเนื้อของมะนาวดอง จึงทำให้มีความเป็นสีเขียวมากกว่า และในเนื้อของมะนาวดองมีคาโรทีนและไลโคปีนอยู่ จึงทำให้มีความเป็นสีแดงมากกว่าแบบผงขนาดใหญ่

ตารางที่ 4.2 ค่าอเวอเจอร์แอกทิวิตี และค่าสีของมะนาวดองผง ในลักษณะผงขนาดใหญ่และผงละเอียดที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	ลักษณะตัวอย่าง	Aw	L*	a*	b*
50°C	ผงขนาดใหญ่	0.43±0.06	25.26±5.56 ^a	2.96±0.01 ^{ab}	20.03±0.20 ^a
	ผงละเอียด	0.41±0.03	31.88±1.05 ^b	3.33±1.70 ^d	23.55±0.78 ^b
55°C	ผงขนาดใหญ่	0.49±0.23	29.82±0.75 ^{ab}	3.01±0.12 ^{abc}	21.08±1.06 ^a
	ผงละเอียด	0.51±0.48	32.37±0.60 ^b	3.31±0.13 ^{cd}	24.32±0.26 ^b
60°C	ผงขนาดใหญ่	0.39±0.15	29.17±0.81 ^{ab}	2.81±0.16 ^a	19.78±1.29 ^a
	ผงละเอียด	0.34±0.19	31.90±0.48 ^b	3.18±0.01 ^{bcd}	23.68±0.30 ^a

**หมายเหตุ ผลการทดลองแสดงค่า Mean±SD และ ^{a, b, c, d} คือค่าในแนวตั้งที่บ่งบอกถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชมพูนุท (2559) ทำการศึกษาผลของสารเคลือบผิวว่านหางจระเข้ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาวพันธุ์แป้น โดยสารเคลือบผิวว่านหางจระเข้มีความเข้มข้นร้อยละ 0 , 10 , 25 , 50 , 75 และ 100 พบว่าสารเคลือบผิวว่านหางจระเข้มีความเข้มข้นที่ร้อยละ 50 ให้ผลดีที่สุด โดยมีอายุการวางจำหน่าย 16 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลมะนาวที่ไม่ได้เคลือบผิวมีอายุวางจำหน่ายเพียง 6 วัน และการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมะนาว สีต่างๆที่เห็นเกิดจากเม็ดสีหรือสารต่างๆ ที่มีอยู่ในเซลล์ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ พวกที่ละลายในน้ำพบในแควิวโอล ได้แก่ แอนโทไซยานินต่างๆ และพวกที่ละลายในไขมันพบใน พลาสติดีมีหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คาโรทีน และไลโคปีน

4.2.3 การละลายน้ำและการดูดกลืนน้ำ

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพในด้านอื่นๆ ของมะนาวดองผง ในลักษณะของผงขนาดใหญ่และผงละเอียด พบว่าทำการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มะนาวดองผง ในลักษณะแบบผงละเอียดจะละลายน้ำได้ดีกว่าผงขนาดใหญ่ และทำการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มะนาวดองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่จะละลายน้ำได้ดีกว่าแบบผงละเอียด ส่วนการดูดกลืนน้ำกลับของมะนาวดองผง พบว่ามะนาวดองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่จะทำการดูดกลืนน้ำกลับได้ดีกว่าแบบผงละเอียด

กล่าวโดยสรุปคือ มะนาวดองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่จะละลายน้ำได้ดีกว่าแบบผงละเอียดที่อุณหภูมิสูง ส่วนแบบผงละเอียดจะละลายน้ำได้ดีกว่าผงขนาดใหญ่ที่อุณหภูมิต่ำ และการดูดกลืนน้ำกลับของมะนาวดองผง โดยทำการดูดกลืนน้ำกลับที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่ามะนาวดองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่สามารถดูดกลืนน้ำได้ดีกว่าแบบผงละเอียด

ตารางที่ 4.3 การตรวจสอบการละลายน้ำและการดูดกลืนน้ำกลับของมะนาวดองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่ และผงละเอียดที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	ลักษณะตัวอย่าง	การละลาย (a)	การละลาย (b)	การดูดกลืนน้ำกลับ
50°C	ผงขนาดใหญ่	43.16±3.18 ^{ab}	31.79±3.13 ^b	0.39±0.03 ^{ab}
	ผงละเอียด	56.02±1.67 ^c	22.84±0.05 ^a	0.26±0.01 ^a
55°C	ผงขนาดใหญ่	42.15±6.48 ^{ab}	33.10±2.53 ^b	0.44±0.09 ^b
	ผงละเอียด	55.60±8.18 ^c	20.84±1.11 ^a	0.26±0.04 ^a
60°C	ผงขนาดใหญ่	37.47±4.13 ^a	32.15±3.30 ^b	0.34±0.01 ^{ab}
	ผงละเอียด	52.31±0.07 ^{bc}	24.76±2.56 ^a	0.27±0.08 ^a

**หมายเหตุ ผลการทดลองแสดงค่า Mean±SD และ a, b, c, d คือค่าในแนวตั้งที่บ่งบอกถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

(a) ทำการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

(b) ทำการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

4.3 ผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ในงานวิจัยนี้ได้มีการทดสอบมะนาวดองผงในลักษณะแบบผงขนาดใหญ่และแบบผงละเอียดก่อนการคัดเลือกตัวอย่างมะนาวผงในลักษณะแบบผงขนาดใหญ่ เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และให้ผู้เชี่ยวชาญในการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะนาวดอง จำนวน 1 ท่าน และผู้ที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย 2 ท่านในการทดสอบ โดยจะทำการเปรียบเทียบกลิ่นรส และความใสของน้ำซุ๊ป ของมะนาวดองผงแบบผงขนาดใหญ่ และแบบผงละเอียดในปริมาณที่เท่ากัน ทำการละลายมะนาวดองผงที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่ามะนาวดองผงในลักษณะแบบผงขนาดใหญ่ เมื่อนำมาละลายน้ำร้อน จะมีกลิ่นหอมของมะนาวดองมากกว่าแบบผงละเอียด อีกทั้งมะนาวดองแบบผงละเอียดมีรสขมที่มาก รวมถึงมีน้ำซุ๊ปที่ข้นกว่าผงมะนาวดองขนาดใหญ่ กล่าวโดยสรุปคือ ผงมะนาวดองแบบผงละเอียดมีรสขมมากไม่สามารถรับประทานได้ มีกลิ่นหอมของมะนาวดองอ่อนๆ และน้ำซุ๊ปที่ใช้มะนาวดองผงในลักษณะผงละเอียด จะมีลักษณะขุ่นไม่ใสและมีตะกอน ส่วนมะนาวดองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่ มีรสขมนิดๆสามารถรับประทานได้ มีกลิ่นหอมของมะนาวดองมากกว่าแบบผงละเอียด และน้ำซุ๊ปที่ใช้มะนาวดองผงในลักษณะแบบผงขนาดใหญ่ จะมีลักษณะใสมีสีเหลืองทองและไม่ มีตะกอนจึงได้เลือกใช้มะนาวดองผงในลักษณะแบบผงขนาดใหญ่ในการใช้ตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยคุณลักษณะของมะนาวดองผง ที่ใช้ผงขนาดใหญ่ จะมีคุณลักษณะต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.4

ผลการทดสอบมะนาวดองผง จะทำการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ในรูปแบบของ น้ำซุ๊ปต้มฝักมะนาวดอง โดยจะใช้วิธีการทดสอบความชอบในด้านลักษณะปรากฏ ความใสของน้ำซุ๊ป กลิ่นรส ความชอบโดยรวม และการยอมรับ ของผงมะนาวดองที่ใส่แทนมะนาวดอง ซึ่งจะใช้การต้มเป็นวิธีปรุงน้ำซุ๊ปต้มฝักมะนาว ที่ได้เลือกใช้ตัวอย่างมะนาวดองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่ ที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส ทำการอบแห้งเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ในการใช้ปรุงน้ำซุ๊ปต้มฝักมะนาวดอง โดยใช้ผลการตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพในด้านอื่นๆ ที่ได้ทำวิเคราะห์มาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวอย่างมะนาวดองผง ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 คุณลักษณะทางกายภาพในด้านอื่นๆ ของมะนาวดองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่ ที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

ตัวอย่าง	ผงขนาดใหญ่						
	Aw	L*	a*	b*	การละลาย (a)	การละลาย (b)	การดูดกลืน น้ำกลับ
60°C / 5 ชั่วโมง	0.39±0.15	29.17±0.81 ^{ab}	2.81±0.16 ^a	19.78±1.29 ^a	37.47±4.13 ^a	32.15±3.30 ^b	0.34±0.01 ^{ab}

**หมายเหตุ ผลการทดลองแสดงค่า Mean±SD และ a, b, c, d คือค่าในแนวตั้งที่บ่งบอกถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

(a) ทำการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

(b) ทำการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำซूपต้มพืชมะนาวดองที่ใช้ตัวอย่างมะนาวดองผงในลักษณะผงขนาดใหญ่ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง เทียบกับน้ำซूपที่มีการเติมมะนาวดอง ผลการตรวจสอบคุณลักษณะโดยใช้การพรรณนา เพื่ออธิบายความชอบในด้านลักษณะปรากฏ ความใสของน้ำซूप กลิ่นรส ความชอบโดยรวม และการยอมรับ ของผงมะนาวดอง ได้ผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะ	ข้อคิดเห็น	
	น้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองผง	น้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองลูกปกติ
ลักษณะปรากฏ	น้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองผงมีความคล้ายคลึงกับน้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองลูกปกติ แต่ น้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองผงมีสีเข้มกว่า	น้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองลูกปกติจะมีสีทองใสไม่ขุ่น
ความใสของน้ำซุปรู้	น้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองผงมีความใสคล้ายกับน้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองลูกปกติ	น้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองลูกปกติมีความใสไม่ขุ่น
กลิ่นรส	น้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองผงมีกลิ่นหอมของมะนาวดองน้อยกว่าน้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองลูกปกติ ซึ่งน้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองผงมีกลิ่นของมะนาวจางๆ และได้รับเปรี้ยวของมะนาวเล็กน้อย มีรสขมปลายๆ เมื่อกลิ่นน้ำซุปรู้	น้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองลูกปกติมีกลิ่นหอมของมะนาวชัดเจน ได้รับเปรี้ยวของมะนาวเล็กน้อย เมื่อกลิ่นลงไปจะมีรสขมปลายนิดๆ และมีความสดชื่นของมะนาว
ความชอบโดยรวม	ชอบมาก เนื่องจากมะนาวดองผงสามารถใช้แทนมะนาวดองลูกปกติได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ใช้ กลิ่นรสที่ได้ใกล้เคียงกับมะนาวดองลูกปกติ แต่มีรสขมปลายๆ ติดลิ้นเมื่อกลิ่นลงไป	ชอบมาก เนื่องจากน้ำซุปรู้ใช้มะนาวดองลูกปกติ จะมีกลิ่นหอมของมะนาวชัดเจน และมีความสดชื่นของมะนาวเมื่อกลิ่นลงไป
การยอมรับ	ยอมรับได้	

**หมายเหตุ เป็นการประเมินจากผู้เกี่ยวข้องในงานวิจัย จำนวน 3 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ต่อ)

คุณลักษณะ	ข้อคิดเห็น	
	น้ำซุปรูปที่ใช้มะนาวดองผง	น้ำซุปรูปที่ใช้มะนาวดองลูกปกติ
ลักษณะปรากฏ	น้ำซุปรูปที่ใช้มะนาวดองผงมีสีเข้มมากกว่าน้ำซุปรูปที่ใช้มะนาวดองลูกปกติ	น้ำซุปรูปแบบมะนาวดองลูกปกติ มีลักษณะสีใส ไม่ขุ่น
ความใสของน้ำซूप	น้ำซุปรูปแบบมะนาวดองผงจะมีความขุ่นกว่าน้ำซุปรูปแบบมะนาวดองลูกเล็กน้อย	น้ำซุปรูปที่ใช้มะนาวดองลูกปกติมีความใส ไม่ขุ่น
กลิ่นรส	น้ำซุปรูปที่ใช้มะนาวดองผงมีกลิ่นของมะนาวดองแต่ไม่มาก เมื่อชิมแล้วมีรสขมติดที่ปลายลิ้นเล็กน้อย	น้ำซุปรูปแบบมะนาวดองลูกปกติมีกลิ่นของมะนาวดองอย่างชัดเจน รสชาติเปรี้ยว เค็มตามรสชาติของมะนาวดอง รวมถึงมีความขมเล็กน้อย
ความชอบโดยรวม	ชอบมากเพราะสามารถใช้ทดแทนการใช้มะนาวดองแบบลูกได้ แต่จำเป็นต้องใช้มะนาวดองผงในระดับสัดส่วนควบคู่กับน้ำซุปรูปแบบพอดี เพราะจะทำให้มีความขมมากขึ้นเมื่อใส่มะนาวดองผงปริมาณมาก	ชอบมาก เพราะน้ำซุปรูปแบบมะนาวดองลูกปกติ มีรสชาติและกลิ่นหอมของมะนาวดองที่ชัดเจน
การยอมรับ	ยอมรับได้	

**หมายเหตุ เป็นการประเมินจากผู้เกี่ยวข้องในงานวิจัย จำนวน 3 คน

จากตารางที่ 4.5 การตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะนาวดองผง โดยจะเป็นการประเมินจากผู้เกี่ยวข้องในงานวิจัย จำนวน 3 ท่าน ใช้การพรรณนาการเพื่ออธิบายคุณลักษณะของมะนาวดองผง ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างน้ำซุปรูปที่ใช้มะนาวดองผงและน้ำซุปรูปที่เติมมะนาวดอง จากผลการตรวจสอบให้การยอมรับการใช้มะนาวดองผงแทนมะนาวดอง

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการทดลองศึกษาผลของจลนศาสตร์ที่ใช้ในการอบแห้งในการอบแห้งมะนาวดองและหาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการอบแห้งมะนาวดองด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด พบว่ามะนาวดองมีความชื้นที่ค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องและแห้งอย่างช้าๆ ตามเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลา 6 , 6 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่งผลให้ตัวอย่างมีความชื้นลดต่ำลงเหลือไม่เกินร้อยละ 4

5.1.2 มะนาวดองที่ผ่านการอบแห้ง เมื่ออบเป็นผงจะได้ผงละเอียดและผงที่มีขนาดใหญ่ โดยการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพในด้านต่างๆ ของมะนาวดองผง พบว่า ค่าออเตอร์แอกทิวิตี้ ค่าความสว่าง (L^*) และค่าของสีเหลืองและสีน้ำเงิน (b^*) ของมะนาวดองผงในลักษณะที่เป็นผงขนาดใหญ่ และผงละเอียดนั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ยกเว้นค่าของสีแดงและเขียว (a^*) ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อตรวจสอบการละลายน้ำของมะนาวดองผงที่มีผงขนาดใหญ่ พบว่าสามารถละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิสูง ส่วนแบบผงละเอียดละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ และการดูดกลืนน้ำกลับมะนาวดองผงที่เป็นผงขนาดใหญ่สามารถดูดกลืนน้ำได้ดีกว่ามะนาวดองผงแบบผงละเอียด โดยจากการสังเกตเพิ่มเติมพบว่ามะนาวดองผงอบแห้งที่เป็นผงขนาดใหญ่มีกลิ่นหอมของมะนาวดองมากกว่าแบบผงละเอียด

5.1.3 ผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส คือ โดยใช้มะนาวดองที่ผ่านการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง และบด ร่อน เพื่อนำผงขนาดใหญ่มาเตรียมต้มชุปมะนาวดอง เปรียบเทียบการใช้มะนาวดองที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้ง พบว่าลักษณะปรากฏของน้ำชุปที่ใช้มะนาวดองผงมีความคล้ายคลึงกับน้ำชุปที่เติมมะนาวดอง แต่น้ำชุปที่ใช้มะนาวดองผงมีสีเข้มกว่า และมีความขุ่นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำชุปที่เติมมะนาวดอง อีกทั้งมีกลิ่นหอมของมะนาวดองอ่อนๆ แต่มีรสขมติดปลายลิ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำชุปที่เติมมะนาวดอง ความชอบโดยรวมมีความชอบมากและให้การยอมรับชุปที่ผลิตจากมะนาวดองผง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาการลดความชื้นของมะนาวดองอบแห้ง

5.2.2 ควรมีการทดลองการใช้มะนาวดองผงในผลิตภัณฑ์อื่นๆ

5.2.3 ควรประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวนมากขึ้น

5.2.4 ควรมีการทดสอบการใช้ผงมะนาวดองในสัดส่วนต่างๆ ที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2547. การอบแห้ง. [ออนไลน์].

เข้าถึงได้จาก: <https://ienergyguru.com/2015/09/drying>. สืบค้นเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2562.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2560. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://sites.google.com/site/manaay-di>.

สืบค้นเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2562.

กฤติยา เชื้อนเพชร. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องต้มกล้วยหอมทองผงเพื่อสุขภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

จารุวรรณ กุลวิศวะ และ สมเกียรติ ปรัชญาวารการ. 2550. ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสารระเหยง่ายและคุณภาพทางกายภาพของกล้วยแผ่น. วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 4: 611-621.

ดวงพร กุณาพรสุจริต และ พิไลลักษณ์ อินทิปัญญา. 2556. ผลของอุณหภูมิการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของเครื่องต้มกล้วยผง. Food and Applied Bioscience Journal. 1 . 81-89.

ดาบ สมพร. 2556. มะนาวแป้นพิจิตรทนโรคแก่ผลผลิตสูง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.thairath.co.th/content/345866>. สืบค้นเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2562.

ธัญนันท์ ฤทธิมณี. 2560. คุณภาพและพฤติกรรมการอบแห้งของมะเฟืองแช่อบแห้งด้วยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

บ้านสวนพอเพียง. 2554. มะนาวทองสามรส. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<https://www.bansuanporpeang.com/node/14428>. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2562.

ปนัดดา ฤทธิสุข. 2555. การศึกษาสภาวะการแปรรูปและจลนศาสตร์ของเครื่องต้มน้ำมะนาวผงโดยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. สาขาวิศวกรรมกระบวนการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. 2553. Pickling / การดอง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1486/pickling>. สืบค้นเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2562.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2559. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.tisi.go.th/data/standard/pdf_files/tis/a2867_1-25xx.pdf. สืบค้นเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2562.

วรรณิ บินไทย. 2545. การแปรรูปมะนาวเพื่อเพิ่มมูลค่าแก้ปัญหาการค้าตกต่ำ. หน้า1-3. บทความวิทยุกระจายเสียงรายการสาระยามบ่ายครั้งที่ 25 : กระจายเสียงจากสถานวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย.

วัชระ เวียงแก้ว. 2550. กรรมวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวโดยการอบความร้อนสูงด้วยไอน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตตองครุภังค์ จังหวัดนครนายก.

วิภาวีร์ ธาระเขตต์ และ ภัทริน เทพอรุณรัตน์. บรรณาธิการ. 2554. การพัฒนากระบวนการผลิตมะนาวดอง. หอสมุดกลางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

ศูนย์รวบรวมข้อมูลข่าวสารการเกษตร. 2562. สายพันธุ์มะนาวในไทย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.thaigreenagro.com>. สืบค้นเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2562.

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์. 2558. การอบแห้งแบบถาด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://ienergyguru.com>. สืบค้นเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2562.

สารทิ ยวดยง. 2531. ผักและผลไม้ดอง. บทความสุขภาพน่ารู้ นิตยสารหมอชาวบ้าน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://www.doctor.or.th/article/detail/6533>. สืบค้นเมื่อ 27 พฤศจิกายน 62.

สุภวรรณ ฐิระวณิชกุล และ สลิลลา ชาญเขียว. 2556. การอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตใบบัวบกแห้งขงดื่มด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแผ่รังสีอินฟราเรด: จลนพลศาสตร์ ความสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพ. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา.

อรุษา เชาวลิขิต และ ชีรารัตน์ อธิธิโสภณกุล. 2554. สีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด. คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณท์เกษตร. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตองค์กรักษ์ จังหวัดนครนายก.

อาภัสสร ศิริจริยวัตร และ ชชาติสยาม ผลวิชัย. 2560. ผลของวิธีการทำแห้งต่อสมบัติทางกายภาพของต้นหอม. แก่นเกษตร. 1. 1155-1161.

Akamatsu F., Hashiguchi T., Hisatsune Y., Oe T., Kawao T., Fujii T. 2017. Method for the isolation of citric acid and malic acid in Japanese apricot liqueur for carbon stable isotope analysis. Food Chemistry. 217. 112-116.

Akamatsu F., Tsuchida Y., Hisatsune Y., Oe T., Kawao T., Igi Y., Hisatsune Y. 2019. Carbon stable isotopic compositions of citric acid and malic acid in Japanese apricot liqueur decrease as the fruit ripens. Food Chemistry. 277. 70-74.

Joe Leech. 2017. Benefits of drinking lemon water. La Jolla Mom. [Online]. Available: <http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/lemon.pdf>. 23 November 2019.

Jun W., Chung-Lim L., Prabhat K., Nema, Jin-Hong Z., Zi-Liang L., Li-Zhen D., Zhen-Jiang G. 2018. Pulsed vacuum drying enhances drying kinetics and quality of lemon slices. Journal of Food Engineering. 224. 129-138.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

รูปขั้นตอนและอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบแห้งมะนาวดอง



รูปที่ภาคผนวก ก1 มะนาวดองที่แตกจากกระบวนการผลิตมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลอง



รูปที่ภาคผนวก ก2 มะนาวดองที่ปั่นลดขนาดก่อนนำไปอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ภาคผนวก ก3 ม้วนกระดาษที่เกลี่ยให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร ทำการอบในเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบ
ถาด ที่อุณหภูมิ 50 , 55 , 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 , 6 , 5 ชั่วโมง ตามลำดับ

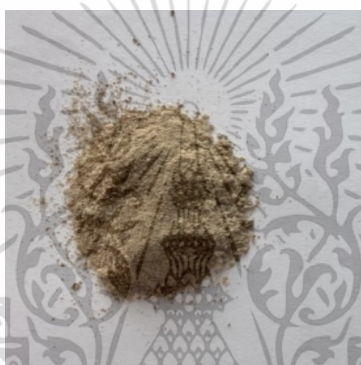


รูปที่ภาคผนวก ก4 ม้วนกระดาษหลังจากการอบแห้งตามเวลาที่กำหนด แล้วนำไปบดละเอียดให้เป็นผง

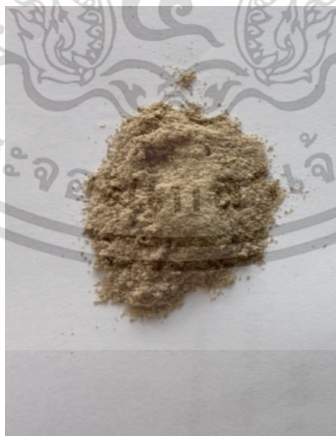
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ภาคผนวก ก5 ลักษณะปรากฏของมะนาวดองผงที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ภาคผนวก ก6 มะนาวดองผงที่ผ่านการร้อนตะแกรงเพื่อแยกในลักษณะที่เป็นผงขนาดใหญ่ และนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพในด้านต่างๆ



รูปที่ภาคผนวก ก7 มะนาวดองผงที่ผ่านการร้อนตะแกรงแยกขนาดในลักษณะที่เป็นผงละเอียด และนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพในด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวพัชณัฐ เรืองกุลสุรซ์ต์
วัน เดือน ปี เกิด	20 กุมภาพันธ์ 2541
ประวัติการศึกษา	2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย: โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ 2563 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์ฝึกงาน	บริษัท วราภรณ์ สมพงษ์ฟู้ดส์ จำกัด (วันที่ 3 มิถุนายน 2562 ถึง วันที่ 31 กรกฎาคม 2562)
ชื่อ-นามสกุล	นางสาวภาณีดา อาทะจา
วัน เดือน ปี เกิด	7 กุมภาพันธ์ 2540
ประวัติการศึกษา	2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: โรงเรียนปัว จังหวัดน่าน 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย: โรงเรียนปัว จังหวัดน่าน สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ 2563 ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สำเร็จการศึกษา	2563 ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์ฝึกงาน	บริษัท วราภรณ์ สมพงษ์ฟู้ดส์ จำกัด (วันที่ 3 มิถุนายน 2562 ถึง วันที่ 31 กรกฎาคม 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้