การหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตผักแผ่น

OPTIMUM CONDITION FOR VEGETABLE SHEET PROCESSES

คณิศร อมรศรีสิน

พัชรพร จันเติบ

พัชรีพร ตรุษพิมาย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

การหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตผักแผ่น

OPTIMUM CONDITION FOR VEGETABLE SHEET PROCESSES

คณิศร อมรศรีสิน
พัชรพร จันเติบ
พัชรีพร ตรุษพิมาย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPTIMUM CONDITION FOR VEGETABLE SHEET PROCESSES

Khanisorn Amornsrisin
Patcharaporn Charnterb
Pachareeporn Trusphimai

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2559

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เรื่อง การหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตผักแผ่น

OPTIMUM CONDITION FOR VEGETABLE SHEET PROCESSES

ผู้จัดทำ

1. นายคณิศร อมรศรีสิน รหัสประจำตัว 56010120
2. นางสาวพัชรพร จันเติบ รหัสประจำตัว 56010832
3. นางสาวพัชรีพร ตรุษพิมาย รหัสประจำตัว 56010836

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน การหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตผักแผ่น
นักศึกษา นายคณิศร อมรศรีสิน
นางสาวพัชรพร จันเติบ
นางสาวพัชรีพร ตรุษพิมาย
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอาหาร
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการพัฒนากระบวนการผลิตผักแผ่น เพื่อวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจขนาดกลางและย่อม โดยสภาวะที่เหมาะสำหรับการผลิตผักแผ่นอบแห้งเริ่มจากการเตรียมผักหวานป่าบดละเอียดผสมกับน้ำและแป้ง ขึ้นรูปเป็นแผ่นบางด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปแบบเกลียวที่มีขนาดหน้าแปลน 2 มิลลิเมตร ขึ้นรูปผักหวานป่าแผ่นให้มีขนาด 40 x 300 x 2 มิลลิเมตร จำนวน 6 แผ่น เรียงขนานกับหน้าตัดสายพาน นำเข้าทำแห้งบนสายพานอุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1 ตั้งค่าอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบสายพาน 0.6120 เมตรต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที อบต่อในอุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2 ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จึงสามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ แล้วนำไปอบต่อในตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ดังนั้นได้อัตราการผลิตผักหวานป่าแผ่นหลังการขึ้นรูป 184.80 แผ่นต่อชั่วโมง มีน้ำหนักต่อแผ่นประมาณ 24 กรัม คิดเป็น 4.43 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และได้อัตราการผลิตผักหวานป่าแผ่นอบแห้ง 1.48 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าความชื้นฐานเปียกและค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (a_w) เท่ากับ 7.29 เปอร์เซ็นต์ และ 0.524 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Optimum condition for vegetable sheet processes.
Students	*Mr. Khanisorn* *Amornsrisin*
	Ms. Patcharaporn Charnter
	Ms. Pachareeporn Trusphimai
Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Pimpen Pornchaloempong
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Food Engineering
Academic Year	2016

ABSTRACT

The objective of this research project was to find the optimal machine settings and conditions for vegetable sheet formation process. This process was meant to be used by community enterprise and small and medium enterprises. The vegetable used in this study was *melientha suvais* Pierre. Our methodology started from preparation of this vegetable sample. The vegetable was finely ground and mixed with water and flour. Then, the mixture was pasted into 6 small strips on a big piece of a Teflon sheet across the width of the conveyor belt and formed into thin sheets with a screw press with an output flange size of 2 mm. Six vegetable sheets 40 x 300 x 2 mm^3 in size were formed simultaneously on the conveyor belt. They were then transferred to the first air dryer tunnel to be dried at 200 °C for 2 min. The rotational speed of the belt was 0.6120 m/min. Next, the sheets was transferred to the second air dryer tunnel and dried at 250 °C for 10 min. At this point, the formed vegetable sheets could be detached from the Teflon tape. Having been detached, they were further dried in a tray dryer at 80 °C for 40 min. The vegetable sheet production rate after the sheets were formed was 184.80 sheets per hour. Each dried sheet was approximately 24 g in weight. In weight, the sheet formation rate was 4.43 kg/hr and the dried sheet production rate was 1.48 kg/hr. The sheet's moisture content was 7.29% and its water activity (a_w) was 0.524.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยได้รับความกรุณาและความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ คำชี้แนะและแนวทางในการปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ในการวางแผนการทำงานที่ดี รวมไปถึงฝึกให้นักศึกษารู้จักกระบวนการคิดและวิเคราะห์ผล และประสบการณ์ในการทำงานวิจัยอีกมากมาย

ขอขอบคุณ คุณมนต์ชัย ทวีวัฒนะกิจบวร และคุณพีระพงศ์ กัทลี ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณอำนาจ คูตะคุ (พี่แมน), คุณบุญนำ ผลโพธิ์ (พี่บุญนำ), คุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ (พี่นุ้ย), คุณวสันต์ อินทร์ตา (พี่มะเดี่ยว), คุณดวงดาว โหมดวัฒนะ (พี่ดาว), คุณธัชพงษ์ พงศ์สุทธิยากร (พี่ยั่ง), คุณณัฐชา เฉลยจิตรธรรม (พี่โบว์), คุณพรกันยา ม้าวิไล (พี่เพลง) และคุณสุวิชา ประกอบแสง (พี่ตาล) เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการและธุรการภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในด้านการดำเนินงานวิจัยและข้อมูลในด้านเอกสารทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างในการทำงานวิจัยจนทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นได้

สุดท้ายนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
ปกในภาษาไทย	I
ปกในภาษาอังกฤษ	II
หน้าอนุมัติ	III
บทคัดย่อภาษาไทย	IV
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	V
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญ	VII
สารบัญตาราง	X
สารบัญรูป	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 ผักหวานป่า	4
2.2 ผักแผ่น	4
2.2.1 ฟักทองแผ่น (Pumpkin Leather)	4
2.2.2 ผักรวมแผ่น (Mixed Vegetable Leather	4
2.2.3 การผลิตผักกะเพราแผ่นปรุงรส	4
2.3 สถานการณ์ความต้องการผักอบแห้ง	4
2.4 ขนมขบเคี้ยว	5
2.5 การทำแห้งอาหาร	7
2.5.1 ประโยชน์ของการทำแห้ง	8
2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง	8
2.5.3 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการทำแห้ง	9
2.6 การอบแห้ง	10
2.7 การทอด	11
2.8 การตรวจวัดคุณภาพ	11
2.8.1 Water Activity	11
2.8.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.9 การเกิดเจลาติไนซ์ (Gelatinization) 13
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 16
3.1 เครื่องจักรขึ้นรูปผักผลไม้แผ่น เพื่อวิสาหกิจชุมชน และวิสาหกิจขนาดกลางและย่อม 16
3.1.1 ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 4 ชนิด 16
3.2 การทดสอบขึ้นรูปผักหวานป่า 20
3.2.1 การเตรียมตัวอย่างผักหวานป่า 20
3.2.2 ศึกษาสภาวะการขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปแบบเกลียวอัด 21
3.2.3 ขั้นตอนทดสอบอุณหภูมิเครื่องอบลมร้อนตัวที่ 2 21
3.2.4 วิธีการวัดความหนาของผักหวานป่าแผ่น 23
3.2.5 วิธีการวัดค่าสี 24
3.2.6 วิธีการวัดค่า Water activity (aw) 24
3.2.7 คำนวณหาคำนวณหาค่าปริมาณความชื้นฐานเปียก 25
3.2.8 หาเปอร์เซ็นต์ผลได้หลังการทำแห้ง (%Yield) และคุณค่าทางโภชนาการ 25
3.2.9 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน 26
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 27
4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น 27
4.1.1 อุปกรณ์ป้อนวัตถุดิบ 27
4.1.2 วิธีการขึ้นรูปผักแผ่น 29
4.2 ผลการทดลองขึ้นรูปผักหวานป่า 30
4.2.1 ความเร็วสายพานและอัตราป้อนวัตถุดิบ 30
4.2.2 อุณหภูมิ 31
4.2.3 ความหนา 32
4.2.4 ค่าสี 33
4.2.5 Water activity 34
4.2.6 ความชื้นฐานเปียก 34
4.2.7 ผลผลิตร้อยละ %yield และคุณค่าทางโภชนาการ 35
4.2.8 จุดคุ้มทุน 36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 40
5.1 สรุปผลการทดลอง 40
5.2 ข้อเสนอแนะ 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง 42
ภาคผนวก ก 44
ภาคผนวก ข 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเปลี่ยนแปลงของสารอาหารและสารระเหยเมื่อทำการอบแห้ง	3
2.2 วิธีการควบคุมค่า Water activity	10
3.1 วัตถุดิบผักหวานป่าแผ่น	18
4.1 ความสัมพัทธ์ระหว่างความเร็วรอบสายพาน 0.97, 1.48 และ 1.98 m/min กับอัตราการป้อนวัตถุดิบ 2.94, 3.02 และ 3.20 kg3/hr	31
4.2 เปอร์เซ็นต์ผักติดเทปลอนหลังจากการขึ้นรูปอุโมงค์อบลมร้อนที่ 2 ที่อุณหภูมิ 100, 150, 185, 200 และ 215 องศาเซลเซียส	31
4.3 ความหนาของกระบวนการต่างๆ	33
4.4 ค่าสีของผักหวานป่าที่ผ่านการแช่แข็งและไม่ผ่านการแช่แข็งของกระบวนการต่างๆ	34
4.5 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw) ของผักหวานป่าในการอบที่เวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที	34
4.6 ค่าความชื้นฐานเปียก(ร้อยละ) ของกระบวนการต่างๆในการทำผักแผ่น	35
4.7 คุณค่าทางโภชนาการของผักหวานป่า 20g	36
4.8 ตารางแสดงรายละเอียด ค่าใช้จ่ายระหว่างผู้ประกอบการและผู้วิจัย	37
4.9 จุดคุ้มทุนเบื้องต้นของผู้ประกอบการและผู้วิจัย	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ยอดผักหวานป่า	3
3.1 อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1 (3มิติ)	17
3.2 อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1 (อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส)	17
3.3 อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2 (3มิติ)	18
3.4 อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2 (อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส)	18
3.5 เครื่องขึ้นรูปแบบเกลียวอัด	19
3.6 ชุดเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	20
3.7 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการขึ้นรูปผักหวานป่าแผ่น	21
3.8 แผงควบคุมแสดงอุณหภูมิ	21
3.9 ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับ Data logger	22
3.10 ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลห่างจากสายพานด้านซ้าย	22
3.11 ขั้นตอนการทำผักหวานป่าแผ่น	23
3.12 การวัดความหนาของผักหวานป่าแผ่นก่อนการอบ	23
3.13 เครื่องวัดค่าสี	24
3.14 เครื่องวัดค่า Water activity (aw)	24
3.15 การวัดความชื้นตัวอย่างผักหวานแผ่น	25
4.1 (ก) ขึ้นรูปผักหวานป่าด้วยการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (ข) ขึ้นรูปผักหวานป่าด้วยเครื่องอัดแบบเกลียว	27
4.2 (ก) ปากทางออกลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ข) ขึ้นรูปผักหวานป่าด้วยเครื่องอัดแบบเกลียว ขนาดความกว้าง 3, 2 และ 1 มิลลิเมตร	28
4.3 (ก) ขึ้นรูปผักหวานป่าด้วยปากทางออก 2 มิลลิเมตร (ข) ขึ้นรูปผักหวานป่าด้วยปากทางออก 3 มิลลิเมตร	28
4.4 (ก) ขึ้นรูปบนถาดก่อนอบ (ข) ขึ้นรูปบนถาดหลังอบ	29
4.5 (ก) ขึ้นรูปบนตะแกรงก่อนอบ (ข) ขึ้นรูปบนตะแกรงหลังอบ	29
4.6 (ก) ขึ้นรูปบนกระดาษไข (ข) ขึ้นรูปผักหวานป่าด้วยแผ่นรองเทปลอน	30
4.7 (ก) ผักหวานป่าที่ติดแผ่นเทปลอนเยอะ (ข) ตัวอย่างผักหวานป่าที่ติดแผ่นเทปลอนน้อย	32
4.8 กราฟแสดงอุณหภูมิและเวลาในอุโมงค์อบลมร้อน ที่ 200°C	32
4.9 แสดงระยะเวลาคุ้มทุนของผู้ประกอบการ	38
4.10 แสดงระยะเวลาคุ้มทุนของผู้วิจัย	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

เนื่องด้วยประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตผักและผลไม้หลากหลายชนิดหมุนเวียนตามฤดูกาล โดยมีเกษตรกรนำผักและผลไม้มาแปรรูปเพื่อถนอมอาหารในช่วงที่มีผลผลิตออกสู่ตลาดมากและราคาผลผลิตตกต่ำ ด้วยกระบวนการแปรรูปแบบพื้นบ้านที่พบได้ทั่วไป อาทิเช่น แช่อิ่ม กวน ฉาบ อบ ทอด และตากแห้ง เป็นต้น และส่งจำหน่ายให้กับร้านค้าในท้องถิ่นเพื่อเป็นรายได้เสริมอีกทางหนึ่ง ทั้งนี้ ในระยะต่อมา ธุรกิจแปรรูปผักและผลไม้ได้มีการพัฒนามากขึ้นเป็นลำดับ โดยมีผู้สนใจเข้ามาทำธุรกิจนี้อย่างต่อเนื่อง และได้นำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เข้ากับยุคสมัยคนรุ่นใหม่ อีกทั้งมีช่องทางการจัดจำหน่ายกว้างขึ้นทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ สำหรับแนวโน้มสินค้าที่เป็นที่สนใจ ได้แก่ ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากผักและผลไม้ ผักและผลไม้อบแห้ง อบกรอบ ตากแห้ง เป็นต้น เนื่องจากขนมขบเคี้ยวได้รับความนิยมจากผู้บริโภคสูงอยู่แล้ว โดยนิยมทานเป็นอาหารทานเล่นยามว่างหรือระหว่างการทำกิจกรรมต่างๆ (ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2559) สำหรับตลาดผักและผลไม้แปรรูปมีอยู่กว้างขวาง และนอกจากนี้ตลาดผักและผลไม้ที่แปรรูปด้วยการขึ้นรูปแบบแผ่นมีภาพลักษณ์เป็นของทานเล่นที่มีประโยชน์ เนื่องจากมีการผสมแป้งหรือส่วนผสมอื่นๆ น้อยมาก โดยปัจจุบันผักและผลไม้แผ่นต้องผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรประเภทเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง โดยสามารถทำได้ครั้งละปริมาณมากๆ เหมาะสมกับการผลิตระดับอุตสาหกรรม และสามารถขึ้นรูปผักและผลไม้แผ่นได้หลายชนิด โดยใช้หลักการ การให้ความร้อนเพื่อทำให้แห้ง (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2559) แต่เนื่องจากยังไม่มีเครื่องจักรที่ทำผักแผ่นที่ออกแบบอย่างถูกสุขลักษณะในอุตสาหกรรมระดับท้องถิ่น หรือสำหรับผู้ประกอบการรายย่อย และเนื่องด้วยเนื้อของผักและผลไม้ไม่สามารถจับรูปให้คงความเป็นแผ่นได้ จึงต้องมีกลไกและปัจจัยอีกหลายอย่างในการขึ้นรูป นอกจากนี้ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการแปรรูปผักและผลไม้แผ่น สามารถแบ่งได้ 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนเครื่องจักร เช่น อุณหภูมิ ความดัน ลักษณะหน้าแปลน เป็นต้น ส่วนสมบัติของอาหาร เช่น ชนิดอาหาร ส่วนผสมของอาหาร เป็นต้น และส่วนสุดท้ายคือผลิตภัณฑ์หลังการขึ้นรูปที่เป็นปัจจัยต่ออายุการเก็บรักษาและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่น ความชื้น ขนาดของอาหาร ค่าสี และค่า water activity

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อการหาสภาวะที่เหมาะสมในการพัฒนากระบวนการผลิตผักแผ่น เพื่อวิสาหกิจชุมชน และวิสาหกิจขนาดกลางและย่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการทำวิจัย

1. ใช้ผักหวานป่า (*Meliantha suavis Pierre*)

2. หาสภาวะที่ใช้ขึ้นรูปผักแผ่นด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปแบบเกลียว (Screw Press) ในขนาดระดับห้องปฏิบัติการ โดยหาสภาวะของอัตราการป้อน และศึกษาขนาดหน้าแปลนของปากทางออกวัตถุดิบได้แก่ 1, 2 และ 3 มิลลิเมตรตามลับ

3. ขึ้นรูปด้วยเครื่องต้นแบบสำหรับทำผักแผ่นระดับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม โดยศึกษาที่อุณหภูมิ 100, 150, 185, 200 และ 215 องศาเซลเซียส

4. ศึกษาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการขึ้นรูป ได้แก่ ความชื้นเริ่มต้น ความชื้นสุดท้าย อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์ ขนาดความหนาของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังอบ และปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเช่น ความชื้น ขนาดของอาหาร ค่าสี และค่า water activity

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สภาวะที่เหมาะสมในการพัฒนากระบวนการผลิตผักแผ่น

2. ทราบปัจจัยหลักสำหรับการออกแบบปรับปรุงและแก้ไขเครื่องจักรต้นแบบพร้อมใช้และการผลิตเชิงพาณิชย์สำหรับการผลิตผักแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ผักหวานป่า

ผักหวานป่า (*Melientha suavis* Pierre) จัดอยู่ในวงศ์ Opiliaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบประเทศไทย ลาว เวียดนาม กัมพูชา มาเลเซีย และฟิลิปปินส์ โดยมีชื่อเรียกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น คือลาว เรียกว่า hvaan เวียดนามเรียก rau กัมพูชาเรียก daam prec มาเลเซียเรียก tangal และฟิลิปปินส์เรียก malatado ในประเทศไทยจะพบมากที่ภาคเหนือ ที่เชียงใหม่ ลำพูน ตาก เชียงราย ลำปาง ภาคอีสาน ที่อุดรธานี นครพนม สกลนคร นครราชสีมา ภาคกลางพบมากที่กาญจนบุรี สระบุรี ภาคใต้ ที่สุราษฎร์ธานี กระบี่ เป็นต้น ในธรรมชาติมักจะพบผักหวานป่าขึ้นในที่เนินสูง ในป่าเบญจ-พรรณผสมไผ่ (แถบกาญจนบุรี) และป่าเต็งรังที่ระดับความสูงตั้งแต่ 300-900 เมตร จากระดับน้ำทะเล ปานกลาง ผักหวานป่าเป็นพืชที่ต้องการร่มเงาของไม้อื่น เพราะต้องการแสงรำไรจึงเจริญเติบโตได้ดีใน ธรรมชาติ (ศูนย์เรียนรู้การปลูกผักหวานป่ากาญจนบุรี, 2549) ลักษณะของผักหวานป่า ต้นผักหวาน ป่า จัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก มีความสูงของต้นประมาณ 4-11 เมตร เปลือกต้นเรียบกิ่งอ่อนเป็นสี เขียวเข้ม เมื่อแก่แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีเทาอมสีน้ำตาลอ่อน เนื้อไม้มีความแข็ง เป็นพืชผลัดใบตาม ฤดูกาล จึงเก็บสะสมอาหารไว้ที่รากและลำต้น นิยมขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ด มักจะพบต้น ผักหวานป่าได้ตามป่าเบญจพรรณในที่ราบ หรือเชิงเขาที่มีความสูงไม่เกิน 600 เมตร จาก ระดับน้ำทะเล และโดยปกติจะชอบขึ้นอยู่บนดินร่วนปนทราย ใบผักหวานป่า ใบเป็นใบเดี่ยว ลักษณะ ของใบเป็นรูปไข่หรือรูปใบรียาว ปลายใบมนหรือแหลม โคนใบสอบเรียว ใบมีขนาดกว้างประมาณ 2.5 เซนติเมตร และยาวประมาณ 6-12 เซนติเมตร ใบอ่อนเป็นสีเขียวอ่อน เมื่อแก่แล้วจะเป็นสีเขียวเข้ม มีก้านใบยาวประมาณ 1-2 มิลลิเมตร (MedThai, 2014)

รูปที่ 2.1 ยอดผักหวานป่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ผักแผ่น

ผักแผ่นจัดเป็นการถนอมอาหารอีกประเภทหนึ่ง มีลักษณะการเตรียมคล้ายผลไม้กวน คือนำผักที่ได้มาลวกในน้ำร้อน มาตีป่นแล้วทำให้เป็นแผ่นบาง ก่อนนำไปผ่านกระบวนการอบแห้ง การคัดเลือกผักที่จะนำมาทำผักแผ่น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม หาง่าย ผักที่นิยมนำมาทำผักแผ่น คือฟักทอง มะเขือเทศ ขึ้นฉ่าย มีการใช้เครื่องเทศเพื่อปรุงรส เช่น กานพลู อบเชย ดอกจันทน์เทศ สะระแหน่ เป็นต้น (Reynold, 1998) ตัวอย่างและวิธีการทำผักแผ่น ได้แก่

2.2.1 ฟักทองแผ่น (Pumpkin Leather)

ประกอบด้วยฟักทองลวก 2 ถ้วยตวง น้ำผึ้ง 1/2 ถ้วยตวง ลูกจันทร์ 1/8 ช้อนชา อบเชย 1/4 ช้อนชา กานพลู 1/8 ช้อนชา นำไปปั่นผสมให้เข้ากัน เทลงบนถาดหุ้มพลาสติก อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2.2.2 ผักรวมแผ่น (Mixed Vegetable Leather)

ประกอบด้วยมะเขือเทศสับ 2 ถ้วยตวง คื่นช่ายสับ 1/4 ถ้วยตวง หอมหัวใหญ่หัวเล็ก 1 หัว เกลือ ผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันนำไปทำให้ร้อนด้วยไฟอ่อนบนกระทะประมาณ 15-20 นาที นำไปกรองเอาแต่น้ำเทลงบนถาดหุ้มพลาสติกอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2.2.3 การผลิตผักกะเพราแผ่นปรุงรส

นำใบกะเพราที่เด็ดไว้ ล้างให้สะอาด ปริมาณ 1 กิโลกรัม ลวกใบกะเพราในสารละลายด่าง (โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5 %) โดยต้มน้ำให้เดือด แล้วใส่ใบกะเพรา จับเวลาการลวก 2 นาที นำมาแช่ในน้ำเย็น เพื่อลดอุณหภูมิ แล้วนำมาพักบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ ปั่นผสมใบกะเพราที่ผ่านการลวกแล้วด้วยเครื่องปั่น (Blender) ใช้อัตราส่วนใบกะเพรา : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 ผสมกลูโคสไซรัป 7.5% ปั่นผสมเป็นเวลาประมาณ 1-2 นาที จนสังเกตเห็นใบกะเพราถูกบดละเอียดได้ที่แล้ว เทลงในถาดที่ปูด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ เกลี่ยใบกะเพราให้เรียบ บาง และได้ระดับเสมอกันทั่วทั้งถาดนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แยกแผ่นกะเพราออกจากถาดเคลือบแผ่นกะเพราทั้ง 2 ด้าน ด้วย เจลของแป้งมันสำปะหลัง อบแผ่นกะเพราให้แห้ง อีก 10 นาที ตัดเป็นแผ่นขนาด 2.5 x 8 เซนติเมตร แล้วนำไปทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วินาทีจากนั้นนำมาเคลือบเครื่องปรุงรส 4% ที่ประกอบไปด้วยน้ำตาล 45% เกลือ 5% และซอสถั่วเหลือง 50% แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส อีก 10 นาที เพื่อลดความชื้น และได้ผลิตภัณฑ์ที่กรอบน่ารับประทาน (รสิตา โอสถานนท์ และ คณะ, 2552)

2.3 สถานการณ์ความต้องการผักอบแห้ง

ประเทศไทยถือเป็นเหล่งอาหารที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก และมีผลผลิตวัตถุดิบอาหารสดที่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ แต่เนื่องจากสภาวะทางเศรษฐกิจส่งผลในผู้บริโภคภายในประเทศมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารกึ่งสำเร็จรูปมากขึ้น ทั้งนี้จากรายงานของศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2005) พบว่าความต้องการอาหารกึ่งสำเร็จรูปของผู้บริโภคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นสินค้าที่มีความสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันได้ดี โดยเฉพาะในช่วงที่ผู้บริโภค ต้องการประหยัดจากค่าครองชีพที่สูงมากขึ้น เนื่องจากจุดเด่นของอาหารกึ่งสำเร็จรูปคือราคาจำหน่ายอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เมื่อเทียบกับอาหารประเภทอื่นๆ ไม่ต้องเสียเวลาในการเตรียมอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากนัก มีความสะดวกรวดเร็ว และมีให้เลือกหลากหลายรสชาติ รวมทั้งยังเป็นอาหารที่เก็บไว้ได้นานอีกด้วย

การคาดการณ์ทางการตลาดของอาหารกึ่งสำเร็จรูปในปี 2548 พบว่ามีมูลค่ารวมมากกว่า 11,000 ล้านบาท โดยบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเป็นเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับหนึ่ง มีมูลค่าทางการตลาดสูงที่สุดในบรรดาอาหารกึ่งสำเร็จรูปทุกประเภท รองลงมาคือ โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งมีแนวโน้มการขยายตัวทางการตลาดที่สูงขึ้น ถึงแม้ว่าอาหารกึ่งสำเร็จรูปจะมีแนวโน้มทางการตลาดที่ดี แต่ก็ยังมีข้อกังขาที่ว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ เนื่องจากจะประกอบไปด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ และผู้บริโภคในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะหันมาสนใจในสุขภาพเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมีแรงหนุนที่สำคัญคือ กระแสสุขภาพเชิงป้องกันที่เน้นการดูแลสุขภาพให้แข็งแรงไม่เจ็บป่วย เพื่อจะได้ไม่ต้องเสียค่ารักษาพยาบาล (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2007) ดังนั้นการเพิ่มคุณค่าให้กับอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่มีความนิยมสูงขึ้นในปัจจุบันสามารถทำได้โดยการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเข้าไป ผักอบแห้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งนอกเหนือจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อบแห้ง ซึ่งจากรายงานของ (ธิติวัฒน์, 2550) ที่ทำการศึกษาถึงความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ผักรวมอบแห้งสำเร็จรูปในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ผู้บริโภคส่วนใหญ่เห็นความสำคัญของคุณประโยชน์ของอาหารในระดับมาก และมีความต้องการในการรับประทานผักและธัญพืชในปริมาณที่มากขึ้น และมีปัจจัยในการเลือกรับประทานอาหารคือ ความสะอาด ถูกสุขอนามัย มีมาตรฐานการผลิต และเห็นว่าผักอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปสามารถนำมาผสมได้ดีในอาหารกึ่งสำเร็จรูป เช่น ข้าวต้ม โจ๊ก เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารในรูปของใยอาหารและสารอาหารจากผักและธัญพืช สามารถรับประทานได้ทุกมื้อ แต่ผู้บริโภคเกรงว่าคุณค่าสารอาหารบางชนิดในผักอบแห้งจะลดลง รสชาติไม่อร่อยเท่าผักสดและธัญพืชปรุงเสร็จใหม่ และไม่มีความมั่นใจด้านความปลอดภัยในการบริโภค

2.4 ขนมขบเคี้ยว

ขนมขบเคี้ยว (Snack foods) หมายถึง อาหารที่ใช้รับประทานเล่นระหว่างมื้ออาหารหลัก ลักษณะเด่นของขนมขบเคี้ยวในปัจจุบัน คือ น้ำหนักน้อย มีระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น นำติดตัวไปในที่ต่างๆได้สะดวก ขนมขบเคี้ยวจัดเป็นอาหารให้พลังงานสูง เนื่องจากมีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตเป็นจำนวนมาก จึงช่วยให้อิ่มท้องได้ รองรัตน์รัตนาธรรมวัฒน์ (2546) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวหรืออาหารว่างเป็น ผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันทั่วไปในระหว่างมื้อของอาหาร และความนิยมดังกล่าวได้มีเพิ่มมากขึ้นใน ปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบและใช้กรรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันไป จากความนิยมในการบริโภคขนมขบเคี้ยวที่เพิ่มมากขึ้นผนวกกับความเจริญของเทคโนโลยีจึงทำให้มีการพัฒนามากขึ้น เปลี่ยนแปลงการผลิตจากระดับครัวเรือนมาเป็นระดับอุตสาหกรรมซึ่งทำให้ชนิดและรูปแบบของผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งการแข่งขัน ทางการตลาดก็สูงขึ้นด้วย จากการรวบรวมความหมายของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว (Snack) หรืออาหารขบเคี้ยว (snack food) ของ Blenford (1982); Tettweiler (1991); ธงชัย สันติวงษ์ (2535); เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และทัศนีย์คชสีห์ (2541) อ้างถึงในรองรัตน์รัตนาธรรมวัฒน์ (2546) สรุปได้ว่า ขนมขบเคี้ยว ควรมีลักษณะพื้นฐานดังนี้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะรูปร่างขนาดเล็ก อาจเป็นของหวานหรือของคาวโดยที่ผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้วพร้อมบริโภคได้ทันทีหรือมีการเตรียมเพียงเล็กน้อย บริโภคขณะร้อนหรือเย็นในรูปของแข็งหรือของเหลวก็ได้ใช้รับประทานเป็นอาหารว่างหรือโอกาสต่างๆ ตามที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งจะทำให้เกิดความพึงพอใจและประทังความหิวในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ได้ ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 สัปดาห์โดยไม่ต้องอาศัยความเย็น นอกจากอาหารที่ประกอบภายในครัวเรือนแล้วอาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่ยังมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งบริษัทศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์ จำกัด (2543) อ้างถึงในรองรัตน์รัตนาธรรมวัฒน์ (2546) ได้จำแนกประเภทของขนมขบเคี้ยวที่มีในตลาดส่วนใหญ่เป็น 7 ประเภทหลัก ได้แก่ 1) มันฝรั่งทอด หรืออบเนย ทั้งชนิดแท่ง (stick) และแผ่น 2) ปลาเส้น ปลาแผ่น ปรุงรสต่างๆ 3) ขนมขึ้นรูป ได้แก่ขนมอบกรอบที่ผลิตจากวัตถุดิบประเภทแป้ง เช่น แป้งข้าวโพดและส่วนผสมอื่น ขึ้นรูปเพื่อให้มีรูปร่างต่างๆกัน 4) ขนมขบเคี้ยวประเภทถั่วต่างๆ 5) ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลา และอื่นๆ 6) ข้าวโพดอบเนย 7) ปลาหมึกปรุงรส นอกจากนั้น Reilly and Man (1989) อ้างถึงในรองรัตน์รัตนาธรรมวัฒน์ (2546) ได้แบ่ง ขนมขบเคี้ยวออกเป็น 4 กลุ่ม ตามกลุ่มเทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ดังต่อไปนี้ 1) Deep-fat fried เป็นการทอดแบบน้ำมันท่วมชิ้นอาหาร (Deep-fat frying) ได้แก่มันฝรั่งทอดกรอบ และมันฝรั่งแท่ง ถือได้ว่าเป็นธุรกิจส่วนใหญ่ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว 2) Quick fried เป็นการทอดในระยะเวลาสั้นๆ มักมีลักษณะเป็นแผ่นเพลเลต (Pellet) มีการทำให้สุกมาแล้วบางส่วนซึ่งได้จากมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่ง และ/หรือธัญชาติอื่นๆ นำมาทอดที่อุณหภูมิสูง (เช่น ประมาณ 200 องศาเซลเซียส) เป็นเวลาสั้นๆ (10 -15 วินาที) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความพองและเนื้อสัมผัสเบา 3) Extrusion cooked มักเป็นส่วนผสมของมันฝรั่งและธัญชาติอื่นๆ ที่อยู่ในลักษณะเป็นผงนำไปผลิตด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่อุณหภูมิ และความดันสูง เพื่อให้ได้เอ็กซ์ทรูเดอร์ที่ทำให้พองด้วยการทอดในภายหลัง จากนั้นทำการเคลือบด้วยน้ำมัน และกลิ่นรสผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในตลาดเป็นจำนวนมากอยู่ในกลุ่ม สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรสแตกต่างกัน 4) Roasted เป็นการอบผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้มักเป็นพวกถั่วต่างๆ (Nuts) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปถั่วลิสงคั่ว Tettweiler (1991) อ้างถึงใน กาญจนา สุภทนต์ (2538) อธิบายว่าการบริโภคอาหารขบเคี้ยว (Snacking) เป็นการบริโภคที่ง่ายต่อการจัดการลักษณะผลิตภัณฑ์อาจร้อนหรือเย็นในรูปของแข็งหรือของเหลวซึ่งอาศัยการเตรียมเพียงเล็กน้อยหรือบริโภคโดยตรงและสามารถทำให้เกิดความพึงพอใจได้เมื่อเกิดความรู้สึกหิว โดยอาหารขบเคี้ยวจะมีลักษณะพื้นฐานดังนี้คือ มีความ สะดวกสบายในการใช้หรือการบริโภคสามารถแบ่งเป็นส่วนเล็กส่วนน้อยได้ช่วยประทังความหิว และ มีรสชาติตอบสนองความพึงพอใจของความหิวในช่วงเวลาสั้นๆ อาจเป็นของหวานหรือของคาว มีน้ำหนักเบา อาจใช้เป็นอาหารที่มีคุณลักษณะเฉพาะ เช่น อาหารเพื่อสุขภาพ หรืออาหารว่าง ในงานสังสรรค์ ขนมขบเคี้ยวนั้นมีบทบาทในวิถีการดำรงชีวิตของคนไทยและได้รับความนิยมในการบริโภคมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ศูนย์วิจัยกสิกรไทยรายงานว่าปัจจุบันขนมขบเคี้ยวมีการผลิตออกมาจำหน่ายใน ท้องตลาดเป็นจำนวนมากมายหลายชนิด ประมาณว่ามีมูลค่าปีหนึ่งๆไม่ต่ำกว่า 4,000-5,000 ล้านบาท และมีแนวโน้มว่าจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยายตัวได้อีก ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตได้ในประเทศสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ประเภทกึ่งอาหารหลัก ได้แก่ ขนมปังกรอบ เช่น คุกกี้ แครกเกอร์ ซึ่งมูลค่าการตลาดของสินค้าประเภทนี้คาดว่าประมาณร้อยละ 40 ของตลาดอาหารว่างทั้งหมด ประเภทที่ 2 เป็นอาหารว่างที่รับประทานเป็นอาหารเล่น ซึ่งตลาดกำลังเจริญเติบโตและมีทีท่าว่าจะแย่งตลาดสินค้า ประเภทลูกอม ลูกกวาด อีกด้วย ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งปรุงรส ถั่ว ข้าวเกรียบ เป็นต้น ในปัจจุบันเมื่อสังคมมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่สถาบันพื้นฐานของครอบครัวไปจนถึงการพัฒนาเทคโนโลยีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะซื้อสินค้าโดยไม่ได้พิจารณาที่ราคาถูกเพียงอย่างเดียว ยิ่งผู้ที่มีรายได้สูงอยู่แล้วจะพยายามเลือกซื้อสินค้าที่มีคุณภาพดีแม้ราคาจะแพงก็ตาม พฤติกรรมของผู้บริโภคไทยเปลี่ยนไปให้ความสำคัญต่อสุขภาพมากขึ้น สนใจกับสินค้าเพื่อสุขภาพตามกระแสที่กำลังเกิดขึ้นในตะวันตก สำหรับอาหารว่างซึ่งมักถูกมองว่าเป็นอาหารที่ไม่มีคุณค่าและเป็นสาเหตุของการเกิดทุพโภชนาการโดยเฉพาะในเด็ก (Sinthavalai, 1984) ก็ได้มีการพัฒนาโดยคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการและผลต่อสุขภาพเป็นหลัก เรียกได้ว่าเป็นขนมขบเคี้ยวยุคใหม่ (New generation snacks) ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันต่ำใช้วิธีการอบแทนการทอด มีใยอาหารสูงเป็นต้น โดยกลุ่มของผลิตภัณฑ์ที่กำลังได้รับความสนใจและมีการพัฒนาอย่างมาก ได้แก่ ขนมขบเคี้ยวแบบแท่ง (Snack bars) ขนมขบเคี้ยวผสม (Snack mixes) และขนมขบเคี้ยวจากธัญพืช (Granola products) การตลาดของขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยเป็นตลาดที่มีแนวโน้มการขยายตัวค่อนข้างสูง จะเข้าไปเบียดตลาดลูกอมเพราะกลุ่มเป้าหมายกลุ่มเดียวกันจนทำให้ตลาดลูกอมไม่ค่อยจะมีอัตราการเติบโตมากนัก ประกอบกับตลาดขนมขบเคี้ยวมักจะมีอะไรแปลกใหม่มานำเสนอการบริโภคในรูปแบบรสชาติใหม่ รวมทั้งมีกิจกรรมทางการตลาดอย่างสม่ำเสมอจนทำให้ตลาดเกิดความเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ด้านการแข่งขันของตลาดขนมขบเคี้ยวก็มีหลายรูปแบบเพื่อกระตุ้นผู้บริโภคในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการชิงโชค การแจกของพรีเมี่ยม อาทิข้าวเกรียบกุ้งได้จัดโปรโมชั่นชิงโชค หรือมันฝรั่งอย่างเลย์ได้จัดโปรโมชั่นอย่างหนัก และต่อเนื่องร่วมกับโรงภาพยนตร์ สื่อวิทยุ เป็นต้น ผู้ประกอบการจะให้ความสนใจในตัวสินค้า คือให้ความสำคัญกับรสชาติ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การออกสินค้าใหม่ ต้องแตกต่างจากสินค้าชนิดอื่นในท้องตลาด และมีจุดขายที่ชัดเจน มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะมีพฤติกรรมในการใส่ใจสุขภาพของตนเอง เลือกสินค้าที่มีประโยชน์กับร่างกายมากขึ้น ดังนั้นถ้าสินค้าขนมขบเคี้ยวตัวใดที่จัดว่ามีคุณค่าทางอาหาร หรือภาพพจน์ของสินค้าที่ดีก็สามารถเกิดได้เร็วในตลาดสินค้าขนมขบเคี้ยว

2.5 การทำแห้งอาหาร

การทำให้แห้งหรือการกำจัดน้ำ (Drying) หมายถึงการใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร โดยการระเหยน้ำหรือการระเหิด ของแข็งในการอบแห้งแบบระเหิด (Freeze drying) คำจำกัดความนี้จะไม่รวมถึงการกำจัดน้ำออกจากอาหารด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การแยกโดยทางกล การทำให้เข้มข้นโดยการใช้เมมเบรน การระเหย การอบ เนื่องจากในกระบวนการเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีการกำจัดน้ำน้อยกว่าการทำให้แห้ง วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำคือการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการมักจะไม่สูงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการลดน้ำหนัก และปริมาณอาหารยังช่วยในการลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา การขนส่งเพิ่มความหลากหลาย และความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบเครื่องทำแห้ง คือการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำอาหารแต่ละชนิดให้แห้งโดยมีการสูญเสียคุณภาพการบริโภค และคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด ตัวอย่างอาหารที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมที่สำคัญได้แก่ น้ำตาล กาแฟ นม มันฝรั่ง แป้ง ถั่ว ถั่วลิสง ส่วนผสมสำหรับทำขนมปัง อาหารเช้าประเภทที่ทำมาจากธัญพืช ชา และเครื่องเทศ (วิไล รังสาดทอง, 2546)

2.5.1 ประโยชน์ของการทำแห้ง

2.5.1.1 ป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมี และเอนไซม์

2.5.1.2 ทำให้มีบริโภคยามขาดแคลนนอกฤดู หรือในแหล่งที่ห่างไกล

2.5.1.3 เก็บไว้ได้นาน โดยไม่ต้องแช่ตู้เย็นให้เปลืองค่าใช้จ่าย

2.5.1.4 ลดน้ำหนักของอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุเก็บรักษา และขนส่ง

2.5.1.5 ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ลูกเกดเกิดจากการทำแห้งองุ่น

2.5.1.6 ให้ความสะดวกในการใช้ เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป

2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

ในการทำแห้งทั่วๆ ไป มีปัจจัยหลายประการที่ทำให้การอบแห้งนั้นเกิดได้เร็วหรือช้า ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

2.5.2.1 ธรรมชาติของอาหาร

อาหารเนื้อโปร่งมีลักษณะที่เป็นรูพรุนมาก มีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งเร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งได้เร็ว

2.5.2.2 ขนาดและรูปร่าง

ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักเช่น รูปร่างเหมือนกันขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งเร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้

2.5.2.3 ปริมาณอาหารต่อถาด

ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างจะไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อนหรือได้รับความร้อนจากถาด ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

2.5.2.4 ตำแหน่งของอาหารในเตาอบ

น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.5 อุณหภูมิของอากาศร้อน

ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้นจึงมีผลต่อการอบในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงด้วย

2.5.2.6 ความเร็วของลมร้อน

ความเร็วของลมร้อนมีผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้น การเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ ที่ความเร็วลม 244 เมตรต่อนาที นอกจากนั้นความเร็วลมทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเตาอากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

2.5.2.7 ความดัน

ความดันเกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำ เนื่องจากในที่ความดันต่ำ น้ำก็จะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น

2.5.3 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการทำแห้ง

การทำแห้งเกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของอาหาร และสภาวะที่ใช้ในการทำแห้ง

2.5.3.1 การหดตัว

โดยธรรมชาติเซลล์ในอาหารจะอยู่ในลักษณะของเซลล์ที่เต่งเสมอและผนังของเซลล์จะมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นได้ ในลักษณะการทำแห้งอาหารเหมือนน้ำถูกระเหยออกไป จะทำให้เกิดช่องว่างขึ้นระหว่างผิวของอาหารจะพยายามเข้าไปแทนที่ช่องว่างนั้นทำให้เซลล์ของอาหารหดตัว การหดตัวของผนังเซลล์ไม่สามารถจะหดเข้าไปได้เท่าๆ กันทุกส่วนของอาหารได้ เนื่องจากธรรมชาติของอาหารที่เรียกว่า Incompressible part ตรงส่วนที่ไม่สามารถหดได้จะยืดตัวออก อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้าๆ

2.5.3.2 การเปลี่ยนสี

อาหารที่ผ่านการทำแห้งจะมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิและช่วงเวลาที่อาหารมีความชื้นร้อยละ 10 – 20 มีผลต่อความเข้มข้นของสีจึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

2.5.3.3 การเกิดเปลือกแข็ง

เป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้ง เกิดจากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไปน้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายของน้ำตาลโปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยไม่ใช้อุณหภูมิสูง และใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร

2.5.3.4 การเสียความสามารถในการคืนสภาพ

อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะคืนสภาพไม่ได้เหมือนเดิมเพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ สตาร์ชและโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ อาหารแห้งที่ทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งจะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุดเพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ชและโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.5 การสูญเสียคุณค่าอาหารและสารระเหย
ในด้านคุณค่าทางอาหารและสารระเหยมีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงของสารอาหารและสารระเหยเมื่อทำการอบแห้ง

สารอาหาร/สารระเหย	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
โปรตีน แป้ง และ ไขมัน	มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบต่อน้ำหนัก
สารระเหย	ลดลงหรือแตกต่างไปจากเดิมเนื่องจากความร้อน
สารประกอบ Fiber	ไม่เปลี่ยน
ปริมาณแคลอรี	ไม่เปลี่ยนแปลงแต่ปริมาณมวลของอาหารลดลงโดยการนำความชื้นออกจากอาหาร
วิตามิน เอ	ขึ้นอยู่กับการควบคุมความร้อนในกระบวนการทำแห้ง
วิตามิน ซี	โดยมากถูกทำลายไปในระหว่างการลวกและการทำแห้งของผัก
เกลือแร่	สูญสลายไปบ้างระหว่างการ Dehydration ถ้าใช้น้ำไม่มากเกินไป ส่วนธาตุเหล็กไม่ถูกทำลายโดยการทำแห้ง
Thiamin, Riboflavin, Niacin	สูญสลายไปเล็กน้อยระหว่างการลวก แต่ถ้าใช้น้ำไม่มากเกินไปก็ยังคงเหลืออยู่

2.6 การอบแห้ง

การอบแห้งเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนซึ่งเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างพื้นผิวของผลิตภัณฑ์กับสิ่งแวดล้อมโดยรอบซึ่งส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงไปยังระดับการจัดเก็บที่ปลอดภัยหรือระดับที่จำเป็นสำหรับการเริ่มดำเนินการกระบวนการผลิตอื่น ๆ บทบาทของเครื่องอบแห้งคือ การจัดหาผลิตภัณฑ์ที่มีความร้อนมากกว่าที่มีอยู่ในสภาวะแวดล้อมเพื่อเพิ่มความดันไอของความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มการย้ายความชื้นจากภายในผลิตภัณฑ์ให้ความร้อนที่ระเหยกลายเป็นไอของความชื้น และลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแห้งได้อย่างมีนัยสำคัญเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดความชื้นและให้ความชื้นในสมดุลที่ต่ำพอสมควร อุตสาหกรรมการอบแห้งใช้พลังงานจำนวนมากทำให้เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานมากที่สุด ปัจจัยการผลิตพลังงานสูงในกระบวนการอบแห้งเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนสูงของการระเหยของน้ำและประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ต่ำกว่าของเครื่องอบแห้งอุตสาหกรรม ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งของอุตสาหกรรมการอบแห้งคือการลดต้นทุนพลังงานในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ เนื่องจากพลังงานเป็นปัจจัยต้นทุนที่สำคัญจึงเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินการวิเคราะห์พลังงานและความสมบูรณ์ของกระบวนการอบแห้งเพื่อให้การประหยัดพลังงานและสภาวะของกระบวนการที่ (Ndubisi A. Aviara, 2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การทอด

การทอด หมายถึง การทำอาหารให้สุกโดยใช้น้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์เป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อนปกติใช้อุณหภูมิในช่วง 170 - 210 องศาเซลเซียส ความร้อนของน้ำมันที่อุณหภูมิสูงกว่า 170 องศาเซียส ทำให้น้ำภายในอาหารเดือด น้ำระเหยจากภายในออกสู่ภายนอกและมีการฟอร์มตัวของเม็ดแป้งเกิด gelatinization ทำให้ความชื้นของอาหารลดลงและผิวหน้าแห้งกรอบ การทอดจึงเป็นการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค รวมทั้งเอนไซม์ในอาหารและทำให้ค่า water activity ที่ผิวหน้าหรือทั้งชิ้นของอาหารลดลง วิธีการทอดในครัวเรือนหรือในระดับอุตสาหกรรมแบ่งได้ 2 วิธี ซึ่งแบ่งโดยวิธีการถ่ายเทความร้อน ได้แก่ การทอดแบบน้ำมันตื้น (Shallow Flying) เป็นการทอดชิ้นอาหารในกระทะที่มีปริมาณน้ำมันเพียงเล็กน้อย น้ำมันไม่ท่วมชิ้นอาหารทั้งชิ้น และการทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep – fat Flying) เป็นการทอดอาหารในน้ำมันที่มีปริมาณมากเพียงพอที่จะท่วมอาหารทั้งชิ้น (วิไล, 2543 ; นิธิยา และไพโรจน์, 2547) น้ำมันที่ใช้ทอดแบบน้ำมันท่วม ควรเป็นน้ำมันที่ทนความร้อนสูง และเสื่อมสลายตัวช้า คือมีจุดเกิดควันต่ำเป็นน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่ำ มีกรดลิโนเลอิกน้อยกว่าร้อยละ 2 เช่น น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันพืชที่ผ่านการไฮโดรจิเนชันบางส่วนไม่ควรใช้น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดคำฝอย และน้ำมันดอกทานตะวันในการทอดอาหาร เนื่องจากน้ำมันดังกล่าวไม่คงตัว และมีกรดลิโนเลอิกสูงถึงร้อยละ 6-7

2.8 การตรวจวัดคุณภาพ

2.8.1 Water Activity

วอเตอร์แอคทีวิตี้ (water activty) เขียนย่อว่า a_w เป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำ มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหารแบ่งอาหารตามค่า water activity ออกเป็น 3ประเภท

1. อาหารสด (fresh food) เป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย (perishable food) ที่มีค่า water activity มากกว่า 0.85 เช่น เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ อาหารทะเล

2. อาหารกึ่งแห้ง (intermediate moisture food) หมายถึง อาหารที่มีค่า water acitivity ระหว่าง 0.6 - 0.85 เช่น นมข้นหวาน ผลไม้แช่อิ่ม กุ้งปรุงรส

3. อาหารแห้ง (dried food) หมายถึงอาหารที่มีค่า water activity น้อยกว่า 0.6 เช่น นมผง ผักผลไม้อบแห้ง กุ้งแห้ง น้ำผลไม้ผง เก๊กฮวยผงชงดื่ม กระชายผงชงดื่ม หมูหยอง ได้ (ผศ.ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลมพงศ์ และ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์, 2558) การเสื่อมเสียของอาหารโดยส่วนใหญ่เกิดจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและส่วนประกอบที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน และเนื่องจากค่า Water Activity เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ดังนั้นวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมค่า Water Activity จึงเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเราจะควบคุมให้อาหารมีระดับค่า Water Activity ต่ำกว่าค่าที่เชื้อจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆ จะเจริญเติบโต (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2546)

ตารางที่ 2.2 วิธีการควบคุมค่า Water activity

Water activity	**จุลลินทรีที่เจริญได้ ที่ค่า a_w ระดับน้ำหรือสูงกว่า**
0.95	จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย(microbial spoilage) ส่วนใหญ่ ยีสต์ บางชนิดแบคทีเรียก่อโรค (pathogen) ได้แก่ Eschericiae coli, Clostridium perfringens
0.91	Salmonella, Clostridium fruit juice concentrates with 55% sucrose or 12% NaCl Botulinum, Lactobacillus, และราบางชนิด
0.85	ยีสต์หลายชนิด
0.80	ราส่วนใหญ่ ยีสต์ในสกุล Saccharomyces sp.,Staphylococcus aureus
0.75	แบคทีเรียที่ทนเกลือด (halophilic bacteria)Mycotoxigenic aspergilli
0.65	ราที่ชอบความแห้ง (xerophilic mold)
0.60	ยีสต์บางชนิด ราไม่กี่ชนิด
0.50	จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้
0.40	
0.30	
0.03	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content)

ความชื้นมีผลต่อรสชาติ เนื้อสัมผัส น้ำหนัก ลักษณะ และอายุการเก็บรักษาของอาหาร แม้ความเบี่ยงเบนเล็กน้อยจากมาตรฐานที่กำหนดไว้อาจส่งผลเสียต่อคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุอาหาร ตัวอย่างเช่น สารที่แห้งเกินไปอาจส่งผลต่อความสอดคล้องของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายตรงกันข้ามความชื้นส่วนเกินอาจทำให้วัสดุอาหารรวมตัวหรือติดอยู่ในระบบท่อระหว่างการผลิต นอกจากนี้อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำทั้งหมดซึ่งอาจส่งผลต่อกระบวนการผลิตที่เน่าเปื่อยซึ่งจำเป็นต้องกำจัดทิ้ง อย่างไรก็ตามน้ำยังเป็นส่วนผสมที่มีราคาไม่แพงเพื่อเพิ่มน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย ดังนั้นการได้รับค่าวิเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับความชื้นมีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างมากต่อผู้ผลิตอาหาร ด้วยเหตุนี้นักวิเคราะห์ด้านอาหารจึงมีส่วนร่วมในการปรับสมดุลความชื้นและของแข็งอย่างละเอียดเพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพความปลอดภัยและผลกำไรที่สม่ำเสมอ (*Yvonne Appoldt and Gina Rainani, 2017*) วัดปริมาณความชื้นที่ผ่านการทำแห้งที่โดยวิธีการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (AOAC., 2005)

2.9 การเกิดเจลาติไนซ์ (Gelatinization)

เมื่อแป้งมีอุณหภูมิสูง (โดยทั่วไปมากกว่า 50 องศาเซลเซียส) เมื่อมีน้ำแกรนูลจะบวมและแตกออกเนื่องจากเกิดการสลายตัวของอะไมโลเพคตินคู่ (ความแตกแยกพันธะไฮโดรเจน) (Tester, 1989) เหตุการณ์เหล่านี้เรียกว่า "เจลาติไนเซชั่น" โดยมีการเพิ่มความหนืดของระบบอย่างมากเนื่องจากโครงสร้างมีการแตกออกเป็นส่วนๆ (Yang & Rao, 1997) อุณหภูมิในการเจลาติไนซ์ถูกวัดตามวิธีของ Konik-Rose et al. (2001) กับการปรับเปลี่ยนบางอย่าง เม็ดแป้งถูกถ่ายภาพภายใต้แสงโพลาไรซ์โดยใช้กล้อง CCD Olympus DP72 ระหว่างการให้ความร้อนตั้งแต่ 50 องศาเซลเซียส ถึง 100 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 1 ° องศาเซลเซียส เม็ดแป้งมากกว่าหนึ่งร้อยเม็ดของเม็ดแป้งทุกชนิดที่แตกต่างกันได้รับการวิเคราะห์ในการทดลองหนึ่งครั้ง อุณหภูมิในการเจลาติไนซ์เริ่มต้นกลาง และจุดสิ้นสุดที่บันทึกได้นั่นคือจากจุดที่ 5 เปอร์เซ็น, 50 เปอร์เซ็น และ 95 เปอร์เซ็น ของแป้ง แป้งลดการสึกกร่อน การทดลองดำเนินการเป็นสามเท่า (Canhui Cai et al., 2014)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนุวัตร แจ้งชัด (2547) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่น เริ่มโดยการศึกษาพฤติกรรม ทัศนคติและความต้องการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สาหร่ายปรุงรสอบแห้ง และผักแผ่น พบว่าผู้บริโภคต้องการให้พัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นปรุงรสอบแห้ง โดยใช้วัตถุดิบผักประเภทใบ และลำต้น โดยชนิดผักที่ต้องการมากที่สุด 3 อันดับ คือ ผักคะน้า ผักตำลึง และผักบุ้ง โดยคะน้าถูกเลือกมาพัฒนาให้เป็นผักแผ่นต่อ โดยการนำผักคะน้ามาทำความสะอาดด้วยน้ำ หั่นเป็นท่อนขนาด 1 นิ้ว ลวกในน้ำเดือด 3 นาที ทำให้เย็นด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง บดคะน้าต่อด้วยน้ำสะอาดที่อัตราส่วน 1 : 2.5 ปรุงรสด้วยน้ำตาลเกลือ ซีอิ้วขาว พริกป่น พริกไทย และแป้งสาลี ร้อยละ 6, 0.7, 0.4, 0.05, 0.1 และ 1 ตามลำดับและนำไปอบแห้ง แล้วบรรจุคุณภาพคะน้าแผ่นที่ได้ คือ ลักษณะเป็นแผ่นสีเขียว ค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 39.40, -12.40 และ 16.90 ตามลำดับ มีความหนา 0.25 มิลลิเมตร ค่า a_w 0.26 ปริมาณร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ ไม่ว่าจะเป็นการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นไขมัน เส้นใย โปรตีน เถ้าและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 5.46, 3.23, 15.97, 16.54, 10.31 และ 48.49 ตามลำดับ

วัฒนา ดำรงรัตน์กุล (2548) พบว่าอัตราส่วนของผักคะน้า และผักตำลึงที่เหมาะสมในการผลิตผักแผ่น คือ 75:25 โดยการใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส ได้แก่ คาราจีแนน วุ้น และกลีเซอรีน ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 - 1 มีผลต่อเนื้อสัมผัสเพียงเล็กน้อย จีรภา หินซุย และคณะ (2554) พบว่าสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์สาหร่ายแผ่นทอดกรอบ คือ สาหร่าย 30 กรัม คะน้า 100 กรัม และใช้แป้งมัน 1.8 กรัม แป้งข้าวเหนียว 0.8 กรัม ผสมกับน้ำ 20 กรัม เพื่อใช้เป็นตัวประสาน ผักแผ่นมีส่วนผสมหลายชนิดซึ่งมีผลต่อการอบแห้ง วัฒนา ดำรงรัตน์กุล และอนุวัตร แจ้งชัด (2549) พบว่าส่วนผสมของผักแผ่นปรุงรส ส่วนใหญ่เป็นพวกไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ ถ้าต้องการให้ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นมีอายุการเก็บนานจะต้องอบผลิตภัณฑ์ให้ถึงค่าความชื้นในชั้น monolayer หรือความชื้นวิกฤต ซึ่งอัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้น Saencom et al. (2011) พบว่าใบตำลึงที่ลวกในน้ำเกลือจะมีความชื้นและ a_w ต่ำ มีสีเขียวสวยและมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าผักที่ลวกในน้ำเปล่า การลวกไม่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง แต่ถ้าอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสูญญากาศ (vacuum drying) การลวกในน้ำเกลือจะทำให้อัตราการอบแห้งสูงกว่าการลวกในน้ำเปล่า ผักแผ่นมีสีสวยมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูง ความเหนียวและความแข็งต่ำกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาน้อยทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีสีสวย และมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเหลืออยู่มากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน

อนุวัตร แจ้งชัดและคณะ (2550) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์พริกหวานแผ่น โดยใช้กรรมวิธีการอบแห้ง จากการศึกษาพบว่ากรรมวิธีในการผลิตพริกหวานแผ่น คือการนำพริกหวานไปลวกที่อุณหภูมิน้ำเดือดนาน 3 นาที แล้วนำไปปั่นให้ละเอียดนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เทลงถาดขนาด 22 x 29 ตารางเซนติเมตร ที่ปูด้วยถุงพลาสติกร้อนใส น้ำหนักต่อถาดเท่ากับ 200 กรัม อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 – 8 ชั่วโมง ซึ่งมีส่วนประกอบ คือ พริกหวานพันธุ์สีแดง และน้ำสะอาดร้อยละ 84.78 และ 15.22 ตามลำดับ จากการศึกษาชนิดของสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม พบว่าผลิตภัณฑ์พริกหวานแผ่น ควรมีการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินที่ระดับร้อยละ 5 จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์พริกหวานแผ่นที่ได้มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้เท่ากับ 0.42 ค่าสี L* a* และ b* เฉลี่ยที่ผิวเท่ากับ 38.78, 27.35 และ 19.84 ตามลำดับ และมีปริมาณความชื้น โปรตีน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 20.60,1.40, 1.30, 22.96 และ 53.74 ตามลำดับ ในการทดสอบผู้บริโภคพบว่า ความชอบที่มีต่อพริกหวานแผ่นห่อข้าวนั้นอยู่ในระดับปานกลาง และผู้บริโภคร้อยละ 78 ยอมรับในผลิตภัณฑ์

จันทนี (2557) ทำการพัฒนาอาหารว่างแบบเลเยอร์ที่มีเบต้าแคโรทีนจากฟักทอง มันเทศ และแครอท ทำการศึกษาผลของอัตราส่วนของฟักทองและมันเทศ 5 ระดับ พบว่าอัตราส่วนที่ฟักทองต่อมันเทศที่ดีที่สุดคือ 50:50 ทำการปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 15 เหมาะสมที่สุด สำหรับการพัฒนาฟักทองผสมแครอทแผ่น ทำการศึกษาอัตราส่วนฟักทองต่อแครอท 5 ระดับ พบว่าปริมาณฟักทองต่อแครอทที่เหมาะสมได้แก่ 0:100 และทำการศึกษาปริมาณเจลาตินและกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซรัปต่อคุณภาพแครอทแผ่น พบว่าปริมาณที่เหมาะสมของเจลาตินและกลูโคสไซรัป เท่ากับร้อยละ 3.8 และ 5.7 ตามลำดับ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีค่าความแข็ง 9.7 N ค่า water activity 0.732 วิตามินเอ 91.7 ug RE และคะแนนยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7 (ชอบปานกลาง) ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอลย์ได้นาน 1 เดือน

H Singh Gujral and S Singh Brar (2003) ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ในการอบที่มีต่อคุณภาพสี และเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่น โดยไฮโดรคอลลอยด์ที่เลือกใช้ได้แก่ กัวกัม เพ็กติน คาบอกซีเมทิลเซลลูโลส กัมอะคาเซีย และโซเดียมอัลจิเนต โดยเติมไฮโดคอลลอยด์ในเนื้อมะม่วงที่ระดับร้อยละ 1 2 และ 3 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) หาผลที่มีต่ออัตราการทำแห้ง อัตราความชื้น สี และความชื้นสัมพัทธ์ เนื้อสัมผัสของแผ่นมะม่วงถูกทดสอบโดยการทดสอบแรงดึงมะม่วงแผ่นที่ได้มีกำลังสูงสุดจะแตกเสียรูปโมดูลัส และพลังงานในการแตกเท่ากับ 14.54 mm 0.0036 kN, 0.2285 MPa และ 0.0369 J ตามลำดับ

Phimpharian et al., 2011 พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสับปะรดแผ่นจากเครื่องขึ้นรูปแบบแผ่นที่พัฒนาขึ้น เครื่องทำงานแบบมีช่องป้อนด้านบนแบบแนวตั้ง ลำเลียงโดยเกลียวมายังหน้าแปลนให้ไหลออกมายังสายพาน ผลิตภัณฑ์มีความหนา 2.2 มิลลิเมตร จากนั้นอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีผลจากการผสมกลูโคสไซรัป และเพ็กตินเข้มข้น โดยสัดส่วนที่ศึกษามี 3 ระดับ พบว่าระดับของกลูโคสไซรัป และเพ็กตินเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลงมีผลต่อการขึ้นรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผสมที่เหมาะสมของกลูโคสไซรัป และเพ็กตินเข้มข้นที่เหมาะสมได้แก่ร้อยละ 3.5 - 6 และ 0.5 - 1 ตามลำดับ ซึ่งจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคยอมรับที่ระดับคะแนน 6.7-7.3 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องจักรขึ้นรูปผักแผ่น เพื่อวิสาหกิจชุมชน และวิสาหกิจขนาดกลาง และย่อม

3.1.1 ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 4 ชนิด

3.1.1.1 เครื่องอุโมงค์อบลมร้อน 2 เครื่อง ดังนี้

1.1 โครงสร้างหลักประกอบด้วย

1.1.1. อุโมงค์อบลมร้อน ส่วนประกอบหรือบริเวณโครงสร้างที่มีอากาศสัมผัสกับอาหาร เป็นโครงสร้างทำจากสแตนเลส เกรด 304 ห้องอบหุ้มฉนวนกันความร้อนหนา 25 มิลลิเมตร ควบคุมอุณหภูมิอุโมงค์อบตัวที่ 1 สามารถทำอุณหภูมิได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และอุโมงค์อบตัวที่ 2 สามารถทำอุณหภูมิได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส หน้าจอแสดงผลเป็นตัวเลข โดยฮีตเตอร์ให้ความร้อนขนาด 9,000 วัตต์ มีระบบตัดการทำงานของฮีตเตอร์ในกรณีที่มอเตอร์พัดลมไม่ทำงาน ป้องกันฮีตเตอร์ไหม้ พัดลมกระจายความร้อนขนาด 1/2 แรงม้า สามารถปรับความเร็วมอเตอร์พัดลมได้ ด้วยระบบอินเวอร์เตอร์หน้าจอแสดงผลเป็นตัวเลข

1.1.2. สายพาน สายพานตาข่ายสแตนเลส หน้ากว้าง 400 มิลลิเมตร ยาว 2,200 มิลลิเมตร มอเตอร์ขับสายพานขนาด 90 วัตต์ สามารถปรับความเร็วรอบได้ ตั้งแต่ 10 ถึง 90 เฮิร์ท สามารถกลับทางหมุนสายพานได้

1.2. หลักการทำงานของอุปกรณ์

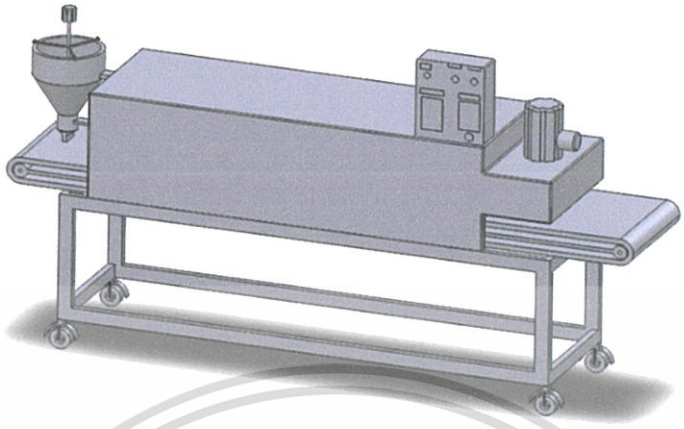
1.2.1 อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1

หลักการทำงาน เปิดเครื่องอุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1 เครื่องสามารถปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งเปิดพัดลมเพื่อให้ความร้อนกระจายตัวทั่วทั้งอุโมงค์อบ จากนั้นตั้งความเร็วรอบสายพาน

1.2.2. อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2

หลักการทำงาน เปิดเครื่องอุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2 เครื่องสามารถปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งเปิดพัดลมเพื่อให้ความร้อนกระจายตัวทั่วทั้งอุโมงค์อบ จากนั้นตั้งความเร็วรอบสายพาน

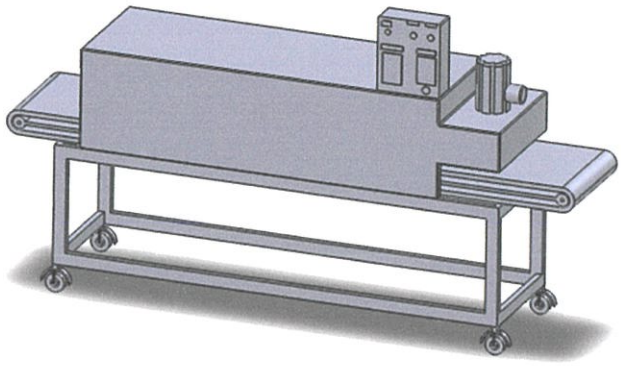
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



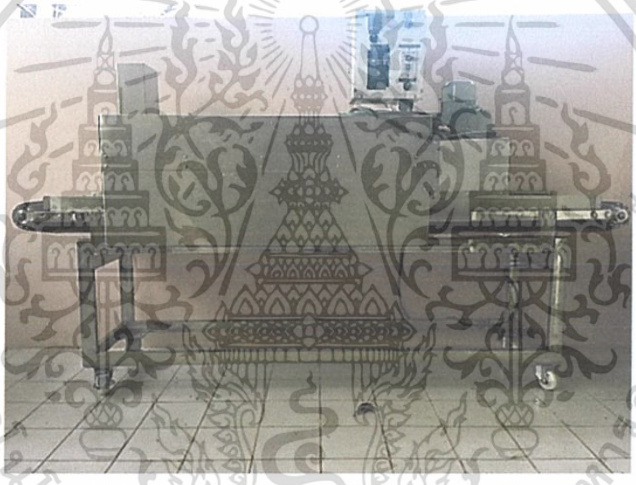
รูปที่ 3.1 อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1 (3มิติ)

รูปที่ 3.2 อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1 (อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2 (3มิติ)



รูปที่ 3.4 อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2 (อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส)

1.2.3. เครื่องขึ้นรูปแบบเกลียวอัด ประกอบด้วย 2 อุปกรณ์ ดังนี้

1. ถังเตรียมวัตถุดิบหลักการทำงาน นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้เพื่อจะขึ้นรูป เทใส่ถังเตรียมวัตถุดิบ

2. สกรูเกลียวหลักการทำงาน มีหน้าที่ลำเลียงวัตถุดิบผ่านหน้าแปลนสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อบังคับให้วัตถุดิบที่ผ่านหน้าแปลนออกมามีลักษณะเป็นแผ่นอย่างต่อเนื่อง

3.1.1.2 เครื่องขึ้นรูปแบบเกลียวอัด ประกอบด้วย 2 อุปกรณ์ ดังนี้

1.1 โครงสร้างหลักประกอบด้วย

1.1.1. ถังเตรียมวัตถุดิบ ปริมาตรบรรจุขนาด 2 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.2. สกรูเกลียว

1.2. หลักการทำงานของอุปกรณ์

1.2.1 ถังเตรียมวัตถุดิบหลักการทำงาน นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้เพื่อจะขึ้นรูป เทใส่ถังเตรียมวัตถุดิบ

1.2.2. สกรูเกลียวหลักการทำงาน มีหน้าที่ลำเลียงวัตถุดิบผ่านหน้าแปลนสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อบังคับให้วัตถุดิบที่ผ่านหน้าแปลนออกมามีลักษณะเป็นแผ่นอย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 3.5 เครื่องขึ้นรูปแบบเกลียวอัด

3.1.1.3. ชุดเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

1.1 โครงสร้างหลักประกอบด้วย

1.1.1. ชุดลูกกลิ้งคู่ ส่วนประกอบหรือบริเวณโครงสร้างที่มีอากาศสัมผัสกับอาหาร เป็นโครงสร้างทำจากสแตนเลส เกรด 304 ผิวเรียบ โดยมีเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิภายในลูกกลิ้ง เครื่องสามารถปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จำนวน 2 ตัว ลูกกลิ้งทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 4 บาร์ มอเตอร์ต้นกำลังขับลูกกลิ้งขนาด 1 แรงม้า ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ได้ 0 ถึง 3 รอบต่อนาที

1.1.2. ชุดกำเนิดไอน้ำแบบระบบเติมน้ำอัตโนมัติ ชุดกำเนิดไอน้ำสามารถผลิตไอน้ำโดยมีฮีตเตอร์ให้ความร้อน ขนาด 12,000 วัตต์ ที่อัตราแรงดันตั้งแต่ 1 ถึง 4 บาร์ มี Pressure gauge เพื่อวัดระดับความดันในหม้อไอน้ำ โดยมี Safety Valve เพื่อระบายไอน้ำเมื่อความดันเกินระดับที่ตั้งไว้ ถังกำเนิดไอน้ำผลิตเป็นโครงสร้างทำจากสแตนเลส เกรด 304 ผิวเรียบขนาดความจุ 30 ลิตร พร้อมหุ้มฉนวน และทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 4 บาร์ มีชุดควบคุมระดับน้ำและปั๊มน้ำเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าระดับที่ตั้งไว้และปั๊มหยุดทำงานเมื่อระดับน้ำถึงระดับที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 ชุดเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

3.2 การทดสอบขึ้นรูปผักหวานป่า

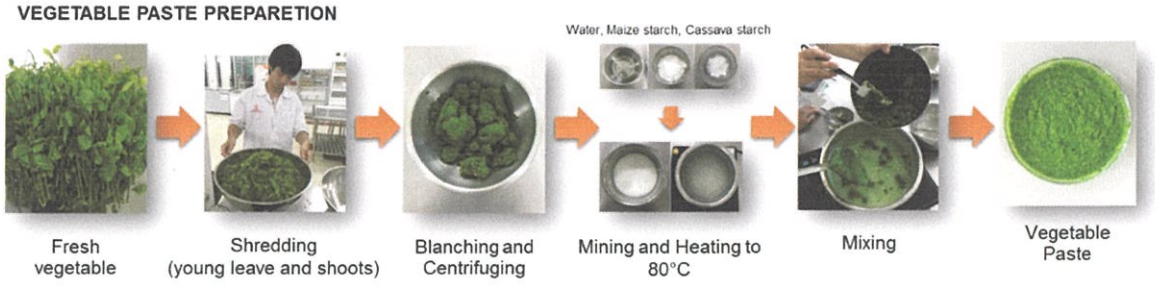
3.2.1 การเตรียมตัวอย่างผักหวานป่า

นำผักหวานป่าส่วนยอดอ่อน และใบอ่อนล้างให้สะอาด ลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที สะเด็ดน้ำแล้วปั่นจนละเอียด เตรียมส่วนผสมดังตารางที่ 3.1 โดยนำแป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลังละลายในน้ำกรอง แล้วให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นกวนแป้งโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ แบบดิจิตอล วัดอุณหภูมิจนกว่าน้ำแป้งจะมีอุณหภูมิสูงถึง 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผักหวานป่าที่ผ่านการปั่นละเอียดแล้ว นำมาผสมเข้ากับน้ำแป้ง

ตารางที่ 3.1 วัตถุดิบผักหวานป่าแผ่น

วัตถุดิบ	ร้อยละ (%)
ผักหวานป่าปั่นละเอียด	40.00
แป้งข้าวโพด	6.15
แป้งมันสำปะหลัง	0.55
น้ำ	53.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการขึ้นรูปผักหวานป่าแผ่น

3.2.2 ศึกษาสภาวะการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปแบบเกลียว

โดยศึกษาวิธีการขึ้นรูปผักหวานป่าแผ่นด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปแบบเกลียว โดยหลักการทำงานของเครื่องถังเตรียมวัตถุดิบอยู่ด้านบนแบบแนวตั้ง ลำเลียงส่วนผสมด้วยเกลียวมายังหน้าแปลนที่ความกว้าง 2 มิลลิเมตร ให้ไหลออกบนแผ่นเทปล่อนด้วยอัตราการป้อน 2.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สายพานเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.97 เมตรต่อนาที ผ่านอุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1 ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปอบต่ออุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2 ทดสอบที่อุณหภูมิ 100, 150, 185, 200 และ 215 องศาเซลเซียสที่เวลา 8, 10 และ 12 นาทีหลังจากนั้นลอกแผ่นผักหวานออกจากแผ่นเทปล่อน ชั่งน้ำหนักก่อน หลังจากขึ้นรูปเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ผักหวานป่าที่ติดแผ่นเทปลอน

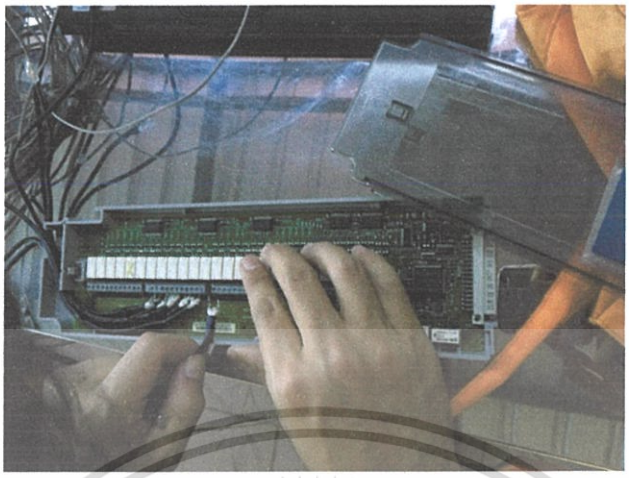
3.2.3 ขั้นตอนทดสอบอุณหภูมิเครื่องอบลมร้อนตัวที่ 2

3.2.3.1 เปิดเครื่องอบลมร้อนตัวที่ 2 จนอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.8 แผงควบคุมแสดงอุณหภูมิ

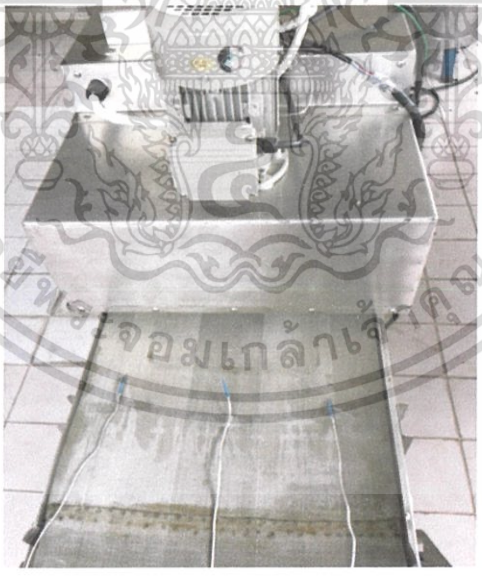
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 ใช้สายเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ต่อเข้ากับ data logger และคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.9 ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับ Data logger

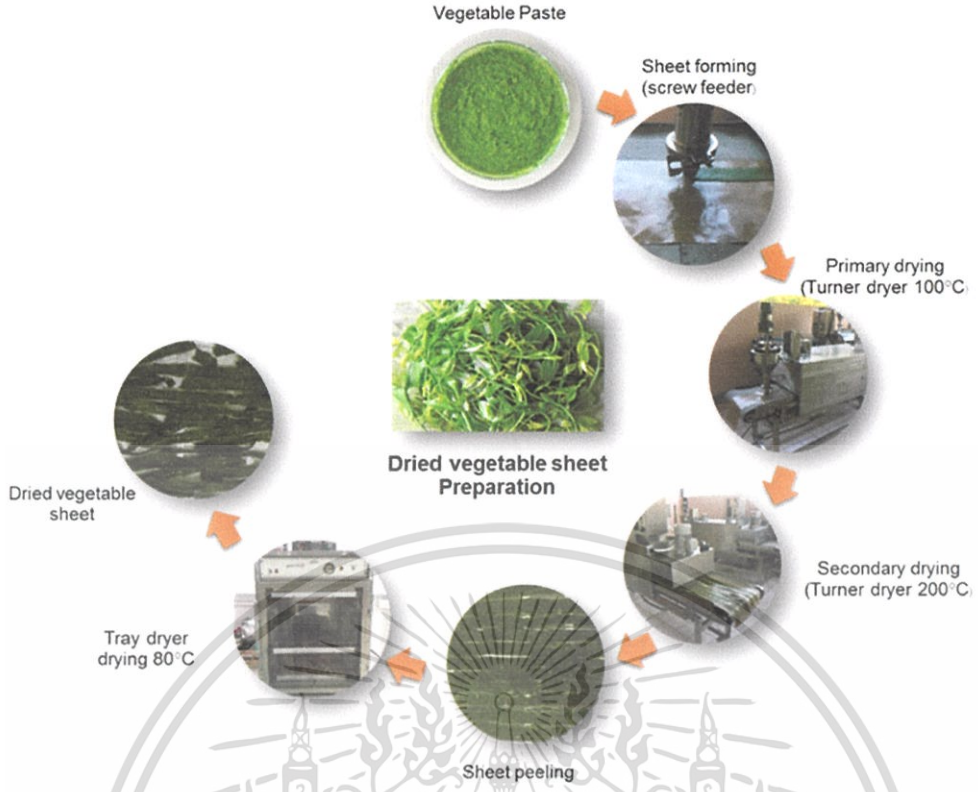
3.2.3.3 นำสายเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) อีกด้านวางบนสายพาน 3 จุดซ้าย , กลาง และขวา ล๊อคด้วยสก๊อตเทปทนร้อน เลื่อนสายพานด้วยความเร็ว 0.97 m/min และบันทึกค่าทุกๆ 10 วินาที



รูปที่ 3.10 ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลห่างจากสายพานด้านซ้าย

เป็นระยะ 5, 20 และ 32 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการทำผักหวานป่าแผ่น

3.2.4 วิธีการวัดความหนาของผักหวานป่าแผ่น

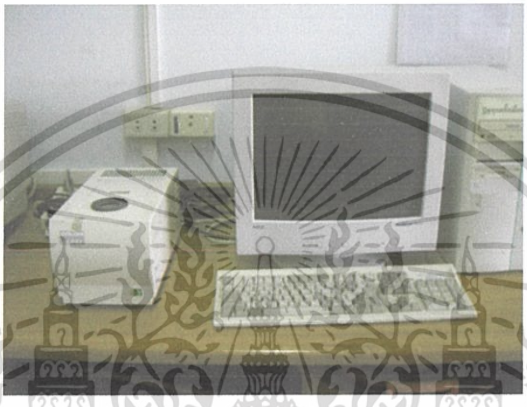
นำตัวอย่างผักหวานป่าก่อน และหลังการอบมาทำการวัดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ความละเอียด 0.001 ทำการวัด 5 แผ่น 3 จุด ด้วยจำนวน 3 ซ้ำ ของกระบวนการก่อนอบขึ้นรูป หลังผ่านอุโมงค์อบลมร้อนที่ 1, 2 และหลังอบผลิตภัณฑ์ จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Tukey Pairwise Comparisons วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ด้วยโปรแกรม Minitab version 17

รูปที่ 3.12 การวัดความหนาของผักหวานป่าแผ่นก่อนการอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 วิธีการวัดค่าสี

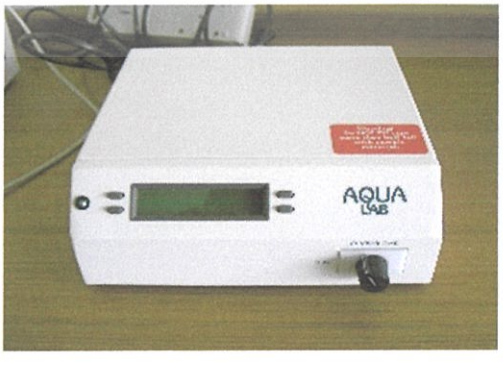
วัดค่าสีโดยสุ่มตัวอย่างมาบดละเอียดเต็มถ้วยใส่ตัวอย่างโดยเปรียบเทียบผักหวานป่าที่ถูกแช่แข็ง และผักหวานป่าสด โดยวัด 1.ผักหวานป่าที่ผ่านการบด 2.ผักหวานป่าหลังการขึ้นรูป 3. ผักหวานป่าหลังการอบลมร้อน 4.ผักหวานป่าหลังการทอด ด้วยเครื่องวัดสี ColorFlex EZ Spectrophotometer (HunterLab, USA) ใช้มาตรฐานสีแบบ CIE L*a*b ซึ่งค่า L* คือ ค่าความสว่าง ค่า +a* คือ ค่าสีแดง ค่า -a* คือ ค่าสีเขียว ค่า +b* คือ ค่าสีเหลือง ค่า -b* คือ ค่าสีน้ำเงิน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Tukey Pairwise Comparisons วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ด้วยโปรแกรม Minitab version 17



รูปที่ 3.13 เครื่องวัดค่าสี

3.2.6 วิธีการวัดค่า Water activity (a_w)

นำตัวอย่างที่ผ่านการอบลมร้อน (Tray dryer) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที วัดค่า Water activity โดยสุ่มตัวอย่างบดละเอียดประมาณ 5 กรัม หรือให้ตัวอย่างเต็มถ้วย วัดหาค่า Water activity จากเครื่อง Aqua lab LITE (Decagon, USA) ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Tukey Pairwise Comparisons วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ด้วยโปรแกรม Minitab version 17



รูปที่ 3.14 เครื่องวัดค่า Water activity **(aw)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 คำนวณหาค่าปริมาณความชื้นฐานเปียก

นำตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง อบโดยใช้เครื่องอบลมร้อน (Hot air over) ที่อุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ หาความชื้นนำผลิตภัณฑ์และหลังการทำแห้งมาหาค่าความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างหลังการอบเพื่อนำไปคำนวณหาค่าปริมาณความชื้นอ้างอิง (AOAC 950.46B:1995) ดังสมการต่อไปนี้

$$\%M.C._{wb} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

$$\%M.C._{db} = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

โดย *%MC* คือ ความชื้น (%)

m_1 คือ น้ำหนักก่อนอบ มีหน่วยเป็น กรัม (g)

m_0 คือ น้ำหนักหลังอบ มีหน่วยเป็น กรัม (g)

รูปที่ 3.15 การวัดความชื้นตัวอย่างผักหวานแผ่น

3.2.8 หาเปอร์เซ็นต์ผลได้หลังการทำแห้ง (%Yield) และคุณค่าทางโภชนาการ

นำค่าของน้ำหนักตัวอย่างผักหวานป่าแผ่นที่ได้ทั้งก่อนการทำแห้งและหลังการทำแห้งมาคำนวณหา ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้และหาคุณค่าทางโภชนาการทางอาหารโดยใช้ตัวอย่างประมาณ 500g โดย ส่งไปตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการที่สถาบันอาหาร

$$\text{Yield (\%)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \quad (3)$$

โดย W_1 คือ มวลของผลิตภัณฑ์ทำแห้งก่อนการทำแห้ง (g)

W_2 คือ มวลของผลิตภัณฑ์ทำแห้งหลังการทำแห้ง (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.9 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ระยะเวลาคืนทุน (Payback period หรือ PB) หมายถึง ระยะเวลาที่การลงทุนนั้นใช้ไปในการลงทุนเพื่อให้กระแสเงินสดรับสุทธิที่ได้จากการลงทุนคุ้มค่ากับต้นทุนที่ต้องลงทุนไป ระยะเวลาคืนทุนเป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนของโครงการที่ทำโดยมีหน่วยวัดเป็นระยะเวลาว่าเมื่อมีการลงทุนในโครงการนั้นแล้วจะใช้ระยะเวลากี่งวดในการคืนทุน วิธีคิดระยะเวลาคืนทุนจะสามารถหาได้โดยการคำนวณหากระแสเงินสดสะสมสุทธิในแต่ละงวดเวลา จนกระทั่งกระแสเงินสดสะสมสุทธิเป็นบวก หากกระแสเงินสดสะสมสุทธิเปลี่ยนจากการติดลบ มาเป็นบวกในงวดเวลาใด ก็จะหมายถึงว่าระยะเวลาคืนทุนเกิดขึ้นภายในงวดเวลานั้นนั่นเองจึงสามารถแสดงการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน การคิดอัตราดอกเบี้ยต่อเดือนได้จากสมการ

$$i = \frac{r}{m} \tag{4}$$

i คือ อัตราดอกเบี้ย
r คือ อัตราดอกเบี้ยต่อปี
m คือ จำนวนครั้งที่จ่ายดอกเบี้ยต่อปี

ในการหาระยะเวลาคืนทุนแบบ Discounted payback period แต่ในทางปฏิบัติแล้วมักจะใช้วิธีแบบไม่คิดอัตราผลตอบแทน (i = 0%) หรือแบบ simple payback เพื่อตรวจสอบการลงทุนเบื้องต้น ว่าควรทำการพิจารณาด้วยวิธีอื่นต่อไปหรือไม่

ในการหาระยะเวลาคืนทุนแบบ Discounted payback period ที่ I > 0% สามารถหาค่า n_p ได้ดังนี้

$$0 = -p + \sum_{t=1}^{t=n_p} NCF(\frac{P}{A}, i, n_p) \tag{5}$$

P คือ ค่าลงทุนเบื้องต้น (initial investment)
NCF คือ cash flow สุทธิ สำหรับแต่ละปีที่ t

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น

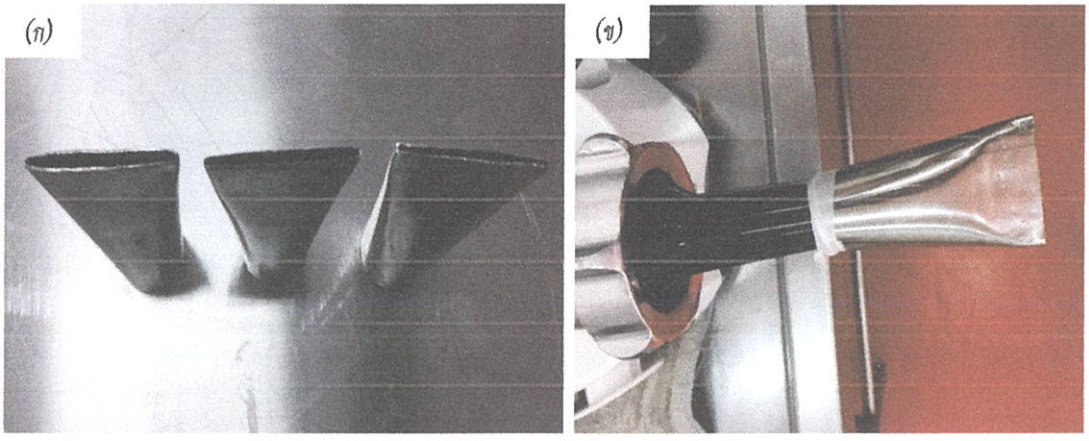
4.1.1 อุปกรณ์ป้อนวัตถุดิบ

ทดลองการขึ้นรูปด้วยการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง และการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปแบบเกลียว ผลการทดลองพบว่าการทำแห้งแบบลูกกลิ้งไม่เหมาะขึ้นรูปผักหวานป่าแผ่นเนื่องจากผักหวานป่ามีลักษณะเป็นผงและผักหวานป่าส่วนมากติดกับผิวของลูกกลิ้ง จึงไม่สามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ และผลของการจำลองการขึ้นรูปผักหวานด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปแบบเกลียว ด้วยเครื่องบดเนื้อยี่ห้อ KENWOOD รุ่น MG450 ซึ่งสามารถเปลี่ยนหน้าแปลนได้ มีลักษณะเป็นทรงกรวยยาว หน้าแปลนทางออกวัตถุดิบมีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม พบว่าสามารถขึ้นรูปวัตถุดิบได้อย่างต่อเนื่องจึงเลือกใช้วิธีการอัดขึ้นรูปแบบเกลียวในการทดลอง

รูปที่ 4.1 (ก) ขึ้นรูปผักหวานป่าด้วยการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (ข) ขึ้นรูปผักหวานป่าด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปแบบเกลียว

จากวัตถุประสงค์หลักคือ ต้องการขึ้นรูปผักแผ่นให้มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังนั้นจึงทำหน้าแปลนปากทางออกวัตถุดิบจากสแตนเลส ลักษณะเป็นทรงกระบอก ช่วงปลายทางออกถูกบีบให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้าง 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร สวมเข้ากับหน้าแปลนทางออกวัตถุดิบเดิมแล้วพันด้วยเทปพันเกลียวเพื่อไม่ให้วัตถุดิบไหลออกทางด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 (ก) หน้าแปลนทางออกวัตถุดิบมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ข) ขึ้นรูปผักหวานป่าด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปแบบเกลียว ขนาดความกว้าง 3, 2 และ 1 มิลลิเมตร

จากการทดลองพบว่าที่ขนาดความกว้าง 1 มิลลิเมตร ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ เนื่องจากมีก้านอ่อนของผักหวานป่าติดตรงบริเวณหน้าแปลนทางออกวัตถุดิบ ทำให้ผักหวานป่าที่ขึ้นรูปมีลักษณะขาด ไม่สามารถขึ้นรูปได้เป็นแผ่นต่อเนื่อง ที่ความกว้าง 2 มิลลิเมตร สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นต่อเนื่องได้ ไม่ขาด และหน้าแปลนทางออกวัตถุดิบที่ความกว้าง 3 มิลลิเมตร วัตถุดิบที่ขึ้นรูปไม่มีความสม่ำเสมอ และมีความหนาค่อนข้างมาก ดังนั้นหน้าแปลนทางออกวัตถุดิบที่ความกว้าง 2 มิลลิเมตร จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการขึ้นรูปด้วยการอัดแบบเกลียว

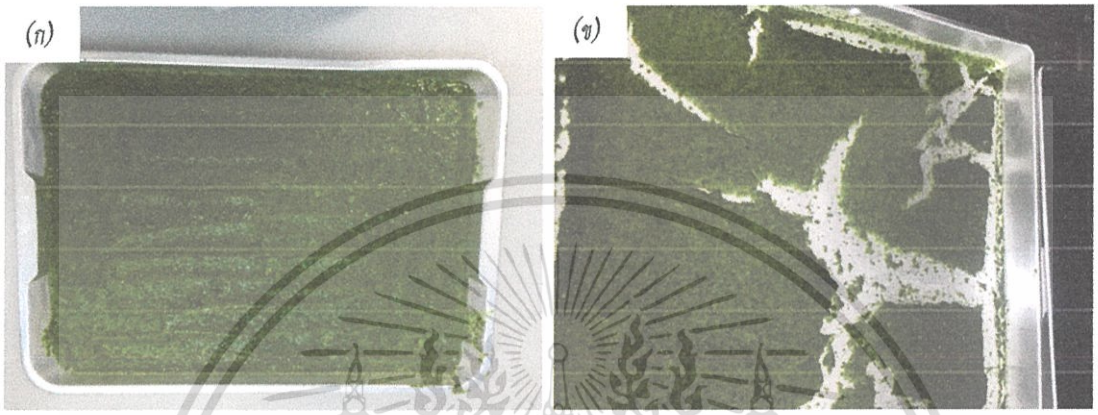
รูปที่ 4.3 (ก) ขึ้นรูปผักหวานป่าที่ความกว้างหน้าแปลนทางออกวัตถุดิบ 2 มิลลิเมตร (ข) ขึ้นรูปผักหวานป่าที่ความกว้างหน้าแปลน 3 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 วิธีการขึ้นรูปผักแผ่น

4.1.2.1 ขึ้นรูปบนถาดทึบ

ทดลองขึ้นรูปบนถาดทึบ โดยการเกลี่ยผักให้ทั่วทั้งถาดแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน ผลการทดลองหลังจากอบผักแผ่นแตก ไม่เป็นแผ่นที่สวยงาม และติดถาดไม่สามารถเกาะตัวกันเป็นแผ่นได้



รูปที่ 4.4 (ก) ขึ้นรูปบนถาดก่อนอบ (ข) ขึ้นรูปบนถาดหลังอบ

4.1.2.2 ขึ้นรูปบนตะแกรงมีรู

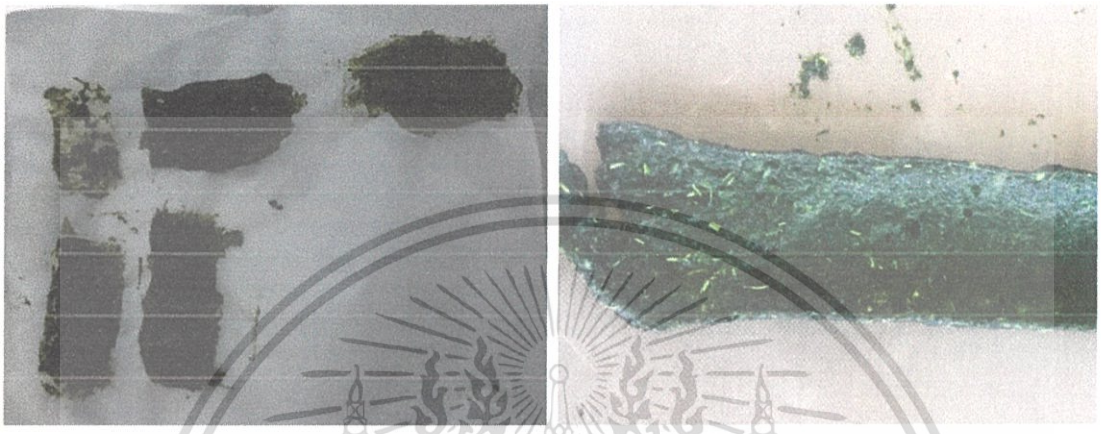
จากการทดลองขึ้นรูปโดยใช้ตะแกรงมีรู หลังจากอบลมร้อนผักหวานป่าไม่สามารถลอกออกจากตะแกรงได้ และวัตถุดิบส่วนมากติดบนตะแกรง

รูปที่ 4.5 (ก) ขึ้นรูปบนตะแกรงก่อนอบ (ข) ขึ้นรูปบนตะแกรงหลังอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 วัสดุรองอบ

ทดลองอบบนกระดาษไข เมื่ออบผลการทดลองพบว่ากระดาษไขมีลักษณะหดตัวและงอ วัตถุดิบติดกระดาษไขไม่สามารถลอกออกเป็นแผ่นได้และการทดลองขึ้นรูปบนแผ่นเทปลอนซึ่งสามารถทนอุณหภูมิสูงได้และสามารถลอกผักหวานป่าออกจากแผ่นเทปลอนได้โดยติดบนแผ่นเทปลอนเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 4.6 (ก) ขึ้นรูปบนกระดาษไข (ข) ขึ้นรูปผักหวานป่าบนแผ่นเทปลอน

4.2 ผลการทดลองขึ้นรูปผักหวานป่า

4.2.1 ความเร็วสายพานและอัตราป้อนวัตถุดิบ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบสายพานกับอัตราการป้อนวัตถุดิบซึ่งถูกอัดด้วยสกรูเพลสโดยอัตราป้อนวัตถุดิบ 2.84, 3.02 และ 3.20 kg^3/hr ความเร็วรอบสายพาน 0.97, 1.48 และ 1.98 m/min เพื่อให้ได้เป็นแผ่นเต็มไม่ขาด ขึ้นรูปและสามารถลอกออกเป็นแผ่นเดียวกันได้ จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อนวัตถุดิบกับความเร็วรอบสายพานมี 3 กรณีได้แก่ กรณีที่ 1 ความเร็วรอบสายพานเร็วเกินไปสำหรับอัตราการป้อนทำให้ผักที่ขึ้นรูปขาดกลางหรือด้านข้างได้แก่ความเร็วรอบสายพาน 1.48 และ 1.98 m/min กรณีที่ 2 ความเร็วรอบสายพานช้าเกินไปสำหรับอัตราการป้อนทำให้ผักที่ขึ้นรูปเกิดการซ้อนทับกันความหนาไม่คงที่ได้แก่ความเร็วรอบสายพาน 0.97 m/min และอัตราการป้อนวัตถุดิบ 3.02 และ 3.20 kg^3/hr กรณีที่ 3 ความเร็วรอบสายพานและอัตราการป้อนสัมพันธ์กันทำให้ผักที่ขึ้นรูปมีความหนาคงที่ ไม่ขาดกลางหรือขาดด้านข้าง คือ ความเร็วรอบสายพาน 0.97 m/min และอัตราการป้อนวัตถุดิบ 2.84 kg^3/hr (ตาราที่ 4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบสายพาน 0.97, 1.48 และ 1.98 m/min กับอัตราการป้อนวัตถุดิบ 2.94, 3.02 และ 3.20 kg^3/hr

อัตราป้อนวัตถุดิบ (kg^3/hr)	ความเร็วสายพาน (m/min)		
	0.97	1.48	1.98
2.84			
3.02			
3.20			

4.2.2 อุณหภูมิ

4.2.2.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมของการขึ้นรูป

อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปผักแผ่นในอุโมงค์อบลมร้อนที่ 2 มีผลต่อการลอกผักหวานป่าแผ่นออกจากแผ่นเทปลอน โดยการอบแห้งด้วยอุโมงค์อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100, 150 และ 200 องศาเซลเซียส 8 ,10 และ 12 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การเกาะติดแผ่นเทปลอนน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 100 และ 150 องศาเซลเซียส จากการทดลองช่วงอุณหภูมิกว้างเกินไป จึงทำการทดลองระหว่างอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสคือที่อุณหภูมิ 185 และ 215 องศาเซลเซียสพบว่าที่อุณหภูมิ 200 และ 215 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การเกาะที่ 7.77 และ 7.72 ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $P<0.05$ แต่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เพราะว่าประหยัดพลังงานและลดต้นทุนผลิต

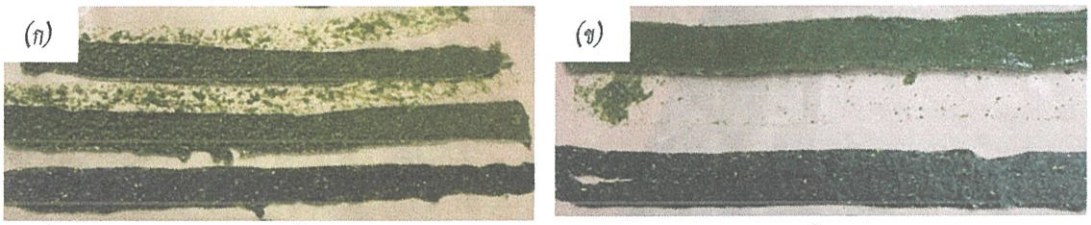
ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ผักติดแผ่นเทปลอนหลังจากการขึ้นรูปอุโมงค์อบลมร้อนที่ 2 ที่อุณหภูมิ 100, 150, 185, 200 และ 215 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ(°C)	เวลา(นาที)		
	8	10	12
100	ไม่สามารถลอกได้	$34.35\%^{a}\pm0.02$	$29.15\%^{a}\pm0.01$
150	$14.55\%^{ns}\pm0.01$	$18.65\%^{b}\pm0.02$	$16.35\%^{b}\pm0.01$
185	$16.80\%^{ns}\pm0.04$	$8.31\%^{c}\pm0.01$	$8.06\%^{c}\pm0.01$
200	$14.56\%^{ns}\pm0.02$	$9.34\%^{c}\pm0.00$	$7.77\%^{c}\pm0.01$
215	$12.15\%^{ns}\pm0.01$	$9.32\%^{c}\pm0.01$	$7.72\%^{c}\pm0.00$

$^{a-c}$ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งของกลุ่มตัวอย่างเดียวกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ $P<0.05$

^{ns} แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $P>0.05$

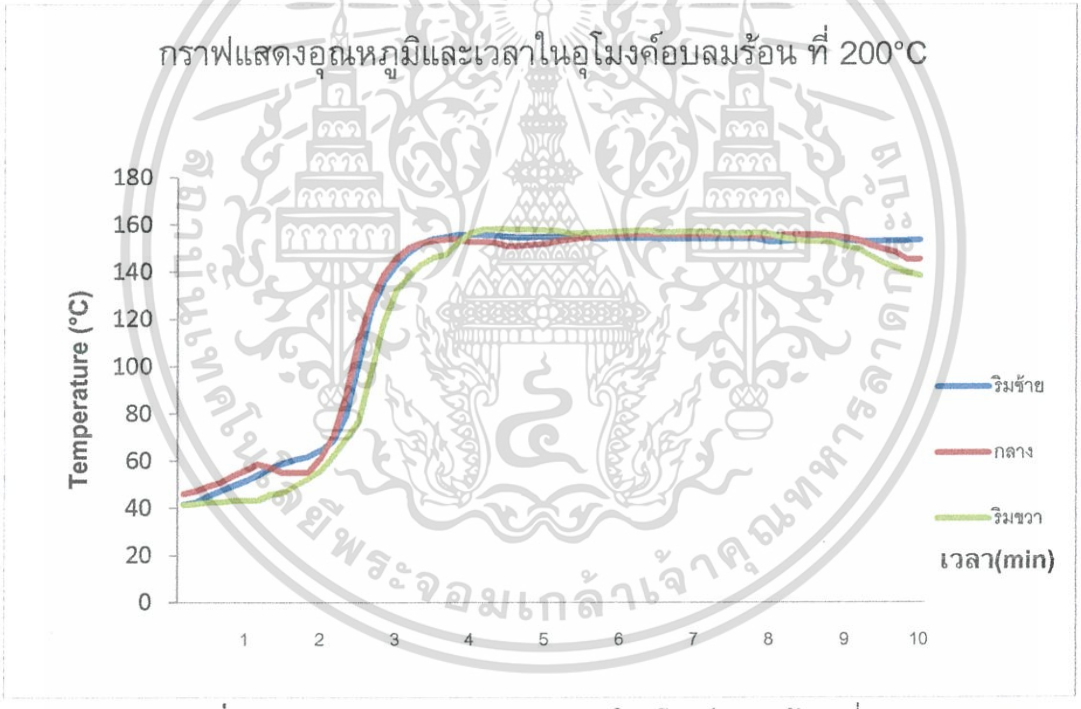
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 (ก) ผักหวานป่าที่ติดแผ่นเทปลอนมาก (ข) ตัวอย่างผักหวานป่าที่ติดแผ่นเทปลอนน้อย

4.2.2.2 อุณหภูมิในอุโมงค์อบลมร้อน

ชุดวัดและควบคุมแสดงผลอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิของฮีตเตอร์ให้ความร้อน แต่จากการทดลอง 3 จุดบนสายพานห่างจากสายพานด้านซ้ายเป็นระยะ 5, 20 และ 32 เซนติเมตร จากกราฟแสดงอุณหภูมิและเวลาในอุโมงค์อบลมร้อนที่ 200 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิทั้ง 3 จุดมีความใกล้เคียงกัน อุณหภูมิกระจายเท่ากันทั่วทั้งสายพาน เมื่อสายเทอร์โมคัปเปิลเข้าอุโมงค์อบลมร้อนเป็นเวลา 3 นาที 30 วินาที จากนั้นอุณหภูมิเริ่มคงที่ที่อุณหภูมิ 155±2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดที่ 158.29 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอุณหภูมิและเวลาในอุโมงค์อบลมร้อน ที่ 200°C

4.2.3 ความหนา

จากตารางที่ 4.3 ความหนาที่กระบวนการต่างๆ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ผักหวานป่าขึ้นรูปมีความหนา 0.181 เซนติเมตร หน้าแปลนทางออกวัตถุดิบขนาด 0.2 เซนติเมตร จากนั้นผ่านอุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1, 2 และผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนทำให้ความหนาสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีค่า 0.057 เซนติเมตร ซึ่งความหนามีผลต่อการทำแห้งในเรื่องของระยะเวลาในการขึ้นรูป และการทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความหนาของกระบวนการต่างๆ

Thickness (cm.)	Pre-forming ingredient	Primary drying (Turner dryer 100°C)	Secondary drying (Turner dryer 200°C)	Dried vegetable sheet
	$0.181^{a}\pm0.026$	$0.164^{b}\pm0.032$	$0.091^{c}\pm0.023$	$0.057^{d}\pm0.015$

[a-d] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนของกลุ่มตัวอย่างเดียวกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ $P<0.05$

4.2.4 ค่าสี

ผลของผักหวานป่าที่บด และถูกการแช่แข็งกับผักหวานป่าที่ไม่ผ่านการแช่แข็งมีผลต่อค่าสีของกระบวนการ พบว่าค่า L*ของผักหวานป่าบด, กระบวนการขึ้นรูปและกระบวนการอบลมร้อน มีค่าความสว่างสูงกว่าผักที่ผ่านการแช่แข็ง ค่า a* เป็นลบแสดงว่าผักแผ่นค่อยข้างเป็นสีเขียว ผักหวานป่าสดจะมีความเป็นสีเขียวมากกว่าผักหวานที่ถูกการแช่แข็ง ค่า a* เป็นบวกแสดงว่าผักค่อนข้างเป็นสีแดง ค่า b* เป็นบวกแสดงว่าผักค่อนข้างเป็นสีเหลือง ค่า b* เป็นลบแสดงว่าผักค่อนข้างเป็นสีน้ำเงิน ในกระบวนการอบลมร้อนค่า a* และ b* ลดลงมากซึ่งทำให้ความเป็นสีเขียวและสีเหลืองลดลงสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงของค่าสีที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำแห้ง คือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) ซึ่งในระหว่างการทำแห้งค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ในผักหวานป่ายังมีค่าสูง ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจึงสามารถเกิดขึ้นได้ และอาจเกิดจากปฏิกิริยาฟีโอไฟติไนเซชั่น (Pheophytinization) คือ แมกนีเซียมไอออนในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจนอะตอม ทำให้คลอโรฟิลล์ถูกเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (Pheophytin) และเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวมะกอกปนน้ำตาล (Olive-brown) ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูปพืชผักที่มีสีเขียวโดยใช้ความร้อน (นิธิยา, 2545) หลังจากการทอดค่า a* มีความเป็นสีเขียวลดลงเนื่องจากโดนความร้อนจากน้ำมันและค่า b* เพิ่มขึ้นบ่งบอกถึงความเป็นสีเหลืองหลังการทอดผักหวานป่าที่ผ่านการแช่แข็งและไม่ผ่านการแช่แข็งค่าสี a* และ b* ไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ $P>0.05$ มีเพียงค่าความสว่าง L* ที่มีความต่างทางนัยสำคัญเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าสีของผักหวานป่าที่ผ่านการแช่แข็งและไม่ผ่านการแช่แข็งของกระบวนการต่างๆ

กระบวนการ	ค่าสี		
	L*	a*	b*
Vegetable	35.03^{a}±0.31	-15.31^{a}±0.01	34.14^{a}±0.26
Vegetable(Freeze)	34.01^{b}±0.46	-6.20^{b}±0.13	31.11^{b}±0.43
Pre-forming ingredient	34.58^{a}±0.07	-15.82^{b}±0.04	35.75^{a}±0.04
Pre-forming ingredient(Freeze)	33.69^{b}±0.09	-5.79^{a}±0.10	31.16^{b}±0.39
Final product	35.29^{a}±0.204	-4.27^{b}±0.06	16.47^{ns}±0.54
Final product(Freeze)	31.69^{b}±0.26	0.63^{a}±0.07	15.52^{ns}±0.47
Final product fried	30.73^{a}±0.68	-2.73^{ns}±0.27	24.48^{ns}±2.02
Final product fried(Freeze)	32.59^{b}±0.40	-3.04^{ns}±0.12	27.78^{ns}±0.70

$^{a-b}$ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งของกลุ่มตัวอย่างเดียวกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ $P<0.05$

^{ns} แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $P>0.05$

4.2.5 Water activity

คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผักแผ่น (ตารางที่ 4.5) ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ของผักหวานป่าอบที่เวลาต่างๆ มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเวลาอบมากขึ้นค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้จะลดลง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายทะเลอบแห้ง(มผช.515/2547) ที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และค่า a_w ไม่เกิน 0.6 ระยะเวลาในการอบ 30 นาทีได้ a_w มีค่า 0.685 ซึ่งยังมากกว่า 0.6 และเวลาในการอบ 40 นาที ค่า a_w 0.524 ซึ่งต่ำกว่า 0.6 ดังนั้นจึงใช้เวลาในการอบลมร้อนที่ระยะเวลา 40 นาที

ตารางที่ 4.5 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (a_w) ของผักหวานป่าในการอบที่เวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที

Time(min)	10	20	30	40
Water activity(Aw)	0.922^{a}±0.01	0.832^{b}±0.00	0.685^{c}±0.67	0.524^{d}±0.02

$^{a-d}$ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนของกลุ่มตัวอย่างเดียวกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ $P<0.05$

4.2.6 ความชื้นฐานเปียก

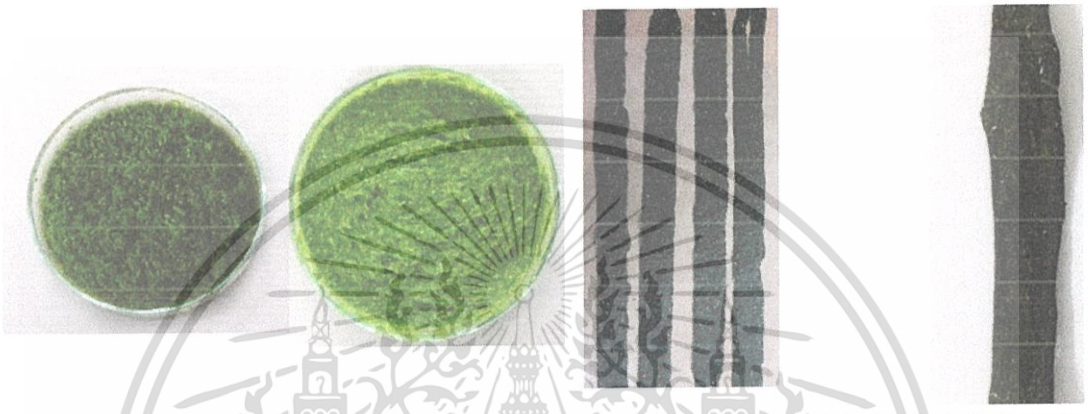
ปริมาณความชื้นเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารโดยน้ำมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ของอาหาร เนื่องจากน้ำเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และชีวเคมีของอาหารซึ่งทำให้เกิดผลทั้งในด้านที่เป็นประโยชน์หรือในด้านที่ไม่ต้องการ (นิธิยา 59 รัตนปนนท์, 2549) เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงของอาหาร และช่วยยืดอายุการเก็บ จึงมีการให้ความสำคัญกับการลดปริมาณความชื้นในอาหารลงโดยการทำเป็นอาหารแห้ง จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี และกายภาพของผักหวานป่า อาหารแห้งควรมีความชื้นน้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 เพื่อป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ทั้งจาก รา ยีสต์ และแบคทีเรีย นอกจากนี้ยัง สามารถยับยั้งพวกจุลินทรีย์ก่อโรคได้ และยังเป็นสภาวะที่ไม่เอื้อต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอาหาร (Jay, 1998) จากผลการทดลองผลิตภัณฑ์หลังอบลมร้อนเป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40 นาทีพบว่ามีความชื้น 7.29 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผักหวานป่ามีคุณสมบัติเป็นอาหารแห้งซึ่งสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานานประมาณ 1 ปี และเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายทะเลอบแห้ง

ตารางที่ 4.6 ค่าความชื้นฐานเปียก (ร้อยละ) ของกระบวนการต่างๆ ในการทำผักแผ่น

Minced *M. suavis Pierre* (%)	Pre-forming ingredient (%)	Forming and passed Conveyor Dryer (%)	Final product(%)
81.89±0.00	86.96±0.00	69.42±0.01	7.29±0.00



4.2.7 ผลผลิตร้อยละ (%yield) และคุณค่าทางโภชนาการ

ผลผลิตร้อยละ(%yield) ในการทดลองใช้ผักหวานป่าปั่นละเอียด 1,500 กรัม เมื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดมีน้ำหนัก 3,750 กรัม และได้ผลิตภัณฑ์ 512.79 กรัม ผลผลิตร้อยละ 13.67 มีโภชนาการอาหารที่สำคัญต่าง ๆ ไขมันต่ำ ดังตารางที่ 4.7 ใน 1 ซอง 20 กรัมประกอบไปด้วยไขมันร้อยละ 9 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5 ไฟเบอร์ร้อยละ 12 แคลเซียม และเหล็กร้อยละ 4 พลังงานที่ได้ใน 1 ซอง 113 กิโลแคลอรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 คุณค่าทางโภชนาการของผักหวานป่า 20g

Nutrition Information			
Service Size : 1 bag (20g)			
Serving Per Container : 1			
Total energy	Kilocalories		(Energy from fat 50 kilocalories)
			Percent Thai RDI*
Total Fat	6 g		9%
Saturated Fat	2.5 g		13%
Cholesterol	0 mg		0%
Protein	3 g		
Total Carbohydrate	16 g		5%
Dietary Fiber	3 g		12%
Sugars Less than	1 g		
Sodium	10 mg		0%
	Percent Thai RDI*		
Vitamin A	0%	Vitamin B1	0%
Vitamin B2	0%	Calcium	4%
Iron	4%		
*Percent Thai Recommended Intakes for population over 6 years of age are based on a 2,000Kcal			
Energy need very by individuals. If your activities require energy of 2,000Kcal per day, your daily diet should provide the following nutrients			
Total fat	Less than	65g	
Saturated Fat	Less than	20g	
Cholesterol	Less than	300mg	
Total Carbohydrate	300 g		
Dietary Fiber	25 g		
Sodium	Less than	2,400 mg	
Energy (Kilocalories) per gram: Fat = 9 ; Protein = 4 ; Carbohydrate = 4			

4.2.8 จุดคุ้มทุน

รายละเอียดโครงการ ตารางที่ 4.8 เป็นรายจ่ายต่อหน่วยจริงของผู้ประกอบการ ส่วนของวัตถุดิบ ถุงฟอยด์ สติ๊กเกอร์ มีราคาต่อหน่วยสูงถึง 12 บาทต่อถุง ถ้าสั่งในปริมาณมากต้นทุนส่วนวัตถุดิบจะลดลงได้ถึง 8 บาทต่อถุง โดยค่าสติ๊กเกอร์ 5 บาทต่อถุงและค่าถุงฟอยด์ 3 บาทต่อถุง ค่าแรงงานคิดตามอัตราค่าจ้างขั้นต่ำทั่วประเทศใช้ใน 77 จังหวัด อัตราวันละตั้งแต่ 300-310 บาท เริ่มบังคับใช้ 1 ม.ค.2560 อัตราค่าไฟฟ้าตามประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็กแรงดันต่ำกว่า 22kV ของเดือนพฤษภาคม 2560 โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ค่าไฟฟ้าพื้นฐาน ค่าไฟฟ้าผันแปรและภาษีมูลค่าเพิ่ม(7%) โดยคิดค่าไฟฟ้าของผู้ประกอบการคือตู้อบลมร้อนแบบถาด 1 ตัว (2 ชั่วโมงต่อการอบวัตถุดิบ 1 รอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และของผู้วิจัยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด 1 ตัว (40 นาทีต่อการอบวัตถุดิบ 1 รอบ) ใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และอุโมงค์อบลมร้อน 2 ตัว อัตราการป้อนวัตถุดิบ 4.43 Kg^3/hr ซึ่งสายพานมีขนาดความกว้าง 40 เซนติเมตร หน้าแปลนทางออกวัตถุดิบกว้าง 4 เซนติเมตร ในการใช้งานจริงสามารถเพิ่มหน้าแปลนทางออกวัตถุดิบเป็น 6 อัน ดังนั้นคิดอัตราการป้อนวัตถุดิบ 21.5 Kg^3/hr คิดชั่วโมงการทำงานใช้งานเป็น 3.5 ชั่วโมงต่อวัน

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงรายละเอียด ค่าใช้จ่ายระหว่างผู้ประกอบการและผู้วิจัย

รายละเอียดโครงการ	**ผู้ประกอบการ**	**ผู้วิจัย**
1.เครื่องจักรและอุปกรณ์	**(บาท)**	**(บาท)**
ตู้อบลมร้อนแบบถาด (4000 Watt)	40,000	40,000
อุโมงค์อบลมร้อน(9,000 Watt) 2 ตัว		200,000
เครื่องซีลไนโตรเจน	22,000	22,000
ถังไนโตรเจน	5,000	5,000
รวม	*69,500*	*269,500*
2.วัตถุดิบ	**(บาท/เดือน)**	**(บาท/เดือน)**
ผักหวานป่า (1Kg = 100บาท)	180 Kg = 18,000	1009.8 Kg = 100,980
แป้งข้าวโพด (700g = 58 บาท)	26.675 kg = 2,210	149.65 Kg = 8679.7
แป้งมันสำปะหลัง (1Kg = 75บาท)	2.475 Kg = 185	13.88 Kg = 1,041
น้ำมันรำข้าว (1.9 ลิตร/119บาท)	10 ขวด = 1,190	56 ขวด = 6,664
ถุงฟอยด์ (4 บาท/ถุง)	3,000 ถุง = 12,000	16,830 ถุง = 67,320
ผงปรุงรส (500 g/20 บาท)	4.2 Kg = 180	23.56 Kg = 1009.8
สติ๊กเกอร์ (1 ถุง/8 บาท)	3,000 ถุง = 24,000	16,830 ถุง = 134,640
ก๊าซไนโตรเจน (20 ลิตร/400บาท)	3,000 ถุง = 1,200	16,830 ถุง = 6,732
รวม	58,965	336154.7
3.แรงงาน+ค่าไฟ	**(บาท/เดือน)**	**(บาท/เดือน)**
ค่าแรงงาน	2 คน = 18,000	4 คน = 36,000
ค่าไฟตู้อบลมร้อนแบบถาด (8ชม./วัน)	960 หน่วย	960 หน่วย
อุโมงค์อบลมร้อน 2 ตัว (3.5ชม./วัน)		1,890 หน่วย
รวมค่าไฟฟ้า	4,095.14	12,536.23
รวม	22,095.14	48,536.23
4.รายได้		
ผักหวานป่าราคาส่ง (20g/ถุง = 30บาท)	60 kg = 90,000	336.6 Kg = 504,900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 จุดคุ้มทุนเบื้องต้นของผู้ประกอบการและผู้วิจัย

รายการ	ผู้ประกอบการ	ผู้วิจัย
ค่าเครื่องจักร (บาท)	69,500	269,500
ค่าใช้จ่ายต่อเดือน	81,060.14	384690.93
รายได้ต่อเดือน (บาท)	90,000	504,900
ระยะเวลาในการคืนทุน (เดือน)	18.07	6.18

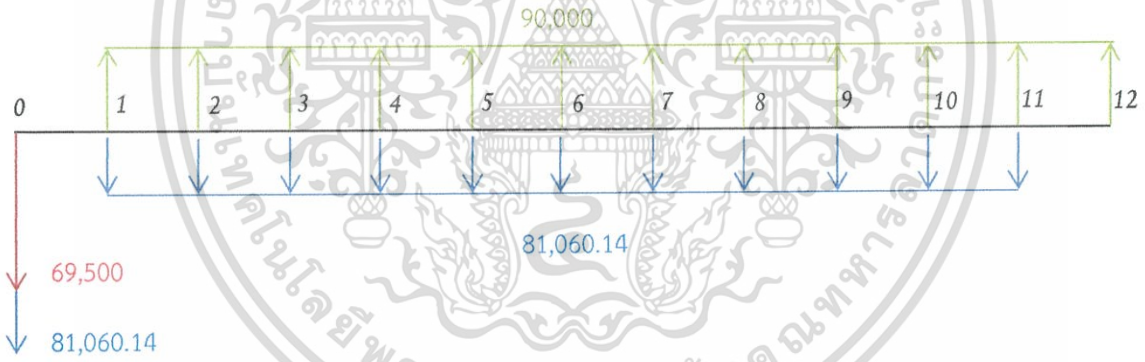
กำหนดอัตราดอกเบี้ยตามธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) เริ่มใช้ตั้งแต่ 22 พฤษภาคม 2560 อัตราดอกเบี้ยอ้างอิงลูกค้ารายย่อยชั้นดี (Minimum Retail Rate) หรือ MRR ร้อย ละ 7.2 ต่อปี อัตราดอกเบี้ยสูงสุดกรณีปกติร้อยละ 11.20 และอัตราดอกเบี้ยสูงสุดกรณีผิดเงื่อนไข หรือผิดนัดชำระหนี้ร้อยละ 15 อัตราดอกเบี้ยเฉลี่ยระหว่างต่ำสุดกับสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 9.2 ต่อปี ผู้วิจัย ใช้อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 9.0 ต่อปีเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณและใกล้ค่าจริงมากที่สุดและคิดอัตราดอกเบี้ยต่อเดือน

$$i = \frac{9}{12} = 0.75\% \text{ ต่อเดือน}$$

$0 = -(69,500+81,060.14) + (90,000-81,060.14)(P/A, 0.75, n_p)$

$0 = -(150,560.14) + (8,939.86)(P/A, 0.75, n_p)$

$n_p = 18.07$ เดือน

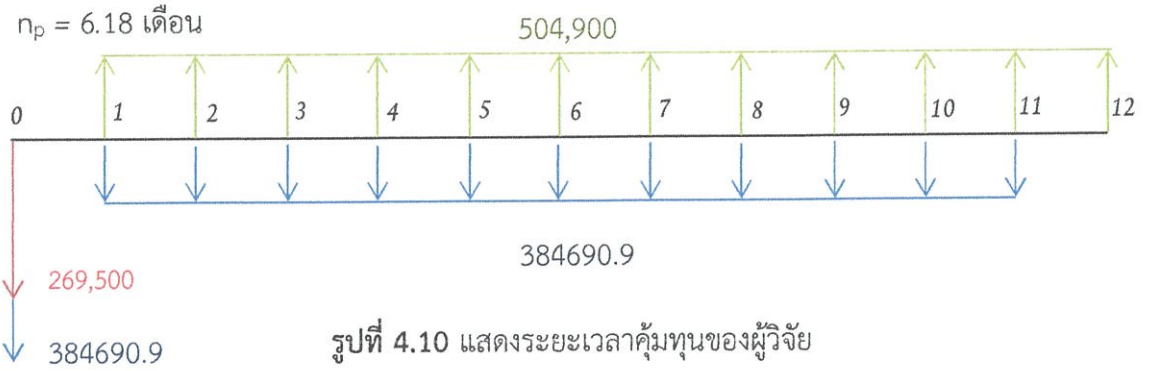


รูปที่ 4.9 แสดงระยะเวลาคุ้มทุนของผู้ประกอบการ

$0 = -(269,500+225,431.23) + (504,900-384690.93)(P/A, 0.75, n_p)$

$0 = -494,931.23 + (120,209.07)(P/A, 0.75, n_p)$

$n_p = 6.18$ เดือน



รูปที่ 4.10 แสดงระยะเวลาคุ้มทุนของผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์พบว่าระยะเวลาในการคุ้มทุนของผู้ประกอบการ 1 ปี 6 เดือน และของผู้วิจัย 6 เดือน 6 วัน มีระยะเวลาในการคุ้มทุนเร็วกว่าของผู้ประกอบการ และรายได้สุทธิต่อเดือนของผู้วิจัยมากกว่าของผู้ประกอบการ 111,269.21 บาท/เดือน ระยะเวลาคุ้มทุนของผู้วิจัยสั้นกว่าระยะเวลาคุ้มทุนของผู้ประกอบการ 11 เดือน 25 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการศึกษาการขึ้นรูปโดยการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ไม่เหมาะสมกับการขึ้นรูปผักหวานป่าแผ่นแต่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดในสถานะตามธรรมชาติหรือทำให้มีความเข้มข้น และการขึ้นรูปแบบลมร้อนเหมาะสมกับการขึ้นรูปผักหวานป่าแผ่น ที่หน้าแปลนปากทางออกวัตถุดิบกว้าง 2 มิลลิเมตร จะได้ความหนา 1.81 มิลลิเมตร และได้ผลิตภัณฑ์หนา 0.57 มิลลิเมตร แผ่นรองอบวัตถุดิบที่เหมาะสมคือแผ่นเทปลอน

5.1.2 จากการทดสอบกับอุโมงค์อบลมร้อน ความเร็วสายพาน และอัตราการป้อนวัตถุดิบมีความสำคัญในการขึ้นรูปผักแผ่นให้มีลักษณะเป็นแผ่นขึ้นรูปได้อย่างต่อเนื่อง คือ ความเร็วสายพาน 0.97 m/min และอัตราป้อนวัตถุดิบ 2.84 Kg^3/hr จะได้ผักหวานป่าที่เต็มแผ่น และมีความสัมพันธ์กันคือสามารถปรับความเร็วสายพาน และอัตราป้อนวัตถุดิบโดยปรับให้เป็นทวีคูณก็ยังคงได้ผักแผ่นที่มีลักษณะเป็นแผ่นขึ้นรูปได้อย่างต่อเนื่อง

5.1.3 จากการศึกษาอุณหภูมิในอุโมงค์อบลมร้อนผักแผ่นที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และ 215 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์ในการติดแผ่นเทปลอนหลังจากขึ้นรูป 7.77 และ 7.72 ตามลำดับไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ $P>0.05$ จึงเลือกอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการขึ้นรูปผักหวานป่าแผ่น แต่การทดสอบอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล ผลปรากฏว่าวัดอุณหภูมิบนสายพานได้สูงสุด 158.29 องศาเซลเซียส

5.1.4 คุณภาพของผักหวานป่าแผ่น ค่าสีของผักหวานป่าที่ถูกแช่แข็งไว้เมื่อเทียบกับผักหวานป่าสดมี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $P<0.05$ แต่เมื่อผ่านกระบวนการต่างๆ จนถึงกระบวนการสุดท้าย พบว่าค่า L* a* และ b* ของผักหวานป่าที่ถูกแช่แข็ง 30.73, -2.73 และ 24.48 ผักหวานป่าสด 32.59, -3.04 และ 27.78 ค่า L* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $P>0.05$ ส่วนค่าของ a* และ b* ไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (a_w) มีค่าหลังอบที่ 0.524 เมื่ออบลมร้อนหลังขึ้นรูปเป็นเวลา 40 นาที ความชื้นฐานเปียกร้อยละ 7.29 ของผลิตภัณฑ์หลังอบ และจากการวัดคุณค่าทางโภชนาการอาหารพบว่ามีไขมัน คาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์ แคลเซียม และเหล็ก 9, 5, 12, 4 และ 4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

5.1.5 จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผักหวานป่าแผ่น 1.5 กิโลกรัม ได้ผลิตภัณฑ์ประมาณ 500 กรัม บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ต้นทุนรวมของวัตถุดิบ รายได้ต่อผักหวานป่า 1 kg คือ 327.58 และ 500 บาท ตามละดับซึ่งแปรผันตามปริมาณผักหวานป่า คำนวณจุดคุ้มทุนของผู้ประกอบการและผู้วิจัย โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าใช้จ่ายต่อ 1 ถุงของผู้ประกอบการ และผู้วิจัยคือ 27 และ 25 บาท และระยะเวลาคืนทุนของผู้ประกอบการ และผู้วิจัยคือ 18 และ 6 เดือนตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 อาจเพิ่มการทดสอบการยอมรับทางประสารทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผักหวานป่าแผ่นกับผู้ทดสอบหลายๆกลุ่ม เช่น กลุ่มวัยเรียน กลุ่มวัยทำงาน และปรับปรุงรสชาติให้หลายหลายมากขึ้น เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการขยายกลุ่มเป้าหมายที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์

5.2.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวิธีการเตรียมการขั้นต้นไปใช้กับวัตถุดิบอื่น เพื่อเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตรชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จันทนี ธีรเวชเจริญชัย. 2557. การพัฒนาอาหารว่างแบบเลเยอร์ที่มีเบต้าแคโรทีนจากฝักทอง มันเทศ และแครอท. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนัชญา อินทร์สุวรรณ์ และปาริชาติ ศงสนันทน์. 2557. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่แผ่น. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ.

วัฒนา ดำรงครัตน์กุล. 2548. การพัฒนาผักแผ่นจากผักคะน้าและผักตำลึง. กรุงเทพฯ.

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ, ศิริญา ทาคำ, พรทิพย์ เทพทับทิม และ ปรีดา เฟื่องฟู. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเพื่อสุขภาพจากกระเจี๊ยบเขียวและผักบุ้งจีน. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

Chanchira Phimpharian, Anuvat Jangchud, Kamolwan Jangchud, Nantawan Therdthai, Witoon Prinyawiwatkul & Hong Kyoon. 2011. Physicochemical characteristics and sensory optimisation of pineapple leather snack as affected by glucose syrup and pectin concentrations. International Journal of FoodScience&Technology 46, 972-981.

Raab, C. and Oehler N. 2001. Making Dried Fruit Leather. Oregon State University. Extension service. Available Source : http://eesc.orst.edu/agcomwebfile/edmat/html/fs232/fs232.html, เข้าถึงเมื่อ 28 ตุลาคม 2559.

Michael Kuo. Pleurotus pulmonarius: The Summer Oyster. http://www.mushroomexpert.com/pleurotus_pulmonarius.html. เข้าถึงเมื่อ 10 สิงหาคม 2559.

Singh Gujral, H. and Singh Brar, S. (2003) Effect of Hydrocolloids on the Dehydration Kinetics, Color, and Texture of Mango Leather. International Journal of Food Properties, 6, 269-279. Properties, 6, 269-279.

อนุวัตร แจ้งขัด. 2006. การพัฒนาผักแผ่นจากผักคะน้าและผักตำลึง. Agricultural Science Journal. 27, 293-296.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองวัดคุณภาพผักหวานป่าแผ่น

- การวัดค่าสี
- ค่า Water activities
- ค่าความชื้นฐานเปียก
- ค่าความหนาหลังการขึ้นรูป และหลังการอบ
- ค่าอุณหภูมิในอุโมงค์อบลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลการวัดค่าสีของผักหวานป่าแผ่น

ตัวอย่าง	ซ้ำที่	L*	a*	b*
ผักหวานป่าบดละเอียด	1	35.35	-15.32	34.31
	2	34.72	-15.3	33.84
	3	35.02	-15.31	34.28
ผักหวานป่าบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการแช่แข็ง	1	33.82	-6.25	31.08
	2	34.54	-6.05	30.69
	3	33.67	-6.31	31.55
ส่วนผสมวัตถุดิบก่อนการขึ้นรูป	1	34.61	-15.79	35.71
	2	34.64	-15.81	35.78
	3	34.5	-15.88	35.78
ส่วนผสมวัตถุดิบก่อนการขึ้นรูปที่ผ่านกระบวนการแช่แข็ง	1	33.6	-5.69	31.43
	2	33.79	-5.79	31.34
	3	33.68	-5.9	30.7
ผักหวานป่าแผ่นที่ผ่านกระบวนการอบ	1	35.34	-4.33	16.79
	2	35.47	-4.28	16.79
	3	35.07	-4.21	15.85
ผักหวานป่าแผ่นแช่แข็งที่ผ่านกระบวนการอบ	1	31.54	0.6	15.19
	2	31.53	0.58	15.31
	3	32	0.71	16.07
ผักหวานป่าแผ่นที่ผ่านกระบวนการทอด	1	30.13	-2.88	25.98
	2	30.59	-2.89	25.29
	3	31.47	-2.41	22.18
ผักหวานป่าแผ่นแช่แข็งที่ผ่านกระบวนการอบแล้วนำไปทอด	1	32.49	-3.18	27.65
	2	32.25	-2.99	27.16
	3	33.04	-2.95	28.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ค่า Water activity

Time(min)	10	20	30	40
Water activity	0.929	0.841	0.695	0.544
	0.930	0.827	0.684	0.539
	0.909	0.830	0.678	0.490
AVG	0.923	0.833	0.686	0.524

ตารางที่ ก.3 ค่าความชื้นฐานเปียก

200°C	ผักหวานป่าบดละเอียด				ส่วนผสมวัตถุดิบก่อนขึ้นรูป			
	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักผัก	น้ำหนักถ้วย+ผักหลังอบ	ความชื้นฐานแห้ง	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักผัก	น้ำหนักถ้วย+ผักหลังอบ	ความชื้นฐานแห้ง
1	3.6890	5.3180	4.6536	81.86%	3.7733	5.3234	4.4658	86.99%
2	3.3848	5.0951	4.3055	81.93%	3.7661	4.8608	4.3994	86.97%
3	3.2784	5.1683	4.2143	81.89%	3.6108	4.9699	4.2609	86.92%
AVG				81.89%	AVG			86.96%
200°C	หลังขึ้นรูปและผ่านอุโมงค์อบลมร้อน				Final Product			
	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักผัก	น้ำหนักถ้วย+ผักหลังอบ	ความชื้นฐานแห้ง	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักผัก	น้ำหนักถ้วย+ผักหลังอบ	ความชื้นฐานแห้ง
1	3.5326	5.0324	5.0764	69.32%	2.8599	2.2247	4.9234	7.25%
2	3.5419	5.3688	5.1322	70.38%	2.5823	2.6945	5.0793	7.33%
3	3.3242	5.0046	4.8983	68.55%	2.5176	2.3708	4.7155	7.29%
AVG				69.42%	AVG			7.29%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ความหนาหลังการขึ้นรูปและหลังการอบ

ความหนาแผ่นที่	ก่อนการอบขึ้นรูป	หลังอบขึ้นรูป (อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1)	หลังอบขึ้นรูป (อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2)	หลังอบผลิตภัณฑ์
1	0.159	0.200	0.140	0.060
	0.135	0.140	0.100	0.075
	0.180	0.195	0.090	0.060
AVG	0.158	0.178	0.110	0.065
2	0.200	0.160	0.100	0.085
	0.160	0.170	0.080	0.060
	0.185	0.160	0.070	0.035
AVG	0.182	0.163	0.083	0.060
3	0.140	0.160	0.125	0.075
	0.200	0.185	0.085	0.050
	0.200	0.160	0.125	0.025
AVG	0.180	0.168	0.112	0.050
4	0.160	0.170	0.150	0.065
	0.200	0.200	0.060	0.050
	0.240	0.180	0.070	0.025
AVG	0.200	0.183	0.093	0.047
5	0.200	0.175	0.095	0.060
	0.165	0.190	0.070	0.070
	0.160	0.180	0.075	0.050
AVG	0.175	0.182	0.080	0.060
6	0.180	0.150	0.080	0.060
	0.140	0.130	0.125	0.050
	0.190	0.160	0.110	0.050
AVG	0.170	0.147	0.105	0.053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ความหนาหลังการขึ้นรูปและหลังการอบ(ต่อ)

ความหนาแผ่นที่	ก่อนการอบขึ้นรูป	หลังอบขึ้นรูป (อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1)	หลังอบขึ้นรูป (อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2)	หลังอบผลิตภัณฑ์
7	0.125	0.110	0.070	0.060
	0.190	0.165	0.050	0.050
	0.200	0.160	0.070	0.070
AVG	0.172	0.145	0.063	0.060
8	0.180	0.175	0.110	0.075
	0.160	0.190	0.090	0.070
	0.180	0.100	0.100	0.060
AVG	0.173	0.155	0.100	0.068
9	0.180	0.140	0.110	0.075
	0.140	0.150	0.080	0.075
	0.130	0.220	0.090	0.050
AVG	0.150	0.170	0.093	0.067
10	0.170	0.150	0.070	0.050
	0.165	0.170	0.040	0.020
	0.170	0.210	0.100	0.020
AVG	0.168	0.177	0.070	0.030
11	0.185	0.180	0.070	0.050
	0.200	0.200	0.140	0.050
	0.250	0.260	0.090	0.075
AVG	0.212	0.213	0.100	0.058
12	0.165	0.160	0.100	0.050
	0.160	0.160	0.080	0.050
	0.160	0.170	0.070	0.060
AVG	0.162	0.163	0.083	0.053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ความหนาหลังการขึ้นรูปและหลังการอบ(ต่อ)

ความหนาแผ่นที่	ก่อนการอบขึ้นรูป	หลังอบขึ้นรูป (อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1)	หลังอบขึ้นรูป (อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2)	หลังอบผลิตภัณฑ์
13	0.230	0.160	0.095	0.060
	0.220	0.185	0.100	0.055
	0.185	0.013	0.060	0.040
AVG	0.212	0.119	0.085	0.052
14	0.200	0.130	0.080	0.075
	0.185	0.160	0.120	0.050
	0.170	0.135	0.100	0.075
AVG	0.185	0.142	0.100	0.067
15	0.185	0.150	0.150	0.050
	0.240	0.170	0.100	0.075
	0.210	0.155	0.080	0.075
AVG	0.212	0.158	0.110	0.067
16	0.195	0.160	0.070	0.050
	0.175	0.180	0.060	0.025
	0.200	0.140	0.090	0.070
AVG	0.190	0.160	0.073	0.048
AVG	0.181	0.164	0.091	0.057
STDV	0.026	0.032	0.023	0.015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 อุณหภูมิในอุโมงค์อบลมร้อน

Scan	Time	107 (C)	111 (C)	112 (C)
1	5/5/2017 19:59:56:306	41.662	46.177	41.358
2	5/5/2017 20:00:06:291	42.622	47.254	41.919
3	5/5/2017 20:00:16:291	45.189	49.269	42.609
4	5/5/2017 20:00:26:291	47.5	51.052	42.649
5	5/5/2017 20:00:36:291	49.685	53.585	43.234
6	5/5/2017 20:00:46:291	51.721	56.084	43.323
7	5/5/2017 20:00:56:291	54.161	58.714	43.541
8	5/5/2017 20:01:06:291	56.801	57.245	45.726
9	5/5/2017 20:01:16:291	59.219	55.126	46.595
10	5/5/2017 20:01:26:291	60.754	55.223	49.642
11	5/5/2017 20:01:36:291	61.858	55.03	52.513
12	5/5/2017 20:01:46:291	64.5	61.515	56.169
13	5/5/2017 20:01:56:291	68.593	71.028	62.245
14	5/5/2017 20:02:06:291	78.616	87.007	69.078
15	5/5/2017 20:02:16:291	102.463	111.423	77.105
16	5/5/2017 20:02:26:291	124.643	128.067	97.963
17	5/5/2017 20:02:36:291	136.341	138.977	118.594
18	5/5/2017 20:02:46:291	143.268	145.931	132.257
19	5/5/2017 20:02:56:291	148.594	150.31	138.45
20	5/5/2017 20:03:06:291	152.195	152.352	143.339
21	5/5/2017 20:03:16:291	154.099	153.394	146.285
22	5/5/2017 20:03:26:291	155.127	153.915	147.617
23	5/5/2017 20:03:36:291	155.886	154.01	152.665
24	5/5/2017 20:03:46:291	155.698	152.721	156.667
25	5/5/2017 20:03:56:291	155.807	153.073	157.988
26	5/5/2017 20:04:06:291	155.556	152.573	158.296
27	5/5/2017 20:04:16:291	155.027	150.994	158.277
28	5/5/2017 20:04:26:291	154.726	151.174	158.128
29	5/5/2017 20:04:36:291	154.778	151.764	158.031
30	5/5/2017 20:04:46:291	154.851	152.097	157.802

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 อุณหภูมิในอุโมงค์อบลมร้อน(ต่อ)

Scan	Time	107 (C)	111 (C)	112 (C)
32	5/5/2017 20:05:06:291	155.428	153.957	156.418
33	5/5/2017 20:05:16:291	155.063	154.73	156.715
34	5/5/2017 20:05:26:291	154.263	155.302	156.804
35	5/5/2017 20:05:36:291	154.446	155.752	157.121
36	5/5/2017 20:05:46:291	154.489	155.819	157.263
37	5/5/2017 20:05:56:291	154.652	156.164	157.468
38	5/5/2017 20:06:06:291	154.392	155.977	157.846
39	5/5/2017 20:06:16:291	154.351	156.092	157.049
40	5/5/2017 20:06:26:291	154.228	156.034	156.993
41	5/5/2017 20:06:36:291	154.075	155.818	157.283
42	5/5/2017 20:06:46:291	154.219	155.799	157.06
43	5/5/2017 20:06:56:291	154.332	155.873	157.298
44	5/5/2017 20:07:06:291	154.208	155.73	156.746
45	5/5/2017 20:07:16:291	154.401	155.878	156.442
46	5/5/2017 20:07:26:291	154.246	155.564	156.435
47	5/5/2017 20:07:36:291	154.089	155.291	156.949
48	5/5/2017 20:07:46:291	152.924	155.358	156.138
49	5/5/2017 20:07:56:291	152.927	155.726	154.683
50	5/5/2017 20:08:06:291	153.469	155.85	153.706
51	5/5/2017 20:08:16:291	153.714	155.955	152.958
52	5/5/2017 20:08:26:291	153.703	155.763	153.27
53	5/5/2017 20:08:36:291	153.59	155.492	152.71
54	5/5/2017 20:08:46:291	153.661	154.736	150.975
55	5/5/2017 20:08:56:291	153.14	153.425	149.975
56	5/5/2017 20:09:06:291	153.082	151.54	146.952
57	5/5/2017 20:09:16:291	153.178	149.921	144.044
58	5/5/2017 20:09:26:291	153.319	148.549	141.875
59	5/5/2017 20:09:36:291	153.443	145.388	139.818
60	5/5/2017 20:09:46:291	153.752	145.646	138.476

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

- รูปวัสดุอุปกรณ์
- รูปผลิตภัณฑ์
- รูปอุปกรณ์เครื่องต้นแบบ
- รูปการขยายระดับการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.1 ผักหวานป่า

รูปที่ ค.2 ผักหวานป่าที่ผ่านการคัดยอดแล้ว

รูปที่ ค.3 ผักหวานป่าที่ผ่านการปั่นละเอียดแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.4 ผักหวานป่าที่ผ่านการปั่นละเอียดและทำการผสมแล้ว

รูปที่ ค.5 อุปกรณ์ที่ใช้ขึ้นรูปผักแผ่นด้วยมือ

รูปที่ ค.6 เครื่องอัดแบบเกลียวที่ใช้ในการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.7 อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1 (ด้านหน้า)

รูปที่ ค.8 อุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 2 (ด้านหน้า)

รูปที่ ค.9 อุโมงค์อบลมร้อน (ด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

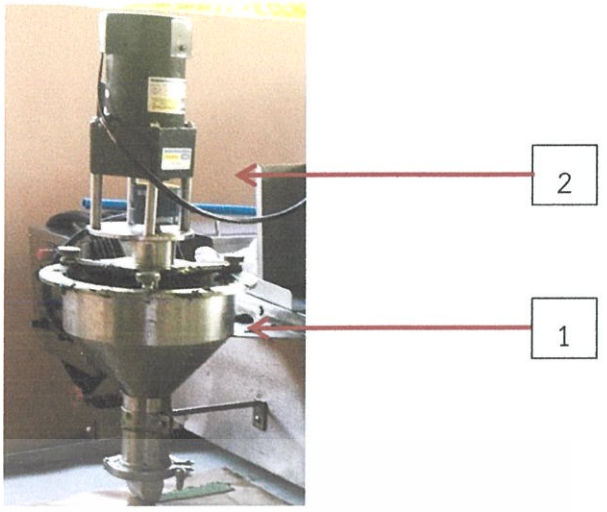
เครื่องอุโมงค์อบลมร้อนตัวที่ 1 และ 2

1. โครงสร้างทำจากสแตนเลส เกรด 304
2. สายพานตาข่ายสแตนเลส หน้ากว้าง 400 มิลลิเมตร ยาว 2,200 มิลลิเมตร
3. มอเตอร์ขับสายพานขนาย 90 วัตต์ สามารถปรับความเร็วรอบได้ ตั้งแต่ 10 ถึง 90 เฮิร์ท
4. สามารถกลับทางหมุนสายพานได้
5. ฮีตเตอร์ให้ความร้อนขนาด 9,000 วัตต์
6. มีชุดวัดและควบคุมอุณหภูมิตัวที่ 1 ได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 0 ถึง 200 องศาเซลเซียส และตัวที่ 2 ตั้งแต่อุณหภูมิ 0 ถึง 250 องศาเซลเซียส หน้าจอแสดงผลเป็นตัวเลข
7. ห้องอบหุ้มฉนวนกันความร้อนหนา 25 มิลลิเมตร
8. มอเตอร์พัดลมกระจายความร้อนขนาด ½ แรงม้า
9. สามารถปรับความเร็วมอเตอร์พัดลมได้ ด้วยระบบอินเวอร์เตอร์หน้าจอแสดงผลเป็นตัวเลข
10. มีช่องระบายความชื้นและดึงอากาศดีเข้า
11. มีระบบตัดการทำงานของฮีตเตอร์ในกรณีที่มอเตอร์พัดลมไม่ทำงาน ป้องกันฮีตเตอร์ไหม้
12. มีระบบป้องกันบกระแสไฟฟ้าเกิน
13. มีล้อเลื่อนขนาย 3 นิ้วจำนวน 4 ล้อ
14. ใช้ไฟฟ้า 380 โวลต์ 50 เฮิร์ต 3 เฟส (4 สาย)

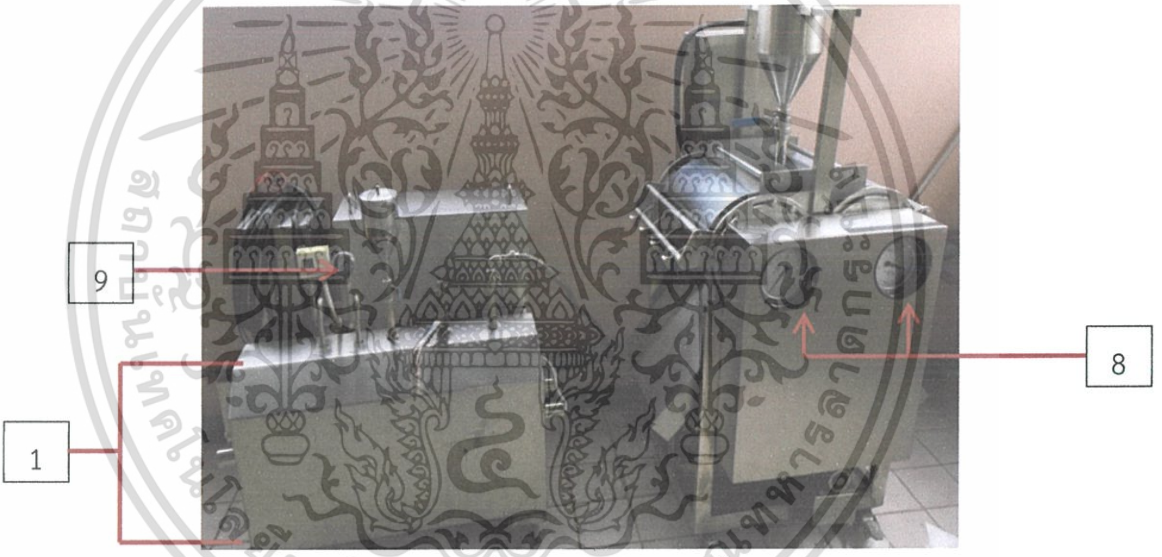
ชุดเครื่องขึ้นรูปแบบเกลียวอัด (Screw feeder)

1. ถังเตรียมวัตถุดิบ
2. สกรูเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

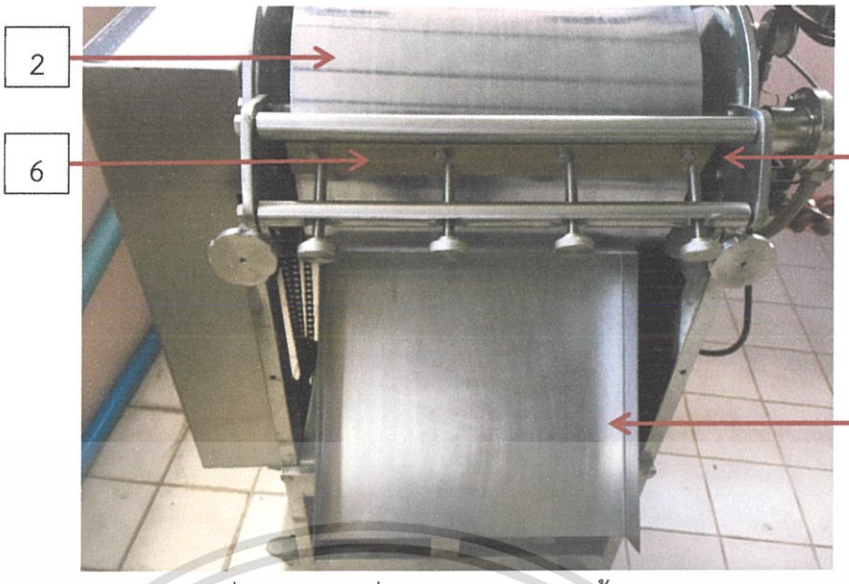


รูปที่ ค.10 ชุดขึ้นรูปแบบอัดเกลียว

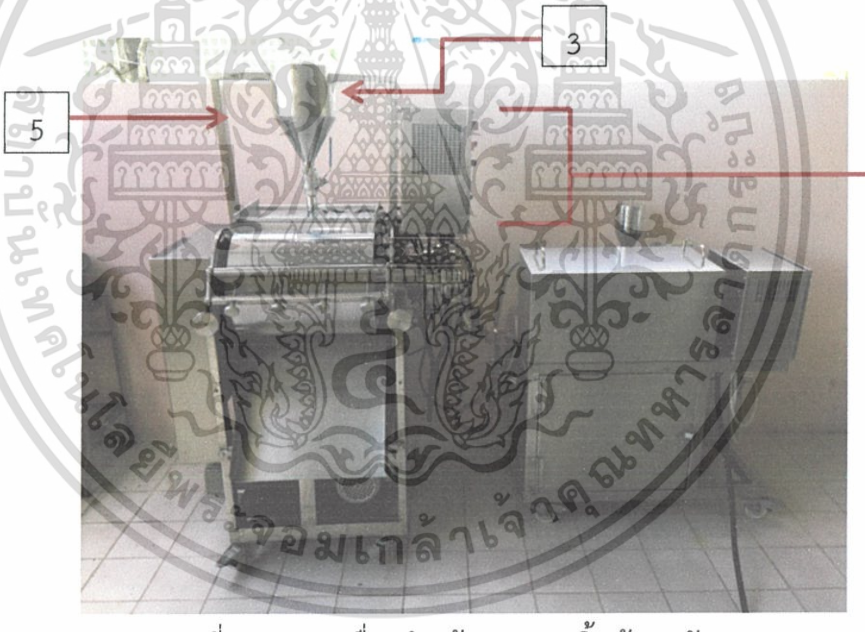


รูปที่ ค.11 ชุดเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง(ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.12 ชุดเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง(ด้านข้าง)



รูปที่ ค.13 ชุดเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง(ด้านหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของชุดเครื่องทำแห้งแผ่นแบบลูกกลิ้ง

1. ชุดกำเนิดไอน้ำแบบระบบเติมน้ำอัตโนมัติ
2. ลูกกลิ้งทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 4 บาร์
3. ถังใส่วัตถุดิบขนาด 5 ลิตร
4. ใบปาดวัตถุดิบจำนวน 2 ใบ สามารถปรับระยะได้
5. การ์ดป้องกันอันตรายที่ช่องเติมวัตถุดิบ
6. แผ่นกันเทปล่อน
7. ถาดรองรับวัตถุดิบจำนวน 2 ถาด
8. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิภายในลูกกลิ้ง
   สเกล 25 ถึง 200 องศาเซลเซียส จำนวน 2 ตัว
9. อุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินกำหนด (Safety valve)
10. มอเตอร์ต้นกำลังขับลูกกลิ้งขนาด 1 แรงม้า
11. ชุดปรับความเร็วรอบมอเตอร์ได้ 0 ถึง 3 รอบต่อนาที
12. ใช้กระแสไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ 1 เฟส
13. ขนาดของเครื่องโดยประมาณ (กว้างxลึกxยาว) 900x900x1,500 มิลลิเมตร

ส่วนประกอบชุดกำเนิดไอน้ำแบบระบบเติมน้ำอัตโนมัติ

1. ถังกำเนิดไอน้ำผลิตจากสเตนเลส 304 ขนาดความจุ 30 ลิตร พร้อมหุ้มฉนวน
2. ถังกำเนิดไอน้ำทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 4 บาร์
3. ฮีตเตอร์ให้ความร้อน ขนาด 12,000 วัตต์
4. ชุดกำเนิดไอน้ำสามารถผลิตไอน้ำที่อัตราแรงดันเริ่มต้นที่ 1 บาร์
5. ชุดควบคุมแรงดันไอน้ำและสามารถปรับแรงดันไอน้ำได้ถึง 4 บาร์
6. ชุดเชื่อมต่อชุดกำเนิดไอน้ำกับลูกกลิ้งเพื่อให้เครื่องทำงานได้อย่างสมบูรณ์
7. มีชุดควบคุมระดับน้ำและปั๊มน้ำเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าระดับที่ตั้งไว้ และปั๊มหยุดทำงานเมื่อระดับน้ำถึงระดับที่ตั้งไว้
8. Safety Valve เพื่อระบายไอน้ำเมื่อความดันเกินระดับที่ตั้งไว้
9. Pressure gauge วัดระดับความดันในหม้อไอน้ำ
10. ใช้กระแสไฟฟ้า 380 โวลต์ 50 เฮิร์ท 3 เฟส ขนาดของเครื่องโดยประมาณ
11. (กว้างxลึกxสูง) 600x1000x1000 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.14 ผลิตภัณฑ์ผักหวานป่าแผ่นที่ผ่านการอบขึ้นรูปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้