



การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง กลุ่มหอยนางรม

ครบวงจรกุ้งกระเบน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน

อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี

DEVELOPMENT OF PRODUCTION PROCESS OF DRIED RAW OYSTER CRACKER

ON OYSTER CYCLE KUNG KRABAEEN GROUP, KUNG KRABAEEN BAY ROYAL

DEVELOPMENT STUDY CENTER, THA MAI, CHANTHABURI PROVINCE

วิทยานิพนธ์

ของ

ศรายุทธ จิตรพัฒนากุล

ลิขสิทธิ์ © ๒๕๕๖ โดยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กันยายน 2556

การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง กลุ่มหอยนางรม

ครบวงจรกุ้งกระเบน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน

อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี

DEVELOPMENT OF PRODUCTION PROCESS OF DRIED RAW OYSTER CRACKER

ON OYSTER CYCLE KUNG KRABAEN GROUP, KUNG KRABAEN BAY ROYAL

DEVELOPMENT STUDY CENTER, THA MAI, CHANTHABURI PROVINCE

วิทยานิพนธ์

ของ

ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กันยายน 2556



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง กลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน
ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี
Development of Production Process of Dried Raw Oyster Cracker on Oyster Cycle Kung Krabaen
Group, Kun Krabaen Bay Royal Development Study Center, Tha Mai, Chanthaburi Province

ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานสอบวิทยานิพนธ์
(ดร.ทรงธรรม ไชยพงษ์)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิเศษ นิลนนท์)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ดร.สินัด โกศลนันท์)

..... กรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์พอพันธ์ สุทธิวัฒนะ)

ได้รับอนุมัติจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ดร.สุรีย์มาศ สุขกลี)

วันที่ 24 เดือน กันยายน พ.ศ. 2556

ศราวุทธิ์ จิตรพัฒนากุล. (2556). การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง กลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการงานวิศวกรรม). จันทบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิเศษณ์ นิลนนท์ Ph.D. (Environmental Science)	ประธานกรรมการ
ดร.สินาด โกศลนันท์ Ph.D. (Geotechnical Engineering)	กรรมการ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยและสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบ เปรียบเทียบประสิทธิภาพและต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและการทำแห้งด้วยแสงแดด โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนชนิดถาด ใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงแก๊ส ที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า a_w อัตราการพองตัว และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการวิจัยพบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 11.37 ค่า a_w เท่ากับ 0.68 มีอัตราการพองตัวสูงสุดเท่ากับ 6 เท่า และมีผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวม โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม พบว่า การทำแห้งข้าวเกรียบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพมากกว่าการทำแห้งด้วยแสงแดด ร้อยละ 16.67 โดยการทำแห้งข้าวเกรียบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีกำลังการผลิต 45 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนการทำแห้งข้าวเกรียบด้วยแสงแดดมีกำลังการผลิต 37.50 กิโลกรัมต่อวัน และเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนกับการทำแห้งด้วยแสงแดด พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีต้นทุน 97.84 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนข้าวเกรียบหอยนางรมทำแห้งด้วยแสงแดดมีต้นทุน 102.92 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีต้นทุนเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนเท่ากับ 145,000 บาทต่อเครื่อง สามารถคืนทุนได้ในเวลา 156 วัน

Sarayut Chitphutthanakul. (2013). **Development of Production Process of Dried Raw Oyster Cracker on Oyster Cycle Kung Krabaen Group, Kung Krabaen Bay Royal Development Study Center, Tha Mai, Chanthaburi Province.** Thesis. M.Eng. (Engineering Management). Chanthaburi : Rambhai Bharni Rajabhat University.

Thesis Advisors

Assist Prof. Dr. Waritchon Ninlanon Ph.D. (Environmental Science)	Chairman
Dr.Sinat Kosalanan Ph.D. (Geotechnical Engineering)	Member

Abstract

The objectives of this research are to study the factors and conditions that are suitable for the production of dried raw oyster crackers, and to compare the efficiency and costs of the production by utilizing the hot-air oven, and sun-dried method. The study has used the hot-air oven with trays which used electricity and fuel at temperature of 50° C, 60° C, and 70° C for 6 hours. The analysis has analyzed the physical properties such as the values of moisture, a_w , expansion rate, and sensory perception test. The research has found that the dried raw oyster crackers that have been dried at 70° C for 3 hours give the best result and it contains moisture value of 11.37 per cent, a_w value of 0.68, the maximum value of expansion rate of 6 times, and has the satisfied sensory perception results in terms of colors, aroma, flavor, crispiness, and overall appeal that has no statistical difference significance ($P>0.05$) when compares to the sun-dried raw oyster crackers.

When comparing the efficiency of production for dried raw oyster crackers, the study has found that process of drying the crackers by the oven at 70° C for 3 hours is more efficient than drying crackers by sunlight by 16.67 per cent. The hot- air oven has an ability to produce the crackers of 45 kilograms per day whilst the sun-dried method yields only 37.50 kilograms per day. When comparing the costs of cracker production from both methods, it has found that the method of using hot-air oven bears the cost of 97.84 Baht per kilogram for the production process while the sun-dried method would bear the cost of 102.92 Baht per kilogram. The hot-air oven will cost 145,000 Baht per unit and reach the break-even point in 156 days.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่ง ในการให้คำปรึกษา แนะนำ และปรับปรุงแก้ไขของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิศชนม์ นิลนนท์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และดร.สินาค โกศลนันท์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ข้อคิดเสนอแนะแนวทาง ที่เป็นประโยชน์ในการแก้ไขข้อบกพร่อง รวมทั้งให้ความเมตตาและเป็นกำลังใจที่สำคัญมาโดยตลอด ระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและประทับใจในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณประธานสอบวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณา ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบ ขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไข และขอขอบพระคุณกลุ่มหอชนางรมครบวงจรอ่าวคุ้งกระเบน คุณรัชดาภา จำปาศรี ผู้จัดการ กลุ่มหอชนางรมครบวงจร ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และผู้ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสมาชิกกลุ่มทุกคนที่คอยให้การสนับสนุนด้านเวลา สถานที่ และความสะดวก ในความร่วมมือต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลวิทยานิพนธ์เพื่อทำการศึกษาวิจัย และขอขอบคุณ กลุ่มตัวอย่างที่กรุณาตอบแบบสอบถาม รวมทั้งพี่ ๆ เพื่อน ๆ ร่วมรุ่น และเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัย ราชภัฏรำไพพรรณี สำหรับความช่วยเหลือ และกำลังใจที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดเส้นทางของการศึกษา

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณมารดา อาจารย์ ภรรยาและผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำ การวิจัย คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านแก่ผู้วิจัยตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	(1)
สารบัญตาราง.....	(4)
สารบัญภาพ.....	(8)
บทนำ.....	1
ความเป็นมา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการศึกษาวิจัย.....	3
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
ข้อมูลและที่มาของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรกุ้งกระเบน.....	5
ประวัติและความเป็นมาของศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี.....	5
วัตถุประสงค์การดำเนินงาน.....	6
พื้นที่ดำเนินงาน.....	6
โครงสร้างการแบ่งงานภายในศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ.....	7
ประวัติกลุ่มหอยนางรมครบวงจรกุ้งกระเบน.....	8
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหอยนางรม (Oyster).....	10
ลักษณะทั่วไปของหอยนางรม.....	10
ลักษณะทั่วไปภายในเปลือก.....	11
การบริโภคหอยนางรม.....	11
ประโยชน์ของหอยนางรม.....	13
ส่วนประกอบและคุณสมบัติที่พบจากหอยนางรม.....	13
ความหมายของการจัดการ (Defining Management).....	14
ประสิทธิภาพ (Efficiency) และประสิทธิผล (Effectiveness).....	14
ขบวนการจัดการ (Management Process).....	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)	
บทบาทของการจัดการ (Managerial Roles).....	17
ทักษะของนักบริหาร (Management Skills).....	18
กิจกรรมของนักบริหาร (Managerial Activities).....	19
การทำข้าวเกรียบ.....	20
คุณลักษณะที่ต้องการ.....	21
การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว.....	22
กรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบ.....	23
น้ำในอาหารและค่า Water Activity.....	25
Water Activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร.....	26
การทำแห้ง.....	31
กลไกการอบแห้ง.....	32
การเคลื่อนที่ของน้ำ.....	33
อัตราการทำแห้ง.....	33
ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง.....	33
ผลของการอบแห้งที่มีต่ออาหารอบแห้งในด้านต่างๆ.....	34
ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องอบลมร้อน.....	37
ระบบการทำงาน.....	38
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
งานวิจัยต่างประเทศ.....	38
งานวิจัยในประเทศ.....	40
อุปกรณ์และวิธีการ.....	47
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	47
วิธีดำเนินการจัดทำวิจัย.....	48
แผนดำเนินงานวิจัย.....	51
สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย.....	51
ผลและการวิจารณ์.....	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	76
เอกสารและสิ่งอ้างอิง.....	78
ภาคผนวก.....	82
ภาคผนวก ก รายละเอียดคุณลักษณะเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน.....	83
ภาคผนวก ข ลักษณะทางกายภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมในสภาวะต่าง ๆ.....	90
ภาคผนวก ค การหาปริมาณความชื้นด้วย AOAC, 1995.....	93
ภาคผนวก ง มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวเกรียบ (มผช.107/2554).....	95
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.....	102
ภาคผนวก ฉ การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส.....	105
ภาคผนวก ช หนังสือราชการ.....	108
ภาคผนวก ซ การหาอัตราการฟองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรม.....	115
ภาคผนวก ฌ การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	117
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	130

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 คุณค่าทางโภชนาการของหอยนางรม 100 กรัม.....	14
2 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการตากแห้งกับการอบแห้ง.....	25
3 แสดงระดับค่าอัตรการแอคตีวิตีและความสำคัญ.....	29
4 ปริมาณและร้อยละของวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม.....	52
5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนและหลังทำแห้งด้วยแสงแดด.....	54
6 ผลการทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส....	55
7 ผลการทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส...	55
8 ผลการทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส....	56
9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส.....	58
10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	61
11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส.....	62
12 อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทอด.....	65
13 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบหอยนางรม.....	66
14 ผลการทดสอบระยะเวลาและค่าใช้จ่ายจากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้าย ในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยแสงแดด.....	69
15 ผลการทดสอบระยะเวลาและค่าใช้จ่าย จากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้ายในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน.	70
16 ผลการเปรียบเทียบการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยแสงแดดกับการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง.....	71
17 หลักเกณฑ์การให้คะแนนในการทดสอบสีและกลิ่นรส.....	99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
18 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของค่าความสว่าง (L^*) ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด.....	118
19 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของค่าสี a^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด.....	118
20 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของค่าสี b^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด.....	118
21 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของอุณหภูมิความร้อนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส.....	119
22 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส.....	119
23 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของความเร็วลมของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส.....	120
24 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของอุณหภูมิความร้อนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	120
25 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	121
26 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของความเร็วลมของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	121
27 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของอุณหภูมิความร้อนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส.....	122
28 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส.....	122
29 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของความเร็วลมของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส.....	123
30 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของค่าความสว่าง (L^*) ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส.....	123

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
31 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่าสี a^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วย เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส.....	124
32 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่าสี b^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วย เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส.....	124
33 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่าความสว่าง (L^*) ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	124
34 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่าสี a^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	125
35 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่าสี b^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	125
36 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่าความสว่าง (L^*) ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส.....	125
37 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่าสี a^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส.....	126
38 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่าสี b^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส.....	126
39 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้ง ด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส.....	126
40 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้ง ด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	127
41 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้ง ด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส.....	127
42 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของข้าวเกรียบ หอยนางรม.....	128
43 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของข้าวเกรียบ หอยนางรม.....	128

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
44 การวิเคราะห์ค่าการเรียนรู้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของ ข้าวเกรียบหอยนางรม.....	128
45 การวิเคราะห์ค่าการเรียนรู้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของ ข้าวเกรียบหอยนางรม.....	129
46 การวิเคราะห์ค่าการเรียนรู้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม ของข้าวเกรียบหอยนางรม.....	129

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
1 โครงสร้างการแบ่งงานภายในศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ.....	8
2 แสดง Water Activity Chart.....	27
3 ค่า pH และค่า Water Activity.....	28
4 Water Activity กับอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร.....	30
5 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง.....	32
6 ขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง.....	53
7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำแห้งและปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบหอยนางรมที่อุณหภูมิทำแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส.....	59
8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำแห้งและค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่อุณหภูมิทำแห้งเท่ากับ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส.....	59
9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำแห้งและอัตราการทำแห้งของข้าวเกรียบหอยนางรมที่อุณหภูมิทำแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส.....	64
10 ส่วนประกอบภายนอกด้านหน้าเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน.....	85
11 ส่วนประกอบภายนอกด้านหลังเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน.....	86
12 ส่วนประกอบภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน.....	87
13 ภาชนะอบขนาดกว้าง 53 เซนติเมตร ยาว 72 เซนติเมตร และสูง 3 เซนติเมตร จำนวน 12 ถาด.....	88
14 ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบก่อนและหลังทำแห้งด้วยแสงแดด.....	91
15 ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบก่อนและหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน.....	92

บทนำ

ความเป็นมา

ข้าวเกรียบเป็นอาหารขบเคี้ยว (Snack) ที่นิยมบริโภคทั่วไปในประเทศไทย ข้าวเกรียบที่นิยมรับประทาน ได้แก่ ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลา ข้าวเกรียบฟักทอง ข้าวเกรียบเผือก และข้าวเกรียบผลไม้ เป็นต้น ข้าวเกรียบที่มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ ข้าวเกรียบปลา ตราหมโนราห์ ข้าวเกรียบกุ้งตราหามิ และยังมีการผลิตในระดับครัวเรือน หรือกลุ่มแม่บ้าน

กลุ่มหอยนางรมครบวงจรกุ้งกระเบน เป็นหนึ่งในศูนย์ศึกษาการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริอ่าวคุ้งกระเบน อำเภотаใหม่ จังหวัดจันทบุรี ได้ทำการแปรรูปหอยนางรมเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวเกรียบหอยนางรม น้ำพริกเผาหอยนางรม ลูกก๊ี้หอยนางรม ซอสหอยนางรม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์แปรรูปของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรอ่าวคุ้งกระเบนที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอันดับหนึ่ง คือ ข้าวเกรียบหอยนางรม ซึ่งผลิตโดยใช้วัตถุดิบหลัก คือ แป้งมันสำปะหลัง หอยนางรมสด น้ำสะอาด กระเทียม พริกไทย และเครื่องปรุงรส มาผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำก้อนแป้งที่ได้ปั้นเป็นรูปแท่งห่อด้วยใบตอง นำไปนึ่งจนสุก ปล่อยให้เย็น แล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ นำไปตากแดดจนแห้งจะได้เป็นข้าวเกรียบดิบแห้ง จากนั้นจึงนำไปทอดและบรรจุในถุงจิบ ปิดปากถุง แล้วนำไปจำหน่าย

จากการที่ผู้วิจัยได้ร่วมปรึกษาถึงปัญหาของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรกุ้งกระเบน อำเภотаใหม่ จังหวัดจันทบุรี พบว่า ทางกลุ่มฯ มีความต้องการที่จะพัฒนากระบวนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งให้มีปริมาณและคุณภาพเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการทำแห้งข้าวเกรียบดิบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นการทำแห้งโดยใช้แสงแดด ซึ่งมีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ ปริมาณแสงแดดในแต่ละวันที่ไม่เท่ากันและไม่เพียงพอต่อการทำแห้ง เนื่องจากในเขตพื้นที่อำเภотаใหม่ จังหวัดจันทบุรี เป็นพื้นที่ที่มีฝนตกชุก ซึ่งในช่วงดังกล่าวจะไม่สามารถผลิตข้าวเกรียบดิบแห้งให้ทันและเพียงพอับความต้องการของตลาด ซึ่งทำให้ทางกลุ่มฯ เสียโอกาสและรายได้ อีกทั้งการตากข้าวเกรียบไว้กลางแจ้งนั้น ยังไม่สามารถควบคุมการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและตัวแมลงต่าง ๆ ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยเทคโนโลยีในการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งจะทำให้สามารถผลิตข้าวเกรียบดิบแห้งที่มีคุณภาพสม่ำเสมอปลอดภัยจากสิ่งปนเปื้อนและมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการอีกด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาการพัฒนาการทำข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรกุ้งกระเบน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริอำเภотаใหม่ จังหวัดจันทบุรี โดยการใช้เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อน โดยจะทำการศึกษาสภาวะ

ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณและคุณภาพในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมให้เพียงพอความต้องการของตลาด ด้วยกรรมวิธีหลักการจัดการทางวิศวกรรม ซึ่งจะนำพาให้กลุ่มหอยนางรมครบวงจรคั้งกระเบน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้สัมฤทธิ์ผลในด้านการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบหอยนางรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยและสภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบ
2. เพื่อศึกษาการจัดการประสิทธิภาพการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยแสงแดด
3. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยแสงแดด และวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงขั้นตอนการแปรรูปข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง
2. ทำให้เกิดการพัฒนาขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบ โดยการนำเครื่องมือทางอุตสาหกรรมมาเสริมกระบวนการผลิตด้วยแสงแดด
3. ทำให้กลุ่มฯ สามารถผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบได้ทันต่อความต้องการของตลาดในทุกฤดูกาล
4. เพื่อทราบถึงปัจจัยและสภาวะที่มีผลกระทบต่อการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบ โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
5. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการผลิตข้าวเกรียบชนิดอื่น ๆ ภายในกลุ่ม ฯ และสำหรับผู้สนใจทั่วไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการนำหลักการทางวิศวกรรม เข้ามาบริหารจัดการ เพื่อช่วยเพิ่มกำลังการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบให้ทันต่อความต้องการในทุกฤดูกาล ซึ่งมีขั้นตอนและการวิจัยตามลำดับดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบในปัจจุบัน
2. จัดหาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนเพื่อนำมาเพิ่มกำลังการผลิต โดยอาศัยหลักการบริหารจัดการ ซึ่งจัดทำของงบประมาณสนับสนุนจากทางภาครัฐ

3. ทำการทดลองเพื่อหาความสมดุลของการอบข้าวเกรียบดิบ โดยศึกษาปัจจัยที่ต่างกัน เช่น อุณหภูมิและเวลา ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
4. วิเคราะห์ลักษณะของข้าวเกรียบหอยนางรมดิบที่ได้ ความพอดีที่เหมาะสมสำหรับการทอด
5. ทดลองทอดข้าวเกรียบหอยนางรมดิบ แล้วเปรียบเทียบกับการทำข้าวเกรียบหอยนางรมดิบด้วยวิธีการทำแห้งด้วยแสงแดด
6. ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและต้นทุนการทำข้าวเกรียบดิบแห้งระหว่างการทำแห้งด้วยแสงแดดกับการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน และวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
7. สรุปผลการวิจัย

ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้จำกัดขอบเขตของเนื้อหา เนื่องจากการเน้นการศึกษาทางด้านการจัดการงานวิศวกรรม โดยนำหลักการทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้งานกับชุมชน ซึ่งมีขอบเขตและระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

1. การวิจัยนี้เป็นการเป็นการศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี
2. งานวิจัยเรื่องนี้เป็นการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำข้าวเกรียบหอยนางรมดิบ โดยเปรียบเทียบระหว่างการทำแห้งข้าวเกรียบดิบด้วยแสงแดดกับเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน และศึกษาสภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการทอด

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการจัดการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำข้าวเกรียบ
หอยนางรมดิบแห้งในครั้งนี้ เป็นการศึกษาแนวความคิดหลักทางวิศวกรรม ทฤษฎี เอกสาร
และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง ซึ่งสามารถรวบรวมได้ตามลำดับ ดังนี้

1. ข้อมูลและที่มาของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน

1.1 ประวัติและความเป็นมาของศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจาก
พระราชดำริ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี

1.2 วัตถุประสงค์การดำเนินงาน

1.3 พื้นที่ดำเนินงาน

1.4 โครงสร้างการแบ่งงานภายในศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจาก
พระราชดำริ

1.5 ประวัติกลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน

2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหอยนางรม (Oyster)

2.1 ลักษณะทั่วไปของหอยนางรม

2.2 ลักษณะทั่วไปภายในเปลือก

2.3 การบริโภคหอยนางรม

2.4 ประโยชน์ของหอยนางรม

2.5 ส่วนประกอบและคุณสมบัติที่พบจากหอยนางรม

3. ความหมายของการจัดการ (Defining Management)

3.1 ประสิทธิภาพ (Efficiency) และประสิทธิผล (Effectiveness)

3.2 ขบวนการจัดการ (Management Process)

3.3 บทบาทของการจัดการ (Managerial Roles)

3.4 ทักษะของนักบริหาร (Management Skills)

3.5 กิจกรรมของนักบริหาร (Managerial Activities)

4. การทำข้าวเกรียบ

4.1 คุณลักษณะที่ต้องการ

4.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

4.3 กรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบ

5. น้ำในอาหารและคำ Water Activity
 - 5.1 Water Activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร
6. การทำแห้ง
 - 6.1 กลไกการอบแห้ง
 - 6.2 การเคลื่อนที่ของน้ำ
 - 6.3 อัตราการทำแห้ง
 - 6.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง
 - 6.5 ผลของการอบแห้งที่มีต่ออาหารอบแห้งในด้านต่าง ๆ
7. ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องอบลมร้อน
 - 7.1 ระบบการทำงาน
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 8.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 8.2 งานวิจัยในประเทศ

ข้อมูลและที่มาของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรสู่กระบะเบน

ประวัติและความเป็นมาของศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (2554 : 3 - 4) ได้กล่าวถึง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้เริ่มก่อตั้งตามพระราชดำริ ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในคราวที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เสด็จพระราชดำเนินประกอบพิธีเปิดพระบรมราชานุสาวรีย์สมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ที่จังหวัดจันทบุรี เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2524 โดยมีพระราชดำริแก่ผู้ว่าราชการจังหวัดจันทบุรี มีสาระสำคัญดังนี้

“ให้พิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมจัดทำโครงการพัฒนาอาชีพการประมงและการเกษตร ในเขตที่ดินชายฝั่งทะเล จังหวัดจันทบุรี”

และได้พระราชทานเงินที่ราษฎรจังหวัดจันทบุรีร่วมทูลเกล้าทูลกระหม่อมถวาย โดยเสด็จพระราชกุศลในโอกาสดังกล่าวเป็นทุนริเริ่มดำเนินการ

ต่อมาเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ.2524 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้มีพระราชดำริเพิ่มเติม ณ พระตำหนักจิตรลดารโหฐาน สาระโดยสรุปว่า

“ให้พิจารณาจัดหาพื้นที่ป่าสงวนเสื่อมโทรมหรือพื้นที่สาธารณประโยชน์เพื่อจัดตั้งศูนย์ศึกษาการพัฒนา เช่นเดียวกับศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน ให้เป็นศูนย์ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาในเขตที่ดินชายทะเล”

จังหวัดจันทบุรีได้ร่วมหารือกับหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องและพิจารณาความเหมาะสมจึงกำหนดพื้นที่ตำบลคลองขุด อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี เป็นพื้นที่จัดตั้งศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2525 ศูนย์ศึกษาดังกล่าว เป็นหน่วยงานที่ดำเนินการศึกษาสาธิต และการพัฒนาในเขตที่ดินชายทะเล โดยวิธีการผสมผสานความรู้อันหลากหลายของแต่ละหน่วยงาน เพื่อวางแผนพัฒนาการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ให้เหมาะสมและยั่งยืนตลอดไป

วัตถุประสงค์การดำเนินงาน

1. ศึกษารูปแบบการจัดการทรัพยากรชายฝั่งอย่างยั่งยืน
2. เป็นศูนย์กลางในการอบรมเผยแพร่ ผลการศึกษาการจัดการทรัพยากรชายฝั่ง ให้แก่ส่วนราชการและภาคเอกชนทั่วไป
3. ยกฐานะความเป็นอยู่ อาชีพของราษฎรบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน และพื้นที่ใกล้เคียง โดยมุ่งเน้นพัฒนาช่วยเหลือราษฎรที่มีฐานะยากจน
4. พัฒนาด้านการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อเพิ่มผลผลิตของประเทศตลอดจนพัฒนากิจกรรมอื่นๆ แบบบูรณาการควบคู่ไปด้วย
5. อนุรักษ์สภาพแวดล้อมและคุณภาพทางธรรมชาติให้คงลักษณะของพื้นที่ไว้

พื้นที่ดำเนินงาน

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (ม.ป.ป. : 5 - 6) พื้นที่ดำเนินการศึกษาและพัฒนาของศูนย์ฯ คุ้งกระเบน ครอบคลุม 33 หมู่บ้าน ในตำบลกระแจะ ตำบลสนามไชย อำเภอนายายอาม และตำบลรำพัน ตำบลคลองขุด อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรีมีพื้นที่ดำเนินการประมาณ 81,813 ไร่ โดยมีพื้นที่ดังนี้

1. พื้นที่ศูนย์กลาง บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน และพื้นที่โดยรอบ มีพื้นที่ประมาณ 4,000 ไร่ ลักษณะเป็นพื้นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเลจนถึงที่ราบเชิงเขา โดยดำเนินการพัฒนาแบบผสมผสานระหว่างการส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและการอนุรักษ์ป่าชายเลนรอบอ่าวคุ้งกระเบนตลอดจนพัฒนาการเกษตรพื้นที่ราบและสวนผลไม้บริเวณเชิงเขา
2. พื้นที่รอบนอก และพื้นที่ขยายผล พื้นที่ราบลุ่มตอนในของแผ่นดิน มีพื้นที่ประมาณ 77,813 ไร่ ซึ่งเหมาะสมต่อการพัฒนาด้านการเกษตรควบคู่กับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติผสมผสานกับการพัฒนาอาชีพในด้านต่าง ๆ

โครงสร้างการแบ่งงานภายในศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ในการดำเนินงานของศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สามารถแบ่งกลุ่มการดำเนินงานเป็น 3 กลุ่มหลักได้แก่ กลุ่มบริหาร กลุ่มวิชาการ และกลุ่มขยายผล ดังภาพประกอบ 1 โดยสามารถอธิบายการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มบริหารงาน

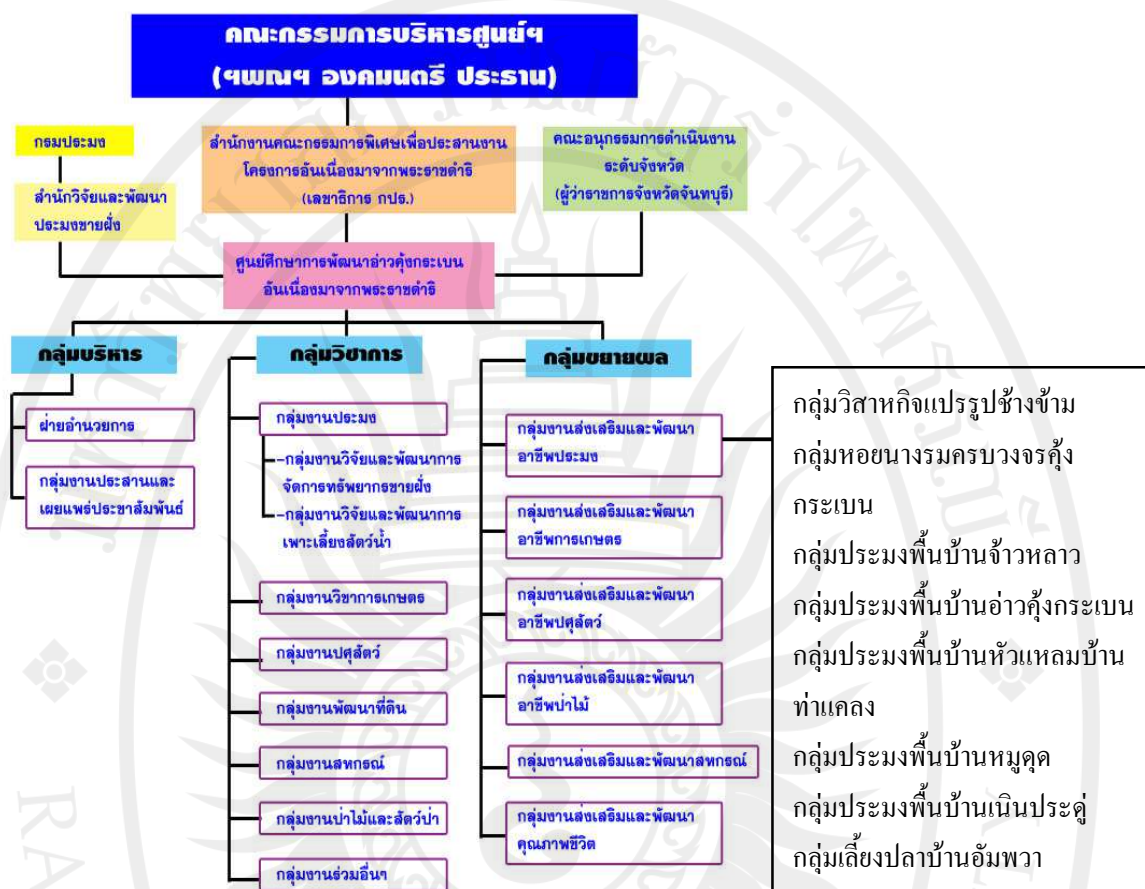
รับผิดชอบ ฝ่ายอำนวยการและกลุ่มงานประสานงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ กำกับดูแลให้คำปรึกษา แนะนำ กำหนดนโยบายและแนวทางการบริหาร พัฒนาการจัดทำโครงการ การวิเคราะห์ งบประมาณ แผน/ผล การติดตามประเมินผลสัมฤทธิ์ของงาน โครงการต่างๆ ให้บรรลุวัตถุประสงค์ ตลอดจนการบริหารและบริการสนับสนุนหน่วยงานปฏิบัติงานร่วมโครงการ

2. กลุ่มวิชาการ

ศึกษาวิจัยและพัฒนา การประมง ป่าไม้ รวมทั้งการเกษตรและอุตสาหกรรม รวมทั้งศึกษาการจัดการทรัพยากรชายฝั่งอย่างยั่งยืนเพื่อนำผลการศึกษามาพัฒนาอาชีพและเป็นแบบอย่างเพื่อใช้กับโครงการพัฒนาอื่นๆ รวมทั้งการให้บริการศึกษาดูงาน ฝึกอบรมเกษตรกร ข้าราชการ นิสิต นักศึกษา

3. กลุ่มขยายผล

ศึกษา วิเคราะห์ วิจัย ทดลอง เทคโนโลยี เพื่อให้ได้องค์ความรู้สำหรับกำหนดรูปแบบของการพัฒนาอาชีพประมง การเกษตร ป่าไม้และอื่นๆ ที่เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการขยายผลและการแข่งขันทางการค้า และความมั่นคงทางด้านอาหาร ศึกษา วิเคราะห์ วิจัย การพัฒนาอาชีพ การเกษตร ประมง ป่าไม้ แบบผสมผสาน วางแผนและกำหนดทิศทางการพัฒนาอาชีพเกษตรแบบบูรณาการ ตลอดจนขยายผลงานทดลองวิจัยไปสู่การพัฒนาอาชีพเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ พื้นที่รอบนอก และในพื้นที่อื่น ๆ (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2554 : 7)



ภาพประกอบ 1 โครงสร้างการแบ่งงานภายในศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ที่มา : ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. ออนไลน์. ม.ป.ป

ประวัติกลุ่มหอยนางรมครบวงจรคุ้งกระเบน

ในบริเวณอ่าวเกาะนกใหญ่ เกาะนกเล็ก เป็นที่ลุ่มรับน้ำจืดจากคลองรำพัน คลองวังโตนด คลองท่าใหม่ คลองตาเคียน คลองตาตังซ์แล้วไหลออกสู่ทะเลตรงบริเวณปากแม่น้ำแฉมหนู พื้นที่โครงการพระราชดำริจะอยู่ฝั่งขวาของปากแม่น้ำแฉมหนู ซึ่งเป็นที่ตั้งของหมู่ 8 อัมพวา ต. คลองขุด อ. ท่าใหม่ จ. จันทบุรี เนื่องจากภูมิประเทศเป็นที่ลุ่มน้ำไหลมารวมกันออกสู่ทะเล ทำให้มีความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำอย่างชุกชุม เป็นสถานที่เหมาะกับการทำการประมงที่สร้างรายได้ให้กับชุมชนที่อยู่รายรอบ สัตว์น้ำชนิดหนึ่งที่ทำรายได้ให้กับชาวประมง คือ การเพาะเลี้ยงหอยนางรมปากจีบ (พันธุ์เล็ก) แต่ต่อมากรมชลประทานได้ทำแนวถนนกั้นน้ำเค็ม (บริเวณหน้า

ม.บูรพา วิทยาเขตจันทบุรี จนถึงตัว อ.ท่าใหม่ ในปัจจุบัน) เพื่อเก็บน้ำจืดไว้ใช้ในกิจกรรมทำสวน ผลไม้ในช่วงฤดูแล้ง และจะเปิดประตูระบายน้ำในช่วงฤดูฝน การเก็บกักน้ำบริเวณเหนือเขื่อน ซึ่งเป็นที่ลุ่มบริเวณ ต. รำพัน ต. โขม่ง ทำให้บริเวณดังกล่าวมีสภาพเป็นดินพรุเป็นกรดจัด (pH ต่ำ) เมื่อต้นฤดูฝน จำเป็นต้องระบายน้ำจืดลงสู่ทะเล น้ำจืดเหล่านั้นก็มีคุณสมบัติ pH ต่ำตามสภาพดิน และจะมีสารประกอบจำพวกสนิมเหล็กละลายกับน้ำจืดมาด้วย ซึ่งจะเป็นสารพิษต่อสัตว์น้ำทุกชนิด จึงทำให้สัตว์น้ำบริเวณนี้อพยพย้ายถิ่นหนีสารพิษ สำหรับหอยนางรมเป็นสัตว์น้ำที่ยึดเกาะกับวัตถุอื่น เคลื่อนย้ายไปไหนไม่ได้จึงจำต้องตายตามความรุนแรงของสารพิษเหล่านั้น อาชีพการเพาะหอยนางรมของชาวประมงบริเวณหมู่บ้านอัมพวา จึงได้ล่มสลายไปในที่สุด แต่ยังคงมีอยู่บ้างที่บริเวณปากแม่น้ำติดกับทะเลความเป็นสารพิษได้จัดจางกับน้ำทะเล ทำให้หอยนางรมบางส่วนปรับตัวเองอยู่รอด และสามารถที่จะเป็นแหล่งพ่อแม่พันธุ์ได้จึงมีเกษตรกรชาวประมงบางคนได้นำแนวความคิดจากการล่อหอยเชื้อด้วยวัสดุปูนติดเชือกมาจากปากแม่น้ำพังราด จ. ระยอง เมื่อปี พ.ศ. 2547 และทำต่อเนื่องกันมาทุกปี และเริ่มขยายทำกันมามากขึ้น งานส่งเสริมการประมง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้เล็งเห็นแนวทางที่จะพัฒนาเป็นอาชีพได้ จึงได้ให้มีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มอาชีพเพาะหอยนางรมชายลูกพันธุ์ เมื่อต้นปี 2548 มีสมาชิกเริ่มต้น 20 ราย และต่อมาเมื่อปี 2549 ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้ของงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.) เพื่อให้จัดตั้งกลุ่มอาชีพ ชื่อ **กลุ่มหอยนางรมครบวงจรคุ้งกระเบน** (ซึ่งอยู่ในกลุ่มงานส่งเสริมและพัฒนาอาชีพประมง) เมื่อวันที่ 19 มกราคม 2549 มีสมาชิกจำนวน 30 ราย ดำเนินกิจกรรมให้ครบวงจรเพื่อความต่อเนื่องในเชิงธุรกิจ ซึ่งคาดว่าในอนาคตจะมีสมาชิกในพื้นที่โครงการมากขึ้น และเครือข่ายผู้เลี้ยงหอยนางรมภาคตะวันออก ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด และต่อมาในปี 2551 ได้รับงบประมาณในการก่อสร้าง อาคารผลิตภัณฑ์หอยนางรม จากงบประมาณของจังหวัดจันทบุรี เพื่อประกอบกิจกรรมหอยนางรมแบบครบวงจร

การเพาะเลี้ยงหอยนางรมของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรคุ้งกระเบน เป็นหนึ่งในโครงการ การศึกษาการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริอ่าวคุ้งกระเบน โดยในยุคแรกมีจำนวนสมาชิกกลุ่ม 30 ราย ซึ่งการดำเนินกิจกรรมของกลุ่มหลัก คือ การขายหอยนางรมสด และต่อมาได้เกิด ประสบปัญหาด้านการตลาด จึงได้เปลี่ยนการบริหารมาสู่ยุคที่ 2 ซึ่งมีจำนวนสมาชิกภายในกลุ่ม จำนวน 74 ราย โดยการดำเนินการกิจกรรมหลัก คือการนำหอยนางรมจากสมาชิกในกลุ่มไปทำการ แกะขายที่ห้างเทสโก้โลตัส ตามสาขาต่างๆ ซึ่งในช่วงแรกได้รับการตอบรับจากผู้บริโภค เป็นจำนวนมาก และต่อมาได้ประสบปัญหาเงินทุนหมุนเวียนภายในกลุ่มจึงได้ล้มเลิกการดำเนินงาน และต่อมายุคปัจจุบันได้เปลี่ยนนโยบายการดำเนินงาน โดยเน้นไปที่การแปรรูปและมีจำนวน

สมาชิกคงเหลืออยู่ 15 ราย ซึ่งนำหอยนางรมที่แกะแล้วมาจำหน่ายให้กับทางศูนย์ฯ เพื่อนำมาผ่านกระบวนการแปรรูป

ผลิตภัณฑ์แปรรูปของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรอ่าวคุ้งกระเบนที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคตัวหนึ่ง คือ ข้าวเกรียบหอยนางรม ซึ่งเป็นการนำหอยนางรมสดมาเป็นส่วนผสมของข้าวเกรียบ ทำให้ทางกลุ่มมีทางเลือกในการจำหน่ายหอยนางรม จากการขายหอยนางรมสดเปลี่ยนมาเป็นการแปรรูป และยังมีผลิตภัณฑ์อีกหลายอย่างที่แปรรูปมาจากหอยนางรม

กิจกรรมหลักของกลุ่ม

1. ผลิตและจำหน่ายลูกพันธุ์หอยนางรม
2. รับซื้อหอยนางรมเปลือกจากเกษตรกร
 - 2.1 สมาชิกเครือข่าย
 - 2.2 เกษตรกรทั่วไป
3. แกะหอยนางรมสด
4. แปรรูป
5. จำหน่ายหอยนางรมสด และสินค้าแปรรูป

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหอยนางรม (Oyster)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Crassostrea Commercialis*

ชื่อสามัญ : หอยนางรม

วงศ์ : Mollusca

ลักษณะทั่วไปของหอยนางรม

ลักษณะเปลือกภายนอกหอยนางรมเป็นหอยสองฝาจัดอยู่ใน Family Ostreidae มีเปลือกทั้งสองข้างมีขนาดไม่เท่ากัน เปลือกด้านซ้ายเป็นเปลือกหอยที่อยู่ด้านล่างติดกับวัตถุต่าง ๆ เป็นเปลือกที่มีขนาดใหญ่มีลักษณะเป็นถ้วย ส่วนเปลือกด้านขวาของหอยซึ่งเป็นเปลือกด้านบนจะมีลักษณะแบนเรียบและมีขนาดเล็กกว่าเปลือกหอยนางรมทั้งสองเชื่อมติดกันด้วยบานพับลักษณะเปลือกหอยนางรมส่วนมากมีรูปร่างยาวรีหรือค่อนข้างกลมอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามลักษณะของพื้นที่ที่เกาะติดอยู่ เช่น ก้อนหินเสาหินหน้าผาซากปะการังเปลือกหอยที่ตายแล้วหรือตามลำต้นหรือและรากของไม้ป่าชายเลน เปลือกด้านบนก็มีสีต่างกันไปโดยอาจมีสีขาวคล้ำสีเทาสีม่วงด้านในของเปลือกมักมีสีขาวขุ่นหรืออาจมีสีอื่นปะปนบ้าง บางชนิดเป็นเงามันรูปร่างลักษณะของเปลือกหอยนางรมแม้จะเป็นชนิดเดียวกันอาจพบลักษณะภายนอกที่แตกต่างกัน เช่น ถ้าหอยดิบโตแบบเดี่ยว ๆ บนพื้นที่ค่อนข้างนุ่ม เปลือกหอยจะมีลักษณะยาวรีและค่อนข้างเรียบถ้าหอยดิบโต

บนพื้นแข็งเปลือกมักจะมีลักษณะขรุขระไม่เป็นทรงเปลือกด้านซ้ายจะลึกโดยเฉพาะถ้าเติบโตร่วมกับหอยตัวอื่น ๆ ลักษณะดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงหอยนางรม โดยการเลือกวัสดุให้ลูกหอยลงเกาะ

ลักษณะทั่วไปภายในเปลือก

ภายในเปลือกประกอบด้วยลำตัวของหอยมีเนื้อเยื่อบาง ๆ ห่อหุ้มตัวทั้งสองข้างเรียกว่า แผ่นเนื้อแมนเทิล (Mantle) มีลักษณะเป็นแผ่นบางแผ่คลุมถึงช่องปากและ Labial Palp ลักษณะขอบของแมนเทิลและลักษณะของ Labial Palp ใช้จำแนกชนิดของหอยนางรมได้โดยเฉพาะลักษณะของเส้นแนวความยาวของเส้นแนวและลักษณะการเรียงตัวของเส้นแนวบนขอบแผ่นเนื้อแมนเทิล เหงือกเป็นอวัยวะที่ใช้กรองอาหารมีอยู่ 2 คู่หรือ 4 แถวหอยนางรมกินอาหารโดยการกรองอาหารจากน้ำโดยน้ำไหลผ่านเข้ามาในช่องแมนเทิล ไหลผ่านเหงือกและออกไปทางท่อน้ำออกอาหารต่าง ๆ ที่พัดพามากับน้ำจะติดบนซี่เหงือกอาหารที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะตกลงในช่องแมนเทิลตอนล่างและถูกขับออกทางท่อน้ำออก หอยนางรมมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองอาหารโดยที่อาหารที่เป็นอนุภาคขนาดเล็กจะมีเมือกมาปกคลุมและมีเส้นขนาดเล็ก ๆ คอยพัดโบกให้อนุภาคเหล่านี้เข้าสู่ทางเดินอาหารเหงือก นอกจากจะทำหน้าที่เป็นอวัยวะที่ใช้กรองอาหารจากน้ำแล้วยังทำหน้าที่ในการหายใจและช่วยในการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกายบริเวณกึ่งกลางลำตัวมีกล้ามเนื้อยึดเปลือกซึ่งทำหน้าที่ปิดเปิดเปลือกซึ่งมีรูปร่างต่างกันไปในหอยนางรมแต่ละชนิด ส่วนลึกลงไปเป็นลำตัวที่เป็นที่รวมอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งอยู่รวมภายในได้แก่ ระบบประสาท ระบบการขับถ่ายของเสีย ระบบเลือดและระบบสืบพันธุ์ อวัยวะสืบพันธุ์จะเห็นเป็นเนื้อสีขาวปกคลุมกระเพาะอาหาร ช่องทางออกของเซลล์สืบพันธุ์ (Promyal Passage) ใช้ในการจำแนกชนิดของหอยนางรมโดยที่หอยนางรมบางชนิดโดยเฉพาะหอยนางรมทั้ง 3 ชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจจะมีช่องทางออกของเซลล์สืบพันธุ์อยู่ภายนอกตัว หอยพวกนี้มีการปฏิสนธิ (Fertilization) ของไข่และอสุจิเกิดในน้ำทะเล บางสกุลไม่มีช่องดังกล่าวจะพบการปฏิสนธิเกิดขึ้นภายในช่องตัวของเพศเมีย ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วพัฒนาจนเป็นตัวอ่อนแล้วจึงออกจากตัวแม่ ลักษณะของหัวใจและระบบทางเดินอาหารก็ช่วยใช้ในการจำแนกชนิดของหอยนางรม (สมบัติ อินทร์คง, 2546 : 37 - 42)

การบริโภคหอยนางรม

หอยนางรมเป็นหอยทะเลกาบหุ้มมีกาบหนาแข็ง บางชนิดมีสีน้ำตาลหรือสีเทา กาบบนจะใหญ่และแบนกว่ากากลาง ส่วนกากลางที่มีลักษณะโค้งเว้าจะเป็นส่วนที่มีตัวหอยติดอยู่ รสชาติของหอยนางรมขึ้นอยู่กับแหล่งอาศัยหรือแหล่งเพาะเลี้ยงมากกว่าสายพันธุ์ นอกจากหอยนางรมจะมีเนื้อที่อร่อยแล้วยังสามารถสร้างเครื่องประดับอย่างไข่มุกได้อีกด้วยแต่อาจไม่สวยเท่าไข่มุกจากหอยมุก

สำหรับการแกะเปลือกหอยนางรมนั้นจะมีมีดสำหรับการแกะเปลือกโดยเฉพาะ ซึ่งทำจากสแตนเลส และเมื่อแกะแล้วคมมีดจะไม่ทำให้เนื้อหอยเสียรสชาติ ซึ่งขั้นตอนการแกะนั้น ต้องอาศัยความชำนาญ เพราะต้องมีฝ่าสำหรับรองมือด้านที่จับหอย จากนั้นค่อย ๆ ใช้มีด แกะเปลือกหอยออก แล้วตัดกลัมนื้อที่ยึดกาบหอยด้านบนออก และแกะตัวหอยออกจากกาบล่าง จึงจะได้หอยนางรม

การเลือกซื้อหอยนางรมนั้น ควรเลือกซื้อจากแหล่งที่ไว้ใจได้ เลือกหอยที่มีสีมันสดใส เนื้อหอยไม่ขาด น้ำที่แช่หอยต้องไม่มีเมือกมาก และหากเป็นไปได้ควรชิมดู เพราะหอยนางรม ที่สดใหม่ต้องไม่มีกลิ่นเหม็น แต่หากเนื้อหอยนางรมแข็งหรือดูผิดปกติ อาจเป็นหอยนางรม ที่แช่สารเคมีที่อาจเป็นอันตรายต่อร่างกาย

สำหรับการบริโภคหอยนางรมนั้น ปกติจะนิยมรับประทานแบบสด ๆ มากกว่า เพราะมีรสชาติที่หวาน แต่อาจนำมาทำการปรุงเป็นซุปรสเผ็ด แกงจืด ออส่วน หอยทอด หรือเจียวกับไข่ ส่วนการรับประทานหอยนางรมแบบสด ๆ ที่นิยมก็จะเป็นหอยนางรมสด ที่เสิร์ฟกับน้ำจิ้มรสเด็ด หรือหอยนางรมแช่เย็นที่เสิร์ฟพร้อมกับกระเทียม พริกขี้หนู กระถิน และหอมแดงเจียว

หอยนางรมเป็นอาหารทะเลยอดนิยมของคนไทย ที่นำมากินกันแบบสด ๆ พร้อมกับ เครื่องเคียงต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นหอมเจียว น้ำพริกเผา พริกขี้หนู มะนาว และยอดกระถิน หรือนำมา ปรุงให้สุก เช่น ออส่วน ไข่เจียวหอยนางรม หอยทอด หรือนำมาแปรรูปเป็นน้ำมันหอยนางรม ซอสหอยนางรม เป็นต้น แต่การกินหอยนางรมดิบหรือปรุงไม่สุก ส่งผลให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ จากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชื่อว่า วิบริโอ วุลนิฟิคัส (*Vibrio Vulnificus*) ซึ่งจะทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบ ทางเดินอาหาร โดยผู้รับประทานหอยนางรมดิบอาจจะติดเชื้อชนิดนี้ได้ภายใน 24 ถึง 48 ชั่วโมง ทำให้มีอาการหนาวสั่น เป็นไข้ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ช็อค และผิวหนังมีรอยช้ำ ในผู้ป่วยที่เป็น โรคมะเร็ง เบาหวาน หรือโรคตับ อาจถึงขั้นเสียชีวิตได้ภายใน 2 วัน หากพบว่ามีอาการดังกล่าว หลังจากบริโภคหอยนางรมดิบควรรีบพบแพทย์โดยทันที

อย่างไรก็ตาม อาการป่วยที่เกิดจากการบริโภคหอยนางรมดิบ สาเหตุอาจไม่ได้เกิดจาก เชื้อวิบริโอ วุลนิฟิคัส เพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์อีก 2 ชนิด ได้แก่ ซาลโมเนลลา (*Salmonella*) และแคมไพโลแบคทีเรีย (*Campylobacter*) และผู้ที่เป็กลุ่มเสี่ยงซึ่งต้องระมัดระวัง ในการบริโภคหอยนางรมคือผู้ที่เป็โรคตับอักเสบ ดับแข็ง มะเร็งตับ โรคตับจากการดื่มสุรา เบาหวาน มะเร็งต่าง ๆ โรคเกี่ยวกับกระเพาะอาหารและโรคที่มีความบกพร่องเกี่ยวกับธาตุเหล็ก รวมถึงผู้ที่ติดเชื้อเอชไอวี

เพื่อความปลอดภัยควรบริโภคหอยนางรมที่ปรุงสุก เพราะความร้อนเท่านั้นที่จะสามารถ ทำลายเชื้อ วิบริโอ วุลนิฟิคัสนี้ได้ ถึงแม้ว่าหอยนางรมนั้นมาจากแหล่งที่สะอาด หรือร้านอาหาร

ที่มีชื่อเสียงและได้รับความนิยมสูงก็ไม่ได้หมายความว่าปลอดภัย และไม่ควรรับบริโภคหอยนางรมดิบ ควบคุมการดื่มสุรา หรือขอสเฝ้าเพราะไม่สามารถฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาได้ (นิรนาม. ออนไลน์. 2549)

ประโยชน์ของหอยนางรม

หอยนางรมเป็นอาหารทะเลที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เป็นอาหารที่จัดได้ว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่วนเปลือกหอยยังใช้ทำปูนขาวใช้ประโยชน์ในการก่อสร้าง การเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมหลายประเภท เนื้อหอยนางรมนอกจาก จะใช้รับประทานสด และปรุงอาหารได้หลายอย่างแล้ว ยังแปรรูปเป็นอาหารสำเร็จรูปได้อีก เช่น หอยนางรมคอง หอยรมควัน และสกัดเป็นน้ำมันหอย หอยนางรมพบอยู่ทั่วไปตามบริเวณน้ำตื้นชายเกาะ ชายฝั่งทะเลแหล่งน้ำที่มีอาณาเขตติดต่อกับทะเล (มณีรัตน์ กุเวตย์. ออนไลน์. 2553)

หอยนางรมมีหลายชนิดที่พบในประเทศไทย ได้แก่ หอยนางรมปากจิบขนาดเล็ก และหอยนางรมพันธุ์โตที่มีชื่อว่า “หอยตะโกรม” พบมากในจังหวัดชลบุรี ราชบุรี และ สุราษฎร์ธานี

หอยนางรมเป็นอาหารทะเลที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ดังข้อมูลในตาราง 1 เป็นแหล่งของวิตามินเอ บีหนึ่ง บีสอง บีสาม ซี และดี การบริโภคหอยนางรม ตัวที่มีขนาดกลาง 4 ถึง 5 ตัว ช่วยให้ร่างกายได้รับแร่ธาตุและสารอาหาร ประเภท แร่เหล็ก คอปเปอร์ ไอโอดีน แมกนีเซียม แคลเซียม ซิงค์ แมงกานีส ฟอสฟอรัส โปรตีน และแคลเซียม

นอกจากนี้หอยนางรมมีสารประกอบสำคัญ คือ เทอริน (Taurine) ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของระบบประสาท มีผลต่อการทำงานของต่อมหมวกไต ซึ่งมีหน้าที่หลั่งฮอร์โมนเพศและมีส่วนเกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานให้กับร่างกาย (นิรนาม. ออนไลน์. 2552)

ส่วนประกอบและคุณสมบัติที่พบจากหอยนางรม

จรัสพล รินทระ (ออนไลน์. 2548) กล่าวถึง ส่วนประกอบและคุณสมบัติที่พบจากหอยนางรม ดังนี้

1. Taurin เป็นกรดอะมิโนตัวหนึ่งที่หลายคนไม่ค่อยรู้จัก โดยมีความสำคัญต่อร่างกาย ดังนี้

1.1 ควบคุมระดับความดันโลหิตในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง โดยเชื่อว่าเกี่ยวข้องกับระบบ Renin-Angiotensin ในระบบไต

1.2 ควบคุมการแลกเปลี่ยน เข้าออก ของอออนต่าง ๆ จากเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ปฏิกริยาริเฟล็กซ์ จึงพบได้มากในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท ในเรื่องกระแสประสาทที่สมองส่วนกลางในเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อและหัวใจ

1.3 ช่วยในการสร้าง Taurocholate ซึ่งจะไปทำให้ไขมันที่รับประทานเข้าไป แตกตัวเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ ทำให้สามารถย่อยและเผาผลาญได้ง่ายขึ้น ทำให้ร่างกายนำพลังงานไปใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้เร็วขึ้น

1.4 ช่วยให้ Sperms เคลื่อนที่และมีกำลังเคลื่อนที่ดีขึ้น ทำให้มีโอกาสดังครรภ์ได้ง่ายขึ้นในผู้ป่วยที่มีบุตรยาก

2. Glycogen เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญอย่างหนึ่งของร่างกาย ที่สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรงทันทีเมื่อร่างกายอ่อนเพลียหรือต้องการกำลังงานเพิ่ม

3. Essential minerals เช่น สังกะสี (ซึ่งเป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนเพศชาย Testosterone) ธาตุเหล็ก ทองแดง ไอโอดีน ซีลีเนียม (ซึ่งเป็นสาร Antioxidants ป้องกันการเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ในร่างกายพร้อมทั้งเชื่อ่ว่าสามารถกระตุ้นความต้องการทางเพศได้

4. Essential fatty acids หลายตัวที่เป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนที่สำคัญ ในร่างกาย และพบว่าสามารถเพิ่มจำนวน Sperms ได้

5. Vitamins หลายตัวที่ช่วยเสริมสร้างให้สุขภาพทั่วไปของร่างกายแข็งแรงขึ้น แต่ก็ควรระวังในการรับประทานหอยนางรมสด อาจมีอันตรายได้ เพราะถ้ามีเชื้อไวรัสตับอักเสบบี หรือพยาธิ ก็จะสามารถจะติดต่อได้ ส่วนการทำหอยนางรมให้สุกก่อนการรับประทาน ก็อาจทำให้สารอาหารวิตามินถูกทำลายไปได้จากความร้อน

ตาราง 1 คุณค่าทางโภชนาการของหอยนางรม 100 กรัม

คุณค่าทางอาหาร	ปริมาณ	
ความชื้น	82.70	กรัม
พลังงาน	71.00	กิโลแคลอรี
ไขมัน	1.20	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	6.10	กรัม
เยื่อใย	0.00	กรัม
โปรตีน	8.30	กรัม
แคลเซียม	98.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	109.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	7.20	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	192.00	I.U.

ตาราง 1 (ต่อ)

คุณค่าทางอาหาร	ปริมาณ	
วิตามินบี 1	3.00	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.22	มิลลิกรัม
วิตามินซี	1.90	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	0.22	มิลลิกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย. 2530 : 28

ความหมายของการจัดการ (Defining Management)

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม (ออนไลน์. 2550) กล่าวถึง การจัดการ (Management) หมายถึง ขบวนการที่ทำให้งานกิจกรรมต่าง ๆ สำเร็จลงได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล ด้วยคนและทรัพยากรขององค์การ รอบบิน และดีเซนโซ (Robbins and DeCenzo. 2004 : 127 ; อ้างถึงใน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. ออนไลน์. 2550) ซึ่งตามความหมายนี้องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ได้แก่ ขบวนการ (Process) ประสิทธิภาพ (Efficiency) และประสิทธิผล (Effectiveness)

ประสิทธิภาพ (Efficiency) และประสิทธิผล (Effectiveness)

ประสิทธิภาพ หมายถึง การทำงานอย่างถูกวิธี เป็นการเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยนำเข้า (Inputs) กับผลผลิต (Outputs) หากเราสามารถทำงานได้ผลผลิตมากกว่าในขณะที่ใช้ปัจจัยนำเข้า น้อยกว่า หรือเท่ากัน ก็หมายความว่าเราทำงานได้มีประสิทธิภาพมากกว่า ซึ่งปัจจัยนำเข้าในการจัดการ ก็คือทรัพยากรขององค์การ ได้แก่ คน เงิน วัตถุดิบ อุปกรณ์ เครื่องจักร และทุนทรัพยากรเหล่านี้ มีจำกัด และเป็นต้นทุนในการดำเนินงานขององค์การ ดังนั้นการจัดการที่ดีจึงต้องพยายามทำให้มีการใช้ทรัพยากรน้อยที่สุดและให้เกิดผลผลิตมากที่สุด

ประสิทธิผล สำหรับประสิทธิผลในการจัดการหมายถึง การทำได้ตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ การจัดการที่มีเพียงประสิทธิภาพนั้นยังไม่เพียงพอต้องคำนึงว่า ผลผลิตนั้นเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ ตัวอย่างเช่น สถาบันศึกษาที่ผลิตผู้สำเร็จ การศึกษาพร้อมกันทีละมาก ๆ หากไม่คำนึงถึงคุณภาพการศึกษาก็อาจจะได้แต่ประสิทธิภาพ คือ ใช้ทรัพยากรในการผลิตหรือต้นทุนต่อผู้เรียนต่ำ แต่อาจจะไม่ได้ประสิทธิผลในการศึกษา เป็นต้น และในทางกลับกันหากทำงานที่ได้ประสิทธิผลอย่างเดียวก็ไม่ได้ ต้องคำนึงถึงต้นทุนและ

ความมีประสิทธิภาพด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น บริษัท Hewlett-Packard อาจจะทำตลับหมึกสีสำหรับเครื่อง Laser Printer ที่มีสีเหมือนจริงและทนนานมากกว่าเดิมได้ แต่ต้องใช้เวลา แรงงาน และวัตถุดิบที่สูงขึ้นมาก ทางด้านประสิทธิภาพผลออกมาดี แต่นับว่าไม่มีประสิทธิภาพ เพราะต้นทุนรวมสูงขึ้นมาก เป็นต้น

ในการบริหารจัดการให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลนั้น ต้องอาศัยความเข้าใจในสาขาวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ด้านมนุษยศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ ปรัชญา การเมือง จิตวิทยา และสังคมศาสตร์ เพื่อให้เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับพฤติกรรมของมนุษย์ ความได้เปรียบในการแข่งขัน การค้าเสรี ความขัดแย้ง การใช้อำนาจ และความสัมพันธ์ของมนุษย์ในสังคม

ขบวนการจัดการ (Management Process)

ผู้จัดการหรือผู้บริหารทุกคนต้อง ทำกิจกรรมเกี่ยวกับการจัดการ หรือที่เรียกว่า ขบวนการจัดการ 5 อย่าง ได้แก่ การวางแผน(Planning) การจัดองค์การ (Organizing) การสั่งการ (Commanding) การประสานงาน (Coordinating) และการควบคุม (Controlling) (เขียนย่อว่า POCOC) และต่อมาในช่วงกลางปีทศวรรษ 1950 นักวิชาการจาก UCLA ได้ปรับมาเป็น การวางแผน (Planning) การจัดองค์การ (Organizing) การจัดการพนักงาน (Staffing) การสั่งการ (Directing) และการควบคุม (Controlling) (เขียนย่อว่า POSDC) ซึ่งขบวนการจัดการ 5 ประการ (POSDC) อันหลังนี้เป็นที่นิยมใช้เป็นกรอบในการเขียนตำรามากกว่า 20 ปี และต่อมาในช่วงหลังนี้ได้ย่อขบวนการจัดการ 5 ประการนี้ เป็นหน้าที่พื้นฐาน 4 ประการ ได้แก่ การวางแผน (Planning) การจัดองค์การ (Organizing) การโน้มนำ (Leading/Influencing) และการควบคุม (Controlling) อย่างไรก็ตามงานในแต่ละส่วนของขบวนการจัดการที่กล่าวข้างต้นนี้มีความสัมพันธ์และมีผลกระทบซึ่งกันและกันประกอบด้วย

1. การวางแผน (Planning)

เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดเป้าหมายขององค์การ สร้างกลยุทธ์ เพื่อแนวทางในการดำเนินไปสู่เป้าหมาย และกระจายจากกลยุทธ์ไปสู่แผนระดับปฏิบัติการ โดยกลยุทธ์และแผนในแต่ละระดับและแต่ละส่วนงานต้องสอดคล้องประสานกัน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในส่วนงานของตนและเป้าหมายรวมขององค์การด้วย

2. การจัดองค์การ (Organizing)

เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการจัดโครงสร้างขององค์การ โดยพิจารณาว่าการทำงานที่จะทำได้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้นั้น ต้องมีงานอะไรบ้างและงานแต่ละอย่างจะสามารถจัดแบ่งกลุ่มงานได้อย่างไร มีใครบ้างเป็นผู้รับผิดชอบในแต่ละส่วนงานนั้นและมีการรายงานบังคับบัญชาตามลำดับชั้นอย่างไร ใครเป็นผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ

3. การโน้มนำพนักงาน (Leading/Influencing)

เป็นเรื่องเกี่ยวกับการจัดการให้พนักงานทำงาน อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งต้องใช้การประสานงาน การติดต่อสื่อสารที่ดี การจูงใจในการทำงาน ผู้บริหารต้องมีภาวะผู้นำที่เหมาะสม ลดความขัดแย้งและความตึงเครียดในองค์กร

4. การควบคุม (Controlling)

เมื่อองค์กรมีเป้าหมาย และได้มีการวางแผนแล้วก็ทำการจัดโครงสร้างองค์กร ว่าจ้างพนักงาน ฝึกอบรม และสร้างแรงจูงใจให้ทำงาน และเพื่อให้แน่ใจว่าสิ่งต่างๆ จะดำเนินไปตามที่ควรจะเป็น ผู้บริหารก็ต้องมีการควบคุมติดตามผลการปฏิบัติการ และ เปรียบเทียบผลงานจริงกับเป้าหมายหรือมาตรฐานที่กำหนดไว้ หากผลงานจริงเบี่ยงเบนไปจากเป้าหมายก็ต้องทำการปรับให้เป็นไปตามเป้าหมาย ซึ่งขบวนการติดตามประเมินผล เปรียบเทียบ และแก้ไขนี้ก็คือ ขบวนการควบคุม

บทบาทของการจัดการ (Managerial Roles)

เมื่อก้าวถึงหน้าที่ที่เกี่ยวกับการจัดการในองค์กรมักมุ่งไปที่หน้าที่ต่างๆ ในขบวนการจัดการ 4 ประการ (การวางแผน การจัดองค์กร การโน้มนำ และการควบคุม) ดังที่กล่าวข้างต้น ซึ่งผู้บริหารแต่ละคนให้ความสำคัญและเวลาในการทำหน้าที่การจัดการเหล่านี้แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นกับลักษณะการดำเนินงานขององค์กรที่แตกต่างกันด้วย (เช่น มีลักษณะการดำเนินงานเป็นองค์กรที่แสวงหากำไรหรือองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร) ระดับของผู้บริหารที่ต่างกัน (ระดับต้น ระดับกลาง ระดับสูง) และขนาดขององค์กรที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น ผู้บริหารที่อยู่ในระดับบริหารที่ต่างกันจะให้เวลาในการทำกิจกรรมของแต่ละหน้าที่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาถึงกิจกรรมของผู้บริหารในองค์กรแล้ว Mintzberg เห็นว่าบทบาทของการจัดการสามารถจัดแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม หรือที่เรียกว่า บทบาทด้านการจัดการของ Mintzberg (Mintzberg's Managerial Roles) ได้แก่ บทบาทด้านระหว่างบุคคล (Interpersonal Roles) บทบาทด้านข้อมูล (Informational Roles) และบทบาทด้านการตัดสินใจ (Decisional Roles) โดยแต่ละกลุ่มของบทบาทมีบทบาทย่อยดังต่อไปนี้

บทบาทระหว่างบุคคล (Interpersonal Roles) เป็นบทบาทด้านการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ประกอบด้วย บทบาทย่อย ได้แก่

1. บทบาทตามตำแหน่ง (Figurehead) : ทำหน้าที่ประจำวันต่างๆ ตามระเบียบที่เกี่ยวข้องกับกฎหมาย หรือตามที่สังคมกำหนด เช่น การต้อนรับแขกขององค์กร ลงนามในเอกสารตามกฎหมาย เป็นต้น

2. บทบาทผู้นำ (Leader) : ต้องรับผิดชอบสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นการทำงานของพนักงาน รับผิดชอบในการจัดหาคน ฝึกอบรม และงานที่เกี่ยวข้องอื่นๆ

3. บทบาทการสร้างสัมพันธภาพ (Liaison) : โดยสร้างเครือข่ายภายในและภายนอก เพื่อการกระจายข้อมูลให้ทั่วถึง

บทบาทด้านข้อมูล (Informational Roles) เป็นบทบาทด้านการกระจายและส่งผ่านข้อมูล ประกอบด้วย บทบาทย่อย ดังนี้

1. เป็นผู้ติดตามประเมินผล (Monitor) : เป็นการติดตามเลือกรับข้อมูล (ซึ่งมักจะเป็น เหตุการณ์ปัจจุบัน) เพื่อเข้าใจความเคลื่อนไหวขององค์กรและสิ่งแวดล้อม เป็นเสมือนศูนย์กลาง ของระบบ

2. เป็นผู้กระจายข้อมูล (Disseminator) : รับบทบาทส่งผ่านข้อมูลไปยังพนักงานในองค์กร บางข้อมูลก็เกี่ยวกับข้อเท็จจริง บางข้อมูลเกี่ยวกับการแปลผลและรวบรวมความแตกต่างกัน ที่เกิดขึ้นในองค์กร

3. เป็นโฆษก (Spokesperson) : ทำหน้าที่ประชาสัมพันธ์ ส่งต่อข้อมูลไปยังหน่วยงาน ภายนอกเกี่ยวกับแผนงาน นโยบาย กิจกรรม และผลงานขององค์กร เช่น เป็นผู้เชี่ยวชาญ ในอุตสาหกรรม

บทบาทด้านการตัดสินใจ (Decisional Roles) ทำหน้าที่ตัดสินใจในการดำเนินงาน ขององค์กร ประกอบด้วยบทบาทย่อย ดังนี้

1. เป็นผู้ประกอบการ (Entrepreneur) : หาโอกาสและริเริ่มสิ่งใหม่ๆ เช่น การปรับปรุง โครงการ เพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบโครงการ โดยการจัดให้มีการทบทวนและกำหนดกลยุทธ์เพื่อพัฒนาโปรแกรมใหม่ ๆ

2. เป็นผู้จัดการความสงบเรียบร้อย (Disturbance Handler) : รับผิดชอบแก้ไขการดำเนินงาน เมื่อองค์กรเผชิญกับความไม่สงบเรียบร้อย โดยการทบทวนและกำหนดกลยุทธ์ที่เกี่ยวข้องกับ ความไม่สงบและวิกฤติการณ์ในองค์กร

3. เป็นผู้จัดสรรทรัพยากร (Resource Allocator) : เป็นผู้รับผิดชอบในการจัดสรร ทรัพยากรต่างๆ ในองค์กร เช่น ทำการตัดสินใจและอนุมัติในประเด็นที่สำคัญต่าง ๆ ขององค์กร โดยจัดลำดับ และกระจายอำนาจ ดูแลกิจกรรมที่เกี่ยวกับเรื่องงบประมาณ และจัดการเกี่ยวกับ การทำงานของพนักงาน

4. เป็นผู้ต่อรอง (Negotiator) : รับผิดชอบในการเป็นตัวแทนต่อรองในเรื่องสำคัญ ขององค์กร เช่น มีส่วนร่วมในการทำสัญญากับสหภาพแรงงานขององค์กร หรือการต่อรองกับ ผู้จัดหา (Suppliers)

ทักษะของนักบริหาร (Management Skills)

ผู้บริหารไม่ว่าจะอยู่ในระดับใด หรืออยู่ในองค์กรใดก็ทำหน้าที่ในการจัดการ 4 อย่าง ได้แก่ การวางแผน (Planning) การจัดองค์การ (Organizing) การโน้มนำ (Leading/Influencing)

และการควบคุม (Controlling) และการที่ผู้บริหารจะสามารถทำหน้าที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการได้ ประสพผลสำเร็จนั้น ต้องมีทักษะที่ดีด้านการจัดการ ซึ่งทักษะสำคัญในเบื้องต้นที่ผู้บริหารควรมี อย่างน้อย 3 อย่าง ได้แก่ ทักษะด้านเทคนิค (Technical Skills) ทักษะด้านคน (Human Skills) และ ทักษะด้านความคิด (Conceptual Skills)

ทักษะด้านเทคนิค (Technical Skills) เป็นความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ และความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านเกี่ยวกับงาน สำหรับผู้บริหารระดับสูงทักษะความสามารถนี้ จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับความรู้ทั่วไปของอุตสาหกรรม ขบวนการและผลิตภัณฑ์ขององค์กร และ สำหรับผู้บริหารระดับกลางและระดับต้น จะเป็นทักษะความสามารถเฉพาะด้านในงานที่ทำ เช่น การเงิน ทรัพยากรบุคคล เทคโนโลยีสารสนเทศ การผลิต ระบบคอมพิวเตอร์ กฎหมาย การตลาด เป็นต้น ทักษะทางด้านเทคนิคมักเป็นความสามารถเกี่ยวกับตัวงาน เช่น ขบวนการหรือผลิตภัณฑ์

ทักษะด้านคน (Human Skills) เป็นทักษะในการทำให้เกิดความประสานงานกันของกลุ่ม ที่ผู้บริหารนั้นรับผิดชอบเป็นการทำงานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องทัศนคติ การสื่อสารและผลประโยชน์ ของบุคคลและกลุ่ม เป็นทักษะการทำงานกับคน

ทักษะด้านความคิด (Conceptual Skills) เป็นความสามารถในการมององค์การในภาพรวม ผู้บริหารที่มีทักษะด้านความคิด จะสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ของหน่วยงานต่าง ๆ ในองค์การว่า มีผลต่อกันอย่างไร และเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างองค์การกับปัจจัยแวดล้อมองค์การ รวมทั้ง การเปลี่ยนแปลงในส่วนหนึ่งขององค์การมีผลกระทบกับส่วนอื่น ๆ อย่างไร

ทักษะด้านความคิดนี้จะยังมีความสำคัญมากขึ้นเมื่ออยู่ในระดับบริหารที่สูงขึ้น ขณะที่ ทักษะด้านเทคนิคจะมีความสำคัญน้อยลงในระดับบริหารที่สูงขึ้น เนื่องจากผู้บริหารในระดับที่สูง จะเข้ามาดูแลในรายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมต่าง ๆ ในการผลิต และด้านเทคนิคน้อยลง แต่จะเน้น ไปที่การมองภาพรวมขององค์การและทิศทางที่จะพัฒนาไปขององค์การมากกว่า ส่วนทักษะ ด้านคน ยังคงมีความสำคัญอย่างมากในทุกระดับของการบริหาร เพราะทุกระดับต้องเกี่ยวข้องกับคน

กิจกรรมของนักบริหาร (Managerial Activities)

การศึกษาเกี่ยวกับกิจกรรมที่ทำของนักบริหารในแต่ละวันว่า มีความแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า นักบริหารที่ประสบความสำเร็จในหน้าที่การงานและได้รับการเลื่อนตำแหน่ง อย่างรวดเร็ว จะให้ความสำคัญกับกิจกรรมที่ต่างไปจากนักบริหารที่มีประสิทธิภาพ ที่มีผลงาน ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพเป็นไปตามเป้าหมาย และเป็นที่ชื่นชอบของผู้บังคับบัญชา โดยการ ศึกษาของโรบิน (Robbins. 2003 : 208 ; อ้างถึงใน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. ออนไลน์. 2550) พบว่า กิจกรรมที่นักบริหารส่วนใหญ่สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. การจัดการแบบเดิม (Traditional Management) เช่น การตัดสินใจ การวางแผน และการควบคุม
2. การติดต่อสื่อสาร (Communication) เช่น การแลกเปลี่ยนข้อมูลประจำวัน และทำงานเอกสาร
3. การจัดการด้านทรัพยากรบุคคล (Human Resource Management) เช่น การจูงใจ การสร้างวินัย จัดการความขัดแย้ง งานบุคคล และการฝึกอบรม และ
4. การสร้างเครือข่าย (Networking) เช่น การเข้าสังคม เล่นการเมืองในองค์กร และมีกิจกรรมร่วมกับหน่วยงานภายนอก

การทำข้าวเกรียบ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2554 : 1 - 3) กล่าวถึง ข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวประเภททอดที่รู้จักกันดีผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว (Snack) พัฒนาจากอาหารที่รับประทานระหว่างมื้อที่เรียกกันว่า อาหารว่าง โดยพัฒนาอย่างกว้างขวาง เพื่อให้สอดคล้องกับการดำเนินชีวิตของผู้บริโภคที่ไม่มีเวลาในการจัดเตรียมอาหารมากนักหรือแม้แต่การใช้เวลาในการรับประทานดังจะเห็นได้ว่าผู้บริโภคจำนวนมากไม่ได้รับประทานอาหารเช้าเพราะต้องรีบไปโรงเรียนหรือทำงาน หรือมีเวลารับประทานอาหารกลางวันเพราะงานยังไม่เสร็จ จำต้องหาอาหารที่รับประทานได้ง่ายเพื่อประทังความหิว

จากพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารจุบจิบ (Nibble Type Product) ดังกล่าว จึงทำให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ใช้รับประทานทั่วไปให้มีลักษณะเฉพาะ ที่สะดวกต่อการบริโภคมากขึ้นในทุกโอกาสกับพฤติกรรมผู้บริโภค การรับประทานมิใช่ใช้รับประทานเฉพาะในเวลาอาหารว่างเท่านั้น แต่มีการรับประทานในเวลาต่างๆกัน และยังมีอาหารว่างอื่นอีกหลายชนิด ที่ยังไม่ได้พัฒนารูปแบบที่เหมาะสมที่จะจัดอยู่ในอาหารกลุ่มใหม่นี้ ด้วยเหตุนี้จึงมีการเรียกผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ว่า “ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว”

ข้าวเกรียบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้งผสมเครื่องปรุงรส อาจมี ส่วนประกอบของเนื้อสัตว์ ผัก หรือผลไม้ เช่น ปลา กุ้ง ฟักทอง เผือก งาดำ งาขาว ผสมให้เข้ากัน แล้วทำให้เป็นรูปทรงตามต้องการ นึ่งให้สุก ตัดให้เป็นแผ่นบาง ๆ หรือรูปทรงตามต้องการ ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น อาจทอดก่อนบรรจุหรือไม่ก็ได้

ข้าวเกรียบ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภค
2. ชนิดข้าวเกรียบดิบ

คุณลักษณะที่ต้องการ

1. ลักษณะทั่วไป

1.1 ชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภคน : ต้องกรอบ มีการพองตัวดีและสม่ำเสมอ อาจแตกหักได้เล็กน้อย

1.2 ชนิดข้าวเกรียบดิบ : ต้องแห้ง ไม่เกาะติดกัน อาจแตกหักได้เล็กน้อยการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส (เฉพาะชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภคน)

ต้องกรอบ ไม่เหนียวหรือแข็งกระด้าง : การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและชิม

3. สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของข้าวเกรียบ สม่ำเสมอ ไม่ไหม้เกรียม

4. กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของข้าวเกรียบ ไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 9.1 แล้ว ต้องไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

5. สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6. ความชื้น

6.1 ชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภคน ต้องไม่เกินร้อยละ 4.0 โดยน้ำหนัก

6.2 ชนิดข้าวเกรียบดิบ ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

6.3 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

7. ค่าเพอร์ออกไซด์ (เฉพาะชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภคน)

7.1 ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม

7.2 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

8. วัตถุเจือปนอาหาร

8.1 ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด

8.2 ห้ามใช้วัตถุกันเสียทุกชนิด เว้นแต่กรณีที่ดีความกับวัตถุดิบให้เป็นไปตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

8.3 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

9. จุลินทรีย์

9.1 ชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภครวม

- 9.1.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- 9.1.2 *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม
- 9.1.3 *Staphylococcus Aureus*. ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- 9.1.4 *Bacillus Cereus*. ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- 9.1.5 *Clostridium Perfringens*. ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- 9.1.6 *Escherichia Coli*. โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- 9.1.7 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.2 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่น

ที่เทียบเท่า

9.3 ชนิดข้าวเกรียบดิบ

- 9.3.1 *Staphylococcus aureus*. ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- 9.3.2 *Bacillus cereus*. ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- 9.3.3 *Escherichia coli*. โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 100 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- 9.3.4 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.4 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่น

ที่เทียบเท่า

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ธุรกิจผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างกว้างขวางทั้งในเชิงการผลิตและจัดจำหน่ายและแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 6 ประเภท คือ อาหารขบเคี้ยวที่ทำจากแป้ง ถั่วอบกรอบ มันฝรั่งทอดกรอบ ข้าวเกรียบกุ้ง ปลาหมึก ปลาเส้นและข้าวโพด

ตลาดอาหารขบเคี้ยวจัดว่ามีความแปรปรวนสูง เพราะผู้บริโภคไม่ยึดกับชื่อหรือยี่ห้อมากนัก จึงทำให้อาหารขบเคี้ยวมีอายุในตลาดค่อนข้างสั้น เข้ามาในตลาดได้ง่ายแต่ในเวลาเดียวกันก็ออกจากตลาดได้ง่ายเช่นกัน จึงเป็นการเปิดโอกาสให้ผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ สามารถเข้าสู่ตลาดได้ตลอดเวลา นับว่า มีการแข่งขันค่อนข้างสูง และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้น

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวในตลาดที่มีการแข่งขันค่อนข้างสูงจึงจำเป็นที่ผู้ผลิตจะต้องสร้างจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ให้ชัดเจน กลยุทธ์ที่สำคัญ ได้แก่ การเน้นคุณภาพที่ไม่เหมือนใคร หรือแตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น เช่น เน้นรสชาติ รูปแบบ คุณค่าทางโภชนาการ ตลอดจนภาชนะบรรจุให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย รวมไปถึงกลยุทธ์ทางการตลาดต่าง ๆ ที่ช่วงชิงส่วนแบ่งของตลาดให้มากที่สุด

จากการที่ผลิตภัณฑ์มีอายุตลาดค่อนข้างสั้น จึงจะสังเกตเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด จะมีผู้ผลิตออกมาจำนวนมาก โดยอาจมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบไปบ้างเล็กน้อยและการใช้ชื่อทางการค้าต่าง ๆ กัน โดยที่ยังอาจเป็นผู้ผลิตรายเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้มีตัวแทนซึ่งกันและกัน หากสินค้าชนิดหนึ่งไม่ได้รับความนิยม ก็ยังมีสินค้าอีกชนิดหนึ่งอยู่ในตลาด เพื่อยึดครองตลาดบางส่วนไว้ก่อนสำหรับเป็นช่องทางให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ออกมาแทน

การแข่งขันเชิงธุรกิจจำเป็นต้องใช้กลยุทธ์ทางการตลาดที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้บริโภค รวมทั้งการพิจารณาช่องทางจัดจำหน่ายที่เหมาะสม เช่น การกลยุทธ์การโฆษณาที่มุ่งใจ ผลิตภัณฑ์ที่เจาะกลุ่มผู้บริโภควัยเด็กจะเน้นของแถม หรือการใช้ภาษาที่มีรูปแบบและสีสันที่สะดุดตา หากเป็นผลิตภัณฑ์ที่เจาะกลุ่มวัยรุ่น อาจต้องใช้ประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่าง ๆ หรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมของชุมชนบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มเป้าหมายด้วยเช่นกัน

ช่องทางการจัดจำหน่ายที่สำคัญของอาหารขบเคี้ยว ได้แก่ ร้านค้าปลีก ร้านค้าทั่วไปถึงร้านสะดวกซื้อ และซูเปอร์มาร์เก็ต ซึ่งในการแข่งขันในเรื่องช่องทางจัดจำหน่ายอาจใช้เรื่องราคาเพื่อจูงใจให้พ่อค้าต้องการนำสินค้าไปวางจำหน่าย

กรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบ

อุมาพร สุนทรรัตน์ (2540 : 59) กล่าวถึง ข้าวเกรียบ (Snack) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง ผสมด้วยเนื้อสัตว์หรือผัก เครื่องปรุงรส ผสมให้เข้ากัน แล้วทำเป็นรูปทรงตามต้องการ นึ่งให้สุก ตัดเป็นแผ่นบาง ๆ หรือรูปทรงตามต้องการ ทำให้แห้งโดยการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น

1. การผสม (Mixing)

การผสมเป็นขั้นตอนที่ทำให้มันสำปะหลัง และส่วนผสมอื่นผสมเข้าด้วยกัน การผสมที่ดีของก้อนแป้งดิบที่ได้จะต้องมีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียนเรียบเป็นเนื้อเดียวกันและสามารถรีดเป็นแผ่น ขยายหรือปั้นเป็นก้อนได้ดี การผสมสามารถใช้เครื่องผสมได้หลายชนิด เช่น เครื่องนวดแบบอ่าง (Blow Mixer) และเครื่องผสมที่มีใบมีดตัด (Mechanical Blade Mixer)

2. การยัด (Stuffing)

การยัดเป็นการทำรูปร่าง (Moulding) โดยใส่ในกระบอกอะลูมิเนียม (Aluminum) สแตนเลส สตีล (Stainless Steel) ซึ่งประยุกต์จากเทคโนโลยีการผลิตไส้กรอก ซึ่งทำให้รูปทรงและขนาดสม่ำเสมอ

3. การนึ่ง (Steaming)

การนึ่งก้อนแป้งจะต้องใช้เวลาานพอให้ก้อนแป้งสุกทั้งก้อน มิฉะนั้นเวลาทอดข้าวเกรียบจะพองตัวไม่ดี มีลักษณะเนื้อแข็งกระด้างและไม่กรอบ ซึ่งระยะเวลาในการนึ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของข้าวเกรียบ ขนาด และรูปร่างของก้อนแป้งดิบ ซึ่งโดยปกติทั่วไปจะใช้เวลานึ่งประมาณ 60 ถึง 90 นาที

4. การแช่เย็น และการทำให้เย็น (Chilling and Cooling)

การทำให้เย็นในน้ำเย็นเพื่อให้แยกก้อนแป้งออกจากกระบอกโลหะได้ง่าย และแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 ถึง 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน เพื่อให้แป้งสุก แข็งตัว เมื่อหั่นก้อนแป้งสุกจะทำให้เนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏที่ดี ไม่ควรทิ้งให้ข้าวเกรียบแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง เพราะจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อราได้ง่าย

5. การหั่น (Slicing)

ใช้เครื่องหั่น (Mechanical) มีประโยชน์ คือสามารถควบคุมความหนาของแผ่นข้าวเกรียบได้ การหั่นควรหั่นให้ข้าวเกรียบมีความหนาที่เหมาะสม เพื่อง่ายต่อการทำแห้ง มีการขยายตัวที่ดี และบริเวณผิวหน้าตัดของแผ่นแป้งสุกควรจะราบเรียบ ไม่ขรุขระ เพื่อจะทำให้เนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏตัวของข้าวเกรียบที่ดี

6. การทำให้แห้ง

การทำแห้ง (Drying) คือ การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้คือ มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน อาหารแห้งแต่ละชนิดจะมีความชื้นในระดับที่ปลอดภัยไม่เท่ากัน เช่น ผลไม้แช่อิ่มเก็บได้ที่ความชื้น 15 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเป็นเมล็ดธัญพืชเก็บที่ความชื้นนี้จะเกิดราได้ (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2540 : 164)

การกำจัดน้ำออกไปจะช่วยทำให้ข้าวเกรียบแห้ง เมื่อนำไปทอดมีการพองตัวดี และมีผิวเรียบการทำแห้งสามารถทำได้ด้วยวิธีการตากแดดหรือการอบที่อุณหภูมิ 45 ถึง 75 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นเหลืออยู่ร้อยละ 6 ถึง 12 ความชื้นที่เหมาะสมควรเป็นร้อยละ 8 แต่สำหรับข้าวเกรียบที่มีขายทั่วไปมีความชื้นร้อยละ 11 ถึง 15 ซึ่งการตากแห้งจะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการอบแห้งที่ต้องมีค่าอุปกรณ์และเชื้อเพลิง อีกทั้งใช้เครื่องมือพิเศษดังแสดงในตาราง 2

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการตากแห้งกับการอบแห้ง

การตากแห้ง	การอบแห้ง
- อาศัยธรรมชาติ ฉะนั้นความสำเร็จจึงขึ้นอยู่กับลักษณะอากาศของแต่ละท้องถิ่น	- อาศัยการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นในห้องอบ ฉะนั้นจะได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีเสมอไป ไม่ว่าจะอยู่ในสภาพแวดล้อมอย่างไร
- ต้องการเนื้อที่ในการตากแห้งมาก คือ ถึงราวร้อยละ 5 ของเนื้อที่เพาะปลูกพืชนั้น	- ไม่เปลืองเนื้อที่มาก เพราะสามารถซ้อนกันได้หลายชั้น
- ลำบากในการควบคุมความสะอาดและปลอดภัย	- ไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องความสกปรก หรือเชื้อโรคต่างๆ เพราะอยู่ในที่ปิดปิด
- ต้องใช้เวลาในการดำเนินงานยาว เพราะต้องอาศัยแสงแดดเฉพาะเวลากลางวัน	- สามารถดำเนินงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง จึงสามารถย่นระยะเวลาในการดำเนินงานลงได้มาก
- อาจมีการเสื่อมคุณภาพของผลผลิตระหว่างการตากแห้ง เช่น น้ำตาลเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ เพราะใช้เวลาตากนาน	- ไม่มีการเสื่อมคุณภาพระหว่างการอบแห้ง เพราะกรรมวิธีอบแห้งรวดเร็วและมีการควบคุมอุณหภูมิ
- วิตามินหลายอย่างเสื่อมไปมาก เช่น วิตามินซีและวิตามินเอ เพราะถูกทั้งอากาศและแสงแดด	- รักษาวิตามินไว้ได้มากกว่าการตากแห้ง เพราะสัมผัสอากาศแต่เพียงเล็กน้อย และไม่ถูกแสงแดด
- เสียอาหารดีกว่าการอบแห้ง	- เสียน้อยกว่าการตากแห้ง
- ไม่ต้องการเครื่องมือมาก	- ต้องการเครื่องมือพิเศษ
- เสียค่าใช้จ่ายน้อย	- สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ทั้งอุปกรณ์และเชื้อเพลิง

ที่มา : วัฒนา ประทุมสินธุ์. 2525 : 74

น้ำในอาหารและค่า Water Activity

น้ำเป็นส่วนประกอบหลักของอาหารทุกชนิดโดยอยู่ในรูปอิสระ (Free Water) และเกาะเกี่ยวกับสารอื่น (Bound Water) น้ำอิสระเป็นน้ำที่แทรกอยู่ในช่องว่างของอาหาร อาจมีการเกาะตัวกับองค์ประกอบของอาหารบ้างด้วยพันธะที่ไม่แข็งแรงมากนัก มีคุณสมบัติเหมือนน้ำปกติสามารถเป็นตัวทำละลายได้ มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีและจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้

ในการดำรงชีวิตได้ แต่น้ำส่วนนี้ก็ยังมีความสมบัติไม่เหมือนกับน้ำอิสระในธรรมชาติอย่างแท้จริง จึงมักเรียกน้ำอิสระนี้ว่า “ แอคทีฟวอเตอร์ ” (Active Water) ซึ่งหมายถึง น้ำที่ยังคงรักษาคุณสมบัติของน้ำอิสระไว้ได้ (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538 : 40)

Water Activity กับ การควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

ค่า Water Activity เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่า Water Activity เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ เราสามารถใช้ค่า Water Activity ในการประเมินว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดเป็นหรือไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสีย ตลอดจนใช้ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ภายใต้ค่า Water Activity ที่จำกัด โดยเราจะทำให้อาหารมีค่า Water Activity ต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า Water Activity ต่ำกว่า 0.90 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า Water Activity ต่ำกว่า 0.70

1. ความแตกต่างของความชื้นและ Water Activity

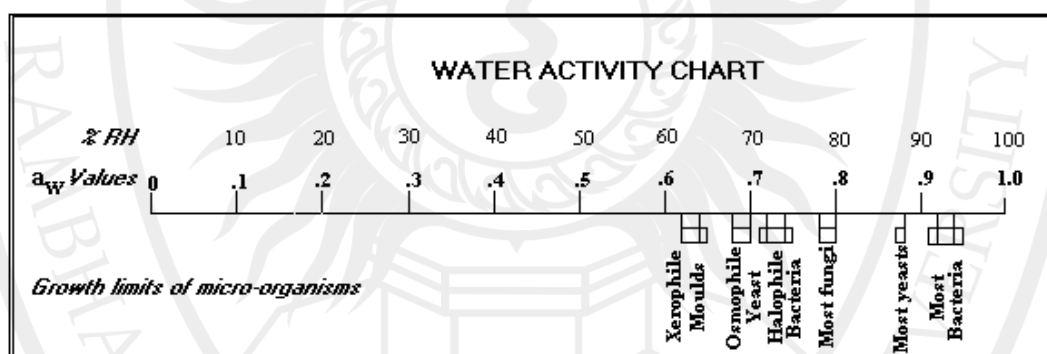
ปริมาณความชื้นเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสียของอาหาร ดังนั้นวิธีการดั้งเดิมที่ใช้ในการถนอมอาหาร ไม่ว่าจะเป็นวิธีการทำให้ชื้น การทำแห้ง ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่ทำให้ปริมาณความชื้นในอาหารลดลง การเชื่อมโดยการเติมน้ำตาล หรือการหมักดองโดยการเติมเกลือลงไป ในอาหาร ความจริงแล้ว วิธีการดังกล่าวทั้งหมดเป็นวิธีการที่อาศัยหลักของการลดค่า Water Activity แต่คนส่วนมากมักเข้าใจว่าเป็นการลดความชื้น

สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารทั้งหมดประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของน้ำที่เกาะติดกับอาหาร หรือถูกใช้ไปในการสร้างพันธะต่าง ๆ เช่น พันธะไฮโดรเจน พันธะไฮโดรเจน และอีกส่วนคือ ปริมาณน้ำอิสระที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้ในการเกิดพันธะใด ๆ และจะอยู่ในช่องว่างของอาหาร ปริมาณความชื้น (Moisture Content) เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร คือ รวมทั้งสองส่วนดังกล่าว ในขณะที่ Water Activity เป็นโมเลกุลของน้ำที่พร้อมจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอ ซึ่งเป็นส่วนของน้ำอิสระเท่านั้น ซึ่งในการทำให้อาหารแห้งหรือการทำแห้งเป็นการระเหยน้ำอิสระออกไป ส่วนการเติมเกลือ น้ำตาล หรือส่วนผสม (Ingredient) อื่น ๆ ลงไป โมเลกุลของสารเหล่านั้นจะไปจับพันธะกับน้ำอิสระทำให้ค่า Water Activity ลดลง

2. ความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นและค่า Water Activity

ค่าความชื้น (Moisture Content) และค่า Water Activity มีความสัมพันธ์กันแต่เป็นเรื่องที่ซับซ้อน ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น และค่า Water Activity

ของผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ ได้จากการทดลองวัดค่าทั้งสองของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ณ อุณหภูมิที่คงที่ค่าหนึ่งเท่านั้น แล้วบันทึกค่าทั้งสองเปรียบเทียบกับกันในรูปแบบกราฟ เรียกรูปภาพความสัมพันธ์ที่ได้ว่า Moisture Sorption Isotherms ดังภาพประกอบ 2 ซึ่งวิธีการหากราฟความสัมพันธ์สามารถทำได้ง่าย ๆ โดยนำอาหาร ไปใส่ในภาชนะที่ทราบค่าความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งควบคุมความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้สารละลายเกลืออิ่มตัวชนิดต่าง ๆ ใส่ลงไปในภาชนะแต่ละใบ ภาชนะที่ใช้ต้องสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้เป็นอย่างดี เพื่อให้มีความชื้นสัมพัทธ์ ณ จุดต่าง ๆ จากนั้น ตั้งอาหารทิ้งไว้จนเข้าสู่สภาวะสมดุล ซึ่ง ณ จุดสมดุลนี้จะทราบค่า Water Activity จากนั้นวัดค่าปริมาณความชื้น (Moisture Content) แล้วนำค่าทั้งสองไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ จากกราฟจะพบว่า เมื่อค่า Moisture Content เพิ่มขึ้น ค่า Water Activity มักเพิ่มขึ้นด้วย แต่เป็นการเพิ่มแบบไม่เป็นเส้นตรง นอกจากนี้กราฟ Moisture Sorption Isotherms ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความดันไอของโมเลกุลของน้ำในช่องว่างเนื้อผลิตภัณฑ์ และพลังงานของการจับพันธะของน้ำในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

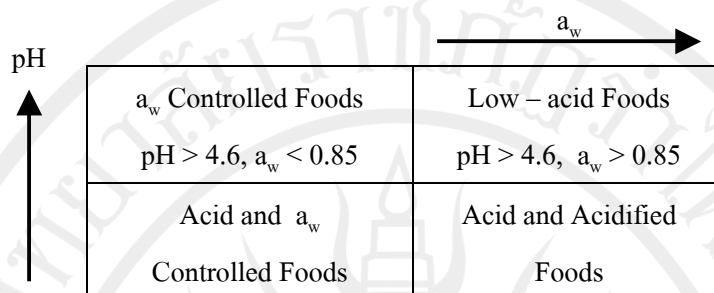


ภาพประกอบ 2 แสดง Water Activity Chart

ที่มา : ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ออนไลน์. 2545

3. ค่า Water activity กับข้อกำหนดและมาตรฐานอาหาร

จากความสัมพันธ์ระหว่างค่า Water activity กับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเกิดการเน่าเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ หลายประเทศจึงมีการออกกฎหมายที่ใช้บังคับและควบคุมคุณภาพอาหารที่ผลิตหรือขายในประเทศ เช่น Food and Drug Administration (FDA) ในสหรัฐอเมริกา ใช้ค่า Water activity เป็นดัชนีของความปลอดภัยในการแบ่งประเภทอาหาร โดยอาหารจะถูกแบ่งเป็น 4 ประเภท อาศัยค่า pH และค่า Water Activity ดังภาพประกอบ 3



a_w Controlled Foods $\text{pH} > 4.6, a_w < 0.85$	Low – acid Foods $\text{pH} > 4.6, a_w > 0.85$
Acid and a_w Controlled Foods	Acid and Acidified Foods

ภาพประกอบ 3 ค่า pH และค่า Water Activity

ที่มา : ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ออนไลน์. 2545

4. Water Activity กับอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

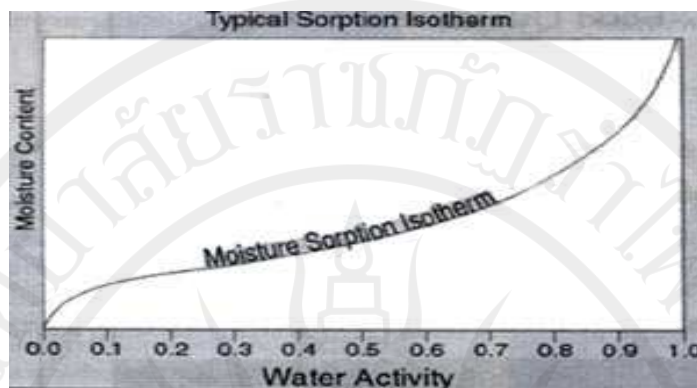
ในระหว่างการแปรรูป การขนส่ง และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและคุณภาพ ซึ่งรวมถึงสี กลิ่นรส รูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร และคุณค่าทางโภชนาการ ผลจากกลไกเหล่านี้ อาจก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร ทำให้คุณภาพของอาหารเปลี่ยนไปอยู่ในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคหรืออาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ และทำให้อาหารมีอายุการเก็บลดน้อยลง ดังนั้นผู้ผลิตอาหารจึงพยายามศึกษาและหาสาเหตุที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เพื่อทำการออกแบบและควบคุมกระบวนการผลิต เช่น การควบคุมอุณหภูมิ เวลา และความเร็วในกระบวนการผลิตให้มีมาตรฐาน สามารถควบคุมป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร และสามารถประเมินอายุการเก็บของอาหารให้ได้ตามระยะเวลาที่กำหนด

การเสื่อมเสียของอาหารโดยส่วนใหญ่เกิดจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและส่วนประกอบที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร แต่ละชนิดที่แตกต่างกัน (ตาราง 3) และเนื่องจากค่า Water Activity เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ดังนั้นวิธีการควบคุมค่า Water Activity จึงเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยจะควบคุมให้อาหารมีระดับค่า Water Activity ต่ำกว่าค่าที่เชื้อจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆ จะเจริญเติบโตได้ ดังแสดงในภาพประกอบ 4 สิ่งสำคัญของการป้องกันการเสื่อมเสีย เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์คือการป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษได้ เช่น Clostridium Botulinum จะไม่สามารถเจริญได้ที่ระดับค่า Water Activity ต่ำกว่า 0.93

ตาราง 3 แสดงระดับค่าวอเตอร์แอคทีวิตีและความสำคัญ

a_w	ความสำคัญ
1.00	<i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium Perfringens</i> และยีสต์บางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้
0.95	ขีดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั่วไป <i>Salmonella</i> , <i>Vibrio Parahaemolyticus</i> , <i>Lactobacillus</i> และยีสต์บางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้
0.90	ยีสต์หลายชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้
0.80	ขีดต่ำสุดสำหรับปฏิกิริยาของเอนไซม์ และการเจริญเติบโตของเชื้อราส่วนใหญ่ <i>Staphylococcus Aureus</i> ไม่สามารถเจริญได้
0.75	ขีดต่ำสุดสำหรับ <i>Halophilic Bacteria</i>
0.70	ขีดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ <i>Xerophilic Fungi</i> ส่วนใหญ่
0.65	อัตราเร็วสูงสุดสำหรับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard Reaction)
0.60	ขีดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ <i>Osmophilic Bacteria</i> และ <i>Xerophilic Yeast</i> และ <i>Fungi</i>
0.55	ขีดต่ำสุดสำหรับการดำรงชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์
0.40	อัตราเร็วต่ำสุดของปฏิกิริยาออกซิเดชัน
0.25	ความต้านทานสูงสุดของแบคทีเรียสร้างสปอร์

ที่มา : ไพโรจน์ วิริยาริ และคณะ. 2544 : 14



ภาพประกอบ 4 Water Activity กับอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

ที่มา : ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ออนไลน์. 2545

โดยทั่วไปแล้วอาหารที่มีค่า Water Activity สูงได้แก่ อาหารสด เช่น เนื้อสัตว์ ผัก และผลไม้ รวมทั้งอาหารบางชนิดที่ผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น Soft Cheese และผลิตภัณฑ์เนื้อมะนาว มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นควบคู่ไปด้วย แต่สำหรับกลุ่มอาหารบางชนิดสามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้โดยการควบคุมระดับ Water Activity เรียกว่า Semi-Moist Food รวมทั้งเค้กผลไม้ พุดดิ้ง ช็อกโกแลต และคาราเมล เมื่ออาหารเหล่านี้เกิดการเสื่อมเสีย มักเป็นการเสียจากการเจริญของเชื้อราที่ผิวหน้า ซึ่งราโดยส่วนมากจะหยุดการเจริญที่ค่า Water Activity ต่ำกว่า 0.80 แต่จะมีเชื้อราบางชนิดสามารถเติบโตได้อย่างช้า ๆ ที่ค่า Water Activity ระดับนี้ ดังนั้นจึงควรควบคุมให้ค่า Water Activity ของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ให้มีค่าไม่เกิน 0.75 แต่ยังคงไม่สามารถป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้สมบูรณ์ เพราะยังคงมียีสต์และราบางชนิดสามารถเจริญได้ที่ค่า Water Activity ต่ำกว่านี้ ทั้งนี้อาจพิจารณาเป็นกรณีพิเศษ เช่น ลูกกวาดต้องการให้มีอายุการเก็บมากกว่า 12 เดือนขึ้นไป อาจต้องทำให้มีค่า Water Activity ต่ำกว่า 0.60

นอกจากการควบคุมค่า Water Activity แล้ว สภาพการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ยังส่งผลต่ออายุการเก็บด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บของเค้ก กับค่า Water Activity เมื่อเก็บที่สภาวะอุณหภูมิต่างกัน ถ้าเค้ก มีค่า Water Activity 0.81 จะสามารถป้องกันการเจริญของเชื้อราได้นาน 14 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และ 24 วันเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส แต่ถ้าเค้กมีค่า Water Activity เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเป็น 0.85 จะพบว่าอายุการเก็บจะลดลงจากเดิมมากเหลือเพียง 8 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และ 12 วันเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส

นอกจากการควบคุมค่า Water Activity แล้วยังสามารถใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า Hurdle Technology ซึ่งเป็นการผสมผสานเทคนิคการถนอมอาหารแบบต่าง ๆ มาใช้ร่วมกัน เช่น การใช้ อุณหภูมิสูง การควบคุมค่า pH การใช้สารกันเสีย การเติมส่วนผสม (Ingredient) และอื่น ๆ

ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ผ่านกระบวนการหมักและทำให้แห้ง สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้ แต่ปัญหาที่มักพบกับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้คือ การเจริญของเชื้อรา จึงมีการนำหลักการของ Hurdle Technology ที่หลากหลายมาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อช่วยป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เริ่มตั้งแต่การใช้สารกันเสีย และการเติมส่วนผสม (Ingredient) ได้แก่ เกลือ และไนไตรท์ เพื่อช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในส่วนผสมที่เป็น Batter จากนั้นเป็นขั้นตอนของการทำให้เป็นกรด ซึ่งอาจทำได้โดยการเติมกรด หรือใช้กระบวนการหมัก โดยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติกเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีค่า pH ต่ำลง หลังจากนั้นจะผ่านกระบวนการทำให้แห้ง เพื่อเป็นการลดค่า Water Activity

อีกวิธีหนึ่งของการถนอมอาหารที่อาศัยหลักการลดค่า Water Activity คือ การเติมน้ำตาลลงไปในผลิตภัณฑ์ อาจเลือกใช้น้ำตาลชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าแทนได้ เช่น การใช้ น้ำตาลกลูโคสแทนน้ำตาลซูโครสในปริมาณที่เท่ากันพบว่าสามารถลดค่า Water Activity ได้มากกว่า

อย่างไรก็ตามเมื่อได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายแล้ว ก่อนการจำหน่ายผู้ผลิตควรมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นเครื่องมือที่ดีในการตรวจสอบคุณภาพดังกล่าว เช่น การวัดค่า Water Activity ต้องสามารถอ่านผลได้อย่างรวดเร็ว เพื่อให้ผู้ผลิตสามารถกำกับดูแลและควบคุมค่า Water Activity ณ จุดที่ทำการผลิต ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้เหมาะสมและทันการณ์ได้ในระหว่างที่ทำการผลิต ซึ่งการกระทำดังกล่าวถือเป็นความรับผิดชอบอย่างหนึ่งของผู้ผลิตที่ควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค (ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ออนไลน์. 2545)

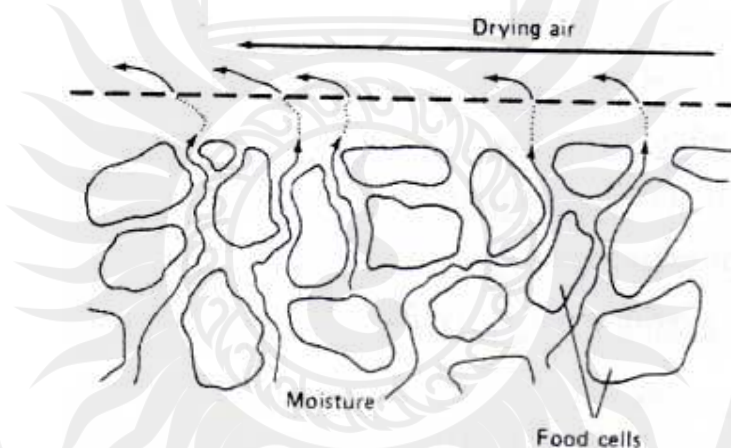
การทำแห้ง

กอบพัชรกุล เป็นบุญ (2550 : 12) กล่าวถึง การทำแห้ง (Drying) คือ การให้ความร้อนแก่อาหารในระดับหนึ่ง เพื่อไล่น้ำออกจากอาหารให้เหลืออยู่ปริมาณน้อยที่สุด การอบแห้งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตากแดด (Sun Drying) การอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Drying) ตู้อบแห้งแบบใช้ลมร้อน (Hot Air Drier) ตู้อบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Shelf Drier) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Drying หรือ Sublimation) และการอบ (Baking) เป็นต้น ซึ่งอาหารแห้งที่ได้จะมีปริมาณน้ำหรือความชื้นประมาณร้อยละ 2 ถึง 3 ทำให้ลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในอาหารให้น้อยลงด้วย จึงทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เพราะเมื่ออาหาร

มีน้ำลดลงจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ได้ นอกจากนี้การอบแห้งยังช่วยลดน้ำหนัก ทำให้ลดค่าใช้จ่ายระหว่างการเก็บรักษาและขนส่งอาหารอบแห้งบางชนิดยังสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งวิธีการอบแห้งจึงเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา อย่างไรก็ตาม การอบแห้งทำให้สูญเสียทั้งคุณภาพการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการ

กลไกการอบแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียกชื้น ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปที่ผิวของอาหาร และน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ ดังแสดงในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง
ที่มา : วิไล รังสาตทอง. 2543 : 229

สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอด้านในของอาหารเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอนี้ขึ้น อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสองและค่อยๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหาร น้ำจะเคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าด้วยกลไกดังต่อไปนี้ (วิไล รังสาตทอง. 2543 : 229)

1. การเคลื่อนที่ของของเหลวโดยแรงแคปิลารี
2. การแพร่ของของเหลวซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวละลายในอาหารส่วนต่างๆ
3. การแพร่ของของเหลวซึ่งถูกดูดซับโดยผิวหน้าของของแข็งในอาหาร
4. การแพร่ของไอน้ำในช่องอากาศของอาหารซึ่งเกิดจากความดันไอ

การเคลื่อนที่ของน้ำ

สุคนธ์จีน ศรีงาม (2540 : 165 - 166) การเคลื่อนที่ของน้ำเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากภายในชั้นอาหารออกมาที่ผิวมี 2 วิธี คือ

1. การเคลื่อนที่ด้วยแรงผ่านช่องแคบ (Capillary Force)

เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเซลล์โปรงมีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบ ๆ เกิดแรงดันของน้ำขึ้นมาตามท่อ การเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นได้สะดวกรวดเร็ว แต่จะหยุดเมื่อน้ำในทางแคบ ๆ นั้น ขาดตอนลง

2. การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (Diffusion) ผ่านเซลล์

เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเนื้อแน่น ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ที่ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบ ๆ หรือเกิดในอาหารที่อบแห้งในระยหนึ่งทีแรงผ่านช่องแคบหมดไปแล้ว น้ำจะต้องแพร่ผ่านเซลล์ จึงเคลื่อนที่ได้ช้า เมื่อน้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารแล้วจึงระเหยกลายเป็นไอเคลื่อนย้ายออกไปกับกระแสลมหรือถูกดูดออกไปด้วยระบบสุญญากาศ

อัตราการทำแห้ง

สุคนธ์จีน ศรีงาม (2540 : 166) กล่าวถึง ลักษณะการเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหารมีผลต่ออัตราการทำแห้ง (การสูญเสียน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา) ถ้าอาหารมีเนื้อโปรงการเคลื่อนที่จะเป็นแบบการไหลผ่านช่องแคบ (Capillary Flow) น้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารได้เร็วกว่าการระเหยกลายเป็นไอ จึงทำให้ผิวอาหารเปียกชุ่มด้วยน้ำการระเหยของน้ำเกิดขึ้นอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ จึงเรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการทำแห้งทำแห้งคงที่ ต่อมาเมื่อการไหลผ่านช่องแคบหมดไป น้ำต้องเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ที่ช้าลงมากจนมาที่ผิวไม่เพียงพอผิวอาหารจึงแห้ง การระเหยเกิดขึ้นได้ช้าลง อัตราการทำแห้งจึงลดลง เรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง อาหารที่มีเนื้อแน่นน้ำเคลื่อนที่จากภายในชั้นอาหารได้ช้าจึงมีเฉพาะช่วงอัตราการทำแห้งลดลง

การทำแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่อความชื้นของอากาศในเตาสมดุลกับความชื้นของอาหาร หรือค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเท่ากับค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของอาหารคูณ 100 และเรียกความชื้นของอาหารขณะนั้นว่า ความชื้นสมดุล

ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

สุคนธ์จีน ศรีงาม (2540 : 166 - 167) กล่าวถึง การอบแห้งคือ การเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหาร ปัจจัยใด ๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายนี้จึงมีผลต่ออัตราเร็วการอบแห้ง ได้แก่

1. ธรรมชาติของอาหาร

อาหารเนื้อโปรงมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปรงจึงแห้งได้เร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มี

น้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งได้เร็วขึ้น

2. ขนาดและรูปร่าง

ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักเช่น รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ ถ้าชิ้นเล็กมากทับถมกันการระเหยเกิดได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้ง ๆ ที่พื้นที่ต่อน้ำหนักมาก

3. ตำแหน่งของอาหารในเตา

น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

4. ปริมาณอาหารต่อถาด

ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อน หรือได้รับความร้อนจากถาดแล้วแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

5. ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน

อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากจะรับไอน้ำเพิ่มได้น้อยจึงมีผลในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

6. อุณหภูมิของอากาศร้อน

ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้น จึงมีผลต่อการอบในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงด้วย

7. ความเร็วของลมร้อน

ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้น การเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตรต่อวินาที นอกจากนั้นความเร็วลมทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเตา อากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

ผลของการอบแห้งที่มีต่ออาหารอบแห้งในด้านต่าง ๆ

การทำแห้งอาหารมีผลกระทบต่อคุณภาพของอาหารในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความร้อนและระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ซึ่งมีผลของการอบแห้งในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (กอบพัชรกุล เป็นบุญ, 2550 : 17 - 20)

1. ผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณค่าอาหาร

การอบแห้งจะระเหยไต่ความชื้นหรือน้ำออกจากอาหารและเพิ่มความเข้มข้นขององค์ประกอบของอาหาร เช่น แป้ง ไขมัน โปรตีน การถนอมอาหารโดยวิธีการอบแห้งจะทำให้คุณภาพของอาหารลดลง โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายน้ำจะสูญเสียไปกับน้ำ และถ้ามีการลวกหรือแช่สารเคมีก่อนการอบแห้งเพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ วิตามินจะลดลงอีกโดยเฉพาะอย่างยิ่งการอบแห้งโดยการตากแดด จะส่งผลให้วิตามินลดลงไปมากกว่าการอบแห้งโดยใช้เครื่องมืออบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งโดยการตากแดดไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ระหว่างกระบวนการอบแห้งเช่น ความชื้น อากาศ แสงแดด อุณหภูมิ ส่วนการอบแห้งโดยใช้เครื่องมืออบแห้งสามารถควบคุมปัจจัยดังกล่าวได้

2. การอบแห้งที่มีต่อโปรตีน

โปรตีนในอาหารจะสูญเสียคุณค่าไปเล็กน้อยเพียงไรนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการอบอาหารให้แห้งถ้าใช้เวลานานเกินไปและอุณหภูมิสูงโปรตีนจะเปลี่ยนสภาพและคุณค่าทางโภชนาการจะลดลงแต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำเพื่อทำให้อาหารแห้งจะสามารถใช้ประโยชน์จากโปรตีนได้มากกว่าแต่ขึ้นกับชนิดของโปรตีน

3. ผลของการอบแห้งที่มีต่อคาร์โบไฮเดรต

การทำให้อาหารแห้งมีผลต่ออาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากเกิดปัญหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสีของผลไม้ตากแห้ง ซึ่งเกิดจาก Non-enzymatic Browning หรือ Maillard Reaction ซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดจากปฏิกิริยาของกรดอะมิโนในอาหารกับน้ำตาลรีดิวซิง (Reducing Sugar) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาล ซึ่งป้องกันโดยใช้สารเคมี เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือโซเดียมไบซัลไฟต์ การรมควันจะสามารถควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหารได้ในอาหารที่มีความชื้นต่ำมาก ๆ แต่อาหารแห้งจะเกิดสีน้ำตาลถ้าอาหารนั้นมีความชื้นประมาณร้อยละ 30

4. ผลของการอบแห้งต่อปริมาณไขมัน

ถ้าใช้อุณหภูมิการอบแห้งสูงจะทำให้อาหารที่อบแห้งเกิดการเหม็นหืน ดังนั้นจึงควรใช้อุณหภูมิต่ำหรือใช้สารเคมีบางชนิดป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยใช้สารกันหืน

5. ผลของการอบแห้งต่อเอนไซม์

เอนไซม์จะหยุดกิจกรรมเมื่อใช้ความร้อนขึ้นอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที แต่ถ้าใช้ความร้อนในกระบวนการอบแห้ง (Dehydration) หรือ Drying ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะทนทานถึง 204 องศาเซลเซียส ดังนั้นในกระบวนการอบแห้ง จึงต้องลวกน้ำร้อนก่อนหรือใช้สารเคมีเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ นอกจากนี้ปฏิกิริยาของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น

ของอาหาร ถ้าความชื้นในอาหารลดลงปฏิกิริยาที่ลดลงด้วย แต่อัตราเร็วของปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเอนไซม์และอาหาร ถ้าความชื้นลดต่ำกว่าร้อยละ 1 ปฏิกิริยาของเอนไซม์ก็จะไม่เกิดขึ้น

6. ผลของการอบแห้งต่อเมคสีในอาหาร

อาหารอบแห้งจะมีคุณสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไป สีของอาหารจะเปลี่ยนไป เมคสีพวกแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานินจะซีดจางลงถ้าใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาานาน หรือใช้สารอาหารบางชนิดในการอบแห้งเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ เช่น ร่มควันด้วยกำมะถันจะทำให้สีของอาหารจาง ดังนั้นพวกผักและผลไม้จึงมีการตรึงสีเสียก่อนอบแห้งโดยการลวกน้ำร้อนหรือแช่สารเคมี เช่น สารละลายด่างอ่อน จะไม่ทำให้ผักผลไม้มีสีจางลงหรือมีสีน้ำตาล แต่อาหารจะแข็งกระด้างขึ้น การอบแห้งยังสามารถเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ หรือ Maillard Reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางอินทรีย์สาร เกิดจากกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซิง ซึ่งจะทำให้เกิดสีน้ำตาลและทำให้กลิ่นรสของอาหารเปลี่ยนไป

7. ผลของการอบแห้งต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร

การจัดการเบื้องต้น เช่น การเติมแคลเซียมคลอไรด์ในน้ำลวก การลดขนาดและการปอกเปลือก ล้วนมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้อบแห้ง โดยอาหารที่ผ่านการลวกอาจเกิดการสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัส เนื่องจากการเกิดเจลของแป้ง การตกผลึกของเซลลูโลส การเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการอบแห้งส่วนต่าง ๆ ของอาหาร ทำให้อาหารมีลักษณะเหนียวและเมื่อนำอาหารแห้งมาคั้นรูป อาหารจะดูดคืนความชื้นอีกครั้งหนึ่งในระหว่างการดูดคืนน้ำอย่างช้าๆ ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แน่นเหมือนวัตถุดิบเดิม

อุณหภูมิและอัตราการอบแห้งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมากโดยทั่วไป การอบแห้งโดยรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ตัวละลายจะเคลื่อนที่จากภายในของอาหารไปที่ผิวมากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิและอัตราการอบแห้งที่ต่ำกว่า การระเหยน้ำทำให้ตัวทำละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น อุณหภูมิที่สูงของอากาศทำให้อาหารโดยเฉพาะผักและผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าของอาหาร และทำให้ผิวอาหารแห้งแข็งแต่ภายในชื้น หรือที่เรียกว่า Case hardening การควบคุมสภาวะการอบแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นภายในและที่ผิวของอาหารจะช่วยลดเหตุการณ์ดังกล่าวได้

8. ผลของการอบแห้งต่อกลิ่นและรส

ความร้อนนอกจากจะทำให้เนื้อระเหยแล้ว ยังทำให้สารหอมระเหยบางชนิดสูญเสียไป ปริมาณการสูญเสียสารหอมระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเข้มข้นของของแข็งในอาหาร

ความดันไอ และความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารระเหย สารหอมระเหยที่มีความสามารถในการระเหยและการแทนที่สูงจะเกิดการสูญเสียในช่วงแรกของการอบแห้ง มีสารระเหยปริมาณน้อยที่เกิดการสูญเสียช่วงหลังของการอบแห้ง การควบคุมสภาวะการอบแห้งในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด อาหารให้กลิ่นรสที่มีมูลค่าสูง เช่น สมุนไพร และเครื่องเทศ ควรใช้อุณหภูมิในการกำจัดน้ำต่ำ นอกจากนี้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุ วิตามิน และไขมันในอาหารระหว่างการเก็บรักษาก็เป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียกลิ่น และอาหารแห้งที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นรูพรุนจะทำให้มีก๊าซออกซิเจนแทรกอยู่มากด้วย อุณหภูมิในการเก็บรักษาและค่าอัตราการแอคทีวิตีจะเป็นตัวกำหนดอัตราการเสื่อมเสียของอาหาร

9. ผลของการอบแห้งต่อการคืนรูป

การคืนรูป การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การเคลื่อนที่ของตัวละลายและการสูญเสียสารระเหยไม่สามารถเกิดแบบย้อนกลับไปมาเหมือนเดิมได้ ความร้อนลดความสามารถในการคืนรูปของแป้งและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ทำให้โปรตีนจับตัวกันและลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อัตราเร็วและความสามารถในการคืนรูปอาจใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของอาหารได้ อาหารที่อบแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะเกิดความเสียหาย และสามารถคืนรูปได้ดีกว่าอาหารที่อบแห้งในสภาวะที่ไม่เหมาะสม

10. ผลของการอบแห้งต่อจุลินทรีย์

โดยทั่วไปแล้วการอบแห้งไม่มีผลต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ และการเสียของอาหารแห้งมักมีจุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญ เนื่องจากแบคทีเรียต้องการปริมาณค่าอัตราการแอคทีวิตีหรือ a_w มากกว่า 0.90 ดังนั้นแบคทีเรียจึงไม่มีบทบาทในการเสียของอาหารแห้ง ยีสต์และราเท่านั้นที่มีบทบาทสำคัญต่อการเสียของอาหารแห้ง อาหารที่มี a_w 0.80 - 0.85 จะเสียภายใน 1 ถึง 2 อาทิตย์ โดยมีราเป็นสาเหตุ ถ้าอาหารมี a_w ต่ำกว่า 0.75 การเสียจะเกิดช้า และมีจุลินทรีย์เพียงไม่กี่ชนิดที่ขึ้นได้ ถ้าอาหารมี a_w 0.70 การเสียจะเกิดช้ามาก และหากอาหารมี a_w 0.65 การเสียแทบจะไม่เกิดขึ้นเลย และสามารถเก็บอาหารนี้ได้ยาวนานกว่า 2 ปี ดังนั้นถ้าต้องการเก็บอาหารแห้งไว้นาน ๆ ควรทำแห้งอาหารจนมี a_w อยู่ระหว่าง 0.65 - 0.70

ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องอบลมร้อน

เป็นเครื่องอบแห้งแบบชั้นมีลักษณะเป็นตู้สูง ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในอาจวางถาดได้หลายชั้น มีส่วนประกอบดังนี้ (กอบพัชรกุล เป็นบุญ. 2550 : 20 - 21)

1. ตู้เหล็กฉนวนทรงสูง รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในวางถาดอาหารที่จะอบแห้งได้ 5 - 8 ชั้น (ในอุตสาหกรรมอาจใช้ตู้ใหญ่มีจำนวนชั้นเป็นสิบ ๆ ชั้น)

2. ถาดที่ใช้วางอาหารควรทำด้วยสแตนเลส
 3. มอเตอร์ (เพื่อทำหน้าที่หมุนเวียนลมร้อน)
 4. ขดลวดร้อนที่ให้ความร้อนสูงเกิน 100 องศาเซลเซียส (อาจใช้ไอน้ำหรือแก๊สเป็นแหล่งของความร้อนก็ได้)
 5. เครื่องควบคุมอุณหภูมิภายในตู้
- ระบบการทำงาน**

เครื่องอบลมร้อน เป็นเครื่องมืออบแห้งลมร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งทำงานที่บรรยากาศปกติลักษณะของเครื่องมือจะเป็นตู้บุด้วยฉนวน มีถาดสำหรับใส่อาหารเรียงเป็นชั้นอยู่ภายในตู้ โดยลมร้อนจะถูกบังคับให้หมุนเวียนโดยพัดลม การหมุนเวียนของอากาศจะเป็นแบบวนอนวนกับถาดใส่อาหารหรือในแนวดิ่งผ่านทะลุถาดใส่อาหาร ความเร็วของลมร้อนที่นิยมใช้สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวนอนคือ 2 ถึง 5 เมตรต่อวินาที ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งนิยมใช้ปริมาณอากาศร้อน 0.5 ถึง 1.25 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อตารางเมตรของพื้นที่หน้าตัดของถาด แหล่งความร้อนที่ใช้ อาจเป็นการเผาไหม้ของก๊าซ ไอน้ำ หรือจากขดลวดให้ความร้อน

เนื่องจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเป็นการอบที่ความดันบรรยากาศอุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้สำหรับพาความร้อนออกจากวัตถุดิบค่อนข้างสูง ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่จะอบ ดังนั้นวัตถุดิบควรเป็นประเภทที่ไม่ไวต่อความร้อนและเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย ราคาไม่แพง เพื่อการเพิ่มมูลค่าการตลาด สำหรับข้อดีของตู้อบแห้งแบบถาดคือ เสียค่าใช้จ่ายในการสร้างและการบำรุงรักษาต่ำและมีความยืดหยุ่นของการใช้งานสูง และนิยมใช้ในการอบแห้งผักและผลไม้ นอกจากนั้นยังนิยมใช้ในกระบวนการผลิตในโรงงานขนาดเล็ก แต่เนื่องจากเป็นวิธีดั้งเดิมในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการให้ความร้อนสูงและใช้เวลานาน จึงเกิดข้อเสียต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการเสียไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

Irwindi and Che Man (1996 : 479 - 489) พัฒนาผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่น โดยทำเป็นแผ่นหนา 1.2 มิลลิเมตร แล้วนำมาอบแห้งด้วยตู้อบแบบถาดด้วยอุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมงพบว่า ทุเรียนแผ่นที่ได้มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water Activity ; a_w) อยู่ในช่วง 0.57 ถึง 0.62

Che Man et al (1997 : 425 - 441) ศึกษาผลของชนิดเครื่องอบแห้งและสภาวะในการอบแห้งต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่น พบว่า การอบแห้งด้วยตู้อบแบบ Cabinet Dryer ใช้ระยะเวลาอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบแบบ Oven Dryer การอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

ด้วยเครื่องอบ Cabinet Dryer เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ทำให้ทุเรียนแผ่นมีสีเหมือนทุเรียนไหม้ขณะที่อบด้วย Oven Dryer สีของทุเรียนแผ่นยังได้รับการยอมรับ และพบว่าการใช้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้ทุเรียนแผ่นมีค่า Water Activity ต่ำกว่า แต่เสี่ยงต่อการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ และการสูญเสียของวิตามินซี จากการทดลองอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับเครื่องอบแห้งทั้งสองชนิด คือ อุณหภูมิ 47 ถึง 55 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการอบ 10 ถึง 14 ชั่วโมง

Cano-Chauca et al (Online. 2002) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้วยในระหว่างการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่ความเร็วลม 1.5 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิในการอบแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจะทำให้ค่าสีของกล้วยมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากกว่าที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส และจากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้วยที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับ พบว่าค่าแรงตัด (Cutting force) มีค่าอยู่ระหว่าง 1.37 ถึง 1.48 กิโลกรัม (kgf)

Lee et al (Online. 2004) ศึกษาการอบแห้งสตรอเบอรี่แผ่น โดยใช้เครื่องอบลมร้อนและตรวจสอบผลของพารามิเตอร์ในกระบวนการ ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และความหนาของตัวอย่าง พบว่า ทั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และความหนาของตัวอย่างมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้นที่ปรากฏ (Apparent moisture diffusion coefficient; $Deff$) และค่าพลังงานกระตุ้น (Activation energy; Ea) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 35.57 ($r^2=0.98$), 33.14 ($r^2=0.98$) และ 30.46 ($r^2=1.00$) กิโลจูลต่อโมล สำหรับตัวอย่างสตรอเบอรี่แผ่นที่มีความหนา 1.8 2.7 และ 3.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ

Lewicki and Jakbczyk (2004 : 307 - 314) ศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนและปริมาณน้ำต่อการทดสอบ Compression-relaxation ของ Apple Slices ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบ ลมร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 50 ถึง 80 องศาเซลเซียส พบว่าการลดลงของปริมาณความชื้นและค่า a_w จะทำให้ค่าแรงกด (Compression) เพิ่มขึ้น และยังพบว่า ความคงตัวของแรงกดของ Apple Slices ที่ผ่านการอบแห้งมีความสัมพันธ์กับปริมาตรการหดตัว (Volumetric Shrinkage) โดยปริมาตรการหดตัวที่ลดลงเกิดจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจาก 50 เป็น 70 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเพิ่ม Compression Stress มากกว่าร้อยละ 30 และการเพิ่มอุณหภูมิจาก 70 เป็น 80 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาตรการหดตัวลดลงร้อยละ 12 และค่า Compression Stress เพิ่มขึ้นมากกว่า 2.5 เท่า

Doymaz (2005 : 161 - 165) ศึกษาการอบแห้งถั่วเขียวแบบ Thin Layer โดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 50 ถึง 70 องศาเซลเซียส ในการลดความชื้นถั่วเขียวจากร้อยละ 90.53 ± 0.55 ให้เหลือร้อยละ 14 ± 0.3 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิลมร้อนในการอบแห้ง เป็นสาเหตุให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลง

Mwithiga and Olwal (2005 : 373 - 378) ศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งคะน้า (Kale) โดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส และความหนาของชั้นคะน้าที่ 10 20 40 และ 50 มิลลิเมตร พบว่า อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งและลดความหนาของชั้นคะน้าลง ซึ่งมีผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงด้วย การเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งจาก 30 เป็น 40 องศาเซลเซียส จะช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งลงครึ่งหนึ่งของระยะเวลาทั้งหมด และยังพบว่า ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อการแพร่ (Diffusivity) ของน้ำในผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับสมการ Arrhenius สูง ($r^2 = 0.9989$)

Doymaz et al (2006 : 559 - 565) ศึกษาการอบแห้ง Dill และ Parsley leaves โดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่ความเร็วลม 1.1 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิในการทำแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง และในระหว่างกระบวนการอบแห้งพบเพียงช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเท่านั้น จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้ง Dill และ Parsley leaves คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Karabulut et al. (Online. 2006) ศึกษาผลของการอบแห้งแอปริคอต (Apricot) โดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และการตากแดด ต่อค่าสีและปริมาณเบตาแคโรทีน (β -carotene) พบว่า เวลาที่ใช้ในการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนมีค่าน้อยกว่าการตากแดด ปริมาณเบตาแคโรทีนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การอบแห้งแอปริคอตโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ให้ค่าสีเป็นที่น่าสนใจและมีการสูญเสียขององค์ประกอบทางโภชนาการลดลง ส่วนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดรอยไหม้บนผิวผลิตภัณฑ์ และการเติมสารประกอบซัลไฟต์จะช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลบนผิวผลิตภัณฑ์และช่วยลดเวลาในการอบแห้งได้

Kotwaliwale et al (2007 : 1207 - 1211) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณสมบัติที่ปรากฏของเห็ดในระหว่างการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน พบว่า ในระหว่างการอบแห้งค่า Hardness และ Chewiness ของเห็ดมีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่า Cohesiveness และ Springiness เพิ่มขึ้นในช่วงแรก และลดลงในช่วงท้ายของการอบแห้ง ค่า Hardness ของเห็ดที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าสูง ส่วนค่า Cohesiveness จะลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ของเห็ดจะลดลงขณะที่ค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการอบแห้ง และพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น

งานวิจัยในประเทศ

พงษ์ศักดิ์ เทียมทัน (2544 : บทคัดย่อ) ศึกษาการออกแบบตู้อบแห้งลมร้อนอัตโนมัติขนาดเล็ก มีขนาดโดยรวม กว้าง 1000 mm ยาว 700 mm สูง 850 mm ภายในตู้อบด้านบนเป็นห้อง

ทำความร้อนประกอบด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้า 220 V 500 Watt 3 ตัว และพัดลมไฟฟ้าแบบไหลตามแนวแกน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 150 mm 22 V 2 ตัว ให้ความเร็วลมเฉลี่ยตัวละ 5 m/s ส่วนทางด้านล่างเป็นห้องอบขนาด 580x650x550 mm*(3) ซึ่งมีชั้นวางถาดสำหรับอบจำนวน 8 ชั้น ด้านบนของตู้อบมีประตูลมจำนวน 4 ประตู ปิดเปิดด้วยสวิตช์มอเตอร์เพื่อบังคับทิศทางลมให้หมุนเวียนสลับทิศทางตรงข้ามได้ การควบคุมอุณหภูมิและทิศทางลมเป็นแบบอัตโนมัติผ่านชุดควบคุมที่ได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นด้วยระบบควบคุมแบบ PID (Proportional Integral and Derivative) ผ่านการรับส่งสัญญาณอินพุตเอาต์พุตแบบ 8 บิต ซึ่งเชื่อมต่อโดยตรงกับพอร์ต ISA ของคอมพิวเตอร์และโปรแกรมควบคุมเขียนจากโปรแกรม Visual Basic Version 5 การทดลองการทำงานของระบบควบคุม PID สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามต้องการโดยทำการทดลองวัดความไวในการเข้าถึงอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทำเวลาได้ 700 วินาที ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำเวลาได้ 1100 วินาที และที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทำเวลาได้ 1000 วินาที การประเมินประสิทธิภาพตู้อบลมร้อน ใช้การวัดอัตราการระเหยน้ำในถาด เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 2.07 kW h มีอัตราการระเหยน้ำจำเพาะเฉลี่ย 0.36 kg/ kW h ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3.41 kW h มีอัตราการระเหยน้ำจำเพาะเฉลี่ย 0.33 kg/ kW h และที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 4.42 kW h มีอัตราการระเหยน้ำจำเพาะเฉลี่ย 0.34 kg/ kW h

อรนุช สีหามาลา (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาการใช้ สารกันเหินในการทอดข้าวเกรียบปลา โดยใช้สารกันเหิน 2 ชนิด ได้แก่ บิวทิลเลทเตดไฮดรอกซีโทลูอีนร้อยละ 0.02 และกรดซิตริกร้อยละ 0.028 เติมน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอด จากนั้นนำข้าวเกรียบปลาที่ทอดแล้วบรรจุในถุงโพลิโพรพิลีน และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาที่ทอดโดยไม่ใส่สารกันเหินแล้วบรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์เติมด้วยก๊าซไนโตรเจนพบว่าถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาลงทอดได้นานกว่าถุงโพลิโพรพิลีนที่สภาวะการเก็บเดียวกัน เมื่อเก็บข้าวเกรียบปลาลงทอดไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นานกว่าที่อุณหภูมิห้อง และที่ 45 องศาเซลเซียส และยังพบว่าข้าวเกรียบปลาลงทอดในน้ำมันที่ไม่ใส่สารกันเหินแล้วบรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ด้วยก๊าซไนโตรเจน สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 3 เดือน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยที่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับ

ทศวรรณ ปัญญาบุตร (2546 : บทคัดย่อ) ศึกษาอิทธิพลของอัตราการไหลและอุณหภูมิ ลมร้อนที่มีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง โดยทดลองหา อัตราการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 ถึง 90 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 0.70 เมตรต่อวินาที และอัตรา การไหลของอากาศที่ 86 และ 130 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่า ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และอัตรา

การไหล 130 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประหยัดพลังงานที่สุด สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ของลำไยหลังการอบแห้งโดยใช้ค่าสีเป็นบรรทัดฐาน พบว่า อุณหภูมิลมร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเปลือกลำไย แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเนื้อลำไย และที่อุณหภูมิลมร้อนเดียวกันอัตราการไหลของอากาศไม่มีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์

พัชรกานต์ บัวนาท (2546 : บทคัดย่อ) ศึกษาคุณภาพของกล้วยน้ำว้าอบแห้ง ด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาดหมุนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ โดยกำหนดเวลาที่ใช้ในการอบแห้งคงที่ คือ 18 ชั่วโมงต่อเครื่อง พบว่า หลังอบแห้งกล้วยจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ค่า a_w และค่าสี L^* a^* และ b^* ลดลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่วนค่า pH และค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล้วยอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาดหมุนมีคุณภาพดีกว่ากล้วยอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ เนื่องจากสภาวะของการอบด้วยลมร้อนจะสม่ำเสมอกว่า

พิทักษ์ จันเจริญ และคณะ (2546 : บทคัดย่อ) ศึกษาประสิทธิภาพและสภาวะต่างๆ (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม การกระจายตัวของลมร้อนภายในเครื่องอบและระยะเวลาในการอบแห้ง) ที่เหมาะสมของการอบแห้งหน่อไม้ไผ่ดอง ที่มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องอบแห้งชนิดถาด (Tray Dryer) ที่อุณหภูมิ 50 55 60 และ 65 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า สีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้ไผ่ดองที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิทั้ง 4 ระดับไม่มีความแตกต่างกัน แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งแตกต่างกัน อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งหน่อไม้ไผ่ดอง คือ 60 และ 65 องศาเซลเซียส เวลานานประมาณ 8 ถึง 9 ชั่วโมงและเมื่อนำผลิตภัณฑ์หน่อไม้ไผ่ดองอบแห้ง มาคั้นรูปและปรุงอาหาร เพื่อทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้บริโภคให้การยอมรับอยู่ในระดับชอบปานกลาง

ศุภรัตน์ พริกบุญจันทร์ (2547 : บทคัดย่อ) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งกับเนื้อปลา 3 ระดับ (80 : 20 70 : 30 และ 60 : 40) และศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วยน้ำดำลิงบดกับน้ำที่ใช้ทำหัวเชื้อข้าวเกรียบ 5 ระดับ (0 : 80 50 : 30 60 : 20 70 : 10 และ 80 : 0) พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งกับเนื้อปลาที่ 60 : 40 และอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วยน้ำดำลิงบดกับน้ำที่ใช้ทำหัวเชื้อข้าวเกรียบที่ 60 : 20 ให้ผลทางด้านประสาทสัมผัส (คุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม) สูงสุด และเมื่อนำข้าวเกรียบปลามาวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า ร้อยละ 1.52 10.85 4.31 และ 3.04 และปริมาณการฟองตัวร้อยละ 1.48

วัฒนา คำรงรัตน์กุล และอนุวัตร แจ่มชัด (2549 : บทคัดย่อ) ศึกษาแบบจำลองของการดูดซับความชื้นและการอบแห้งของผักแผ่นปรุงรสมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาลักษณะไอโซเทอมการดูดซับความชื้นและพัฒนาสมการทำนายการอบแห้งของผักแผ่นปรุงรส โดยการศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับความชื้นได้ใช้แบบจำลองของ Brunauer-Emmett-Teller (BET) และ Guggenheim-Anderson-DeBoer (GAB) มาอธิบายความชื้นที่สภาวะสมดุลที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า สมการ GAB มีความเหมาะสมในการทำนายลักษณะไอโซเทอมการดูดซับความชื้นของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นได้มากกว่าสมการ BET โดยสมการ GAB อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 97.10 (สมการ BET อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 77.90) ในส่วนของแบบจำลองของการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าสมการ PAGEสามารถใช้ทำนายการหาความชื้นของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียสได้ดีกว่าสมการ Lewis และ Wang-Singh โดยสมการ PAGE อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 98.00 99.70 และ 99.30 ตามลำดับ

กอบพัชรกุล เป็นบุญ (2550 : บทคัดย่อ) ศึกษาสภาวะการอบแห้งลำไยแผ่นที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคผสม 2 เทคนิคระหว่างเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องอบลมร้อน และเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศโดยใช้วิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว พบว่าสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน คือ ทำการอบแห้งลำไยแผ่นด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 1 วัน ตั้งแต่ 9.00 น. ถึง 17.00 น. แล้วนำไปอบต่อด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 73 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ได้ลำไยแผ่นที่มีปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่า L^* a^* และ b^* แรงฉีกและแรงกด เท่ากับ 13.96 เปอร์เซ็นต์ (12.25 เปอร์เซ็นต์) 0.441 53.78 12.29 21.22 2.952 นิวตัน และ 1.573 นิวตัน ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศคือ ทำการอบแห้งลำไยแผ่นด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 1 วัน ตั้งแต่ 9.00 น. ถึง 17.00 น. แล้วนำไปอบต่อด้วยเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศที่กำลังไมโครเวฟ 20 เปอร์เซ็นต์ (960วัตต์) อุณหภูมิสุดท้ายในการอบแห้ง 34 องศาเซลเซียส คงความดันของระบบไว้ที่ 28 กิโลพาสคาลได้ลำไยแผ่นที่มีปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่า L^* a^* และ b^* แรงฉีกและแรงกด เท่ากับ 13.98 เปอร์เซ็นต์ (12.27 เปอร์เซ็นต์) 0.453 53.59 9.62 19.03 2.831 นิวตัน และ 1.490 นิวตัน ตามลำดับ ผลการศึกษาเปรียบเทียบสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมทั้ง 2 เทคนิค ในด้านคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง พบว่าเทคนิคการอบแห้งลำไยแผ่นที่ดีที่สุด คือ เทคนิคผสมระหว่างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ โดยลำไยแผ่นที่ได้มี

คุณภาพเป็นที่ยอมรับ และมีค่าใช้จ่ายในการอบแห้งต่ำสุด อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ในการอบแห้งใช้ได้ดีเฉพาะวันที่มีแสงแดด

ปทุมพร โสติดิรัตนพันธุ์ (2551 : บทคัดย่อ) ศึกษาการดัดแปลงกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบว่าวพร้อมบริโภครอบว่า การดัดแปลงกระบวนการแปรรูปสามารถดำเนินการได้โดยใช้เครื่องผสมแบบสองแขน เพราะสามารถควบคุมระยะเวลา อัตราเร็วในการนวดผสม และลดการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกได้ โดยนำแป้งที่นวดผสมแล้วขึ้นรูปด้วยพิมพ์ไม้สี่เหลี่ยมผืนผ้าทับให้เป็นแผ่นบางแล้วกดตามด้วยพิมพ์โดนัทดัดแปลง จะให้แผ่นข้าวเกรียบว่าวแผ่นกลมที่มีความหนาสม่ำเสมอและมีขนาดเท่ากัน จากนั้นนำมาอบไล่ความชื้นด้วยตู้อบแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ข้าวเกรียบว่าวแผ่นดิบที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 12.58 โดยสามารถประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และทำให้ข้าวเกรียบว่าวหลังสุกพองมีลักษณะที่ดี จากนั้นทำให้สุกพองโดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟ เครื่องอบไฟฟ้า เครื่องอบเบเกอรี่ และการทอด พบว่า การใช้เครื่องอบไฟฟ้าส่งผลให้ข้าวเกรียบว่าวมีคุณลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการปิ้งด้วยเตาถ่าน จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบว่าวพร้อมบริโภค พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และเถ้า ร้อยละ 6.32 14.25 18.99 59.42 0.14 และ 0.88 ตามลำดับ ค่า Water Activity ของข้าวเกรียบว่าวพร้อมบริโภคมีค่าเท่ากับ 0.53 ไม่พบการหืนในรูปของค่าเปอร์ออกไซด์ และไม่พบเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ผลการเปรียบเทียบการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อข้าวเกรียบว่าวที่ผ่านการแปรรูปแบบดัดแปลงกับข้าวเกรียบว่าวที่ผ่านการแปรรูปแบบดั้งเดิม พบว่าคุณลักษณะด้านสีและการพองตัวของข้าวเกรียบว่าวดัดแปลงได้รับคะแนนการยอมรับสูงกว่าข้าวเกรียบว่าวแบบดั้งเดิม ($P\leq 0.05$) ส่วนรสชาติ การละลาย กลิ่น ความเรียบเนียน รูปร่าง ความกรอบ และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่าง

วรพุทธ ศิลาจันทร์ และคณะ (2551 : บทคัดย่อ) ศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการภายในองค์กรกรณีศึกษาร้านบาปิกิว ฮัท จังหวัดขอนแก่น ซึ่งได้ทำการศึกษาถึงปัญหา 3 ด้าน คือ ด้านการบริหารทรัพยากรบุคคล ด้านสินค้าคงคลัง และด้านการตลาด ผลจากการพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการภายในองค์กร ด้านการบริหารทรัพยากรบุคคล พนักงานเสิร์ฟทราบถึงขอบเขตและหน้าที่ของตนเอง ทำให้ลดปัญหาความล่าช้าในการให้บริการของพนักงานเสิร์ฟ ส่งผลให้ลูกค้าได้รับความพึงพอใจในด้านการบริการเพิ่มขึ้น ด้านสินค้าคงคลัง ทำให้การจัดซื้อวัตถุดิบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นและใกล้เคียงกับปริมาณที่ใช้จริงในแต่ละวัน ซึ่งจะช่วยลดปัญหาวัตถุดิบคงเหลือ และด้านการตลาด ได้จัดทำแผนการตลาดเพื่อช่วยเพิ่มยอดขายให้

เพิ่มมากขึ้น ซึ่งแผนด้านสินค้าคงคลังและแผนการตลาดนี้ทางผู้จัดทำได้นำเสนอให้ทางร้านบาปีคิวฮัท เพื่อใช้เป็นแนวทางในการลงมือปฏิบัติจริงในการจัดทำตามแผนเมื่อทางร้านเห็นสมควร

สิรินทัศน์ เลี่ยมแหลม (2551 : บทคัดย่อ) ศึกษาคุณภาพของมะนอดแช่อิ่มอบแห้ง โดยอัตราการอบแห้งของมะนอดแช่อิ่มด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด พบว่า ระยะเวลาการอบแห้ง 26 ชั่วโมง อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.20 เมตรต่อวินาที ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w เท่ากับ 0.60 ศึกษาชนิดของน้ำเชื่อมที่เหมาะสมใช้ในการแช่อิ่ม โดยมี 6 สิ่งทดลอง วิเคราะห์คุณภาพ พบว่า มะนอดที่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของซอร์บิทอลร้อยละ 30 ให้ค่า L^* สูงสุดเท่ากับ 34.50 นอกจากนั้นยังมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเหลืออยู่น้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 18.59 และ 19.28 ตามลำดับ ศึกษาปริมาณกรดซิตริกและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล พบว่า มะนอดที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.50 นาน 30 นาที มีกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสต่ำกว่าที่ไม่แช่สารละลาย ส่วนปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.60 และ 0.90 ที่เติมลงในน้ำเชื่อมแช่อิ่ม ให้ค่า L^* และกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง โดยถุง Aluminum Foil บรรจุในสภาวะสุญญากาศ มีค่า L^* เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

สวัสดี พลศักดิ์ (2551 : บทคัดย่อ) ศึกษา 1)การบริหารจัดการห้างหุ้นส่วนจำกัดประเภทรับเหมาก่อสร้าง ของ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไลอันเมคคานิค 3 2)ศึกษาระดับผลการบริหารจัดการห้างหุ้นส่วนจำกัดประเภทรับเหมาก่อสร้างของห้างหุ้นส่วนจำกัด ไลอันเมคคานิค 3 3) ศึกษาแนวทางพัฒนาการบริหารจัดการห้างหุ้นส่วนจำกัดประเภทรับเหมาก่อสร้าง ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น พบว่า 1) เน้นการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้และความชำนาญในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย เงินทุนของห้างหุ้นส่วนดำเนินการโดยไม่กู้ยืมเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ก่อสร้างเป็นทรัพย์สินถาวรของห้างหุ้นส่วน ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอำนวยความสะดวกมีการวางแผนและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ 2) ระดับผลการบริหารจัดการห้างหุ้นส่วนจำกัด ไลอันเมคคานิค 3 มีผลอยู่ในระดับดีมาก ในการบริหารโครงการด้านคุณค่าของสินค้าและบริการ การให้ความสำคัญกับลูกค้าและ ด้านระยะเวลาก่อสร้าง 3) แนวทางการบริหารจัดการห้างหุ้นส่วนจำกัดประเภทรับเหมาก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ควรพัฒนาบุคลากรโดยการฝึกอบรมเพิ่มทักษะและความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างสม่ำเสมอ

ธีรพจน์ แบนเนียน (2554 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาเครื่องอบแห้งพริกโดยใช้เทคโนโลยี Plate Heat Exchanger เพื่อการประหยัดพลังงานและลดภาวะโลกร้อน โดยศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความเร็วลมและอัตราการหมุนถังอบแห้งที่เหมาะสมในการอบแห้งพริก โดยทดสอบในถังอบแห้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร ยาว 1.80 เมตร พบว่าสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งพริก คือที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที อัตราการหมุนถึง 6 รอบต่อวินาที จะสามารถอบแห้งพริกได้จำนวน 9 กิโลกรัม ที่ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 75 ถึง 85 ให้มีความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 15 ภายใน 3 ชั่วโมง โดยคิดเป็นความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 38 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งภายหลังการปรับปรุงโดยการติดตั้ง Plate Heat Exchanger เข้าไปในระบบจะส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบพริกลดลงเป็น 26 กิโลวัตต์ชั่วโมง สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณร้อยละ 32 และพบระยะเวลาในการคั่ว 4 เดือน

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุดิบ

1. หอยนางรมสด จากสมาชิกภายในกลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน
2. แป้งมันสำปะหลัง
3. เกลือป่น
4. น้ำตาลทรายขาว
5. พริกไทยป่น
6. กระเทียม
7. น้ำสะอาด
8. น้ำมันปาล์มโอเลอิน
9. ใบตอง

อุปกรณ์สำหรับผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง

1. ตู้อบแห้งแบบถาด (Tray Dryer) แก๊สอัดโน้มัดขนาด 12 ถาด รายละเอียด (ภาคผนวก ก)
2. แก๊สหุงต้ม LPG
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. ตู้อบลมร้อนสำหรับหาความชื้น (Hot air oven)
5. เครื่องวัดความเร็วลม Kimo รุ่น VT100 ประเทศฝรั่งเศส
6. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ Testo รุ่น 615 ประเทศเยอรมนี
7. เวอร์เนียคาลิเปอร์
8. เครื่องวัด Water activity novasina รุ่น MS1 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
9. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง Denver instrument รุ่น TB-214ประเทศเยอรมนี
10. เครื่องชั่งหยาบขนาด 60 กิโลกรัม ยี่ห้อ ตู้กตาคุ ประเทศไทย
11. นาฬิกาจับเวลา
12. วัดคัมมิเตอร์ Chauvin arnoux รุ่น F09 ประเทศฝรั่งเศส
13. เครื่องวัดสี Chroma meter รุ่น CR-400 ประเทศญี่ปุ่น

อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ดำเนินการเก็บข้อมูลแล้วนำค่าที่ได้ไปหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี

Duncan' New Multiple Range Test (DMRT)

ความพร้อมของพื้นที่การทำวิจัย

1. มีการรวมกลุ่มการจัดตั้งกลุ่มหอยนางรมครบวงจรกุ้งกระเบน ตำบลคลองขุด อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรีที่เข้มแข็ง และมีความพร้อมต่อการดำเนินงาน
2. มีเครือข่ายร้านค้าของฝากและร้านค้าทั่วไปในเขตพื้นที่จังหวัด ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด และเขตพื้นที่อื่น ๆ ที่สนใจ

วิธีดำเนินการจัดทำวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการทดลองหาระยะเวลา (Drying time) และอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมดิบ แล้วทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิต และวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรกุ้งกระเบน

ทำการศึกษา อัตราส่วนผสมและลำดับขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งจากกลุ่มหอยนางรมครบวงจรกุ้งกระเบน โดยการนัดสัมภาษณ์จากทางกลุ่มฯ ณ อาคารปฏิบัติงานกลุ่มหอยนางรมครบวงจรกุ้งกระเบน อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี แล้วให้บรรยายถึงอัตราส่วนผสมอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเรียบเรียง

ส่วนที่ 2 ศึกษาการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยแสงแดด

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมาเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. ข้าวเกรียบดิบก่อนทำแห้งด้วยแสงแดด

1.1 ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (1995 : ch 32, 24) (ภาคผนวก ค)

1.2 ค่า a_w (Water activity)

1.3 วัดค่าสี ในรูปของค่า L^* a^* และ b^*

2. ข้าวเกรียบดิบหลังทำแห้งด้วยแสงแดด

2.1 ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (1995 : ch 32, 24) เพื่อตรวจสอบคุณภาพให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 107/2554 เรื่อง ข้าวเกรียบ ซึ่งต้องมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก (ภาคผนวก ง)

2.2 ค่า a_w

2.3 วัดค่าสี ในรูปของค่า L^* a^* และ b^*

ส่วนที่ 3 ศึกษาสภาพการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

1.1 การทดสอบอุณหภูมิลมร้อนและการกระจายความร้อนภายในเครื่องอบด้วยเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางภาชนะที่ 1 6 และ 12

1.2 การทดสอบหาความชื้นสัมพัทธ์ ด้วยเครื่องวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ และบันทึกความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางภาชนะที่ 1 6 และ 12

1.3 การทดสอบความเร็วลม ด้วยเครื่องวัดค่าความเร็วลม และบันทึกความเร็วลม ณ ตำแหน่งกึ่งกลางภาชนะที่ 1 6 และ 12

1.4 การทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน เช่น กำลังไฟฟ้า ที่ใช้ในการนำพาลมร้อนที่อ่านด้วยวัตต์มิเตอร์ เวลา และปริมาณแก๊สที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ

2. กระบวนการและขั้นตอนในการทำแห้ง

2.1 นำตัวอย่างข้าวเกรียบหอยนางรมดิบมาหั่นสไลด์ตามแนวขวาง ขนาดความกว้างโดยเฉลี่ย 6 ถึง 7 เซนติเมตร ขนาดความยาวโดยเฉลี่ย 2.7 ถึง 3 เซนติเมตร ขนาดความหนาโดยเฉลี่ย 0.12 ถึง 0.15 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์ความชื้นเริ่มต้น

2.2 ชั่งน้ำหนักข้าวเกรียบหอยนางรมดิบปริมาณ 2 กิโลกรัมต่อภาชนะ วางเรียงลงบนภาชนะขนาดความกว้าง 53 เซนติเมตร ความยาว 72 เซนติเมตร และความสูง 3 เซนติเมตร โดยวางปริมาณเท่ากันในทุกครั้งการทดลอง

2.3 นำข้าวเกรียบหอยนางรมดิบเข้าเครื่องอบที่มีอุณหภูมิคงที่ตามที่กำหนดที่ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

2.4 ทำการอบที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างจากภาชนะที่ 1 6 และ 12 ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ด้วยการสุ่มตัวอย่าง 5 บริเวณในภาชนะเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

2.4.1 ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (1995 : ch 32, 24)

2.4.2 ค่า a_w

2.4.3 วัดค่าสี ในรูปของค่า L^* a^* และ b^*

3. ศึกษาอัตราการทำแห้ง

อัตราการแห้ง (Drying rate) คือ มวลของเหลวที่ระเหยต่อพื้นที่ที่เกิดการระเหยต่อเวลา สมการของอัตราการแห้ง (Geankoplis. 2003 : 536) สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$R = -\frac{1}{A} \frac{dm}{dt} \quad (1)$$

เมื่อ

R = อัตราการแห้งหรืออัตราการระเหย ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{hr}$)

A = พื้นที่ที่เกิดการระเหย (m^2)

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

4. ศึกษาอัตราการฟองตัว

วิเคราะห์หาอัตราการฟองตัวของข้าวเกรียบ (พรรณี วงศ์ไกรศรีทอง และณรงค์ นิยมวิทย์, 2530 : 62) ด้วยวิธี Seed Displacement (ภาคผนวก ข)

$$\text{การฟองตัว (เท่า)} = \frac{\text{ปริมาตรของแผ่นข้าวเกรียบหลังทอด}}{\text{ปริมาตรของแผ่นข้าวเกรียบก่อนทอด}}$$

ส่วนที่ 4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยนำข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งที่ทอดแล้ว มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝน 20 คน ทดสอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวม ด้วยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9 - Point Hedonic Scale นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แล้วนำค่าที่ได้ไปหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี Duncan' New Multiple Range Test (DMRT)

ส่วนที่ 5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม และการวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เมื่อดำเนินการจัดการพัฒนาขั้นตอนการทำข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง ด้วยเครื่องอบลมร้อนและนำไปทดลองการผลิตเสร็จแล้ว เพื่อให้การวิจัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำการวิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยหลักทางการจัดการทางวิศวกรรม ดังต่อไปนี้

1. ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งระหว่างวิธีการทำแห้งด้วยแสงแดดกับการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

1.1 ทดสอบระยะเวลา และค่าใช้จ่าย จากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้าย
ในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยวิธีการทำแห้งด้วยแสงแดด

1.2 ทดสอบระยะเวลา และค่าใช้จ่าย จากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้าย
ในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

2. วิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (ภาคผนวก จ)

แผนดำเนินงานวิจัย

กิจกรรม	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ศึกษาการผลิตข้าวเกรียบ หอยนางรมของกลุ่มหอย นางรมครบวงจร อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี	↔											
ศึกษาสภาวะในการอบแห้ง ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบ ด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อน		↔										
การวิเคราะห์คุณภาพและ การทดสอบทางประสาท สัมผัส				↔								
วิเคราะห์ข้อมูลและสรุป						↔						
สรุปผล และรายงานผล นำ เสนอและตีพิมพ์ผลงาน							↔					

สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย

1. กลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจาก
พระราชดำริ เลขที่ 5/2 ม.3 ถ.โครงการชลประทานน้ำเค็ม ต.คลองขุด อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี

2. เริ่มดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2555 - เมษายน 2556

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน อ. ท่าใหม่

จ. จันทบุรี

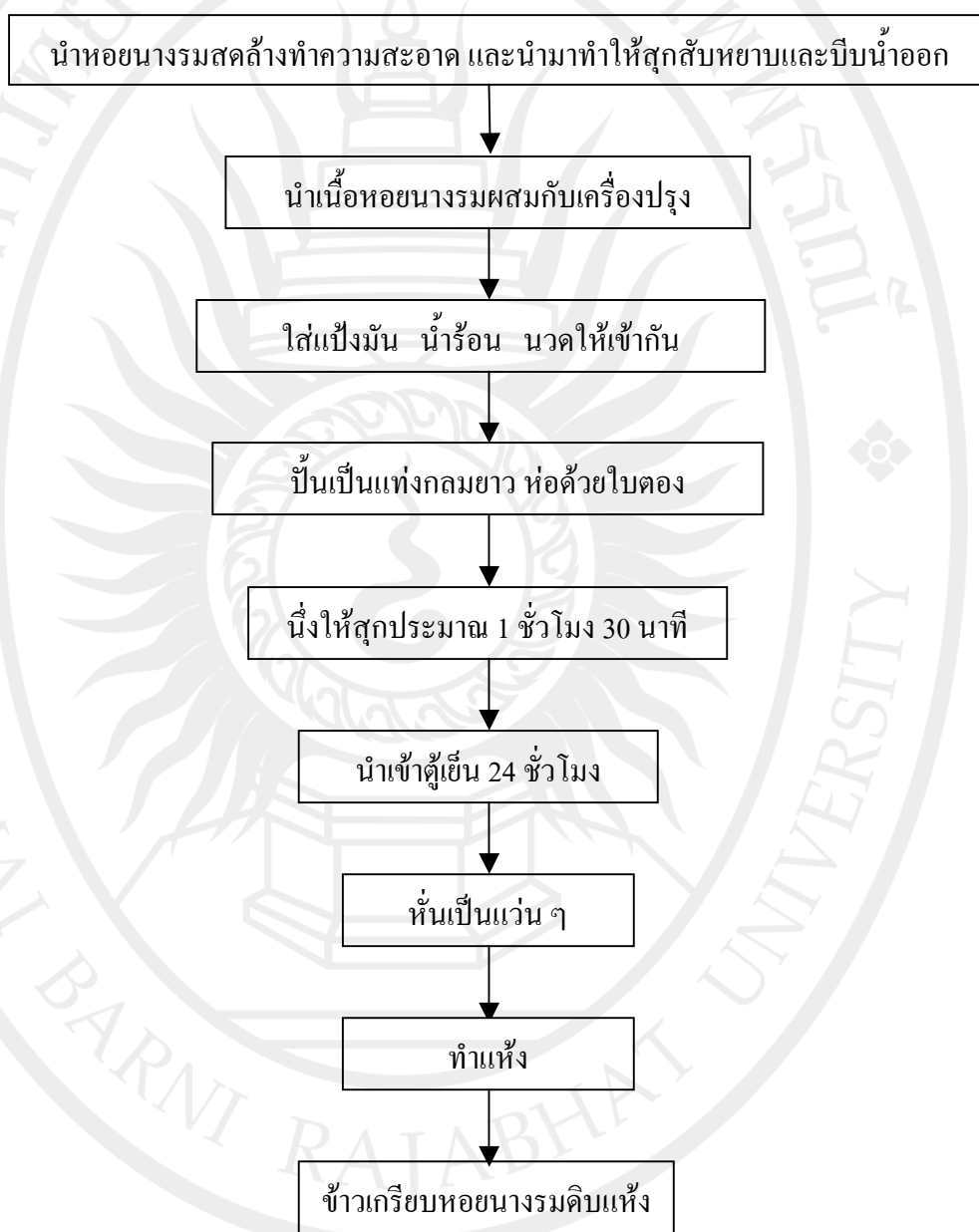
จากการศึกษาการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน พบว่า วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม คือ แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 43.40 น้ำเปล่า ร้อยละ 28.93 หอยนางรม ร้อยละ 10.85 รายละเอียดของวัตถุดิบ แสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ปริมาณและร้อยละของวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม

ส่วนผสมและวัตถุดิบ	ปริมาณ (กิโลกรัม)	คิดเป็นร้อยละ
1. แป้งมันสำปะหลัง	12	43.40
2. น้ำเปล่า	8	28.93
3. หอยนางรม	3	10.85
4. กระเทียม	1.50	5.42
5. แป้งสาลี	1	3.61
6. น้ำตาลทราย	0.80	2.89
7. พริกไทยป่น	0.50	1.80
8. ผงปรุงรส	0.40	1.44
9. น้ำปลา	0.30	1.08
10. เกลือ	0.15	0.54
รวม	27.65	100

การผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมเริ่มจากการคัดเลือกหอยนางรมที่สด นำมาแกะเปลือก ล้างด้วยน้ำให้สะอาด สับหยาบ บีบน้ำออกหลังจากนั้นนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังและเครื่องปรุงรสให้เข้ากัน นวดแป้งด้วยน้ำร้อนเพื่อให้แป้งและส่วนผสมอื่นเป็นเนื้อเดียวกันและเกิดการจับตัวกันที่ดี นำใส่พิมพ์รูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ห่อด้วยใบตอง นำไปนึ่งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที หลังจากสุกดีแล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 ถึง 7 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ลอกใบตองออกแล้วนำข้าวเกรียบมาหั่นให้เป็นชิ้นบางๆ โดยมีขนาดโดยเฉลี่ย กว้าง 6 ถึง 7 เซนติเมตร ยาว 2.7 ถึง

3 เซนติเมตร หนา 0.12 ถึง 0.15 เซนติเมตร นำไปตากแดดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง อุณหภูมิโดยเฉลี่ย อยู่ในช่วง 32.5 ถึง 35.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 67 ถึง 52.1 จะได้ ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง แสดงดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง

ผลศึกษาการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมโดยการทำแห้งด้วยแสงแดด

เมื่อนำข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนทำแห้งด้วยแสงแดด และข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยแสงแดดมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า a_w และค่าสี ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนและหลังทำแห้งด้วยแสงแดด

ตัวอย่างข้าวเกรียบ	ปริมาณ				
	ความชื้น (ร้อยละ)	a_w	L^*	a^*	b^*
ก่อนทำแห้งด้วยแสงแดด	73.64	0.96	$57.41^{ns} \pm 4.16$	$4.71^{ns} \pm 0.79$	$25.67^{ns} \pm 1.36$
หลังทำแห้งด้วยแสงแดด	7.74	0.66	$50.52^{ns} \pm 3.84$	$5.80^{ns} \pm 1.21$	$25.80^{ns} \pm 2.38$

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบ พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนทำแห้งด้วยแสงแดดมีความชื้น ร้อยละ 73.64 เมื่อผ่านการทำแห้งด้วยแสงแดดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง พบว่าความชื้นลดลงเหลือ ร้อยละ 7.74 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ ซึ่งกำหนดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบ ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของข้าวเกรียบ พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนทำแห้งด้วยแสงแดดมีค่า a_w เท่ากับ 0.96 แสดงว่าข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนทำแห้งจัดอยู่ในอาหารที่มีค่า a_w ค่อนข้างสูง สามารถเน่าเสียได้ง่ายด้วยจุลินทรีย์ และเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยแสงแดด พบว่า มีค่า a_w ลดลงจนมีค่าเท่ากับ 0.66 ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราส่วนใหญ่ เนื่องจากเชื้อราส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งการเจริญที่ a_w ต่ำกว่า 0.70 ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น (วิไลรังสาทอง, 2543 : 44)

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวเกรียบ พบว่า ค่า L^* a^* และ b^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนและหลังทำแห้งด้วยแสงแดด ไม่มีความแตกต่างกัน โดยค่าความสว่าง L^* มีแนวโน้มลดลง แสดงว่าข้าวเกรียบหอยนางรมที่ผ่านการทำแห้งแล้วจะมีสีเข้มขึ้น ส่วนค่า a^* ($-a^*$ หมายถึง สีเขียว $+a^*$ หมายถึง สีแดง) และค่าสี b^* ($-b^*$ หมายถึง สีน้ำเงิน $+b^*$ หมายถึง สีเหลือง) ของข้าวเกรียบทั้งก่อนและหลังทำแห้งด้วยแสงแดดมีแนวโน้มคงที่

ผลการศึกษาสถานะในการอบแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมดิบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

การทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ผลการทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยทำการทดสอบอุณหภูมิลมร้อน และการกระจายความร้อนภายในเครื่องอบ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ได้ผลดังตาราง 6 ถึง 8

ตาราง 6 ผลการทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

สถานะเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน	ลำดับภาระ		
	1	6	12
1. อุณหภูมิลมร้อน (องศาเซลเซียส) ^{ns}	47.50±1.06	47.33±1.01	46.70±1.01
2. ความชื้นสัมพัทธ์ ^{ns}	31.87±1.52	31.20±1.43	30.33±1.40
3. ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	0.30 ^a ±0.01	0.28 ^{ab} ±0.01	0.27 ^b ±0.02

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ตาราง 7 ผลการทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

สถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน	ลำดับภาระ		
	1	6	12
1. อุณหภูมิลมร้อน (องศาเซลเซียส) ^{ns}	57.17±0.84	57.00±0.84	57.00±0.70
2. ความชื้นสัมพัทธ์ ^{ns}	23.93±1.64	23.40±1.71	22.63±1.01
3. ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที) ^{ns}	0.28±0.01	0.28±0.02	0.28±0.02

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ตาราง 8 ผลการทดสอบสภาวะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

สภาวะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน	ลำดับภาชนะ		
	1	6	12
1. อุณหภูมิลมร้อน(องศาเซลเซียส) ^{ns}	66.83±0.89	66.73±0.92	66.67±0.92
2. ความชื้นสัมพัทธ์ ^{ns}	18.10±0.86	18.53±0.86	18.63±0.89
3. ความเร็วลม(เมตรต่อวินาที)	0.28 ^{ab} ±0.02	0.32 ^a ±0.03	0.26 ^b ±0.03

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการทดสอบอุณหภูมิลมร้อนภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาชนะที่ 1 6 และ 12 พบว่า อุณหภูมิลมร้อนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องเท่ากับ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีผลอุณหภูมิที่อ่านได้อยู่ระหว่าง 47.50 ถึง 46.70 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีผลอุณหภูมิที่อ่านได้อยู่ระหว่าง 57.17 ถึง 57.00 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีผลอุณหภูมิที่อ่านได้อยู่ระหว่าง 66.83 ถึง 66.67 องศาเซลเซียส ทำให้ผลการกระจายความร้อนภายในเครื่องอบ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องอบมีการกระจายลมร้อนที่สม่ำเสมอใกล้เคียงกัน โดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนจะนำพาความร้อนจากด้านล่างแล้วกระจายลมร้อนออกทางด้านข้างของเครื่องอบทั้ง 2 ข้าง ส่วนลมร้อนและความชื้นจะถูกระบายออกสู่ด้านบนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ผลการทดสอบหาความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาชนะที่ 1 6 และ 12 พบว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องเท่ากับ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่า ภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 31.87 ถึง 30.33 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 23.93 ถึง 22.63 และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 18.10 ถึง 18.63 โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่อ่านได้มีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิลมร้อนที่เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Doymaz et al (2006 : 559 - 565) ศึกษาการอบแห้ง Dill และ Parsley Leaves โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ความเร็วลม

1.10 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิในการทำแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียสพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง และในระหว่างกระบวนการอบแห้งพบเพียงช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเท่านั้น จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้ง Dill และ Parsley Leaves คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบความเร็วลมด้วยเครื่องวัดค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาชนะที่ 1 6 และ 12 พบว่า ค่าความเร็วลมภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่อง เท่ากับ 50 และ 70 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าความเร็วลมภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่อง เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีความเร็วลมอยู่ระหว่าง 0.30 ถึง 0.27 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความเร็วลมเท่ากับ 0.28 เมตรต่อวินาที และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าความเร็วลมอยู่ระหว่าง 0.28 ถึง 0.26 เมตรต่อวินาที จะเห็นได้ว่าผลการวัดค่าความเร็วลมที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันในทุกช่วงอุณหภูมิ โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละอุณหภูมิภายในตู้อบเท่ากับ 0.28 เมตรต่อวินาที และเมื่อทดลองเปรียบเทียบความเร็วลม ณ ตำแหน่งกึ่งกลางภาชนะที่ 1 โดยตั้งค่าอุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความเร็วลมไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าอุณหภูมิลมร้อนไม่มีผลต่อความเร็วลม เช่นเดียวกับภาชนะที่ 6 และ 12 สอดคล้องกับคุณสมบัติเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryers) ซึ่งอากาศร้อนจะไหลหมุนเวียนอยู่ในตู้ที่ความเร็วลม 0.5 ถึง 5 เมตรต่อวินาที (วิลโลว์ รังสาทอง, 2543 : 231) และสอดคล้องกับงานวิจัยของสิรินทัศน์ (2551 : บทคัดย่อ) ที่ได้ศึกษาคุณภาพของมะเดื่อ(มะนอด) แห้งอบแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด โดยทำการอบผลมะนอดสดและมะนอดที่ผ่านการแช่เย็นด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 ชั่วโมง ความเร็วลมเฉลี่ย 0.20 เมตรต่อวินาที พบว่าการอบแห้งมะนอดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 26 ชั่วโมง ผลมะนอดสดมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 629.91 (น้ำหนักแห้ง) มีค่าความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 41.99 (น้ำหนักแห้ง) และมีค่า a_w เริ่มต้น 0.91 ส่วนมะนอดที่ผ่านการแช่เย็นมีค่าความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 161.24 (น้ำหนักแห้ง) และมีค่า a_w เริ่มต้นโดยเฉลี่ย 0.87 ลดลงจนมีค่า a_w เหลือเท่ากับ 0.60 ซึ่ง มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และสามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น

ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน พบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการนำพาลมร้อนโดยวัดด้วยวัตต์มิเตอร์ มีค่าเท่ากับ 329 วัตต์ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มอุณหภูมิภายในเครื่องอบที่ 50 องศาเซลเซียสใช้เวลา 4 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 2.25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ 60 องศาเซลเซียสใช้เวลา 9 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 1.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และที่ 70 องศาเซลเซียสใช้เวลา 13 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 1.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า a_w และค่าสี ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ถึง 6 ชั่วโมง ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 9 10 และ 11

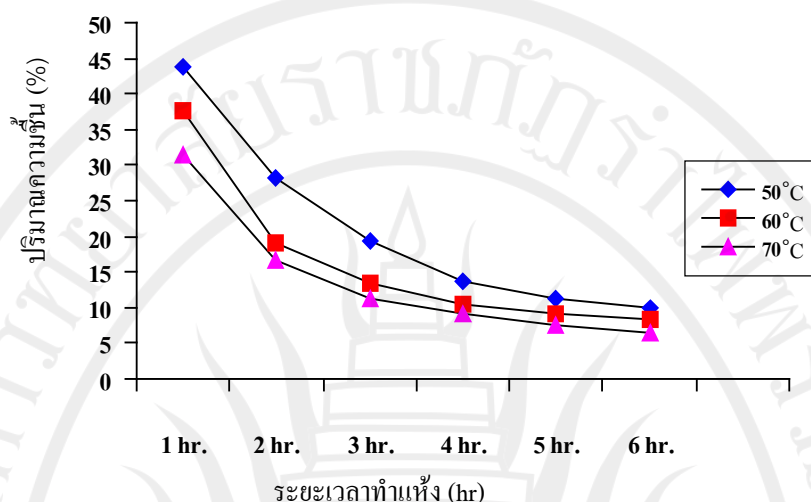
ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	a_w	L^*	a^*	b^*
1	43.84	0.92	58.80 ^a ±3.20	4.04 ^{ns} ±1.24	23.78 ^{ab} ±1.62
2	28.18	0.90	56.82 ^{ab} ±0.82	4.07 ^{ns} ±0.24	24.36 ^a ±2.03
3	19.37	0.85	55.50 ^{ab} ±0.24	4.29 ^{ns} ±0.55	24.11 ^{ab} ±0.27
4	13.62	0.76	54.75 ^{abc} ±2.90	3.74 ^{ns} ±0.06	23.41 ^{ab} ±1.34
5	11.19	0.70	50.66 ^{bc} ±4.36	3.84 ^{ns} ±0.03	20.66 ^{bc} ±1.69
6	10.02	0.66	48.51 ^c ±1.02	3.21 ^{ns} ±0.12	19.61 ^c ±0.36

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

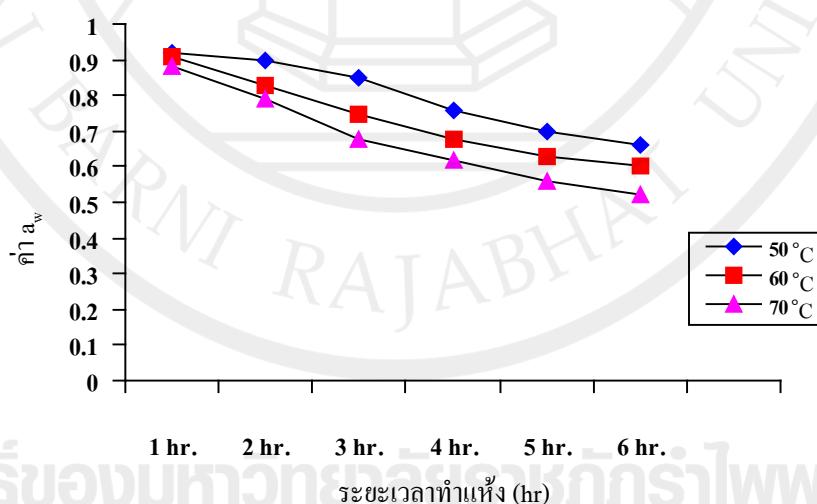
: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ตาราง 9) พบว่า ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการทำแห้ง โดยจะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับร้อยละ 11.19 และ 10.02 ตามลำดับ (ภาพประกอบ 7) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 107/2554 เรื่อง ข้าวเกรียบ โดยกำหนดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบ ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก



ภาพประกอบ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำแห้งและปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบ
หอยนางรมที่อุณหภูมิทำแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการทำแห้ง (ตาราง 9) จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 5 และ 6 ชั่วโมง ค่า a_w ของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับ 0.70 และ 0.66 ตามลำดับ (ภาพประกอบ 8) ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราส่วนใหญ่ได้ เนื่องจากเชื้อราส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งการเจริญเติบโตที่ a_w ต่ำกว่า 0.70 ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น



ภาพประกอบ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำแห้งและค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรม
ที่อุณหภูมิทำแห้งเท่ากับ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลง เมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น แสดงว่าข้าวเกรียบหอยนางรมนั้นมีสีเข้มขึ้น โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าความสว่าง L^* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง โดยค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ระยะเวลาทำแห้ง 1 ชั่วโมงมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 58.80 ± 3.20 และค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ระยะเวลาทำแห้ง 6 ชั่วโมง มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 48.51 ± 1.02

ผลค่าสี a^* ($-a^*$ หมายถึงสีเขียว $+a^*$ หมายถึงสีแดง) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการอบแห้ง 6 ชั่วโมง และค่าสี b^* ($-b^*$ หมายถึงสีน้ำเงิน $+b^*$ หมายถึงสีเหลือง) พบว่าเมื่อทำการอบแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมในระยะเวลาที่นานขึ้นค่า b^* มีแนวโน้มลดลง โดยค่าสี b^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าสี b^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ตาราง 10) พบว่า ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการทำแห้ง โดยจะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 4 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับร้อยละ 10.57 9.03 และ 8.27 ตามลำดับ (ภาพประกอบ 7) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ โดยกำหนดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	a_w	L^*	a^*	b^*
1	37.74	0.91	$55.30^a \pm 0.20$	$5.34^a \pm 0.05$	$25.72^{ns} \pm 0.48$
2	19.15	0.83	$55.35^a \pm 2.63$	$5.27^{ab} \pm 0.18$	$25.72^{ns} \pm 1.32$
3	13.32	0.75	$54.17^{ab} \pm 0.11$	$4.91^{ab} \pm 0.49$	$26.07^{ns} \pm 2.87$
4	10.57	0.68	$53.24^{ab} \pm 2.64$	$4.60^b \pm 0.21$	$24.81^{ns} \pm 3.08$
5	9.03	0.63	$50.33^{ab} \pm 0.25$	$5.59^a \pm 0.30$	$25.30^{ns} \pm 2.22$
6	8.27	0.60	$52.00^b \pm 1.46$	$4.59^b \pm 0.12$	$24.98^{ns} \pm 0.75$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการทำแห้ง (ตาราง 10) จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 4 5 และ 6 ชั่วโมง ค่า a_w ของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับ 0.68 0.63 และ 0.60 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น แสดงว่าข้าวเกรียบหอยนางรมนั้นมีสีเข้มขึ้น โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าความสว่าง L^* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง โดยค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ 2 ชั่วโมงมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 55.35 ± 2.63 และค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ระยะเวลาทำแห้ง 5 ชั่วโมง มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 50.33 ± 0.25

ส่วนค่าสี a^* ($-a^*$ หมายถึงสีเขียว $+a^*$ หมายถึงสีแดง) พบว่าข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าสี a^* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าสี a^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 1 และ 5 ชั่วโมง แต่ไม่มีความแตกต่างกับค่าสี a^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 2 3 และ 4 ชั่วโมง โดยค่าสี a^* ของข้าวเกรียบอยู่ในช่วง 4.59 ถึง 5.59 และค่าสี b^* ($-b^*$ หมายถึงสีน้ำเงิน $+b^*$ หมายถึงสีเหลือง) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ตลอดระยะเวลาการอบแห้ง 6 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ตาราง 11) พบว่า ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการทำแห้ง โดยจะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับร้อยละ 11.37 9.03 7.64 และ 6.58 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ โดยกำหนดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบ ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณ ความชื้น (ร้อยละ)	a_w	L^*	a^*	b^*
1	31.46	0.88	$56.31^{ns} \pm 1.27$	$5.26^a \pm 0.83$	$25.68^{ns} \pm 0.69$
2	16.60	0.79	$58.57^{ns} \pm 5.06$	$4.24^{ab} \pm 0.11$	$27.20^{ns} \pm 2.64$
3	11.37	0.68	$53.53^{ns} \pm 0.30$	$3.68^b \pm 0.14$	$23.23^{ns} \pm 2.83$
4	9.03	0.62	$54.07^{ns} \pm 2.62$	$5.09^{ab} \pm 0.36$	$26.03^{ns} \pm 2.80$
5	7.64	0.56	$51.23^{ns} \pm 1.90$	$5.13^a \pm 0.66$	$25.06^{ns} \pm 3.58$
6	6.58	0.52	$52.62^{ns} \pm 4.03$	$4.22^{ab} \pm 0.75$	$24.09^{ns} \pm 4.81$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการทำแห้ง (ตาราง 11) จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง ค่า a_w ของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับ 0.68 0.62 0.56 และ 0.52 ตามลำดับ (ภาพประกอบ 8)

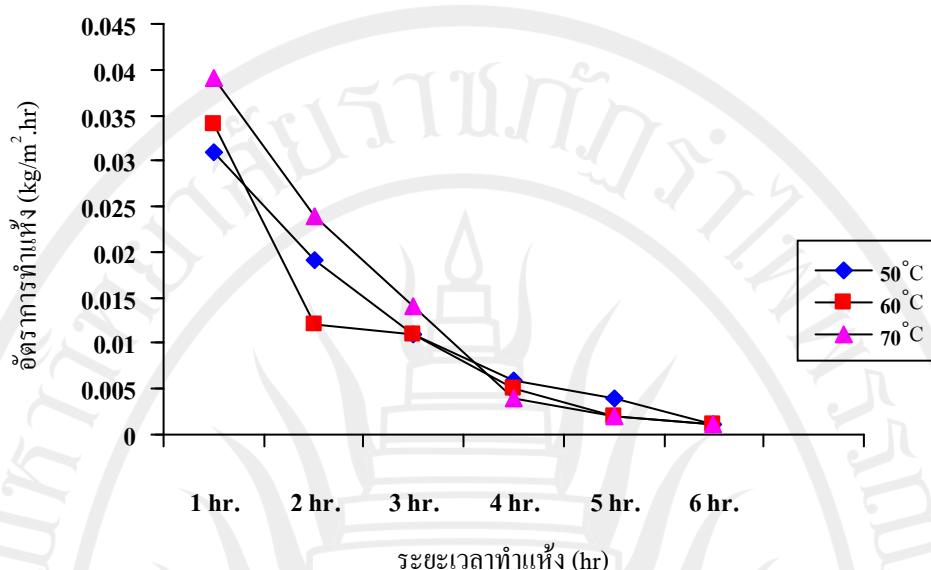
ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการทำแห้ง 6 ชั่วโมง โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น แสดงว่าข้าวเกรียบหอยนางรมนั้นมีแนวโน้มจะมีสีเข้มขึ้น

ส่วนค่าสี a^* ($-a^*$ หมายถึงสีเขียว $+a^*$ หมายถึงสีแดง) พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าสี a^* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าสี a^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 1 และ 5 ชั่วโมง แต่ไม่มีความแตกต่างกัน ตลอดระยะเวลาการอบแห้ง 2 4 และ 6 ชั่วโมง และค่าสี b^* ($-b^*$ หมายถึงสีน้ำเงิน $+b^*$ หมายถึงสีเหลือง) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการอบแห้ง 6 ชั่วโมง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมจึงเลือกข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 5 และ 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 4 5 และ 6 ชั่วโมง และที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง ไปทำการศึกษาอัตราการฟองตัวต่อไป เนื่องจากมีค่าความชื้นเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ และมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 ทำให้ปลอดภัยจากเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการศึกษาอัตราการทำแห้ง

ผลการศึกษาอัตราการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรม สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาได้ผลดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำแห้งและอัตราการทำแห้งของข้าวเกรียบหอยนางรมที่อุณหภูมิทำแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

ผลอัตราการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส จากภาพประกอบ 9 พบว่า อัตราการทำแห้งของข้าวเกรียบหอยนางรมในช่วงระยะเวลาชั่วโมงที่ 1 ถึง 3 จะมีอัตราการทำแห้งเร็วกว่าชั่วโมงที่ 4 ถึง 6 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากในข้าวเกรียบหอยนางรมที่ยังไม่ผ่านการทำแห้งยังมีปริมาณน้ำอิสระมาก จึงทำให้ในช่วงแรกของการทำแห้งเกิดการระเหยของน้ำอิสระอย่างรวดเร็ว โดยอัตราการทำแห้งของข้าวเกรียบขึ้นกับระยะเวลา พบว่าที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีอัตราการทำแห้งเท่ากันคือ 0.001 กิโลกรัมเนื้อต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กอบพัชรกุล เป็นบุญ (2550 : บทคัดย่อ) ซึ่งทำการศึกษาการอบแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เทคนิคผสมระหว่างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบลมร้อนและเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ พบว่า อัตราการอบแห้งในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นมีค่าสูง เนื่องจากมีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์สูง ทำให้บริเวณผิวหน้าผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเพียงพอต่อการระเหยจึงเร่งให้อัตราการอบแห้งเกิดเร็วขึ้น หลังจากนั้นอัตราการอบแห้งจะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) เนื่องจากปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้น้ำที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์เกิดการเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อการระเหย จึงทำให้อัตราการอบแห้งลดลง

ผลการศึกษาอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรม

เมื่อนำข้าวเกรียบหอยนางรมที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นร้อยละ 11.10 และ 10.02 ตามลำดับ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นร้อยละ 10.57 9.03 และ 8.27 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นร้อยละ 11.37 9.03 7.64 และ 6.58 ตามลำดับ โดยในการทดลองนี้พบว่า ความชื้นของข้าวเกรียบหอยนางรมอยู่ระหว่างร้อยละ 6.58 ถึง 11.37 ซึ่งได้นำมาทำการทอดและศึกษาอัตราการพองตัวได้ผลการศึกษาดังตาราง 12

ตาราง 12 อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทอด

ระยะเวลาทำแห้ง (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	50 ^{ns}	60 ^{ns}	70 ^{ns}
3	-	-	6.00±0.00
4	-	3.50±0.87	4.67±1.15
5	3.33±1.45	5.00±1.73	3.67±2.08
6	3.17±1.61	4.11±1.84	3.50±1.80

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการหาอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรม พบว่า อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกัน โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 และ 6 ชั่วโมง มีอัตราการพองตัวหลังทอดไม่แตกต่างกัน โดยที่ระยะเวลาทำแห้งที่ 5 ชั่วโมง มีอัตราการพองตัวสูงสุดคือ 3.33 เท่า ส่วนข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 4 5 และ 6 ชั่วโมง พบว่า มีอัตราการพองตัวหลังทอดไม่แตกต่างกัน โดยที่ระยะเวลาอบแห้งที่ 5 ชั่วโมง มีอัตราการพองตัวสูงสุดคือ 5 เท่า และข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง พบว่า มีอัตราการพองตัวหลังทอดไม่แตกต่างกัน โดยที่ระยะเวลาอบแห้งที่ 3 ชั่วโมง มีอัตราการพองตัวสูงสุดคือ 6.00 เท่า ผลการวิจัยดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยของพรรณิ วงศ์ไกรศรีทอง และณรงค์ นิยมวิทย์ (2530 : 66) ซึ่งพบว่า เมื่อนำแผ่นข้าวเกรียบ

ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และเก็บตัวอย่างทุก ๆ 2 ชั่วโมง พบว่า อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบมีความสัมพันธ์กับความชื้น โดยการพองตัวของข้าวเกรียบจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นของแผ่นข้าวเกรียบลดลงและเมื่อถึงจุดจุดหนึ่งการพองตัวจะลดลง โดยแผ่นข้าวเกรียบที่เกิดการพองตัวมากที่สุดมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 9.2 ถึง 12.8

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกข้าวเกรียบหอยนางรมที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา 4 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา 3 ชั่วโมง (ภาคผนวก ข) ไปทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ความกรอบ ความชอบโดยรวม เพื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด เนื่องจากค่าอัตราการพองตัวไม่แตกต่างกัน จึงเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการทำงานและประหยัดต้นทุนสูงสุด ไปทำการศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยนำข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งที่ทอดแล้ว มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝน 20 คน ทดสอบลักษณะปรากฏด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวมแสดงผลดังตาราง 13

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบหอยนางรม

ข้าวเกรียบหอยนางรม	ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ				
	สี	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความกรอบ ^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
1. ทำแห้งด้วยแสงแดด	7.25 ^a ±0.72	6.90±0.79	6.95±0.89	7.35±0.67	7.35±0.67
2. ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ					
50 องศาเซลเซียส	6.80 ^b ±0.41	6.85±0.67	6.85±0.75	7.20±0.52	6.95±0.51
5 ชั่วโมง					
3. ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ					
60 องศาเซลเซียส	7.10 ^{ab} ±0.64	6.85±0.75	7.10±0.72	7.25±0.64	7.25±0.64
4 ชั่วโมง					

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้าวเกรียบหอยนางรม	ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ				ความชอบโดยรวม ^{ns}
	สี	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความกรอบ ^{ns}	
4. ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง	7.20 ^a ±0.52	6.95±0.60	7.15±0.59	7.35±0.49	7.20±0.52

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ด้านสี พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านสีของข้าวเกรียบหอยนางรม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวเกรียบที่ทำแห้งด้วยแสงแดด ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูงสุด เท่ากับ 7.25 (ชอบปานกลาง) ซึ่งไม่แตกต่างกับข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง และ 60 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งมีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.20 และ 7.10 ตามลำดับ

ด้านกลิ่น พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับข้าวเกรียบหอยนางรมด้านกลิ่นไม่แตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่อบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 6.95 (ชอบเล็กน้อย)

ด้านรสชาติ พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับข้าวเกรียบหอยนางรมด้านรสชาติไม่แตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่อบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.15 (ชอบปานกลาง)

ด้านความกรอบ พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับข้าวเกรียบหอยนางรมด้านความกรอบ ไม่แตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่อบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.35 (ชอบปานกลาง)

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับข้าวเกรียบหอยนางรมด้านความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.35 (ชอบปานกลาง)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า a_w อัตราการพองตัวและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบหอยนางรม พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นร้อยละ 11.37 ค่า a_w เท่ากับ 0.68 อัตราการพองตัวสูงสุด 6.00 เท่า และมีผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันกับข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด แต่ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งน้อยที่สุด ดังนั้นจึงทำการศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตและการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมงต่อไป

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม และการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เมื่อดำเนินการจัดการพัฒนาขั้นตอนการทำข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและนำไปทดลองการผลิตแล้ว เพื่อให้การวิจัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำการวิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยหลักทางการจัดการทางวิศวกรรม ดังต่อไปนี้

1. ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งระหว่างการทำแห้งด้วยแสงแดดกับการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ผลการทดสอบระยะเวลา และค่าใช้จ่ายจากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้ายในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยแสงแดด พบว่าในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม 1 ครั้งใช้เวลาและค่าใช้จ่ายดังตาราง 14

ตาราง 14 ผลการทดสอบระยะเวลาและค่าใช้จ่ายจากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้าย
ในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยแสงแดด

กิจกรรม	เวลา (ชม : นาที)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1. นำหอยนางรมสดล้างทำความสะอาด และ นำมาทำให้สุกสับหยาบและบีบน้ำออก	00:20 (20 นาที)	670.72
2. นำเนื้อหอยนางรมผสมกับเครื่องปรุง	00:20 (20 นาที)	627.82
3. ใส่แป้งมันและน้ำมัน นวดให้เข้ากัน	00:05 (5 นาที)	0.15
4. ปั้นเป็นแท่งกลมยาว ห่อด้วยใบตอง	00:30 (30 นาที)	-
5. นึ่งให้สุกประมาณ 1.30 ชั่วโมง	01:30 (1 ชั่วโมง 30 นาที)	21.07
6. นำเข้าตู้อบ 24 ชั่วโมง	24:00 (24 ชั่วโมง)	63.60
7. หั่นเป็นแว่น ๆ	00:15 (15 นาที)	0.45
8. ทำแห้ง 2 วัน ด้วยแสงแดด	18:00 (18 ชั่วโมง)	160
9. รวบรวมข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง	00:10 (10 นาที)	-
รวม เวลาและค่าใช้จ่าย	45:16 (45 ชั่วโมง 16 นาที)	1,543.81

- หมายเหตุ 1. ใน 1 วันมีกำลังการผลิตที่ 5 ครั้ง
2. ต้นทุนค่าแรงงาน เริ่มทำงาน 08.00 - 17.00 น.

ผลสรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อการผลิต 1 ครั้ง ใช้เวลาทั้งสิ้น 45 ชั่วโมง 16 นาทีและมี
ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 1,543.81 บาท และสามารถเก็บข้าวเกรียบดิบได้จำนวน 15 กิโลกรัม ซึ่งแบ่งได้
ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าวัตถุดิบ	1,287.82
ค่าแรงงาน	160
ค่าไฟฟ้า	64.35
ค่าแก๊ส	31.50
ค่าน้ำประปา	0.14
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	1,543.81

ผลการทดสอบระยะเวลา และค่าใช้จ่าย จากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้ายในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน พบว่าในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม 1 ครั้งใช้เวลาและค่าใช้จ่ายดังตาราง 15

ตาราง 15 ผลการทดสอบระยะเวลาและค่าใช้จ่าย จากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้ายในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

กิจกรรม	เวลา (ชม:นาที)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1. นำหอยนางรมสดล้างทำความสะอาด และนำมาทำให้สุกสับหยาบและบีบน้ำออก	00:20 (20 นาที)	670.72
2. นำเนื้อหอยนางรมผสมกับเครื่องปรุง	00:20 (20 นาที)	627.82
3. ใส่แป้งมันและน้ำร้อน นวดให้เข้ากัน	00:05 (5 นาที)	0.15
4. ปั้นเป็นแท่งกลมยาว ห่อด้วยใบตอง	00:30 (30 นาที)	-
5. นึ่งให้สุกประมาณ 1.30 ชั่วโมง	01:30 (1 ชั่วโมง 30 นาที)	21.07
6. นำเข้าตู้เย็น 24 ชั่วโมง	24:00 (24 ชั่วโมง)	63.60
7. หั่นเป็นแว่น ๆ	00:15 (15 นาที)	0.45
8. ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง	03:00 (3 ชั่วโมง)	83.85
9. รวบรวมข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง	00:10 (10 นาที)	-
รวม เวลาและค่าใช้จ่าย	30:16 (30 ชั่วโมง 16 นาที)	1,467.66

หมายเหตุ 1. ใน 1 วันมีกำลังการผลิตที่ 3 ครั้ง

2. ต้นทุนค่าแรงงาน เริ่มทำงาน 08.00 - 17.00 น.

ผลสรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อการผลิต 1 ครั้ง ใช้เวลาทั้งสิ้น 30 ชั่วโมง 16 นาทีและมีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 1,467.66 บาท และสามารถเก็บข้าวเกรียบดิบได้จำนวน 15 กิโลกรัม ซึ่งแบ่งได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าวัตถุดิบ	1,287.82
ค่าแรงงาน	40

ค่าไฟฟ้า	69.35
ค่าแก๊ส	70.35
ค่าน้ำประปา	0.14
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	1,467.66

จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทำข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยแสงแดด อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการทำงานยังต่ำกว่า และยังมีข้อเปรียบเทียบในด้านต่างๆ เช่น ด้านพลังงาน ด้านคุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรม ด้านประสิทธิภาพในการทำแห้ง การสูญเสียในการทำแห้ง ค่าใช้จ่ายในการทำแห้งใน 1 ครั้ง การควบคุมปัจจัยการทำแห้ง สมรรถนะในการทำแห้ง ต้นทุนในการทำแห้ง และต้นทุนข้าวเกรียบหอยนางรมต่อกิโลกรัม สรุปตาราง 16 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปทุมพร โสคติรัตนพันธุ์ (2550 : 44) ได้ทำการดัดแปลงกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบว่าวพร้อมบริโภค ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดลดความชื้น แทนการตากแดดที่อุณหภูมิ 55 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส โดยพบว่าที่อุณหภูมิการทำแห้ง 65 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าการอบที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ข้าวเกรียบว่าวจะมีลักษณะแห้งจนเกินไป จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เปราะแตกได้ง่าย จากผลการวิจัยทำให้ทราบว่าเครื่องอบแห้งแบบถาดใช้เวลาในการอบน้อยกว่า ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

ตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยแสงแดดกับการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

ปัจจัยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	แสงแดด	เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
1. ด้านพลังงาน		
1.1 จำนวนแรงงานที่ใช้ในการทำแห้ง	1 ถึง 2 คน	1 คน
1.2 พลังงานไฟฟ้า	64.35 บาท	69.35 บาท
1.3 พลังงานแก๊ส	31.50 บาท	70.35 บาท
1.4 ปริมาณน้ำประปา	0.14 บาท	0.14 บาท
2. ด้านคุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรม		
2.1 สิ่งสกปรก	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้
2.2 กระแสลมจากธรรมชาติ	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้

ตาราง 16 (ต่อ)

ปัจจัยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	แสงแดด	เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
2.3 อายุการเก็บรักษา	เท่ากัน	เท่ากัน
2.4 ความสม่ำเสมอทางกายภาพ	ไม่มีความสม่ำเสมอ	สม่ำเสมอ
2.5 สีของข้าวเกรียบหลังทอด	ไม่มีความสม่ำเสมอ	สม่ำเสมอ
3. ด้านประสิทธิภาพในการทำแห้ง		
3.1 ปริมาณที่ผลิตได้ในแต่ละครั้ง	เท่ากัน	เท่ากัน
3.2 ความรวดเร็วในการทำแห้ง	ต่ำ	สูง
4. การสูญเสียในการทำแห้ง	ลม การแตกหัก เชื้อรา	ไม่พบการสูญเสีย
5. ค่าใช้จ่ายในการทำแห้งใน 1 ครั้ง		
5.1 ต้นทุน	1,543.81 บาท	1,467.66 บาท
5.2 ระยะเวลา	(45 ชั่วโมง 16 นาที)	(30 ชั่วโมง 16 นาที)
5.3 แรงงาน	160.00 บาท	40.00 บาท
5.4 วัตถุดิบ	1,287.82 บาท	1,287.82 บาท
6. การควบคุมปัจจัยการทำแห้ง		
6.1 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้
6.2 เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้
7. สมรรถนะในการทำแห้ง	37.50 กิโลกรัมต่อวัน	45 กิโลกรัมต่อวัน
8. ต้นทุนในการทำแห้ง	160.00 บาท	83.85 บาท
9. ต้นทุนข้าวเกรียบหอยนางรมต่อกิโลกรัม	102.92 บาท	97.84 บาท

2. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมแบ่งองค์ประกอบในการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมด ด้านจุดคุ้มทุนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ด้านระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการอบแห้ง (บาทต่อปี)

กำหนดให้ราคาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีเท่ากับ 145,000 บาท มูลค่าซากเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือร้อยละ 10 ของราคาเครื่อง (กลุ่มบริหารการคลังและทรัพย์สิน. ออนไลน์. 2544) และอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 ต่อปี (ธนาคารแห่งประเทศไทย. ออนไลน์. 2555)

$$\begin{aligned}
 \text{มูลค่าซาก (S)} &= 0.1 P \\
 &= 0.1 \times 145,000 \\
 &= 14,500 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าเสื่อมราคา (D)} &= \frac{(P-S)}{L} \\
 &= \frac{(145,000 - 14,500)}{10} \\
 &= 13,050 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} &= \frac{(P+S)}{2} \times I \\
 &= \frac{(145,000 - 14,500)}{2} \times 0.08 \\
 &= 6,380 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} &= \text{ค่าเสื่อมราคา (D)} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} \\
 &= 13,050 + 6,380 \\
 &= 19,430 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

กำหนดให้อัตราค่าแรงวันละ 200 บาท จำนวนคนทำงาน 2 คน ทำงานปีละ 244 วัน
 อัตราการใช้กำลังงานไฟฟ้า 329 วัตต์ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาท สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า 0.33 หน่วยต่อ
 ชั่วโมง อัตราการใช้แก๊ส (LPG) ถึงละ 315 บาทค่าแก๊สหน่วยละ 21 บาท สิ้นเปลืองค่าแก๊ส (LPG)
 เหล็ย 0.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทำงานวันละ 6 ชั่วโมง ค่าบำรุงรักษาเครื่องเฉลี่ยวันละ 5 บาทต่อวัน

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าจ้างแรงงาน (W)} &= (200 \times 244) \times 2 \\
 &= 97,600 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า (E)} = 5 \times 0.33 \times 6 \times 244$$

$$= 2,415.6 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ค่าแก๊ส (G)} = 21 \times 0.62 \times 6 \times 244$$

$$= 19,061.28 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ค่าบำรุงรักษา (M)} = 5 \times 244$$

$$= 1,220 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ค่าต้นทุนแปรผัน (VC)} = \text{ค่าจ้างแรงงาน} + \text{ค่าไฟฟ้า} + \text{ค่าแก๊ส} + \text{ค่าบำรุงรักษา}$$

$$= 97,600 + 2,415.6 + 19,061.28 + 1,220$$

$$= 120,296.88 \text{ บาทต่อปี}$$

ดังนั้น

$$\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} = \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนแปรผัน}$$

$$= 19,430 + 120,296.88$$

$$= 139,726.88 \text{ บาทต่อปี}$$

จุดคุ้มทุน (Break Even Point) ของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

กำหนดให้ราคาขายหลังหักต้นทุนค่าวัตถุดิบต่อกิโลกรัมมีค่าเท่ากับ 65 บาทต่อกิโลกรัม และใน 1 ปีเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนเดินเครื่องทำงาน 244 วัน เวลาทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน เท่ากับเดินเครื่องทำงานเท่ากับ 1,464 ชั่วโมงต่อปี สมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนสามารถอบข้าวเกรียบหอยนางรมได้ 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และใน 1 ปีสามารถอบได้ 7,320 กิโลกรัมต่อปี

$$\begin{aligned} \text{BEP}_s &= \frac{(\text{FC})}{(\text{SU}_u - \text{VC}_u)} \\ &= \frac{(19,430)}{\left(65 - \left(\frac{139,726.88}{7,320}\right)\right)} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น จุดคุ้มทุน} = 423.20 \text{ กิโลกรัมต่อปี}$$

ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

รายได้จากการขายข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งมีค่าเท่ากับ 65 บาทต่อกิโลกรัม และใน 1 ปีเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนสามารถอบข้าวเกรียบได้ 7,320 กิโลกรัมต่อปี ทำให้มีรายได้เท่ากับ 475,800 บาทต่อปี

$$\text{PBP} = \frac{\text{MC}}{\text{P}}$$

$$\text{กำไร (P)} = 475,800 - 139,726.88$$

$$= 336,073.12 \text{ บาท}$$

ดังนั้น

$$\text{ระยะเวลาในการคืนทุน} = \frac{145,000}{336,073.12}$$

$$= 0.431 \text{ ปี หรือประมาณ 156 วัน}$$

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ถ้าหากราคาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีราคา 145,000 บาท ขายข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง 65 บาทต่อกิโลกรัม พบว่าจุดคุ้มทุนจะอยู่ที่การผลิต 423.20 กิโลกรัมต่อปี และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 156 วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธีรพจน์ แบนเนียน (2554 : บทคัดย่อ) ที่ได้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งพริกโดยใช้เทคโนโลยี Plate Heat Exchanger เพื่อการประหยัดพลังงานและลดภาวะโลกร้อน โดยศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความเร็วลมและอัตราการหมุนถังอบแห้งที่เหมาะสมในการอบแห้งพริก พบว่า ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที อัตราการหมุนถึง 6 รอบต่อนาที จะสามารถอบแห้งพริกได้จำนวน 9 กิโลกรัม ภายใน 3 ชั่วโมง และพบระยะเวลาในการคืนทุน 4 เดือน และสอดคล้องกับงานวิจัยของรังสรรค์ พงษ์พัฒน์ และอำไพ และปพน สะอาดวง (2554 : บทคัดย่อ) ที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มแบบไฮบริดจ์ คือ มีการทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกัน โดยนำกระท้อนดองมาหั่นเป็นชิ้นตามแนวยาว ขนาดความกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตร และสูง 1 เซนติเมตร ทำการอบที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกค่าต่าง ๆ ทุก ๆ 30 นาที ตั้งแต่เวลา 09.00 ถึง 16.00 นาฬิกา พบว่า อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบแห้งที่เหมาะสม 7 ชั่วโมง พบว่า ทำแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบแห้งที่เหมาะสม 6.5 ชั่วโมง และพบว่า อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบแห้งที่เหมาะสม 6 ชั่วโมง และผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่า การทำแห้งด้วยวิธีดังกล่าวมีต้นทุน 81.89 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนการทำแห้งด้วยแสงแดดมีต้นทุน 93.99 บาทต่อกิโลกรัม

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

1. ผลการทดสอบสภาวะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน พบว่า อุณหภูมิลมร้อน การกระจายความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ มีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกันทั้งเครื่อง โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 เมตรต่อวินาที กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการพาลมร้อน มีค่าเท่ากับ 329 วัตต์ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มอุณหภูมิภายในเครื่องอบที่ 50 องศาเซลเซียสใช้เวลา 4 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 2.25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ 60 องศาเซลเซียสใช้เวลา 9 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 1.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และที่ 70 องศาเซลเซียสใช้เวลา 13 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 1.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2. ข้าวเกรียบที่ผ่านการทำแห้งด้วยแสงแดดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นร้อยละ 7.74 มีค่า a_w เท่ากับ 0.66 เมื่อศึกษาการทำแห้งข้าวเกรียบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นร้อยละ 11.37 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ คือ ต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก มีค่า a_w เท่ากับ 0.68 มีการพองตัวสูงสุดเท่ากับ 6 เท่า และมีผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด

3. ประสิทธิภาพการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยแสงแดด พบว่า การใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีประสิทธิภาพสูงกว่าการทำแห้งด้วยแสงแดด อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการทำงานยังต่ำกว่า และยังมีข้อเปรียบเทียบในด้านต่างๆ เช่น ด้านพลังงาน ด้านคุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรม ด้านประสิทธิภาพในการทำแห้ง การสูญเสียในการทำแห้ง ค่าใช้จ่ายในการทำแห้งใน 1 ครั้ง การควบคุมปัจจัยการทำแห้ง สมรรถนะในการทำแห้ง ต้นทุนในการทำแห้งและต้นทุนข้าวเกรียบหอยนางรมต่อกิโลกรัม

4. ต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยแสงแดด พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน มีต้นทุนทั้งกระบวนการ 97.84 บาทต่อกิโลกรัม และต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยการทำแห้งด้วยแสงแดดมีต้นทุนทั้งกระบวนการ 102.92 บาทต่อกิโลกรัม โดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีต้นทุน 145,000 บาท จะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่การผลิต 423.20 กิโลกรัมต่อปี และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 156 วัน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการนำเอาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนไปใช้ทำแห้งข้าวเกรียบชนิดอื่น ๆ ของกลุ่มฯ เพิ่มเติม เช่น ข้าวเกรียบกึ่ง ข้าวเกรียบปลากระเบน ข้าวเกรียบเห็ดหอม ข้าวเกรียบงาค่า ข้าวเกรียบผักโขม ข้าวเกรียบแครอท ข้าวเกรียบฟักทอง เป็นต้น
2. ควรมีการนำเครื่องทำแห้งแบบลมร้อนชนิดอื่น ๆ มาทดลอง เช่น เครื่องทำแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ แบบอุโมงค์ แบบถัง และแบบสายพานมาทำการทดลอง เพื่อหาประสิทธิภาพการเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยแสงแดด



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กลุ่มบริหารการคลังและทรัพย์สิน. (2544). การตีราคาทรัพย์สิน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

<http://www.moe.go.th/webfind/mo29.htm>. 15 พฤศจิกายน 2555.

กองโภชนาการ กรมอนามัย. (2530). ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่เกิน 100 กรัม.

กรุงเทพฯ : กองโภชนาการ กรมฯ.

กอบพัชรกุล เป็นบุญ. (2550). การอบแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เทคนิคสมระหว่างเตอบพลังงาน

แสงอาทิตย์กับเตอบลมร้อนและเตอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตอบไมโครเวฟ

แบบสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร).

เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จรัสพล รินทระ. (2548). หอยนางรมคุณค่าของสารอาหารต่อร่างกาย. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

http://www.clinicneo.co.th/detailcolumn.php?grp=1&sdata=&col_id=168.

6 ตุลาคม 2554.

ณรงค์ นิยมวิทย์. (2538). องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร.

กรุงเทพฯ : ฟอรัมเพรินติ้ง.

ทศวรรณ ปัญญาบุตร. (2546). การอบแห้งลำไยแบบคว้านเมล็ดออก. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.

(วิศวกรรมพลังงาน). เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2555). อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

http://www.bot.or.th/thai/statistics/financialmarkets/interestrates/_layouts/application/interest_rate/IN_Rate.aspx. 15 พฤศจิกายน 2555.

ธีรพจน์ แนนเนียน. (2554). การพัฒนาเครื่องอบแห้งพริกโดยใช้เทคโนโลยี Plate Heat

Exchanger เพื่อการประหยัดพลังงานและลดภาวะโลกร้อน. ดุษฎี :

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิรนาม. (2549). หอยนางรม. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.horapa.com/content.php?Category=Healthy&No=226>.

26 กันยายน 2554.

_____. (2552). ข้อมูลเกี่ยวกับหอยนางรม. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

<http://www.majiciris.com/magic.php?proid=hoiyai>. 8 ตุลาคม 2554.

ปทุมพร โสเถียรตันพันธุ์. (2551). งานวิจัยการคัดแปรกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบว่าว

พร้อมบริโภค. นครราชสีมา : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

พงษ์ศักดิ์ เทียมทัน. (2544). การพัฒนาตู้อบลมร้อนขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.

(วิศวกรรมเกษตร). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรกานต์ บัวนาถ. (2546). คุณภาพของกล้วยน้ำว้าอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดหมุน. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พรรณี วงศ์ไกรศรีทอง และณรงค์ นิยมวิทย์. (2530). การผลิตข้าวเกรียบโดยใช้เครื่องรีดแผ่น. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (คหกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิทักษ์ จันเจริญ กิตติศักดิ์ วสันตวิงศ์ และทรงพล การเกตุ. (2546). การวิเคราะห์การทำแห้งหน่อไม้ไผ่ตงโดยเครื่องอบแห้งชนิดถาด. กรุงเทพฯ : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันราชภัฏสวนดุสิต.

ไพโรจน์ วิริยารีย์ ลักษณะ รุจนะไกรกานต์ และณัญญา คนชื้อ. (2544). การพัฒนากระบวนการผลิตมะม่วงแก้วอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และเครื่องอบแห้งแบบสูญญากาศ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). เชียงใหม่ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. (2550). ความหมายของการจัดการ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

<http://www.kmitnbxmie8.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=5355384&Ntype=3>. 12 กันยายน 2555.

มณีรัตน์ กุเวทย์. (2553). หอยนางรม. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.bedo.or.th/lcdb/biodiversity/view2.aspx?id=8550>. 7 ตุลาคม 2554.

รังสรรค์ พงษ์พัฒน์อำไพ และปพน สะอาดขวง. (2554). การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งกระเทียมแบบไฮบริดจ์. ลพบุรี : คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทพสตรี.

วรพุทธ ศิลาจันทร์ ธนพงษ์ กิจดำรงทรัพย์ และธิดาวัฒน์ ไผ่ตรีแพน. (2551). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการภายในองค์กร กรณีศึกษา ร้านบาบีคิว ฮั้ว จังหวัดขอนแก่น. ขอนแก่น : สาขาการจัดการ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัฒนา คำรงค์กุล และอนุวัตร แจ่มชัด. (2549). แบบจำลองของการดูซับความชื้นและการอบแห้งของผักแผ่นปรุงรส. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร.

วัฒนา ประทุมสินธุ์. (2525). การถนอมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : ประสานมิตร.

วิไล รังสาดทอง. (2543). เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ : เท็กซ์ แอนด์ เออร์นัล พับลิเคชั่น.

ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. (2545). **Water Activity** กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

<http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=12>. 29 กันยายน 2554.

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (ม.ป.ป.). การบริหารโครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

http://www.fisheries.go.th/cf-kung_krabaen/admin.htm. 15 สิงหาคม 2555.

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2554). รายงานประจำปี 2554. จันทบุรี : ศูนย์ฯ.

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (ม.ป.ป.). จากยอดเขาสู่ท้องทะเล. จันทบุรี : ศูนย์ฯ.

สมบัติ อินทร์คง. (2546). คู่มือการเพาะและอนุบาลหอยนางรมสำหรับการเลี้ยง. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สวัสดิ์ พลศักดิ์. (2551). การบริหารจัดการห่วงโซ่ส่วนจำกัดประเภทรับหมาก่อสร้าง : กรณีศึกษาห่วงโซ่ส่วนจำกัด ไลอันเมคคานิค 3. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การจัดการและการประเมินโครงการ). เลข : มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. (2540). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุดารัตน์ พริกบุญจันทร์. (2547). การพัฒนาคุณภาพข้าวเกรียบปลา. พิษณุโลก : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

สิรินทศน์ เลี่ยมแหลม. (2551). คุณภาพของมะเดื่อ (มะนอด) แช่อิ่มอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลาด. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวเกรียบ. กรุงเทพฯ : สำนักงานฯ.

อุมพร สุนรัตน์. (2540). ข้าวเกรียบใบหม่อนและข้าวเกรียบkakสับปะรด. ขอนแก่น : คณะเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อรนุช สีหามาตา. (2545). การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและอายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลา. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

AOAC. (1995). **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Washington, D.C. : Association of Official Analytical Chemists.

- Cano-Chauca, M., Ramos, A.M., and Stringheta, P.C. (2002). **Color and texture change during banana drying (*Musa spp nanica*)**. (Online). Available : <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=13924168>. 20 October 2012.
- Che Man, Y.B., Irwandi, J., Jinap, Y., and Sugisawa, H. (1997). "Effect of difference dryers and drying conditions on acceptability and physicochemical characteristics of durian leather," **Journal of Food Processing and Preservation**. 21 (5) : 425 - 441.
- Doymaz, I. (2005). "Drying behavior of green beans," **Journal of Food Engineering**. 69 (2) : 161 - 165.
- Doymaz, I., Tugrul, N., and Pala, M. (2006). "Drying characteristics of dill and parsley leaves," **Journal of Food Engineering**. 77(3) : 559 - 565.
- Geankoplis, C.J. (2003). **Transport process and separation process principles**. 4th ed. New Jersey : Prentice Hall Professional Technical Reference.
- Irwandi, J. and Che Man, Y.B. (1996). "Durian leather : Development, properties and storage Stability," **Journal of Food Quality**. 19 (6) : 479 - 489.
- Karabulut, I., Topcu, A., Duran, A., Turan, S., and Ozturk, B. (2006). **Effect of hot air drying and sun drying on color values and β -carotene content of apricot (*Prunus Armenica L.*)**. **Lebensmittel-Wissenschaft and technologie-Food Science and Technology**. (Online). Available : www.sciencedirect.com. 13 October 2012.
- Kotwaliwale, N., Bakane, P., and Verma, A. (2007). "Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying," **Journal of Food Engineering**. 78 (4) : 1207 - 1211.
- Lee, G.H., Ratphitagsanti, W., and Hsieh, F. (2004). "Hot air drying of strawberry leather," **Food Engineering : Thermal processes**. (Online). Available : http://ift.confex.com/ift/2004/techprogram/paper_24779.htm. 30 October 2005.
- Lewicki, P.P., and Jakubczyk, E. (2004). "Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples," **Journal of Food Engineering**. 64 (3) : 307 - 314.
- Mwithiga, G. and Olwal, J.O. (2005). "The drying of kale (*Brassica oleracea*) in a convective hot air dryer," **Journal of Food Engineering**. 71 (4) : 373 - 378.



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาคผนวก ก

รายละเอียดคุณลักษณะเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน แก๊สอัตโนมัติขนาด 12 ถาด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

รายละเอียดภายนอก

เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ไล่ความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ได้สม่ำเสมอทั่วทั้งเครื่อง โดยใช้ลมร้อนเป่าหมุนเวียนอากาศด้วยมอเตอร์ขนาด 329 วัตต์ โดยใช้แก๊สหุงต้ม (LPG) เป็นเชื้อเพลิง ทำความร้อน ดังภาพประกอบ 10 ถึง 11



ภาพประกอบ 10 ส่วนประกอบภายนอกด้านหน้าเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

- (1) ช่องระบายความชื้นและทางออกลมร้อนไปยังภายนอกเครื่อง
- (2) มอนิเตอร์แบบอนาล็อกแสดงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
- (3) ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและส่วนควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนแบบดิจิทัล
- (4) มือจับสำหรับเปิดและปิดเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
- (5) สายไฟสำหรับมอเตอร์ ขนาด 329 วัตต์

- (6) ช่องจุดหัวเตาแบบอินฟาเรด จำนวน 4 หัว
- (7) วาล์วสำหรับควบคุมปริมาณแก๊สหัวเตาแบบอินฟาเรด จำนวน 4 วาล์ว และวาล์ว สำหรับควบคุมปริมาณแก๊สจุดไฟให้กับหัวเตา
- (8) วาล์วควบคุมระบบแก๊สอัตโนมัติ
- (9) วาล์วหลักควบคุมปริมาณแก๊สเข้าเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

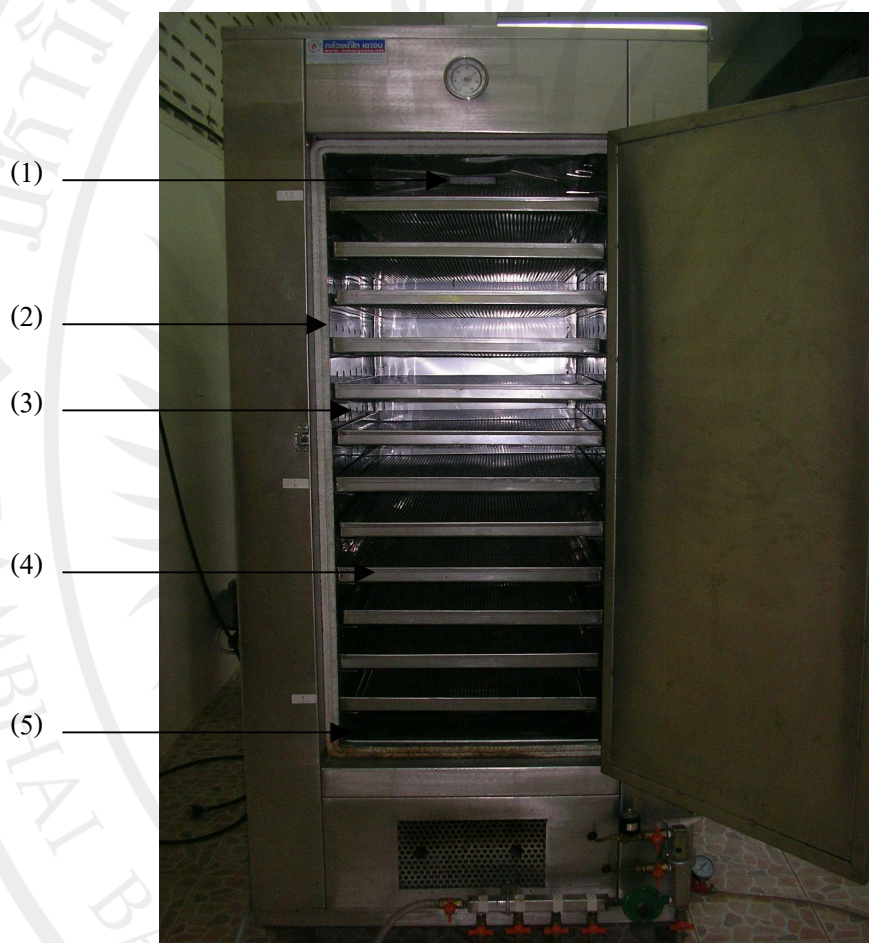


ภาพประกอบ 11 ส่วนประกอบภายนอกด้านหลังเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

- (10) ท่อหมุนเวียนอากาศจากด้านบนสู่ด้านล่างโดยผ่านรูที่ผนังเครื่อง
- (11) มอเตอร์สำหรับนำพาลมร้อนขนาด 329 วัตต์

รายละเอียดภายใน

เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน วางภาชนะได้ทั้งหมดจำนวน 12 ชั้น แต่ละชั้นห่างกัน 10 เซนติเมตร ขนาดภายในกว้าง 55 เซนติเมตร ลึก 73 เซนติเมตร สูง 130 เซนติเมตร และมีขนาดภาชนะที่ใช้ในการอบแห้งกว้าง 53 เซนติเมตร ยาว 72 เซนติเมตร สูง 3 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 12 ถึง 13



ภาพประกอบ 12 ส่วนประกอบภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

- (1) ช่องระบายความชื้นและทางออกลมร้อนภายใน
- (2) ผนังเครื่องบุด้วยใยหินขนาด 2 นิ้ว
- (3) ช่องสำหรับลมร้อนออกภายในเครื่อง โดยแต่ละชั้นสูงห่างกัน 10 เซนติเมตร
- (4) ภาชนะอบจำนวน 12 ถาด
- (5) แผ่นปิดหัวเตาอินฟราเรด



ภาพประกอบ 13 ภาชนะอบขนาดกว้าง 53 เซนติเมตร ยาว 72 เซนติเมตร และสูง 3 เซนติเมตร
จำนวน 12 ถาด

โครงสร้างเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

1. ขนาดภายนอก กว้าง 80 เซนติเมตร ลึก 85 เซนติเมตร สูง 190 เซนติเมตร
2. สแตนเลสเกรด AISI304 หนา 1.2 มิลลิเมตร
3. ขนาดภายใน กว้าง 55 เซนติเมตร ลึก 73 เซนติเมตร สูง 130 เซนติเมตร
4. เครื่องอบระบบแก๊สให้ความร้อน หมุนเวียนอากาศด้วยพัดลมเป่าลมให้ไหลเวียนจากด้านบนสู่ด้านล่างโดยผ่านรูที่ผนังเครื่อง
5. มอเตอร์พัดลมหมุนเวียน ขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลท์ 50 เฮิร์ตซ์
6. ภายในห้องอบมีชั้นสำหรับวางภาชนะอบได้ 12 ชั้น โดยแต่ละชั้นสูงห่างกัน 10 เซนติเมตร (สำหรับวางภาชนะอบขนาด 53 x 72 x 3 เซนติเมตร)
7. ช่องระบายความชื้นที่ด้านบน
8. ประตูพร้อมที่จับและตัวล็อก
9. ฉนวนกันความร้อน “ใยหิน” (Rock Wool) ทนความร้อนได้ไม่ต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส ผนังเครื่องบุด้วยใยหิน 2 นิ้ว ประตูบุใยหินหนา 2 นิ้ว
10. ล้อเหล็ก เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว สำหรับเคลื่อนย้ายเครื่อง

ระบบควบคุมอุณหภูมิ

1. อุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ 0 ถึง 250 องศาเซลเซียส
2. สามารถตั้งเวลาในการอบได้
3. หัวเตาอินฟราเรด แบบแก๊ส (Infrared Gas Burner) ขนาดรวม 16,000 บีทียู/ชั่วโมง
4. ตั้งและควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยเซลินอยด์วาล์ว มีตู้คอนโทรล ทำให้อุณหภูมิ

คงที่และสม่ำเสมอ

5. มาตรวัดอุณหภูมิตั้งแต่ 0 ถึง 300 องศาเซลเซียส
6. ระบบไฟฟ้าที่ต้องการไฟ 220 โวลท์ 50 เฮิร์ตส (สำหรับมอเตอร์พัดลม)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาคผนวก ข

ลักษณะทางกายภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมในสถานะต่างๆ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบก่อนและหลังทำแห้งด้วยแสงแดด

ทำการหั่นข้าวเกรียบหอยนางรมดิบให้มีขนาดโดยเฉลี่ย กว้าง 6 ถึง 7 เซนติเมตร ยาว 2.70 ถึง 3 เซนติเมตร หนา 0.12 ถึง 0.15 เซนติเมตร นำไปตากแดดเป็นเวลา 18 ชั่วโมงจะได้ ข้าวเกรียบหอยนางรม ดังภาพประกอบ 14



(1)



(2)

ภาพประกอบ 14 ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบก่อนและหลังทำแห้งด้วยแสงแดด

(1) ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบก่อนทำแห้งด้วยแสงแดด

(2) ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบหลังทำแห้งด้วยแสงแดด

ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบก่อนและหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมดิบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง จะได้ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบ ดังภาพประกอบ 14



(1)



(2)



(3)



(4)

ภาพประกอบ 15 ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบก่อนและหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

- (1) ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบก่อนทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
- (2) ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบหลังทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 ชั่วโมง
- (3) ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบหลังทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 ชั่วโมง
- (4) ข้าวเกรียบหอยนางรมดิบหลังทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การหาปริมาณความชื้นด้วย AOAC (1995) มีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 5 กรัม ใส่ในจานหา ความชื้นชนิดอคูมิเนียม พร้อมด้วยฝาปิด (Moisture Can) ที่ผ่านการอบแห้งมาแล้ว
2. นำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 ถึง 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 6 ชั่วโมง
3. นำออกจากตู้อบและทิ้งให้เย็นในเดสสิเคเตอร์ (Dessicator) ชั่งน้ำหนักงาน และฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่คงที่
4. นำไปอบต่ออีกประมาณ 1 ชั่วโมง หรือจนได้น้ำหนักคงที่
5. คำนวณปริมาณความชื้นหรือน้ำหนักที่หายไป คิดเทียบจากน้ำหนักของตัวอย่างอาหาร

$$\text{เริ่มต้นจากสูตร ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(W - M)}{M} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักวัตถุเริ่มต้น

M = น้ำหนักวัตถุหลังการทำแห้ง



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวเกรียบ

ขอบข่าย

1. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมข้าวเกรียบชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภคนึ่งและชนิดข้าวเกรียบดิบที่ต้องนำไปทอดก่อนบริโภค ที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

1. ข้าวเกรียบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้งผสมเครื่องปรุงรส อาจมีส่วนประกอบของเนื้อสัตว์ผัก หรือผลไม้ เช่น ปลา กุ้ง ฟักทอง เผือก งาดำ กล้วย ผสมให้เข้ากันแล้วทำให้เป็นรูปทรงตามต้องการ นึ่งให้สุก ตัดให้เป็นแผ่นบาง ๆ หรือรูปทรงตามต้องการ ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น อาจทอดก่อนบรรจุหรือไม่ก็ได้

ชนิด

ข้าวเกรียบ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภค
2. ชนิดข้าวเกรียบดิบ

คุณลักษณะที่ต้องการ

1. ลักษณะทั่วไป

1.1 ชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภค : ต้องกรอบ มีการพองตัวดีและสม่ำเสมอ อาจแตกหักได้เล็กน้อย

1.2 ชนิดข้าวเกรียบดิบ : ต้องแห้ง ไม่เกาะติดกัน อาจแตกหักได้เล็กน้อย การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส (เฉพาะชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภค)

2.1 ต้องกรอบ ไม่เหนียวหรือแข็งกระด้าง : การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและชิม

3. สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของข้าวเกรียบ สม่ำเสมอ ไม่ไหม้เกรียม

4. กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของข้าวเกรียบ ไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามหัวข้อการทดสอบ ต้องไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

5. สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6. ความชื้น

6.1 ชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภคน้ำ ต้องไม่เกินร้อยละ 4.0 โดยน้ำหนัก

6.2 ชนิดข้าวเกรียบคั่ว ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

6.3 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

7. ค่าเพอร์ออกไซด์ (เฉพาะชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภคน้ำ)

7.1 ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อ กิโลกรัม

7.2 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

8. วัตถุเจือปนอาหาร

8.1 ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด

8.2 ห้ามใช้วัตถุกันเสียทุกชนิด เว้นแต่กรณีที่ดีมากับวัตถุคั่วให้เป็นไปตามชนิดและ

ปริมาณที่กฎหมายกำหนด

8.3 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

9. จุลินทรีย์

9.1 ชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภคน้ำ

9.1.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.1.2 ซาลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

9.1.3 สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.1.4 บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.1.5 คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.1.6 เอสเชอริเชีย โคลิ โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.1.7 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่น

ที่เทียบเท่า

9.2 ชนิดข้าวเกรียบคั่ว

9.2.1 สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.2.2 บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.2.3 เอสเชอริเชีย โคลิ โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 100 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.2.4 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่น

ที่เทียบเท่า

สัญลักษณ์

สัญลักษณ์ในการทำข้าวเกรียบ ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก

การบรรจุ

1. ให้บรรจุข้าวเกรียบในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท สามารถป้องกันสิ่งปนเปื้อนจากภายนอกได้ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
2. น้ำหนักสุทธิของข้าวเกรียบในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก การทดสอบให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

เครื่องหมายและฉลาก

1. ที่ภาชนะบรรจุข้าวเกรียบทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
 - 1.1 ชื่อผลิตภัณฑ์ (ตาม มผช.) อาจตามด้วยชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ข้าวเกรียบกุ้งดิบ ข้าวเกรียบปลา ข้าวเกรียบฟักทอง
 - 1.2 ส่วนประกอบที่สำคัญ เป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณและเรียงจากมากไปน้อย
 - 1.3 น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัมหรือกิโลกรัม
 - 1.4 วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภค ก่อน (วัน เดือน ปี)”
 - 1.5 ข้อแนะนำในการเก็บรักษา เช่น ควรเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท
 - 1.6 เลขสารบบอาหาร (เฉพาะชนิดข้าวเกรียบพร้อมบริโภค)
 - 1.7 ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
 ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

1. รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ข้าวเกรียบชนิดเดียวกันที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน
2. การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้
 - 2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป ลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรส สิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามหัวข้อคุณลักษณะที่ต้องการ หัวข้อการบรรจุ และหัวข้อเครื่องหมายและฉลาก จึงจะถือว่าข้าวเกรียบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความชื้น ค่าเพอร์ออกไซด์ และวัตถุเจือปนอาหารให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากกรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่ม โดยวิธีสุ่มจากกรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามหัวข้อคุณลักษณะที่ต้องการ (ข้อ 6 - 8) จึงจะถือว่าข้าวเกรียบรูนนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากกรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากกรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามหัวข้อคุณลักษณะที่ต้องการ (ข้อ 9) จึงจะถือว่าข้าวเกรียบรูนนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างข้าวเกรียบต้องเป็นไปตาม ข้อ 2.1 ข้อ 2.2 และข้อ 2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าข้าวเกรียบรูนนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

การทดสอบ

1. การทดสอบสีและกลิ่นรส

1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบ ข้าวเกรียบ 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

1.2 วางตัวอย่างข้าวเกรียบลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบสีโดยการตรวจ ฟินิจและชิม ในกรณีข้าวเกรียบดิบให้นำไปทอดในน้ำมันที่ร้อนจนพองแล้วตรวจสอบกลิ่นรส โดยการชิม

1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตาราง 17

ตาราง 17 หลักเกณฑ์การให้คะแนนในการทดสอบสีและกลิ่นรส

ลักษณะที่ตรวจ	ระดับการตัดสิน	คะแนนที่ได้รับ
สี	สีดีตามธรรมชาติของข้าวเกรียบ สม่ำเสมอ ไม่ไหม้เกรียม	3
	สีพอใช้ได้ใกล้เคียงกับสีตามธรรมชาติของข้าวเกรียบ	2
	สีผิดปกติหรือมีการเปลี่ยนสี	1
	สีผิดปกติหรือมีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ	1
กลิ่นรส	กลิ่นรสดีตามธรรมชาติของข้าวเกรียบ	3
	กลิ่นรสพอใช้ได้ใกล้เคียงกับกลิ่นรสตามธรรมชาติของข้าวเกรียบ	2
	กลิ่นรสผิดปกติหรือมีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ	1
	กลิ่นหืน รสขม	1

สัญลักษณ์

สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

1. สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

- 1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขัง และ และสกปรก
- 1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เหม่า ควัน
- 1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือ

กำจัดขยะ

2. อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

2.1 พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่ทนเรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน สำหรับวัตถุดิบ วัสดุบรรจุผลิตภัณฑ์รอการบรรจุ และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขาซึ่งเปิดสู่บริเวณทำโดยตรง ไม่มีสิ่งของที่ไมใช่แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

2.3 พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

2.4 ห้องสุขา อ่างล้างมือมีจำนวนเหมาะสม มีอุปกรณ์เครื่องใช้สำหรับทำความสะอาด หรือฆ่าเชื้อโรค

เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

1. ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิมล้างทำความสะอาดได้ง่าย

2. เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด ก่อนและหลังการใช้งานต้องทำความสะอาดเหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอรวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง และเก็บไว้ในที่เหมาะสม

การควบคุมกระบวนการทำ

1. วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ ต้องสะอาด มีคุณภาพดี ได้จากแหล่งที่เชื่อถือได้ปลอดภัย จัดเก็บในภาชนะสะอาด ป้องกันการปนเปื้อนได้ แยกเก็บเป็นสัดส่วน

2. การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

3. เครื่องจักรที่ใช้ต้องตรวจสอบได้เที่ยงตรง

การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

1. น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำเป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ
2. มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลง และฝุ่นผงในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม
3. มีวิธีการป้องกันไม่ให้สัตว์เลี้ยง เช่น สุนัข แมว เข้าไปในบริเวณที่ทำ
4. มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์
5. สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

1. ผู้ทำทุกคน ต้องมีสุขภาพดีทั้งร่างกายและจิตใจ รักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ไม่ว่าเล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก
2. ผู้ทำทุกคน ต้องไม่กระทำการใด ๆ ที่ไม่ถูกสุขลักษณะในสถานที่ทำ เช่น รับประทานอาหาร สูบบุหรี่



ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเป็นการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดการประหยัดทรัพยากร โดยเน้นความคุ้มค่าและก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด แต่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เป็นการประเมินต้นทุนเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน ในการประเมินค่าใช้จ่ายของการสร้างเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนเป็นดังนี้ (คิดเฉพาะราคาที่จัดซื้อหรือสร้าง ไม่คิดค่าที่ดิน โรงเรือน ค่าประกัน โรงเรือนและอื่นๆ)

1. ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (First Cost) ต้นทุนเริ่มแรก คือ ค่าใช้จ่ายสำหรับลงทุนเริ่มต้น เช่น เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน เป็นต้น
 2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating Cost) ต้นทุนในการดำเนินการ คือ ค่าใช้จ่ายที่ต้องเตรียมไว้ เพื่อดำเนินการกับทรัพย์สินที่ต้องลงทุนไป เพื่อให้เกิดผลผลิต
 3. ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่คงที่ไม่แปรไปตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าเสียโอกาสของทุนในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
 4. ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่แปรไปตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนตามปริมาณข้าวเกรียบหอยนางรมดิบที่นำมาอบแห้ง
- ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการอบแห้งหาได้จาก

$$AC = FC + VC \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ

$$AC = \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการอบแห้งต่อปี (บาท/ปี)}$$

$$FC = \text{ค่าเสื่อมราคาของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)}$$

$$VC = \text{ค่าจ้างแรงงาน (W) + ค่าไฟฟ้า (E) + ค่าบำรุงรักษา (M)}$$

ค่าเสื่อมราคา (คิดวิธีเส้นตรง)

$$D = \frac{(P - S)}{L} \dots\dots\dots (2)$$

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน

$$R = \frac{(P + S)}{2} \times I \dots\dots\dots (3)$$

เมื่อ

$$P = \text{ราคาซื้อหรือสร้างเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (บาท)}$$

$$L = \text{อายุการใช้งานเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (สัปดาห์หรือปี) = 10 ปี}$$

$$S = \text{ราคาเครื่องเมื่อครบ 10 ปี} = 0.1 P \text{ (บาท)}$$

$$D = \text{ค่าเสื่อมราคาต่อปี (บาท/ปี)}$$

R = ค่าเสียโอกาสในการลงทุนต่อปี (บาท/ปี)

i = อัตราดอกเบี้ย 5.75% ต่อปี (เมื่อเดือนตุลาคม 2554)

จุดคุ้มทุน (Break even point, BEP) ในการหาจุดคุ้มทุนในครั้งนี้ ใช้สมการดังต่อไปนี้

$$BEP_s = FC / (SU_u - VC_u) \dots\dots\dots (4)$$

เมื่อ

BEP_s = จุดคุ้มทุน (หน่วย)

FC = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)

SU_u = ราคาขายต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

VC_u = ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

ระยะเวลาในการคืนทุน

$$PBP = MC/P \dots\dots\dots (5)$$

เมื่อ

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

MC = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (บาท)

P = กำไร (บาท/ปี)

ในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมมีสมมุติฐานของการลงทุน

1. ราคาผลิตภัณฑ์คงที่ เพราะฉะนั้น รายได้จากการวิเคราะห์จะเป็นเส้นตรง
2. ผลิตภัณฑ์สามารถขายได้หมดไม่ว่าจะผลิตเท่าไร
3. อัตราดอกเบี้ยคงที่
4. ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันแยกออกจากกันได้ชัดเจน
5. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจไม่มีผลต่อราคาผลิตภัณฑ์
6. นโยบายระดับบริหาร วิทยาการ และประสิทธิภาพของการดำเนินงานไม่เปลี่ยนแปลงไป



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ข้าวเกรียบหยอนางรม

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ☐ ต่ำกว่า 30 ปี ☐ 30-35 ปี ☐ 36-41 ปี
- ☐ 42-45 ปี ☐ 46-50 ปี ☐ 50 ปีขึ้นไป

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างตามคำอธิบายข้างล่างนี้

ให้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก
 9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
ความกรอบ	.....	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คำอธิบาย

1. สี หมายถึง สีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบหอยนางรม
2. กลิ่น หมายถึง เมื่อรับประทานข้าวเกรียบหอยนางรมแล้วได้กลิ่นของหอยนางรม
3. รสชาติ หมายถึง เมื่อรับประทานแล้วได้รสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ของหอยนางรม
และมีความอร่อย
4. ความกรอบ หมายถึง เมื่อรับประทานแล้วรู้สึกกรอบและมีความอร่อย
5. ความชอบโดยรวม หมายถึง เมื่อทดสอบผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบหอยนางรมแล้วผู้ทดสอบให้
คะแนนการยอมรับว่าตัวอย่างไหนดีที่สุดที่สุดในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ
หอยนางรม



ภาคผนวก ข
หนังสือราชการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

หนังสือแสดงการขออนุญาตทำการศึกษาวิจัย



ที่ ศธ ๐๕๕๒.๐๔/๒๕๕๔

วันที่รับเรื่อง	17.04.54
วันที่รับเรื่อง	27.13
วันที่รับเรื่อง	10.10.54

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี ๒๒๐๐๐

๓๑ สิงหาคม ๒๕๕๔

เรื่อง ขออนุญาตเข้าไปศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวเกรียบหอยนางรม

เรียน ผู้อำนวยการศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ด้วย นายศรายุทธ จิตรพัฒนานกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มีความประสงค์ขออนุญาตเข้าไปทำการศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวเกรียบหอยนางรม ณ กลุ่มหอยนางรมครบวงจรอ่าวคุ้งกระเบน ซึ่งขณะนี้กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างดีทางด้านการตลาดและเป็นการสนับสนุนให้กลุ่มฯ เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปหอยนางรม ออกสู่ตลาด ทั้งนี้การเข้าไปทำการศึกษากระบวนการแปรรูปดังกล่าวยังช่วยยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของกลุ่มฯ ให้มีศักยภาพด้านการแข่งขันในตลาด โดยจะเข้าไปดำเนินการศึกษาและพัฒนางาน ดังนี้

๑. ด้านกระบวนการแปรรูปเป็นข้าวเกรียบดิบ

ทำการศึกษากระบวนการแปรรูปเป็นข้าวเกรียบดิบ เนื่องจากกระบวนการทำข้าวเกรียบดิบนั้นต้องอาศัยแสงแดดจากธรรมชาติในการทำแห้งข้าวเกรียบดิบ ก่อนเข้าสู่กระบวนการทอด ซึ่งในช่วงฤดูฝนนั้นพบอุปสรรค คือ แสงแดดมีน้อยทำให้ต้องใช้เวลาในการทำข้าวเกรียบดิบนาน โดยจะอาศัยเครื่องมือเข้ามาช่วยเสริมกระบวนการทำข้าวเกรียบดิบ โดยจะมีประโยชน์ในช่วงฤดูฝนที่ไม่มีแสงแดด จะทำให้สามารถผลิตข้าวเกรียบดิบได้ทุกช่วงเวลา

๒. ด้านบรรจุภัณฑ์ข้าวเกรียบหอยนางรมทอด

ทำการศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อนำมาเป็นภาชนะบรรจุข้าวเกรียบหอยนางรม เนื่องจากข้าวเกรียบหอยนางรมต้องผ่านกระบวนการทอด ผลตามมามีอายุการเก็บรักษาสั้น มีกลิ่นหืน และลักษณะภายนอกที่ใช้บรรจุอยู่ในปัจจุบัน ไม่สามารถคุ้มครองสินค้าภายใน ส่วนรูปลักษณ์บรรจุภัณฑ์ภายนอกนั้น ยังพบว่าในปัจจุบันยังเป็นถุงจืดธรรมดา ไม่มีแรงดึงดูดจากผู้พบเห็น ทำให้ต้องเกิดการพัฒนารูปลักษณ์ให้มีสีสันสวยงามประทับใจเมื่อพบเห็น

๓. ด้านรายวิชาเรียน

เนื่องจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีมีปรัชญา คือ เป็นมหาวิทยาลัยเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ในบางรายวิชาอาจต้องเข้าร่วมศึกษาในกลุ่มฯ ซึ่งจะเป็นการช่วยพัฒนากลุ่มโดยการอาศัยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องแล้วนำไปปฏิบัติจริง เพื่อให้กลุ่มฯ เกิดความเข้มแข็งสามารถบริหารจัดการด้วยตนเองได้

ซึ่งหลังจากเข้ามาทำการศึกษาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ดังกล่าว จะช่วยให้ทางกลุ่มหอยนางรมครบวงจรอ่าวคุ้งกระเบนมีศักยภาพการแข่งขันด้านการตลาดมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยยกระดับผลิตภัณฑ์สินค้าของกลุ่มฯ ให้มีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้นอีกด้วย ดังนั้น คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมฯ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นักศึกษาได้ไปศึกษาข้อมูลและวิจัยเพื่อนำปัญหาที่พบกลับมาหาแนวทางแก้ไขเพื่อช่วยเหลือชุมชนต่อไปได้

สืบค้นข้อมูลจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์พอฟันท์ สุทธิวัฒนะ)
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์

โทร ๐-๓๙๔๗-๑๐๖๒

โทรสาร ๐-๓๙๔๗-๑๐๖๒

ร. อ. พอฟันท์ สุทธิวัฒนะ

หน้า ๑

ร. อ. สุทธิวัฒนะ

หน้า ๑

๑๖

1 หน้า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

หนังสือแสดงการขอสนับสนุนการดำเนินงาน จากองค์การบริหารส่วนจังหวัดจันทบุรี

หัวข้อคำชี้แจง

ประกอบการของบประมาณสนับสนุนจากสำนักงาน อบจ.

ปีงบประมาณ 2554

หน่วยงาน กลุ่มหอยนางรมครบวงจร ม.3 ต.คลองซุด อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี

1. ชื่อแผนงาน/โครงการ

เพิ่มประสิทธิภาพการแปรรูปหอยนางรมครบวงจร

2. หลักการเหตุผล และแนวคิดของโครงการ

ตามที่กลุ่มหอยนางรมครบวงจรได้ดำเนิน โครงการ/กิจกรรมการแปรรูปหอยนางรมเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ข้าวเกรียบหอยนางรม น้ำพริกหอยนางรม ฯลฯ เพื่อจำหน่ายนำเงินเข้ากลุ่มฯ และส่งเสริมให้เกษตรกรในชุมชนมีอาชีพมีรายได้จากการเข้าร่วมทำกิจกรรมกับทางกลุ่มฯ นั้น บัดนี้ทางกลุ่มฯ ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องและประสบความสำเร็จด้วยดี จนได้รับรางวัลห้าดาวในสินค้าชุมชนประเภทน้ำพริกหอยนางรมจากกรม การพัฒนาชุมชน แต่ปัญหาของกลุ่มฯ คือยังขาดเครื่องมือในการผลิตที่ทันสมัยจึงต้องขอสนับสนุนงบประมาณ จากองค์การบริหารส่วนจังหวัด เพื่อขยายผลส่งเสริมการแปรรูปหอยนางรมครบวงจรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยทางกลุ่มฯ ต้องการเครื่องอบข้าวเกรียบหอยนางรม และเครื่องขึ้นปีกปากกุง เพราะสินค้าของทางกลุ่มฯ ที่มีผู้สนใจในปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ กำลังการผลิตจึงไม่ทันต่อการส่งเข้าไปยังตลาด ที่แล้วมาเราแสงแดดในการตากข้าวเกรียบ แต่เราประสบปัญหาเพราะเป็นหน้าฝน ฝนตกชุกไม่มีแดด ไม่สามารถตากข้าวเกรียบได้ จึงต้องขอความอนุเคราะห์งบประมาณจากท่าน

3. ผู้รับผิดชอบโครงการ

กลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน เลขที่ 5/2 ม.3 ต.คลองซุด อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 4.1.1 เพื่อส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในหมู่บ้านให้มีอาชีพ มีรายได้
- 4.1.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแปรรูปสินค้าของกลุ่ม ให้ทันสมัยรวดเร็วและให้ทันกับความต้องการของตลาดที่ขยายตัวเพิ่มมากขึ้น
- 4.1.3 เพื่อยกระดับมาตรฐานสินค้าชุมชน ของหมู่บ้านและของจังหวัดต่อไป

5.บุคคลเป้าหมาย

เกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ หมู่ 3 ตำบลคลองขุด และพื้นที่ทั้งหมดในตำบลคลองขุด มีอาชีพ มีรายได้ จากการเข้าร่วมทำโครงการ/กิจกรรมของกลุ่มหอยนางรมครบวงจร ในกระบวนการตั้งแต่ผลิต จนถึง การแปรรูปเพื่อจำหน่ายให้กับตลาด และมีรายได้เข้าชุมชนเพื่อเพื่อประสิทธิภาพคนในชุมชนไม่ให้ว่างงานต่อไป

6.แผนการดำเนินงานโครงการ

จัดซื้อเครื่องอบข้าวเกรียบ และเครื่องขึ้น ตามเอกสารใบเสนอราคาที่เหมาะสมมาด้วยนี้เพื่อให้ทันต่อกำลังการผลิต เพราะถ้าเราใช้วิธีธรรมชาติด้วยการตากแดดเราจะประสบปัญหาเพราะช่วงนี้ฝนตกหนักและบ่อยทำให้เราไม่สามารถตากข้างเกรียบได้

7.ระยะเวลาดำเนินการ

ตุลาคม 2553 – กันยายน 2554

8.ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้จำนวนสินค้าเพียงพอต่อความต้องการของตลาด
- 2.ชาวบ้านมีงานทำ มีรายได้ตลอดปี และมีรายได้เพิ่มมากขึ้น
- 3.กลุ่มฯ มีความเข้มแข็งและมีกำลังการผลิตที่ทันสมัยขึ้น

9.การติดตามผลสำเร็จของโครงการ

- 1.มาตรฐานสินค้าของกลุ่ม ได้รับมาตรฐานระดับ ห้าดาวจากกรมการพัฒนาชุมชน
- 2.สินค้าของเราได้รับการยอมรับเป็นอย่างดี โดยมีรายการที่นำเสนอออกอากาศนำชื่อเสียงมาสู่ชุมชน และทางจังหวัดเป็นอย่างดี

10.สถานที่ดำเนินการ

กลุ่มหอยนางรมครบวงจร เลขที่ 5 ม.3 ตำบลคลองขุด อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี

11.รายละเอียดงบประมาณ

ก. หมวดค่าจ้างชั่วคราว	-	บาท
ข. หมวดค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ	-	บาท
ค. หมวดค่าสาธารณูปโภค	-	บาท
ง. หมวดค่าครุภัณฑ์ที่ดินและสิ่งก่อสร้าง	253,150	บาท

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

รายละเอียดงบประมาณ

รายการ	จำนวน	ราคา/หน่วย (บาท)	รวมเงิน บาท)
ก. หมวดค่าจ้างชั่วคราว			
ข. หมวดค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ			
ค. หมวดค่าสาธารณูปโภค			
ง. หมวดค่าครุภัณฑ์ที่ดิน และสิ่งก่อสร้าง			
- ตู้อบระบบลมร้อน แบบแก๊สอัตโนมัติ ขนาด 12 ถาด	1 ตู้	155,150	155,150
- เครื่องขึ้นปิดปากถุงแบบสายพานต่อเนื่อง	1 เครื่อง	98,000	98,000
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น			253,150

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

หนังสือแสดงการตอบรับสนับสนุนการดำเนินงาน จากองค์การบริหารส่วนจังหวัดจันทบุรี

ที่ จบ ๕๑๐๐๗/ ๖๔๖ ๕



องค์การบริหารส่วนจังหวัดจันทบุรี
ถนนเลียบริบเนิน จบ ๒๒๐๐๐

๒๖ เมษายน ๒๕๕๕

เรื่อง โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการแปรรูปหอยนางรมครบวงจร

เรียน ประธานกลุ่มหอยนางรมครบวงจรคังกระเบน

อ้างถึง หนังสือกลุ่มหอยนางรมครบวงจรคังกระเบน ลงวันที่ ๑๒ เมษายน ๒๕๕๕

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. แบบรายงานผลการดำเนินงาน จำนวน ๑ แผ่น

๒. บันทึกข้อตกลงการอุดหนุนงบประมาณให้แก่องค์กรประชาชน องค์การการกุศลและองค์กรที่จัดตั้ง
ตามกฎหมาย จำนวน ๑ ชุด

ตามที่กลุ่มหอยนางรมครบวงจรคังกระเบน ขอรับการสนับสนุนงบประมาณเพื่อดำเนินโครงการ
เพิ่มประสิทธิภาพการแปรรูปหอยนางรมครบวงจร งบประมาณ ๒๕๓,๑๕๐ บาท (สองแสนห้าหมื่นสามพันหนึ่ง-
ร้อยห้าสิบบาทถ้วน) นั้น

องค์การบริหารส่วนจังหวัดจันทบุรีพิจารณาแล้ว อนุมัติงบประมาณ จำนวน ๒๕๓,๑๕๐ บาท
(สองแสนห้าหมื่นสามพันหนึ่งร้อยห้าสิบบาทถ้วน) เพื่อดำเนินการตามโครงการดังกล่าว ทั้งนี้ ให้ถือปฏิบัติตาม
กฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ หรือหนังสือสั่งการที่หน่วยงานของท่านถือปฏิบัติโดยเคร่งครัด เมื่อดำเนินงานเสร็จ
เรียบร้อยแล้ว หากมีเงินเหลือจ่ายให้ส่งคืนและรายงานผลการดำเนินงานให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดจันทบุรี
ทราบ ภายใน ๓๐ วัน นับแต่โครงการแล้วเสร็จ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

๑. แบบรายงานผลการดำเนินงาน (สิ่งที่ส่งมาด้วย) จำนวน ๒ ชุด
 ๒. รายงานผลการดำเนินงานพร้อมภาพถ่าย (รูปเล่ม) จำนวน ๒ ชุด
 ๓. สรุปค่าใช้จ่ายของโครงการและสำเนาใบเสร็จค่าใช้จ่าย จำนวน ๑ ชุด
- จึงเรียนมาเพื่อทราบและดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้อง

ขอแสดงความนับถือ

(นายธนภณ กิจกาญจน์)
นายกองค์การบริหารส่วนจังหวัดจันทบุรี

กองส่งเสริมคุณภาพชีวิต

โทร.,โทรสาร ๐-๓๙๓๒-๘๓๑๘

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

“ยึดมั่นธรรมาภิบาล บริการเพื่อประชาชน”



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การหาอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรม ด้วยวิธี Seed displacement

พรรณี วงศ์ไกรศรีทอง และณรงค์ นิยมวิทย์ (2530 : 62) การหาอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรม ด้วยวิธี Seed Displacement มีเครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการทดลองดังนี้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถ้วยแก้ว
2. เมล็ดงา
3. กระบอกตวงปริมาตร

วิธีการทดลอง

การทดลองนำเมล็ดงาแทนข้าวไร่นำมาทดลองโดยเทเมล็ดลงในถ้วยแก้วให้เต็มแล้วปาดถ้วยให้เรียบ นำไปวัดปริมาตรโดยใช้กระบอกตวง ใส่แผ่นข้าวเกรียบลงในถ้วย ติดตามด้วยเมล็ดงา ปาดปากถ้วยให้เรียบแยกเอาแผ่น ข้าวเกรียบออก นำเมล็ดงาลงไปวัดปริมาตรอีกครั้งหนึ่ง ความแตกต่างของปริมาตรเมล็ดงาคือ ปริมาตรของแผ่นข้าวเกรียบ ในขณะที่ปริมาตรของข้าวเกรียบที่ทอดแล้วทำการหาโดยวิธีการเดียวกัน การพองตัวของแผ่นข้าวเกรียบคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณการพองตัว (เท่า)} = \frac{\text{ปริมาตรของแผ่นข้าวเกรียบหลังทอด}}{\text{ปริมาตรของแผ่นข้าวเกรียบก่อนทอด}}$$



ภาคผนวก ณ
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 18 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L*) ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด

Source of Variation	df	Mean	SD	T
Treatment	5	6.892	6.926	2.437 ^{ns}

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P>0.05$)

ตาราง 19 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าสี a* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด

Source of Variation	df	Mean	SD	T
Treatment	5	1.092	1.353	1.976 ^{ns}

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P>0.05$)

ตาราง 20 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าสี b* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด

Source of Variation	df	Mean	SD	T
Treatment	5	0.128	3.607	0.087 ^{ns}

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P>0.05$)

ตาราง 21 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของอุณหภูมิความร้อนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	2	1.069	0.534	0.515 ^{ns}
Error	6	6.227	1.038	
Total	8	7.296		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P>0.05$)

ตาราง 22 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	2	3.547	1.773	1.014 ^{ns}
Error	6	10.493	1.749	
Total	8	14.040		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P>0.05$)

ตาราง 23 การวิเคราะห์ค่าแปรผันของความเร็วลมของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	2	0.001	0.001	3.429*
Error	6	0.001	0.000	
Total	8	0.002		

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$)

ตาราง 24 การวิเคราะห์ค่าแปรผันของอุณหภูมิลมร้อนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	2	0.056	0.028	0.040 ^{ns}
Error	6	4.167	0.694	
Total	8	4.222		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P > 0.05$)

ตาราง 25 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	2	2.562	1.281	0.442 ^{ns}
Error	6	17.373	2.896	
Total	8	19.936		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P>0.05$)

ตาราง 26 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของความเร็วลมของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	2	0.000	0.000	0.000 ^{ns}
Error	6	0.002	0.000	
Total	8	0.002		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P>0.05$)

ตาราง 27 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิความร้อนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	2	0.042	0.021	0.022 ^{ns}
Error	6	5.760	0.960	
Total	8	5.802		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P>0.05$)

ตาราง 28 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	2	0.482	0.241	0.318 ^{ns}
Error	6	4.553	0.759	
Total	8	5.036		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P>0.05$)

ตาราง 29 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของความเร็วลมของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	2	0.005	0.002	5.439*
Error	6	0.003	0.000	
Total	8	0.008		

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P<0.05$)

ตาราง 30 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของค่าความสว่าง (L*) ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	5	149.841	29.968	4.568*
Error	6	39.360	6.560	
Total	11	189.201		

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P<0.05$)

ตาราง 31 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่าสี a* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	5	1.656	0.331	1.032 ^{ns}
Error	6	1.926	0.321	
Total	11	3.582		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P>0.05$)

ตาราง 32 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่าสี b* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	5	40.283	8.057	4.173*
Error	6	11.585	1.931	
Total	11	51.868		

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P<0.05$)

ตาราง 33 การวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่าความสว่าง (L*) ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	5	38.798	7.760	2.885*
Error	6	16.136	2.689	
Total	11	54.934		

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P<0.05$)

ตาราง 34 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของค่าสี a* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	5	1.707	0.341	4.826*
Error	6	0.424	0.071	
Total	11	2.131		

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P < 0.05$)

ตาราง 35 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของค่าสี b* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	5	2.342	0.468	0.112 ^{ns}
Error	6	25.138	4.190	
Total	11	27.480		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P > 0.05$)

ตาราง 36 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของค่าความสว่าง (L*) ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	5	70.155	14.031	1.560 ^{ns}
Error	6	53.951	8.992	
Total	11	124.106		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P > 0.05$)

ตาราง 37 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของค่าสี a* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	5	4.142	0.828	2.699*
Error	6	1.842	0.307	
Total	11	5.983		

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$)

ตาราง 38 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของค่าสี b* ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	5	20.065	4.013	0.405 ^{ns}
Error	6	59.250	9.875	
Total	11	79.314		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P > 0.05$)

ตาราง 39 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของอัตราการฟองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรม ที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	Mean	SD	T
Treatment	2	0.167	2.680	0.108 ^{ns}

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P > 0.05$)

ตาราง 40 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของอัตราการฟองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรม ที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	2	3.414	1.707	0.719 ^{ns}
Error	6	14.253	2.375	
Total	8	17.667		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P>0.05$)

ตาราง 41 การวิเคราะห์ค่าาเรียนซ์ของอัตราการฟองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรม ที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	3	11.896	3.965	1.779 ^{ns}
Error	8	17.833	2.229	
Total	11	29.729		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P>0.05$)

ตาราง 42 การวิเคราะห์ค่าการเรียนรู้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของข้าวเกรียบ
หอยนางรม

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	3	2.438	0.813	2.380*
Error	76	25.950	0.341	
Total	79	28.388		

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P < 0.05$)

ตาราง 43 การวิเคราะห์ค่าการเรียนรู้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของข้าวเกรียบ
หอยนางรม

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	3	0.138	0.046	0.092 ^{ns}
Error	76	37.850	0.498	
Total	79	37.988		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P > 0.05$)

ตาราง 44 การวิเคราะห์ค่าการเรียนรู้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของข้าวเกรียบ
หอยนางรม

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	3	1.138	0.379	0.689 ^{ns}
Error	76	41.850	0.551	
Total	79	42.988		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
($P > 0.05$)

ตาราง 45 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของข้าวเกรียบหอยนางรม

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	3	0.338	0.113	0.328 ^{ns}
Error	76	26.050	0.343	
Total	79	26.388		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P>0.05$)

ตาราง 46 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบหอยนางรม

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	3	1.738	0.579	1.664 ^{ns}
Error	76	26.450	0.348	
Total	79	28.188		

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P>0.05$)



ประวัติย่อผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	นายศรายุทธ จิตรพัฒนากุล
วัน เดือน ปีเกิด	11 สิงหาคม 2521
สถานที่เกิด	138 ตำบลท่าประดู่ ถนนสุขุมวิท อำเภอเมือง จังหวัดระยอง 21000
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	41 หมู่ที่ 5 ถนนรักศักดิ์มงคล ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการคอมพิวเตอร์ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2537	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเพ็ญมาตาวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดระยอง
พ.ศ. 2540	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปวช. (อิเล็กทรอนิกส์) โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี
พ.ศ. 2542	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปวส. (เทคนิคคอมพิวเตอร์) โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี
พ.ศ. 2544	อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต อส.บ. (เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ
พ.ศ. 2556	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วศ.ม. (การจัดการงานวิศวกรรม) มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี