รายงานการวิจัย

การใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับการผลิตปลาหมึกแห้ง เพื่อลดการใช้พลังงานจากเตาอบก๊าซธรรมชาติบางส่วน

Using of solar dryer to partially compensate the power of hot air oven from LPG for dry squid process

ชื่อผู้วิจัย

1. ดร. ประมวล ศรีกาหลง หัวหน้าโครงการ
2. นายณรงค์ ด่านวิเศษกาญจน ผู้ร่วมวิจัย
3. นางสาวคุณัญญา เตชาพลาเลิส ผู้ช่วยวิจัย
4. นางสาวน้ำมนต์ บัวตะมะ ผู้ช่วยวิจัย

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2552

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

การใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับการผลิตปลาหมึกแห้ง เพื่อลดการใช้พลังงานจากเตาอบก๊าซธรรมชาติบางส่วน

Using of solar dryer to partially compensate the power of hot air oven from LPG for dry squid process

ชื่อผู้วิจัย

1. ดร. ประมวล ศรีกาหลง หัวหน้าโครงการ
2. นายณรงค์ ด่านวิเศษกาญจน ผู้ร่วมวิจัย
3. นางสาวคุณัญญา เตชาพลาเลิส ผู้ช่วยวิจัย
4. นางสาวน้ำมนต์ บัวตะมะ ผู้ช่วยวิจัย

RCH
TP
363
ป351ก
ค.2

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2552

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....115513
วัน,เดือน,ปี.....15 มี.ค. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.....1231187x
i.....

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับการผลิตปลาหมึกแห้ง เพื่อลดการใช้ พลังงานจากเตาอบก๊าซธรรมชาติบางส่วน

(ภาษาอังกฤษ) Using of solar dryer to partially compensate the power of hot air oven from LPG for dry squid process

ได้รับทุนอุดหนุนจาก งบประมาณเงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปี 2552 จำนวนเงิน 219,400 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ เดือน ตุลาคม 2551 ถึง เดือน กันยายน 2552

ผู้ดำเนินการวิจัย ดร. ประมวล ศรีกาหลง หัวหน้าโครงการ นายณรงค์ ด่านวิเศษกาญจน ผู้ร่วมวิจัย นางสาว คุณัญญา เตชาพลาเลิส ผู้ช่วยวิจัย และ นางสาวน้ำมนต์ บัวตะมะ ผู้ช่วยวิจัย

หน่วยงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หน่วยงานที่สังกัดและเลขโทรศัพท์

สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

โทรศัพท์ 02-3264112

โทรสาร 02-3264112

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบและสร้างเตาแสงอาทิตย์ สำหรับการผลิตปลาหมึกแห้ง พบว่า ชุดห้องรับแสงมีขนาด กว้าง 80 ยาว 104 และ สูง 9 เซนติเมตร ประกอบด้วย แผ่นรับแสง กว้าง 72.4 ยาว 96.4 เซนติเมตร ท่อจ่ายก๊าซ วาวล์ตัดต่อก๊าซ ตัวควบคุมอุณหภูมิ ชุดห้องอบมีขนาด กว้าง 80 ยาว 104 เซนติเมตร และ สูง 9 เซนติเมตร ประกอบด้วย ตะแกรงวางวัตถุดิบ และชุดกระจายลมร้อน มีขนาด กว้าง 17 ยาว 104 และ สูง 17 เซนติเมตร ประกอบด้วย พัดลมโบรเวอร์ และพบว่า เหล็กชุบสังกะสีแผ่นลอน เป็นวัสดุรับแสงที่ดีที่สุด และทดสอบการทำปลาหมึกแห้งโดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี ซึ่งจะศึกษาอุณหภูมิร่วมกับอัตราเร็วลมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตปลาหมึกแห้ง ที่ระดับอุณหภูมิ 45 และ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเร็วลมที่ 1.1 และ 2.2 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าที่ระดับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที จะมีประสิทธิภาพในการทำแห้งได้ดีที่สุด เนื่องจากมีแนวโน้มของการลดความชื้นของปลาหมึกได้อย่างต่อเนื่องและต่ำที่สุด และเมื่อ

เปรียบเทียบการทำแห้งปลาหมึกที่ระดับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที กับการทำแห้งปลาหมึกด้วยการตากด้วยแสงอาทิตย์โดยตรงจนครบระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าการทำแห้งปลาหมึกโดยใช้เตาแสงอาทิตย์จะสามารถลดความชื้นปลาหมึกได้ดีกว่าการทำแห้งปลาหมึกด้วยการตากด้วยแสงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งมีปริมาณความชื้นสุดท้ายของปลาหมึกเรียงตามลำดับดังนี้คือ ร้อยละ 21.45 ± 0.95 และ 34.05 ± 0.19

ABSTRACT

The objective of this work was to design and instruct the solar dryer suitable for dehydrating whole squid production. The size of sunshine gathering part was 80 x 104 x 9 cm. (wide x long x height) contained sunshine gathering sheet (72.4 x 96.4 cm.) LPG gas tube, solenoid valve and thermostat: the size of oven was 80 x 104 x 9 cm. (wide x long x height) contained product shelf: the size of hot air distributor was 17 x 104 x 17 cm. (wide x long x height) contained blower. The wave iron sheet coated zinc was the material used for sunshine collecting. When drying the squid by varying the temperature from 45 and 50 °C at 1.1 and 2.2 m/s of hot air velocity respectively, the result show that the most efficiency condition was 50°C at 2.2 m/s and the best condition compared with drying squid without solar dryer for 8 hours was showed that the final product moisture of drying temperature 50°C at 2.2 m/s (21.45±0.95%) was better than without solar dryer (34.05±0.19%).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 โครงสร้างปลาหมึก	3
2.2 กระบวนการทำแห้งอาหาร	3
2.3 ประโยชน์ของการทำแห้ง	4
2.4 ข้อดีและข้อเสียของการทำให้อาหารแห้ง	4
2.5 วิธีการทำให้อาหารแห้ง	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 ข้อเปรียบเทียบของการทำให้อาหารแห้ง	6
2.7 อัตราการทำแห้งของอาหาร	6
2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง	7
2.9 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง	8
2.11 เตาพลังงานแสงอาทิตย์	10
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	14
3.1 วัตถุดิบ	14
3.2 อุปกรณ์	14
3.3 วิธีการทดลอง	18
บทที่ 4 ผลการทดลอง	21
4.1 การออกแบบ และ สร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	21
4.2 เปรียบเทียบวัสดุที่ใช้เป็นตัวดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์	23
4.1 ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด	24
4.2 ศึกษาอุณหภูมิ และอัตราเร็วลมที่เหมาะสมในการผลิตปลาหมึกแห้ง	24
โดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ศึกษาเปรียบเทียบการผลิตปลาหมึกแห้งโดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี และการผลิตปลาหมึกแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์โดยตรง	27
4.4 ผลการวัดสีด้วยเครื่อง CR-300	29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	30
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก	32
ภาคผนวก ก.วิธีการทดลองและผลการทดลอง	33
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	40
ภาคผนวก ค. วิธีการคำนวณ	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบของความชื้นเฉลี่ยของการผลิตปลาหมึกแห้ง ที่อุณหภูมิที่ 45 และ 50 องศาเซลเซียส กับความเร็วลมที่ 1.1 และ 2.2 เมตร/วินาที 25

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบของความชื้นเฉลี่ยของการผลิตปลาหมึกแห้ง ที่ได้จากการตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ กับแสงอาทิตย์โดยตรง 27

ตารางที่ ข -1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติเกี่ยวกับค่าร้อยละ moisture content ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ ในช่วงเวลาต่างๆ ด้วยวิธี ANOVA 41

ตารางที่ ข - 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนค่าร้อยละ moisture content ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test 41

ตารางที่ ข -3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติเกี่ยวกับค่าร้อยละ moisture content ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ และตากด้วยแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลาต่างๆ ด้วยวิธี ANOVA 43

ตารางที่ ข - 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนค่าร้อยละmoisture content ด้วยวิธี Independent – Sample T – test 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 3.1 แสดงเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยแก๊สแอลพีจี 15

ภาพที่ 3.2 แสดงตาชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง 15

ภาพที่ 3.3 แสดงเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด 16

ภาพที่ 3.4 แสดงเครื่องวัดสี 16

ภาพที่ 3.5 แสดงเครื่องวัดความเร็วลม 17

ภาพที่ 3.6 แสดงเครื่องวัดแสงอาทิตย์ 17

ภาพที่ 4.1 แสดงค่าประสิทธิในการดูดกลืนแสงและคายพลังงานความร้อน ของแผ่นรับแสง 3 ชนิด 20

ภาพที่ 4.2 แสดงค่าความชื้นของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่มีตามท้องตลาด 24

ภาพที่ 4.3 แสดงค่าร้อยละความชื้น ของปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ 24

ภาพที่ 4.4 แสดงค่าร้อยละความชื้น ของปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ กับแสงอาทิตย์โดยตรง 25

ภาพที่ 4.5 แสดงค่าสีของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกชนิดต่าง ๆ 26

ภาพที่ ก-1 ภาพร่างเตาแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น 34

ภาพที่ ก-2 ลักษณะเตาแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ ก-3 แสดงการแช่ปลาหมึกในน้ำเกลือ 36

ภาพที่ ก-4 แสดงการตากปลาหมึกโดยใช้แสงอาทิตย์ 36

ภาพที่ ก-5 แสดงการตากปลาหมึกด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ 37

ภาพที่ ก-6 แสดง (ก) ปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์อุณหภูมิ 45 37
ความเร็วลม 1.1 เมตรต่อวินาที (ข) ปลาหมึกที่ตากด้วยแสงอาทิตย์

ภาพที่ ก-7 แสดง (ก) ปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์อุณหภูมิ 45 38
ความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที (ข) ปลาหมึกที่ตากด้วยแสงอาทิตย์

ภาพที่ ก-8 แสดง (ก) ปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์อุณหภูมิ 50 38
ความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที (ข) ปลาหมึกที่ตากด้วยแสงอาทิตย์

ภาพที่ ก-9 แสดงปลาหมึกแห้งที่ผ่านการหาความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น 39
แบบอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

อาหารทะเลเป็นสินค้าที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ทั้งที่จำหน่ายในลักษณะเป็นผลิตภัณฑ์ อาหารทะเลสด และอาหารทะเลแห้ง เช่น กุ้งแห้ง ปลาหมึกแห้ง ปลาแดดเดียว เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เป็นสินค้าที่สำคัญสำหรับจังหวัดที่มีพื้นที่ชายฝั่งติดทะเล และทำการประมงเป็นอาชีพหลัก ถ้าเป็นการผลิตอาหารทะเลแห้ง ในระดับครัวเรือนจะสามารถใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ ได้โดยตรง เนื่องจาก แหล่งของอาหารทะเลเหล่านี้ อยู่ใกล้ชายทะเล ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่โล่ง และมีพื้นที่เพียงพอ ในการตากแดด แต่เมื่อผลิตภัณฑ์อาหารทะเลสดที่ได้มีปริมาณ มากจนเกินพอ และความต้องการของตลาดสำหรับอาหารทะเลแห้งมีมากขึ้น รวมถึงอาหารทะเลที่แปรรูปเป็นอาหารทะเลแห้งแล้วจะมีราคาที่สูงขึ้นมาก ทำให้การผลิตอาหารทะเลแห้งด้วยการใช้แดดเพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอ เนื่องจากปริมาณที่ต้องผลิตมีมากขึ้น ทำให้พื้นที่ในการตากไม่เพียงพอ ซึ่งจะเกี่ยวเนื่องกับระยะเวลาในการตากด้วย (1-2 วัน) (http://www.nbtc.ac.th/sme/Details/InvestmentExamples/I092.doc, 15 September 2007) จึงมีการนำเตาอบหลายรูปแบบเข้ามาใช้ เพื่อเพิ่มกำลังการผลิต มีทั้งที่เป็นเตาไฟฟ้า และเตาอบที่ใช้ระบบก๊าซธรรมชาติ ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการทำปลาหมึกแห้งในระดับชุมชน ของ ต. แหลมใหญ่ อ.เมือง จ. สมุทรสงคราม พบว่า ต้องสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติ ถึงเดือนละ 20,000 บาท ทั้งนี้ปลาหมึกก่อนที่จะนำมาอบด้วยเตาอบก๊าซ จะต้องนำไปตากแดดก่อนเป็นเวลา 1 วัน เพื่อเป็นการลดปริมาณความชื้นในปลาหมึก ก่อนนำไปอบด้วยเตาอบเพื่อลดค่าใช้จ่ายของก๊าซ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของโครงการ ในการสร้างเตาแสงอาทิตย์เพื่อลดความชื้นในอาหารทะเลแห้งให้ได้มาก และเร็วกว่าการตากแดดโดยทั่วไป ทำให้มีพื้นที่ในการตากเพิ่มมากขึ้น เพราะสามารถเก็บปลาหมึกในแต่ละชุดได้เร็วขึ้น และถ้าปลาหมึกที่ผ่านการตากแห้งด้วยเตาแสงอาทิตย์ มีปริมาณความชื้นที่ลดลงมากกว่าการตากธรรมดา จะทำให้ค่าใช้จ่ายของก๊าซที่ใช้ในเตาอบลดลงได้อย่างแน่นอน ซึ่งจะเป็นการใช้พลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพ จึงหวังว่าโครงการนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อครัวเรือน และผู้ประกอบการ ที่ผลิตอาหารทะเลแห้งโดยทำให้เป็นการลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในกระบวนการผลิตได้มาก รวมถึงคุณภาพของอาหารทะเลแห้งที่ได้ จะมีความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสามารถป้องกันฝุ่นละอองที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปนเปื้อนมากับอากาศ ลดอันตรายจากแมลงพาหะของโรคระบบทางเดินอาหารที่จะสัมผัสกับอาหารทะเลที่กำลังตากอยู่ โดยไม่ต้องใช้ยาฆ่าแมลงฉีดพ่น ซึ่งยาฆ่าแมลงเหล่านี้กระทรวงสาธารณสุข ได้ตรวจพบ ในอาหารทะเลตากแห้งด้วย เช่น ปลาหมึกแห้ง ปลาแห้ง และกุ้งแห้ง (http://www.newswit.com/news/2005-03-18/d5852edad4f226c330a8b8e9fffb4b67/ , 10 July 2007) นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันฝน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้วัตถุดิบไม่แห้ง และเกิดความเสียหายได้ เนื่องจากไม่สามารถเก็บถาดตากได้ทันเวลาเมื่อฝนตก เหมือนดังอดีตที่ผ่านมา

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 สร้างเตาแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในการอบแห้งอาหารทะเล เพื่อลดระยะเวลาในกระบวนการผลิต และ สามารถป้องกันการปนเปื้อนต่างๆ ที่อาจก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหาร รวมถึง เป็นการลดค่าใช้จ่ายจากพลังงานที่ให้ความร้อนสำหรับเตาอบที่ใช้ในระดับชุมชน หรืออุตสาหกรรมได้

1.2.2 เพื่อศึกษาอุณหภูมิและอัตราเร็วลมที่เหมาะสมในการผลิตปลาหมึกแห้งโดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี

1.2.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการทำแห้งปลาหมึก โดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี และการทำแห้งปลาหมึกโดยใช้แสงอาทิตย์โดยตรง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ทราบถึงอุณหภูมิและอัตราเร็วลมที่เหมาะสมในการผลิตปลาหมึกแห้งโดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี และได้ทราบถึงประสิทธิภาพของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี เมื่อเปรียบเทียบการทำแห้งปลาหมึกโดยใช้แสงอาทิตย์โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

การทำอาหารทะเลแห้ง โดยวิธีการตากแดดโดยทั่วไป มักจะเป็นผู้ผลิตที่มีที่ตั้งอยู่ติดกับ ชายทะเล ที่เป็นแหล่งวัตถุดิบ ซึ่งกระบวนการผลิต จะไม่ซับซ้อน แต่ใช้เวลาในการตากแดดนาน จึงโอกาสเสี่ยงต่อการปนเปื้อนต่างๆจากสภาวะสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่นละอองต่างๆที่มากับอากาศ ปนเปื้อนจาก แมลงพาหะนำโรค และอื่นๆ ตัวอย่าง เช่น ปลาหมึกตากแห้งที่ใช้ระยะเวลาในการตากแห้ง 1 –2 วัน เพื่อเป็นการลดปัญหาที่เกิดขึ้นต่างๆเหล่านี้ จึงสามารถที่จะนำเทคนิคการอบแห้งโดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งโดยทั่วไป เตาพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ใช้ในการอบแห้งมีใช้อย่างแพร่หลายในการแปรรูปอาหารประเภทต่างๆอยู่แล้ว เช่น อบแห้งอาหารประเภทเนื้อและปลา พืชผัก และผลไม้ ซึ่ง เนื้อแดดเดียว จะใช้เวลาในการอบแห้ง 1/2 วัน ปลาแดดเดียว จะใช้เวลาในการอบแห้ง 1/2 วัน กล้วยตากอบน้ำผึ้ง จะใช้เวลาในการ อบแห้ง 3 วัน พริกแห้ง จะใช้เวลาประมาณ 3 วัน โดยการ ไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (http://www.egat.co.th/re/index.html, 15 September 2007)

2.1 โครงสร้างปลาหมึก

"ปลาหมึก" เป็นสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลัง มีขนาดใหญ่ จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับหอย หมึกมีรูปร่างกลม แบ่งออกเป็นส่วนหัวและลำตัว ไม่มีเปลือกหุ้มภายนอกมีตาขนาดใหญ่ตั้งอยู่บริเวณส่วนหัว มีรยางค์รอบปาก 4-5 คู่ เรียกว่าหนวด บนหนวดแต่ละเส้นมีปุ่มดูดเรียงเป็นแถว หนวดมีหน้าที่จับเหยื่อเข้าปาก ลำตัวมีแผ่นครีบติดอยู่ตรงด้านข้าง หมึกเปลี่ยนสีของลำตัวได้ตามสภาพสิ่งแวดล้อม (Bather, 1888)

2.2 กระบวนการทำแห้งอาหาร

การทำแห้ง (drying) คือ การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน (ชมภู่, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ประโยชน์ของการทำแห้ง

2.3.1 ป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์

2.3.2 ทำให้มีผลิตภัณฑ์ไว้ใช้อุปโภค/บริโภคในยามขาดแคลน นอกฤดูกาลหรือในแหล่งห่างไกล

2.3.3 ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็นให้เปลืองค่าใช้จ่าย

2.3.4 เป็นการลดน้ำหนักอาหาร ขนาดของอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุ การเก็บรักษา การขนส่ง ลดพื้นที่ และค่าใช้จ่าย

2.3.5 เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่ที่มีลักษณะ กลิ่นรสเฉพาะ เช่น ลูกเกด ซึ่งได้จากการทำแห้งองุ่น ลูกพรุน หมูแผ่น หมูหยอง กุนเชียง เป็นต้น

2.3.6 เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้อุปโภค/บริโภค เช่น ชา กาแฟผงสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ต้องผ่านกระบวนการหมัก ต้ม บด มาก่อนการอบแห้ง ผู้บริโภคเพียงนำมาเติมน้ำร้อน กวน คน ก็สามารถบริโภคได้ทันที (ชมภู่, 2550)

2.4 ข้อดีและข้อเสียของการทำให้อาหารแห้ง

การทำให้อาหารแห้งนอกจากจะทำให้อาหารเก็บได้นานแล้ว ยังมีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

2.4.1 ข้อดีของการทำให้อาหารแห้ง

2.4.1.1 น้ำหนักเบา การทำแห้งสามารถลดน้ำหนักลงได้ประมาณร้อยละ 60-90 ของอาหารสด ยกเว้นธัญพืชประกอบด้วยน้ำ และน้ำส่วนนี้เอง จะถูกกำจัดออกไปโดยกระบวนการอบแห้งหรือตากแห้ง

2.4.1.2 มีความกระชับ กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งต้องการเนื้อที่น้อยกว่าของอาหารสด อาหารแช่เยือกแข็ง หรืออาหารกระป๋อง โดยเฉพาะถ้าสามารถจัดเก็บในภาชนะบรรจุได้

2.4.1.3 ความคงตัวที่สภาวะการเก็บ ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งไม่จำเป็นต้องใช้ตู้เย็นในการเก็บรักษา แต่มีข้อจำกัดของอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการเก็บรักษา เพื่อให้ได้ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น

2.4.2 ข้อเสียของการทำให้อาหารแห้ง

2.4.2.1 ความไวต่อความร้อน เนื่องจากอาหารส่วนมากมีความไวต่อความร้อนในระดับหนึ่ง อาจทำให้เกิดกลิ่นรสไหม้ขึ้นได้ ถ้าควบคุมสภาวะไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2 เกิดการสูญเสียกลิ่นรส สารระเหย ที่ระเหยได้ และเกิดการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์

2.4.2.3 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ซึ่งรวมถึงการเกิดการแห้งกรอบอันเนื่องจากการหดตัว

2.4.2.4 เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เกิดจากเอนไซม์ ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเกิดการหืนของไขมัน

2.4.2.5 เกิดการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ได้ ถ้าหากว่าอัตราการอบแห้งเริ่มต้นช้า ปริมาณความชื้นสุดท้ายมีค่าสูง หรือเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง (ชมภู่, 2550)

2.5 วิธีการทำให้อาหารแห้ง

การทำให้อาหารแห้งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

2.5.1 <u>การทำให้แห้งโดยธรรมชาติ</u> แบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

2.5.1.1 การทำให้แห้งโดยใช้แสงแดดโดยตรง ส่วนใหญ่ใช้ไอร้อนจากแสงแดด หรืออาจอาศัยการผึ่งลม อาหารที่ทำให้แห้งโดยวิธีนี้ ได้แก่ ปลา เนื้อสัตว์ เมล็ดธัญพืช ตลอดจนผลไม้บางชนิด เช่น กล้วยตาก วิธีนี้นับว่ายังเป็นวิธีที่ใช้กันอยู่แพร่หลายในประเทศที่ค่อนข้างยากจน มีแสงแดดเพียงพอ เป็นวิธีที่ค่อนข้างถูก แต่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมอัตราเร็วในการทำแห้งได้

2.5.1.2 การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ วิธีการทำแห้งโดยอาศัยธรรมชาติด้วยการตากแดดนั้น มีปัญหามากในเรื่องของการปนเปื้อน ซึ่งเป็นผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้ และประสิทธิภาพในการทำแห้งด้วย ดังนั้นจึงมีการพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น โดยตู้อบดังกล่าวยังต้องอาศัยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์อยู่ แต่จะออกแบบเป็นลักษณะตู้หรือกล่องที่มีวัสดุที่ดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ดีอยู่ในตู้ เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการทำแห้งให้เร็วขึ้น ตู้ดังกล่าวจะมีวัสดุกั้น เพื่อลดปัญหาการปนเปื้อนจากสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ เช่น แมลง ฝุ่น เป็นต้น ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้มีคุณภาพ มีความสะดวกดีขึ้นกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตากแดด

2.5.2 <u>การทำให้แห้งด้วยเครื่องจักรกล</u> วิธีการนี้มีการนำเอาเทคนิคและหลักวิชาทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยอย่างมาก ซึ่งอาศัยหลักการส่งความร้อนเข้าไปในชิ้นอาหาร เพื่อทำให้น้ำหรือความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกไปจากผิวหน้าอาหาร โดยความร้อนที่ส่งเข้าไปอาจจะเป็นการนำความร้อน การพาความร้อน หรือการแผ่รังสีก็ได้ แต่โดยทั่วไปการทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห้งด้วยเครื่องจักรกลมักนิยมใช้หลักการนำความร้อนและพาความร้อนเป็นส่วนใหญ่ (ชมภู่, 2550)

2.6 ข้อเปรียบเทียบของการทำให้อาหารแห้งทั้ง 2 วิธี มีข้อเปรียบเทียบ ดังนี้

2.6.1 การทำแห้งโดยใช้เครื่องสามารถควบคุมสภาวะทั่วไป เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และการหมุนเวียนของบรรยากาศได้ในระดับที่เหมาะสม ส่วนการทำให้แห้งโดยอาศัยธรรมชาติขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ

2.6.2 การทำแห้งโดยใช้เครื่อง ใช้พื้นที่น้อยกว่าวิธีที่อาศัยแสงแดด ได้มีการคำนวณไว้ว่า ผู้ที่ประกอบกสิกรรมในพื้นที่ 20 ไร่ ต้องมีพื้นที่สำหรับตากแห้งเป็นเนื้อที่ประมาณ 1 ไร่ จึงเพียงพอ

2.6.3 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องทำแห้งจะสะอาด และมีคุณภาพดีกว่าวิธีอาศัยแสงแดด

2.6.4 สมบัติในการคืนรูป เมื่อนำไปหุงต้ม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องทำแห้งจะดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งโดยธรรมชาติ

2.6.5 ระยะเวลาในการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้ง จะเร็วกว่าวิธีการทำแห้งโดยอาศัยธรรมชาติ

2.6.6 ค่าใช้จ่ายในการทำแห้งโดยอาศัยธรรมชาติจะถูกกว่าการทำแห้งโดยใช้เครื่อง (ชมภู่, 2550)

2.7 อัตราการทำแห้งของอาหาร (Drying Rate)

ลักษณะการเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหารมีผลต่ออัตราการทำแห้ง (การสูญเสียน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา) อาหารที่มีเนื้อโปร่งการเคลื่อนที่ของน้ำจะเป็นแบบการไหลผ่านช่องแคบ (capillary flow) น้ำที่เคลื่อนมาที่ผิวอาหารจะเร็วกว่าการระเหยกลายเป็นไอ ผิวอาหารจะเปียกชุ่มด้วยน้ำ การระเหยน้ำเกิดอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ เรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า อัตราการทำแห้งคงที่ เมื่อการไหลผ่านช่องแคบของน้ำหมดไป น้ำจะเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ที่ช้าลงมากจนผิวอาหารแห้ง การระเหยเกิดขึ้นช้าลง อัตราการทำแห้งจึงลดลง (ชมภู่, 2550)

อัตราการอบแห้ง เป็นการวัดความเร็วหรือความสามารถในการระเหยของน้ำต่อเวลาหรือพื้นที่โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{อัตราการอบแห้ง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยไป}}{\text{ระยะเวลา หรือพื้นที่}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายน้ำมีผลต่ออัตราเร็วในการทำแห้ง มีดังนี้

2.8.1 ธรรมชาติของอาหาร

อาหารมีเนื้อโปร่ง น้ำจะเคลื่อนที่แบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ผ่านเซลล์ในอาหารเนื้อแน่น อาหารเนื้อโปร่งจะแห้งเร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารมีน้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจะแห้งช้า อาหารที่ผ่านการลวก นวดคลึง จนเซลล์แตกจะแห้งได้เร็วขึ้น

2.8.2 ขนาดและรูปร่าง

ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิว ต่อน้ำหนัก ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่ จึงแห้งได้เร็วกว่า ความหนาของอาหาร อาหารยิ่งหนามากเท่าไหร่ การอบแห้งก็ใช้เวลานาน นอกจากนั้นต้องคำนึงถึงพื้นผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย

2.8.3 ตำแหน่งของอาหารในเตา

อัตราการการอบแห้งภายในตู้เกิดไม่สม่ำเสมอขึ้นกับชนิด ประสิทธิภาพ ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อน อาหารที่สัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำ (ลมร้อนมีอุณหภูมิสูง) ย่อมระเหยได้ดี

2.8.4 ปริมาณอาหารต่อพื้นที่ (Loading)

ปริมาณอาหารในถาดมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับลมร้อน การอบแห้งอาหารโดยใส่อาหารเข้าไปในตู้อบครั้งละมาก ๆ ทำให้การอบแห้งไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะช่วงกลาง ๆ อาหารจะซ้อนทับกัน น้ำจะระเหยออกได้ไม่ดี อาหารจะสัมผัสกับอากาศร้อนไม่ทั่วถึง ไอน้ำมาสามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนได้ จึงทำให้แห้งช้า

นอกจากนี้การจัดเรียงอาหารเพื่อนำไปอบแห้ง มีผลต่ออัตราการอบแห้ง การจัดเรียงอาหารให้แผ่กระจายอย่างสม่ำเสมอ ไม่ซ้อนทับกัน อาหารจะสัมผัสกับลมร้อนได้อย่างทั่วถึงสม่ำเสมออาหารจะแห้งได้อย่างทั่วถึง

2.8.5 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Relative Humidity : RH)

ความแตกต่างระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนกับอาหารมีผลต่อแรงขับดันความชื้นออกจากอาหาร ในการอบแห้งลมร้อนยิ่งมีความชื้นต่ำ (น้ำน้อย : ลมร้อนมีอุณหภูมิสูง) อัตราการอบแห้งยิ่งสูง แต่ถ้าลมร้อนมีความชื้นเข้าใกล้จุดอิ่มตัว (น้ำเยอะ) จะรับไอน้ำได้น้อย อัตราการอบแห้งจะต่ำ ความชื้นของอากาศจะเป็นตัวกำหนดว่าจะสามารถลดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอาหารในกระบวนการอบแห้งให้ต่ำลงเท่าไหร่ อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มาก จะรับไอน้ำเพิ่มได้น้อย

ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนจะเป็นตัวกำหนดความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ ทันทีที่อาหารและอากาศร้อนถึงจุดสมดุล การระเหยน้ำจะไม่เกิดขึ้นอีก

2.8.6 อุณหภูมิของอากาศ

ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนเท่ากับลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ เป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ เพิ่มแรงขับดันน้ำหรือความชื้นออกจากผิวหน้าอาหาร ถ้าใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้ง โมเลกุลของน้ำจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น อัตราการอบแห้งจะสูงขึ้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่ใช้ต้องไม่สูงจนทำให้อาหารไหม้ หรือเกิดความเสียหายจากปฏิกิริยาทางเคมีหรือกายภาพ

การกำหนดอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ใช้ขึ้นกับลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนและระยะเวลาในการอบแห้ง การอบแห้งผักและผลไม้อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 45 – 70 องศาเซลเซียส ถ้าสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส น้ำจะระเหยเร็วเกินไป อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงซ้อนทางเคมี กายภาพ ที่ผิวหน้า ผิวหน้าเกิดเปลือกแห้งแข็งกระด้าง น้ำซึมผ่านไม่ได้ เรียกว่า Case hardening อัตราการอบแห้งลดต่ำลง ผลิตภัณฑ์มีความชื้นอยู่ภายในสูง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้จะเกิดการเน่าเสีย เกิดสีคล่ำ

2.8.7 ความเร็วของลมร้อน

ในการอบแห้งลมร้อนทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนให้กับอาหาร พาความชื้นออกไป ถ้าใช้ความเร็วลมสูงก็จะพาไอน้ำออกจากผิวหน้าของอาหารสู่ภายนอกได้เร็วขึ้น และยังช่วยป้องกันการเกิดสภาวะอิ่มตัวในบรรยากาศเหนือผิวของอาหาร ช่วยลดเวลาในช่วงการอบแห้งคงที่ (ชมภู่, 2550)

2.9 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารขึ้นกับธรรมชาติของอาหาร และสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง คือ

2.9.1 การหดตัว

เซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยธรรมชาติจะมีลักษณะเต่ง ผนังเซลล์มีความยืดหยุ่น สามารถต้านทานแรงได้ระดับหนึ่ง ถ้าแรงที่ได้รับมากเกินกว่าที่ผนังเซลล์จะรับได้ผนังเซลล์จะแตก เซลล์ผิดรูปไปในการอบแห้งเมื่อน้ำระเหยไปจะเกิดช่องว่างขึ้นทำให้เซลล์ของอาหารซึ่งเชื่อมโยงติดกันถูกดึงให้เข้าไปแทนที่ช่องว่างนั้น เซลล์หดตัวแต่ไม่สามารถหดตัวเข้าไปได้เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ๆ กันทุกส่วน ส่วนที่หดตัวไม่ได้ก็จะเกิดการยืดตัวออกทำให้เกิดแรงดึง ผนังเซลล์ทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ได้ระดับหนึ่ง ถ้าแรงที่ได้รับมากเกินกว่าที่ผนังเซลล์จะรับได้ทำให้เกิดการฉีกขาด ซึ่งมักเกิดกับอาหารที่มีโครงสร้างแข็งแรงหรือการอบแห้งที่เร็วเกินไป

ถ้าทำการอบแห้งอย่างรวดเร็วโดยใช้อุณหภูมิสูง ผิวหน้าจะแห้งแข็งก่อนที่อาหารส่วนที่อยู่ใจกลางจะแห้ง ดังนั้นเมื่อบริเวณใจกลางแห้งและหดตัว จะดึงส่วนที่ผิวหน้าทำให้เกิดการปริแตกภายใน เกิดช่องว่าง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะคล้ายรังผึ้งได้ จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแข็ง มีผิวหน้าที่โค้งเล็กน้อย มีลักษณะเหี่ยวมากกว่า มีช่องว่างมาก ถ้าอบอย่างช้า ๆ จะมีผิวหน้าที่โค้งมากกว่า มีเนื้อแน่น การเสียน้ำทำให้เซลล์ของอาหารเกิดการหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพ ส่วนที่อ่อนจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วอาหารจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้า ๆ

2.9.2 <u>การเปลี่ยนสี</u>

สีของอาหารหลังการอบแห้งจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการอบแห้งทำให้ลักษณะผิวหน้าของอาหารเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดการสะท้อนแสง สีเปลี่ยน และยังมีผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุ คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ ที่เกิดขึ้นระหว่างการอบแห้ง อาหารที่ผ่านการทำแห้งจะมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากความร้อน ปฏิกิริยาทางเคมี เกิดสารสีน้ำตาล อุณหภูมิ ความชื้นของอาหาร

2.9.3 <u>การเกิดเปลือกแข็ง</u>

อาหารจะมีเปลือกแข็งหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ ซึ่งเกิดจากในช่วงแรกที่ให้น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในของอาหารเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายน้ำตาล โปรตีน เคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้ง

2.9.4 <u>การเสียความสามารถในการคืนรูป (Rehydration)</u>

อาหารแห้งบางชนิดต้องนำกลับมาคืนสภาพโดยการแช่น้ำ จะดูดน้ำกลับคืนได้ไม่ถึงร้อยละ 100 และใช้เวลานาน ผลิตภัณฑ์อาหารหลังคืนสภาพจะมีเนื้อเหนียว สูญเสียความนุ่น ความฉ่ำน้ำ ความกรอบ อาจมีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การหดตัว การบิดเบี้ยว การฉีกขาดของเซลล์ เซลล์อาหารจะเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ โปรตีนเสียสภาพในการดูดน้ำ

อัตราการคืนรูปอาจใช้เป็นดัชนีชี้คุณภาพของอาหาร อาหารถูกทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะเสียหายน้อย คืนรูปได้เร็วและสมบูรณ์กว่าอาหารที่ทำแห้งไม่เหมาะสม อาหารทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง จะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุด เพราะไม่ได้ใช้ความร้อนในการทำลายผนังเซลล์ หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ช โปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.5 การเสียคุณค่าทางอาหารและสารระเหย

คุณค่าทางอาหารที่เหลืออยู่ในอาหารแห้งมีความแตกต่างกัน เป็นผลมาจากวิธีการเตรียมอุณหภูมิ ระยะเวลาในการทำแห้ง สภาวะในการเก็บรักษา มีการเสื่อมเสียของวิตามินซี แคโรทีน เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน การเสื่อมสลายไรโบฟลาวินจากแสง ส่วนไทอะมีน โปรตีน เกิดจากความร้อน เมื่อใช้เวลาในการทำแห้งนาน การสูญเสียก็จะยิ่งมาก การสูญเสียสารระเหย เนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นหอม กลิ่นรส ของอาหารแห้งลดน้อยลงจากเดิม สารระเหยจะสูญเสียไปมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในอาหาร ความดันไอของสารละลาย อาหารที่มีมูลค่าสูง มีราคาขึ้นอยู่กับกลิ่นรส ความหอม เช่น เครื่องเทศ สมุนไพร ควรทำการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (ชมภู่, 2550)

2.10 เตาพลังงานแสงอาทิตย์

โดยปกติ เตาพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีประสิทธิภาพในการตากอาหารแห้งได้ดีกว่าการตากแดด โดยธรรมชาติ เนื่องจากเตาพลังงานแสงอาทิตย์ จะสามารถดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ และ ปล่อยออกมาในรูปความร้อน รวมถึงเตาพลังงานแสงอาทิตย์จะมีวัสดุป้องกันสิ่งปนเปื้อนต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง แมลงพาหะนำโรคระบบทางเดินอาหาร และ ป้องกันฝนได้ แต่ประสิทธิภาพในการให้ความร้อน ยังขึ้นอยู่กับ วัสดุดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากกว่า ย่อมโอกาสเพิ่มประสิทธิภาพของเตาแสงอาทิตย์ได้ดีกว่า ซึ่งเมื่อเทียบกับการทำแห้งด้วยการตากแดดธรรมดา อาหารจะมีโอกาสปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม ได้มาก เนื่องจาก ไม่สามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมภายนอกได้ นอกจากนี้ เตาแสงอาทิตย์ ที่ให้พลังงานความร้อนมากกว่า จะทำให้อาหารที่ตากแห้งใช้ระยะเวลาในการตากแห้งสั้นกว่า ทำให้ผลิตอาหารตากแห้งได้มากขึ้น รวมถึงสามารถลดค่าใช้จ่ายของก๊าซที่ใช้ เป็นเชื้อเพลิง ในเตาอบ เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่นำมาอบด้วยเตาอบ มีความชื้นลดลงไปมากแล้ว การทำอาหารทะเลแห้ง โดยวิธีการตากแดดโดยทั่วไป มักจะเป็นผู้ผลิตที่มีที่ตั้งอยู่ติดกับ ชายทะเล ที่เป็นแหล่งวัตถุดิบ ซึ่งกระบวนการผลิต จะไม่ซับซ้อน แต่ใช้เวลาในการตากแดดนาน จึงโอกาสเสี่ยงต่อการปนเปื้อนต่างๆจากสภาวะสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่นละอองต่างๆที่มากับอากาศ ปนเปื้อนจาก แลงพาหะนำโรค และอื่นๆ ตัวอย่าง เช่น ปลาหมึกตากแห้งที่ใช้ ระยะเวลาในการตากแห้ง 1 –2 วัน (http://www.nbtc.ac.th/sme/Details/InvestmentExamples/I092.doc, 15 September 2007) เพื่อเป็นการลดปัญหาที่เกิดขึ้นต่างๆเหล่านี้ จึงสามารถที่จะนำเทคนิคการอบแห้งโดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งโดยทั่วไป เตาพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ใช้ในการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีใช้อย่างแพร่หลายในการแปรรูปอาหารประเภทต่างๆอยู่แล้ว เช่น อบแห้งอาหารประเภทเนื้อและปลา พืชผัก และผลไม้ ซึ่ง เนื้อแดดเดียว จะใช้เวลาในการอบแห้ง 1/2 วัน ปลาแดดเดียว จะใช้เวลาในการอบแห้ง 1/2 วัน กล้วยตากอบน้ำผึ้ง จะใช้เวลาในการอบแห้ง 3 วัน พริกแห้ง จะใช้เวลาประมาณ 3 วัน (http://www.egat.co.th/re/index.html, 15 September 2007) โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ในรูปแบบต่างๆ รูปแบบที่มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์ ไปใช้ประโยชน์ แบบหนึ่ง คือ เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง และไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (direct current) จัดว่าเป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง สะอาด และไม่สร้างมลภาวะใดๆ ขณะใช้งาน ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลก มีค่ามหาศาล บนพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะได้พลังงานประมาณ 1,000 วัตต์ หรือเฉลี่ย 4 ถึง 5 กิโลวัตต์ – ชั่งโมง/ตารางเมตร/วัน ซึ่งหมายความว่า ในวันหนึ่งๆ บนพื้นที่เพียง 1 ตารางเมตรนั้น จะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ 1 กิโลวัตต์ เป็นเวลานาน 4 ถึง 5 ชั่วโมงนั้นเอง ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์ มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานร้อยละ 15 ก็แสดงว่า เซลล์แสงอาทิตย์ พื้นที่ 1 ตารางเมตร จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 150 วัตต์ หรือเฉลี่ย 600 ถึง 750 วัตต์ - ชั่งโมง/ตารางเมตร/วัน (สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์, 2549) แต่พลังงานที่ได้จะไม่ใช้พลังงานความร้อน อีกรูปแบบหนึ่ง ของการนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิง ที่ให้พลังงานความร้อน ได้แก่ การสร้างเตาพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก ที่ใช้ในการหุงต้มอาหารโดยตรง ตัวอย่างเช่น

-เตาแสงอาทิตย์ แบบยางรถยนต์ ที่ออกแบบโดย สถาปานิกชื่อ ซูเรซ เวดยารา จันทร์ ซึ่งสามารถหุงต้มอาหาร อุ่นอาหาร หรือ ต้มน้ำได้อย่างไม่น่าเชื่อ

-เตาแสงอาทิตย์รูปแบบกล่องชนิดสุกช้า (box cooker) ซึ่งเหมาะจะใช้สำหรับอุ่นอาหารมากกว่าที่จะนำมาปรุงอาหารให้สุก หรือถ้านำมาปรุงอาหารอาจจะต้องใช้เวลานานถึง 6 ถึง 8 ชั่วโมง

-เตาแสงอาทิตย์จากกล่องพิซซ่า (pizza box cooker) มีประสิทธิภาพมากพอที่จะปรุงอาหาร หรือต้มน้ำฆ่าเชื้อโรคได้ เพราะให้ความร้อนได้สูง แต่ข้อเสียคือ เตามีลักษณะสูงไม่กี่นิ้ว ดังนั้นภาชนะที่ใช้ใส่อาหารจึงต้องมีรูปร่างแบน

-เตาแสงอาทิตย์แบบกล่องเปิด (open box solar cooker) การกักเก็บความร้อนของเตาแสงอาทิตย์แบบกล่องเปิดนี้ จะไม่ดีเท่ากับ เตาแสงอาทิตย์ แบบกล่องปิดด้วยกระจก เพราะไม่มีส่วนที่เป็น ฉนวนกันความร้อน หม้อ หรือ ภาชนะ จะถูกห่อหุ้มด้วย ถุงพลาสติกทนความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อน หรือไม่ก็ ถูกครอบด้วยฝาแก้ว เพื่อกักเก็บความร้อนให้สูงกว่า ที่จะทำให้อาหารในภาชนะสุก

-เตาแสงอาทิตย์แบบฉากสะท้อนแสง (solar panel cooker) สามารถพับเก็บพกพาได้อย่างสะดวก เหมาะสำหรับนำติดตัว เพื่อท่องเที่ยว เช่น เดินป่า พักแรมในที่ต่างๆ สามารถอุ่น หรือหุงเตาอาหาร และน้ำได้

-เตาแสงอาทิตย์แบบกล่อง (solar box cooker) ให้อุณหภูมิสูง ทำได้ง่าย มีราคาถูก มีประสิทธิภาพดี ในต่างประเทศ บริษัทธุรกิจเอกชน ทำออกมาจำหน่ายให้แก่ประชาชน เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

-เตาแสงอาทิตย์แบบแผ่นสะท้อนแสงหลายบาน (multi reflector solar cooker) จะเหมือนกับ เตาแสงอาทิตย์แบบกล่อง จะต่างกันตรงที่ บานสะท้อนแสง จะมีมากกว่า หนึ่ง บาน อาจจะเป็น 2 บาน หรือ 4 บาน แผ่นสะท้อนแสง ยิ่งมากจะยิ่งเพิ่มอุณหภูมิ ภายในเตาให้มากขึ้น

รูปแบบเตาแสงอาทิตย์ที่ใช้ ในการหุงต้มอาหารต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น ได้มาจากการรวบรวมโดย คมสัน (2545)

รูปแบบอื่นๆ ของการนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิง ที่ให้พลังงานความร้อน ได้แก่ การสร้างเตาพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ใช้ในการทำแห้งอาหารโดยตรง ตัวอย่างและหลักการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ที่นำมาใช้กับระบบของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เช่น

-http://www.egat.co.th/re/egat_dryer/dryer_system.htm (15 September 2007) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ผลิตตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะใช้ " หลักการไหลเวียนอากาศร้อน เพื่อระบายความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติ " กล่าวคือ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านกระจก พื้นอลูมิเนียมสีดำซึ่งอยู่ภายในตู้จะทำหน้าที่ดูดกลืนความร้อนสะสมไว้ ทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงขึ้น ประมาณ 60 องศาเซลเซียส อากาศร้อนในตู้อบจะถ่ายเทความชื้น ทีมีอยู่ในอาหารให้ระเหยออกมา เกิดการลอยตัวสูงขึ้นออกไปทางช่องลมด้านบนของตู้อบแห้ง อากาศเย็นที่อยู่ภายนอกจะไหลเข้าทางช่องลมที่อยู่ส่วนล่างทางด้านหน้าของตู้อบแห้งแทนที่อากาศร้อน เป็นการถ่ายเทความชื้นให้กับอาหารแบบธรรมชาติตลอดเวลา

- http://ranong.doae.go.th/sun_Tuaob.htm (9 September 2007) คลินิกเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ร่วมกับ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ผลิตตู้อบอเนกประสงค์พลังงานแสงอาทิตย์และเชื้อเพลิงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (พลังงานหลัก) และสามารถใช้เชื้อเพลิง ไม้ฟืน กาบกะลามะพร้าว หรือเชื้อเพลิงอื่น ๆ ได้ในช่วงที่ฝนตก หรือเวลากลางคืน เมื่อต้องการเร่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบแห้ง (พลังงานสำรอง) ใช้พื้นที่ติดตั้ง 6 ตารางเมตร แต่มีพื้นที่ของการตากแห้งเท่ากับ 8 ตารางเมตร

-http://www.108engine.com.htm (9 September 2007) นายธนัตถ์ ศรีสุขสันต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ประดิษฐ์ เตาอบแห้งพลังงานผสมแสงอาทิตย์-ก๊าซหุงต้ม ที่ใช้ได้ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ หรือก๊าซหุงต้ม ด้วยอุณหภูมิสูงสุด 75 องศาเซลเซียส ติดตั้งง่ายด้วยโครงสร้างถังแยกชิ้น ควบคุมด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิและระบายความชื้นอัตโนมัติ ใช้งานได้แม้ไม่มีแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ปลาหมึกกล้วย

3.1.2 เกลือทะเล

3.1.2 น้ำเปล่า

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี

3.2.2 ตะแกรงตากปลาหมึก

3.2.3 เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น MJ 33

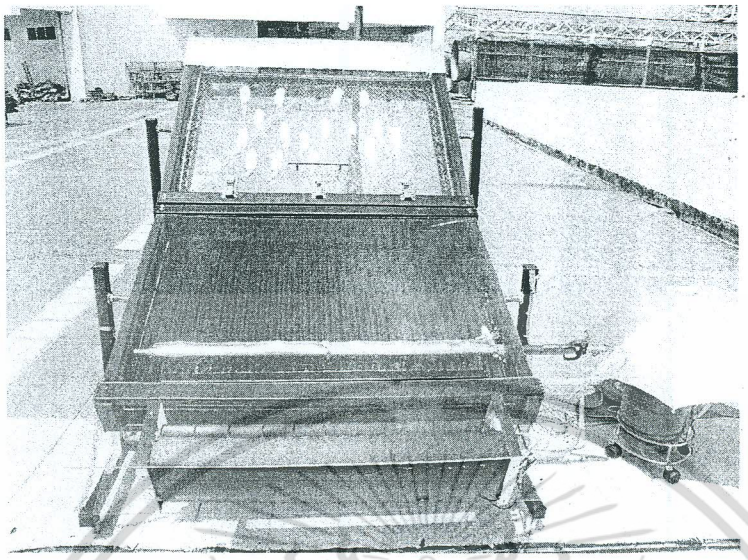
3.2.4 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 300

3.2.5 เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ CEM รุ่น DT - 618

3.2.6 เครื่องวัดแสงอาทิตย์ ยี่ห้อ Digicon รุ่น LX - 70

3.2.7 ตาชั่งละเอียด ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น PB1502 – L

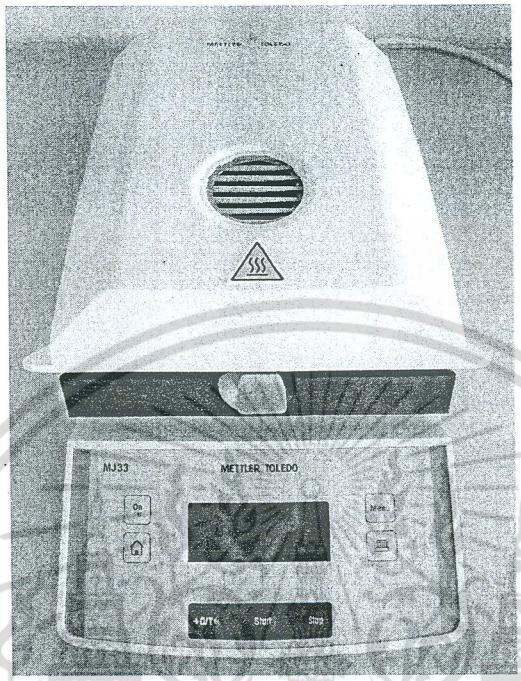
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



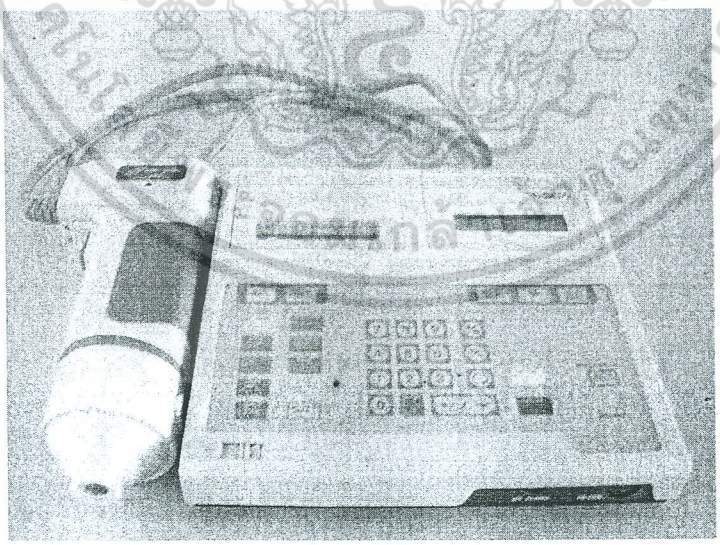
ภาพที่ 3.1 แสดงเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี

ภาพที่ 3.2 แสดงตาชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



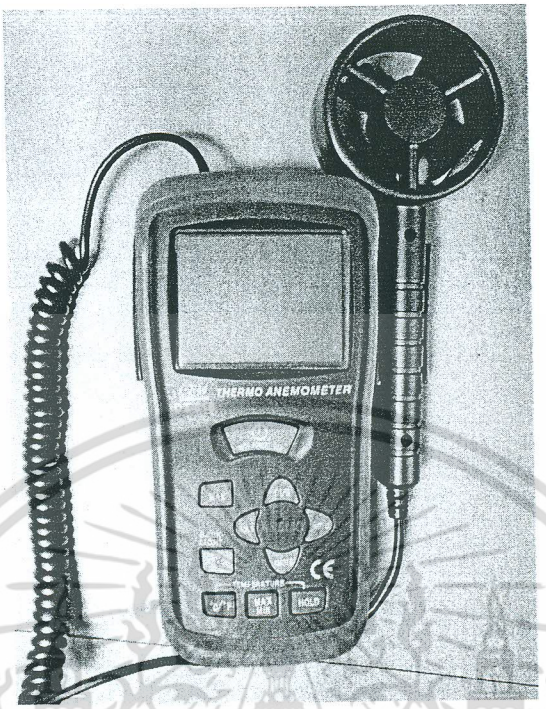
ภาพที่ 3.3 แสดงเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด



ภาพที่ 3.4 แสดงเครื่องวัดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 3.5 แสดงเครื่องวัดความเร็วลม

ภาพที่ 3.6 แสดงเครื่องวัดแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

115513

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการทำแห้งอาหารโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และสิ่งที่เกี่ยวข้อง

3.3.2 เขียนแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยแบบที่เขียนขึ้นจะประกอบด้วย ภาพร่างด้านหน้า ภาพร่างด้านข้าง และ ภาพร่างด้านบน พร้อมกับรายละเอียดสัดส่วนของอุปกรณ์ต่างๆ โดยออกแบบให้ระบบของเตาอบแสงอาทิตย์ เป็นระบบที่ใช้ตัวดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับ พัดลมกระจายความร้อน เพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนไปสู่อาหารที่นำมาอบแห้ง มีการกรองความชื้นของอากาศภายนอกก่อนเข้าเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดระยะเวลา การอบแห้งให้สั้นลง และเมื่อได้แบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว จะสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้วัสดุที่สามารถหาได้ง่ายภายในประเทศ ซึ่งง่ายต่อการสร้างและการถอดประกอบ เพื่อการซ่อมแซมและดูแลรักษารักษาง่าย วัสดุที่นำมาใช้จะเป็น วัสดุที่มีความแข็งแรง แต่มีน้ำหนักไม่มากจนเกินไป เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายโดยใช้แรงงานคน รวมถึง จะต้องมีการป้องกันการกัดกร่อนของวัสดุที่ใช้ ประกอบเป็นเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจาก สภาพการใช้งานจริง อาจจำเป็นต้อง นำไปใช้งาน ในสภาวะที่เสี่ยงต่อการกัดกร่อนสูง เช่น ใกล้บริเวณชายทะเล

3.3.3 เปรียบเทียบวัสดุที่ใช้เป็นตัวดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ เสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการทดลอง เปลี่ยนชนิด หรือ รูปแบบของวัสดุที่ใช้เป็นตัวดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อ ทดสอบหาประสิทธิภาพของวัสดุที่ใช้เป็นตัวดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ และเมื่อ ได้ชนิด หรือ รูปแบบของวัสดุที่ใช้เป็นตัวดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ดีที่สุดแล้ว ก็จะใช้วัสดุชนิดนั้นๆ เป็นวัสดุดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ต่อไป โดยการทดสอบหาประสิทธิภาพของวัสดุที่ใช้เป็นตัวดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์นี้ จะใช้วิธีการตรวจวัดอุณหภูมิเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป โดยพิจารณาจาก อัตราเร็วของการเพิ่มอุณหภูมิ และ ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิ ของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ นำค่าอัตราเร็วของการเพิ่มอุณหภูมิ และ ค่าอุณหภูมิสูงสุดของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ ตัวดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ต่างๆ กัน ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (วางแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT)

3.3.4 ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบและตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความชื้นของปลาหมึกสดที่นำมาใช้ โดยใช้วิธีการหาความชื้นแบบอินฟราเรด และทำการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี

- ความชื้นของปลาหมึกแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยใช้วิธีการหาความชื้นแบบอินฟราเรด และทำการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่ได้จากการทดลอง

3.3.5 เตรียมปลาหมึก

นำปลาหมึกสดมาทำการล้าง ควักไส้และแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก จากนั้นทำการล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 1 ครั้ง และแช่ในน้ำเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นเวลา 15 นาที

3.3.6 เปรียบเทียบอุณหภูมิร่วมกับความเร็วลมที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำแห้งปลาหมึกด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์

นำปลาหมึกที่เตรียมได้จากข้อ 3.3.5 จำนวน 0.5 กิโลกรัมไปทำแห้งด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี โดยใช้วิธีปรับอุณหภูมิ 2 ระดับดังนี้ คือ 45 และ 50 องศาเซลเซียสร่วมกับความเร็วลม 2 ระดับ คือ 1.1 เมตรต่อวินาที และ 2.2 เมตรต่อวินาที ดังนั้นจะได้สิ่งทดลองทั้งสิ้น 4 สิ่งทดลอง จนกว่าจะได้น้ำหนักที่คงที่ เก็บตัวอย่างปลาหมึกในช่วงระยะเวลาในการทำแห้งทุก ๆ 2 ชั่วโมง จากนั้นนำปลาหมึกไปวิเคราะห์หาความชื้นด้วยเครื่องหาความชื้นแบบอินฟราเรด เพื่อนำไปเขียนกราฟเปรียบเทียบอัตราการทำแห้ง นำผลิตภัณฑ์สุดท้ายของทุกสิ่งทดลองไปทำการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี และนำข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งจนมีน้ำหนักคงที่และค่าสีของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ของแต่ละสิ่งทดลองไปทำการวิเคราะห์ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan 's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ทำการทดลอง 2 ครั้ง)

3.3.7 เปรียบเทียบการทำแห้งปลาหมึกโดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจีและการทำแห้งปลาหมึกโดยใช้แสงอาทิตย์โดยตรง

นำปลาหมึกที่เตรียมได้จากข้อ 3.3.5 แบ่งออกเป็น 3 . ส่วน ส่วนละ 0.5 กิโลกรัม นำส่วนที่ 1 ไปทำแห้งด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี โดยใช้อุณหภูมิและความเร็วลมที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3.3.6 นำส่วนที่ 2 ไปทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์โดยตรงเก็บตัวอย่างปลาหมึกที่ทำแห้งทุก ๆ 2 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์หาความชื้นด้วยเครื่องหาความชื้นแบบอินฟราเรดเพื่อนำไปเขียนกราฟเปรียบเทียบอัตราการทำแห้ง นำผลิตภัณฑ์สุดท้ายของทุกสิ่งทดลองไปทำการวัดสีด้วยเครื่องวัดสีและนำข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งจนมีน้ำหนักคงที่และค่าสีของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ของแต่ละสิ่งทดลองไปทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติแบบ T - Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ทำการทดลอง 2 ครั้ง) วางแผนการทดลองแบบ CRD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การออกแบบ และ สร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

แหล่งพลังงานที่ใช้ในระบบของเตาพลังงานแสงอาทิตย์

- พลังงานแสงอาทิตย์

เตาพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สร้างขึ้น จะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นหลัก ในช่วงที่มีแสงแดดเพียงพอ กับการให้พลังงานความร้อน ตามอุณหภูมิที่กำหนด

- ก๊าซ LPG

ความร้อนที่เกิดขึ้น ของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ จะใช้ก๊าซ LPG เป็นพลังงานเสริม ในกรณีที่ในช่วงเวลาของการใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์ ได้รับพลังงานแสงแดดไม่เพียงพอ เช่น ในช่วงเช้า หรือเย็น หรือในวันที่มีเมฆมาก บดบังแสงอาทิตย์ โดยก๊าซจะสามารถชดเชยพลังงาน โดยอัตโนมัติ ด้วยการควบคุมของ Thermostat และระบบวาล์วตัดต่อก๊าซ

เตาพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ

- ชุดรับแสง

มีขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 104 เซนติเมตร หนา 9 เซนติเมตร ประกอบด้วย แผ่นรับแสงขนาดกว้าง 72.4 เซนติเมตร ยาว 96.4 เซนติเมตร ที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นความร้อน ระบบให้ความร้อนโดยใช้ก๊าซ LPG โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ ท่อหัวจ่ายก๊าซยาว 104 เซนติเมตร วาล์วตัดต่อก๊าซ ท่อไฟเลี้ยง Thermostat กระจกปิดด้านบนของชุดรับแสง กล่อง Pre-heat อากาศ จากภายนอกที่เข้าสู่ชุดรับแสงและมีแกนหมุน ที่สามารถทำให้ชุดรับแสงปรับเอียงได้ตามต้องการ

- ชุดห้องอบ

มีความกว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 104 เซนติเมตร หนา 9 เซนติเมตร ประกอบด้วย ตะแกรงไนล่อนสำหรับวางวัตถุดิบที่ใช้ในการอบ มีแผ่นอะคริลิกปิดชุดห้องอบ 2 ด้าน ซึ่งทั้ง 2 ด้าน สามารถเปิดได้อย่างสะดวก เพื่อความสะดวกในการจัดเรียงวัตถุดิบ และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี และหลังคาคลุมช่องเปิดชุดห้องอบ เพื่อป้องกันน้ำฝนเข้าสู่ห้องอบ

- ชุดกระจายลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความกว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 104 เซนติเมตร ประกอบด้วยใบพัดลมชนิด Blower ความยาว 70 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร มีใบครีบแบบโค้งไปข้างหน้า จึงสามารถให้ปริมาณลมได้สูง และเคลื่อนที่ตรงไปข้างหน้า มีมอเตอร์ขับใบพัดลม มีสวิทช์ควบคุมความเร็ว 3 ระดับ ด้านหลังของใบพัดลมมีลักษณะโค้ง เพื่อเพิ่มอัตราเร็วในการไหลของลมได้ ชุดกระจายความร้อนนี้ จะดูดอากาศจากภายนอกไปผ่านกล้อง Pre-heat อากาศ ซึ่งอยู่ใต้ชุดรับแสง เพื่อส่งลมที่ผ่านการ Pre-heat ผ่านไปยัง ผิวหน้าแผ่นรับแสงด้านบนในชุดรับแสง เพื่อจะส่งไปยัง ชุดห้องอบด้วยความเร็วลมสูง ซึ่งชุดกระจายความร้อนนี้ สามารถสร้างความเร็วลมให้สูงขึ้นได้

หลักการทำงาน

ชุดรับแสงของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ มีหน้าที่ดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีความเข้มสูง และคลายพลังงานความร้อนให้กับอากาศ บริเวณผิวหน้าของแผ่นรับแสง จากนั้นพัดลมจากชุดกระจายลมร้อน จะทำหน้าที่ ส่งลมร้อนที่เกิดขึ้นด้วยความเร็วสูงกว่าอากาศรอบนอกเตาผ่านไปยังห้องอบ ที่เรียงตัวอย่างบนตะแกรงในล่อนไว้เรียบร้อยแล้ว เมื่อตัวอย่างได้รับลมร้อน ที่มีความเร็วสูง และมีอุณหภูมิคงที่ จากระบบควบคุมอุณหภูมิและระบบชดเชยพลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG จะทำให้ตัวอย่างแห้งเร็วขึ้นกว่าการตากแห้ง โดยใช้แสงแดดโดยตรงเพียงอย่างเดียว และเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้สามารถควบคุมได้ และไม่สูงเกินไป รวมกับความเร็วลมที่สูง ทำให้ตัวอย่างแห้งได้อย่างมีคุณภาพตามต้องการ คือ ปลาหมึกจะไม่หดตัวเร็วเกินไป ผิวไม่เหี่ยวย่น เหมือนการใช้เตาอบ หรือไม่มีเนื้อสุกเหมือนปลาหมึกต้ม ซึ่งเมื่อลมร้อนผ่านห้องอบออกไปจะออกจาก ห้องอบที่บริเวณปลายทางออกของเตาแสงอาทิตย์ โดยพาความชื้นของปลาหมึกออกไปด้วย

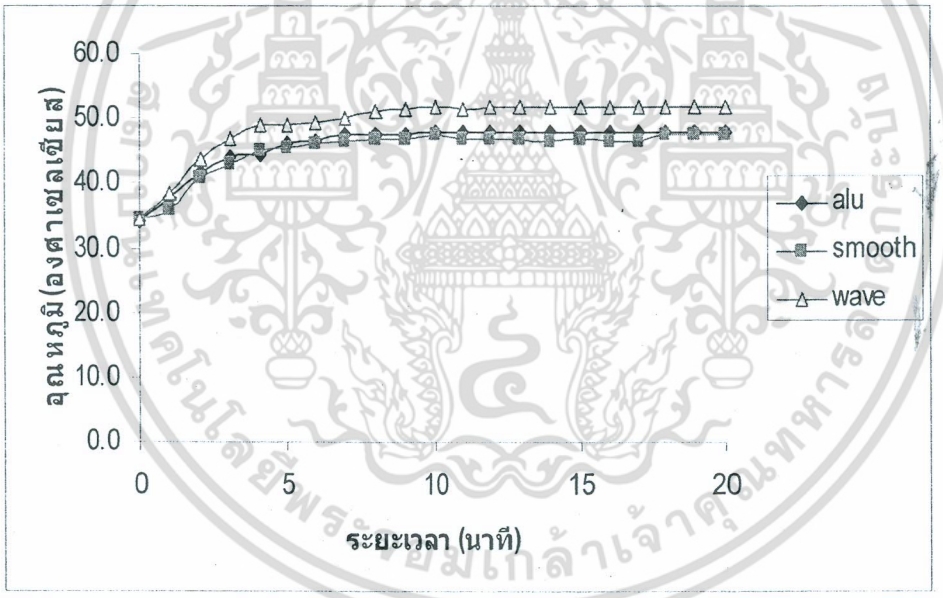
จุดเด่นของเตาพลังงานแสงอาทิตย์

- ควบคุมอุณหภูมิความร้อนค่อนข้างคงที่ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอ
- มีอัตราการอบแห้งเร็ว เนื่องจากช่องอากาศในห้องอบแคบ
- ลดการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมได้ดี เช่น แมลง ฝุ่น
- ใช้พลังงานต่ำ เนื่องจากใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลัก ร่วมกับก๊าซ LPG ซึ่งโดยปกติลานตากปลาหมึกที่มีอยู่ในปัจจุบัน จะใช้วิธีการตากแดดก่อนในช่วงแรก และนำไปอบด้วยห้องอบก๊าซในภายหลัง ทำให้สิ้นเปลืองก๊าซเป็นจำนวนมาก วิธีนี้จึงประหยัดกว่า เนื่องจาก เป็นการใช้แสงแดดแบบเร่ง ทำให้ประหยัดก๊าซลงได้มากกว่าวิธีเดิม
- ลดปัญหาการตากปลาหมึกในช่วงฤดูฝน ไม่ต้องเก็บปลาหมึกเมื่อมีฝนตก
- ใช้งานง่าย และการบำรุงรักษามีค่าใช้จ่ายต่ำ และเคลื่อนย้ายได้สะดวก ถอดประกอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เปรียบเทียบวัสดุที่ใช้เป็นตัวดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์

จากการทดสอบคุณสมบัติการดูดกลืนแสงและคายพลังงานความร้อน แสดงดังภาพที่ 4.1 โดยใช้แหล่งพลังงานแสงเป็น หลอดชนิด เมทัลฮาไลด์ ขนาด 400 วัตต์ ความเข้มแสงขณะใช้งาน 100,000 ลักซ์ โดยใช้แผ่นรับแสง 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมแผ่นเรียบ เหล็กชุบสังกะสีแผ่นเรียบ และ เหล็กชุบสังกะสีแผ่นมีลอน พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดกลืนและคายพลังงานความร้อนจากมากไปน้อย เรียงตามลำดับดังนี้ คือ เหล็กชุบสังกะสีแผ่นมีลอน อลูมิเนียมแผ่นเรียบ และ เหล็กชุบสังกะสีแผ่นเรียบ ดังนั้น จึงเลือกใช้ เหล็กชุบสังกะสีแผ่นมีลอน เป็นแผ่นรับแสง โดยพบว่า ในช่วงแรกของ การทดสอบประสิทธิภาพ จะไม่มีความแตกต่างของอุณภูมิ ในทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่เมื่อเวลาที่ใช้ในการทดสอบเพิ่มขึ้น พบว่า จะมีความแตกต่างของอุณภูมิ ในทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และในทุกตัวอย่างของแผ่นรับแสง จะคายพลังงานความร้อน ในระดับคงที่ เมื่อระยะเวลาเกิน 10 นาทีขึ้นไป



ภาพที่ 4.1 ประสิทธิภาพในการดูดกลืนแสงและคายพลังงานความร้อน

alu = อลูมิเนียมแผ่นเรียบ

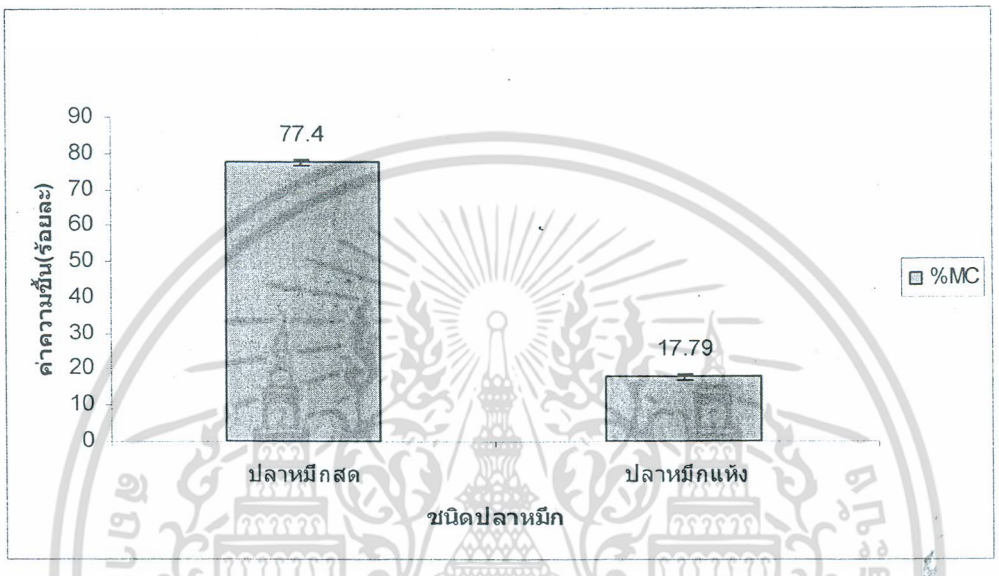
smooth = เหล็กชุบสังกะสีแผ่นเรียบ

wave = เหล็กชุบสังกะสีแผ่นลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบและตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยนำปลาหมึกมาวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปลาหมึก และ ค่าร้อยละความชื้น ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แสดงค่าร้อยละความชื้นของวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

จากภาพที่ 4.2 จะแสดงค่าความชื้นของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องโดยการวัดหาความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรดจนมีน้ำหนักคงที่ พบว่าปลาหมึกสดจะมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 77.4 และเมื่ออยู่ในสภาพปลาหมึกแห้งพบว่ามีปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 17.79 แล้วนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าความชื้น

4.4 ศึกษาอุณหภูมิ และอัตราเร็วลมที่เหมาะสมในการผลิตปลาหมึกแห้งโดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี

การศึกษาอุณหภูมิ และอัตราเร็วลมที่เหมาะสมในการผลิตปลาหมึกแห้งด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจีโดยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็น 45 กับ 50 องศาเซลเซียส และ ความเร็วลมที่ 1.1 กับ 2.2 เมตร/วินาที ที่ช่วงเวลา 9.00 – 17.00 น. โดยนำปลาหมึกที่ผ่านการตากแห้งมาวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.1 แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (นาฬิกา) และ ค่าร้อยละความชื้น ดังแสดงในภาพที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบของความชื้นเฉลี่ยของการผลิตปลาหมึกแห้ง ที่อุณหภูมิที่ 45 และ 50 องศาเซลเซียส กับความเร็วลมที่ 1.1 และ 2.2 เมตร/วินาที

เตาพลังงานแสงอาทิตย์	ค่าความชื้น (ร้อยละ)				
	9.00 น.	11.00 น.	13.00 น.	15.00 น.	17.00 น.
45 °C ความเร็วลมที่ 1.1 เมตร/วินาที	77.40 ± 0.66^{a}	77.44 ± 1.29^{c}	75.69 ± 0.61^{a}	56.29 ± 0.08^{bc}	28.79 ± 0.62^{b}
45 °C ความเร็วลมที่ 2.2 เมตร/วินาที	77.40 ± 0.66^{a}	77.76 ± 0.16^{c}	75.13 ± 0.83^{a}	55.36 ± 0.90^{b}	27.72 ± 0.66^{b}
50 °C ความเร็วลมที่ 1.1 เมตร/วินาที	77.40 ± 0.66^{a}	74.96 ± 0.80^{b}	70.90 ± 0.78^{a}	57.67 ± 0.76^{c}	29.31 ± 0.82^{b}
50 °C ความเร็วลมที่ 2.2 เมตร/วินาที	77.40 ± 0.66^{a}	71.61 ± 0.66^{a}	67.83 ± 0.84^{a}	38.92 ± 0.64^{a}	21.67 ± 0.80^{a}

หมายเหตุ * ตัวอักษรเดียวกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 แสดงการทดสอบด้านกายภาพ โดยนำผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่ได้จากเตาพลังงานแสงอาทิตย์ ที่อุณหภูมิ 45 กับ 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 1.1 กับ 2.2 เมตร / วินาที ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน มาทดสอบดูความแตกต่างของค่าความชื้นเฉลี่ยโดยรวมเปรียบเทียบกัน โดยช่วงเวลา 9.00 น. และ 13.00 น. ค่าความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งจากเตาพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 4 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

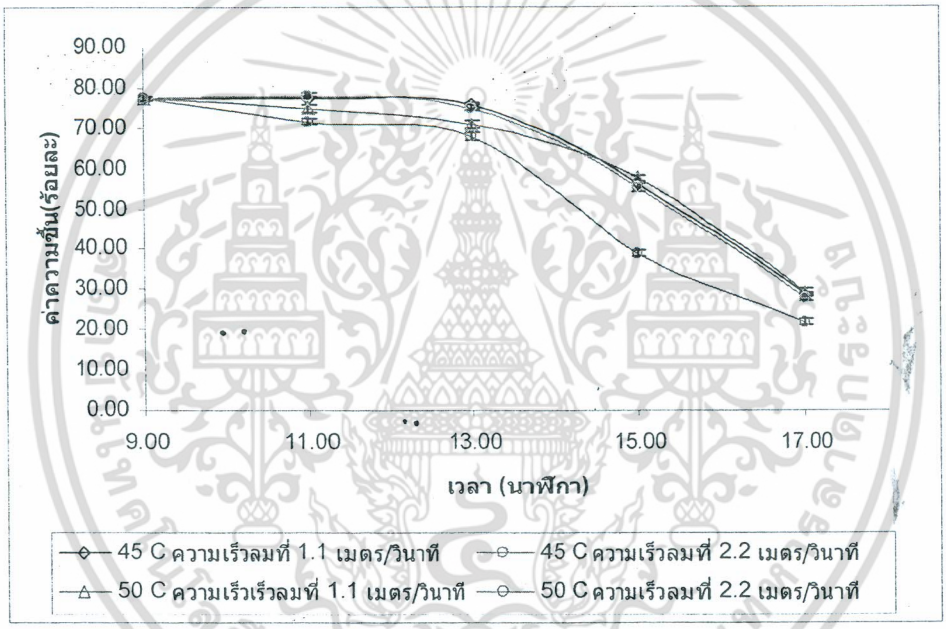
ในช่วงเวลา 11.00 น. ของค่าความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งจากเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และความเร็วลมทั้ง 2 ระดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีความแตกต่างกับค่าความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งจากเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลมทั้ง 2 ระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในช่วงเวลา 15.00 น. ของค่าความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งจากเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 1.1 เมตร / วินาที ไม่มีความแตกต่างกับเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 2.2 เมตร / วินาที และ เตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 1.1 เมตร / วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที ปลาหมึกจะมีค่าความชื้นต่ำที่สุด

ในช่วงเวลา 17.00 น. ของค่าความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งจากเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 1.1 และ 2.2 เมตร / วินาที และ เตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 1.1 เมตร / วินาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีความแตกต่างกับค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งจากเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 2.2 เมตร / วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 4.3 แสดงค่าร้อยละความชื้นของปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์

จากภาพที่ 4.3 เมื่อนำค่าเฉลี่ยความชื้นของปลาหมึกที่ผ่านการตากแห้งที่ปรับอุณหภูมิและความเร็วลมของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจีให้เป็น 45 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.1 และ 2.2 เมตรต่อวินาที และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.1 และ 2.2 เมตรต่อวินาที นำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบปริมาณความชื้นเมื่อระยะเวลาเปลี่ยนแปลงไป จะเห็นว่าปลาหมึกที่ตากแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที จะมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยความชื้นต่ำที่สุด เนื่องจากอุณหภูมิและความเร็วลมมีผลต่อประสิทธิภาพของการตากแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

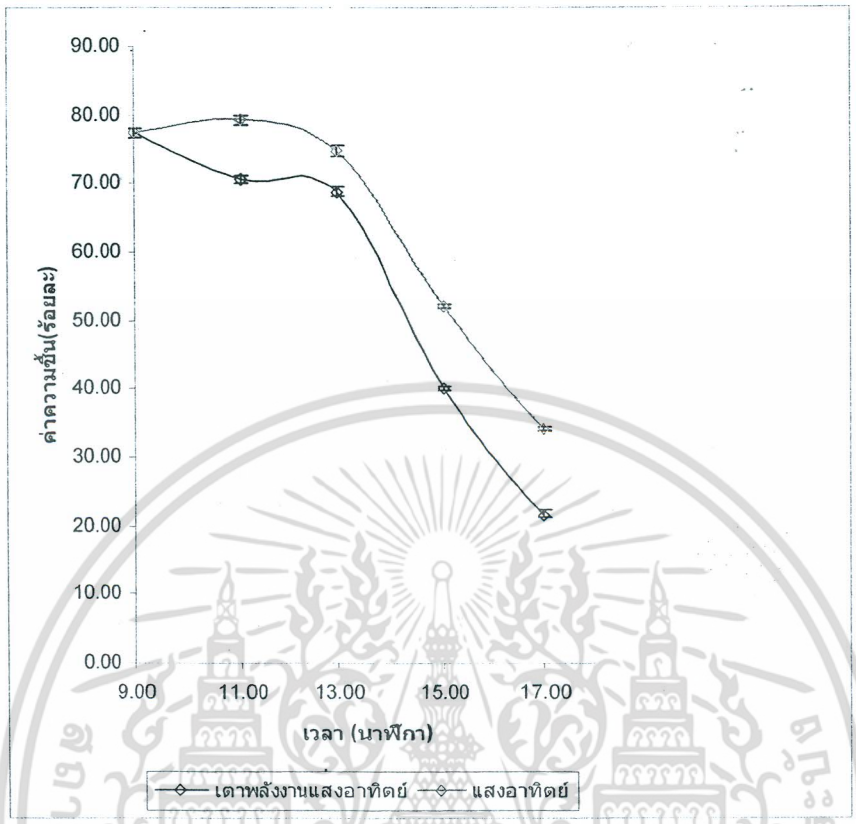
4.5 ศึกษาเปรียบเทียบการผลิตปลาหมึกแห้งโดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี และการผลิตปลาหมึกแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์โดยตรง

การศึกษาเปรียบเทียบการผลิตปลาหมึกแห้งโดยใช้เตาพลังงานแสงแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลมที่ 2.2 เมตร/วินาที เนื่องจากเป็นอุณหภูมิและความเร็วลมที่ดีที่สุด (จากผลการทดลองที่4.4) มาเปรียบเทียบกับการผลิตปลาหมึกแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์โดยตรง โดยนำปลาหมึกที่ผ่านการตากแห้งมาวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.2 แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (นาฬิกา) และ ค่าความชื้น (ร้อยละ) ดังแสดงในภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบของความชื้นเฉลี่ยของการผลิตปลาหมึกแห้ง ที่ได้จากการตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ กับแสงอาทิตย์โดยตรง

สิ่งทดลอง	ค่าความชื้น (ร้อยละ)				
	9.00 น.	11.00 น.	13.00 น.	15.00 น.	17.00 น.
เตาพลังงานแสงอาทิตย์	77.40 ± 0.66	70.76 ± 0.49	68.83 ± 0.83	40.10 ± 0.18	21.45 ± 0.95
แสงอาทิตย์	77.40 ± 0.66	79.28 ± 0.65	74.71 ± 0.74	52.10 ± 0.21	34.05 ± 0.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

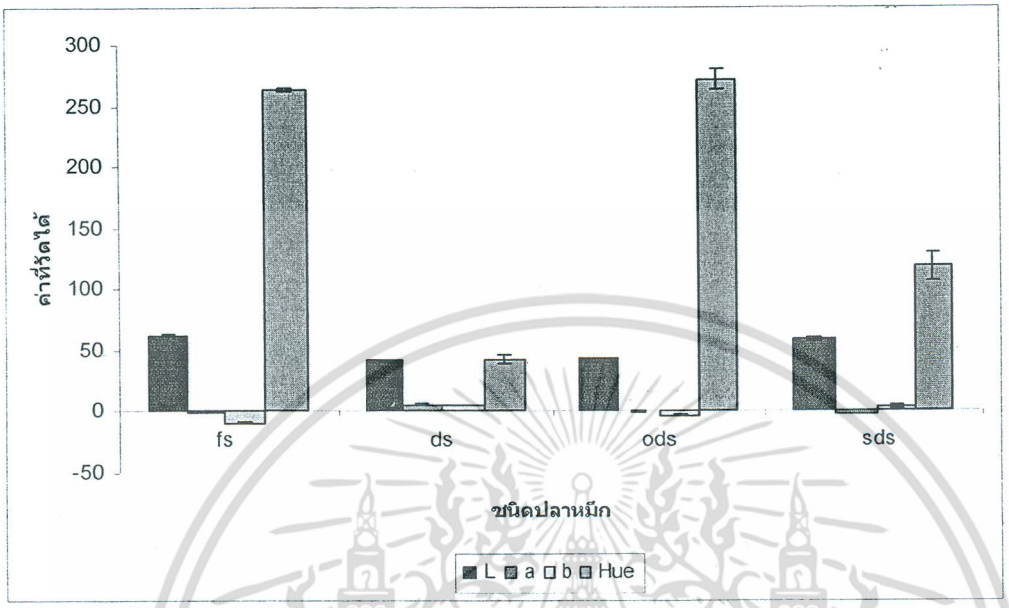


ภาพที่ 4.4 แสดงค่าความชื้น (ร้อยละ) ของปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์กับแสงอาทิตย์โดยตรง

จากตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.4 เป็นการแสดงค่าความชื้นของปลาหมึกแห้งที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้อุณหภูมิและความเร็วลมที่มีประสิทธิภาพในการตากแห้งดีที่สุด คือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที มาเปรียบเทียบกับการตากด้วยแสงอาทิตย์โดยตรง จะเห็นว่าการทำปลาหมึกแห้งโดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์จะแห้งเร็วกว่าการตากด้วยแสงแดดโดยตรง เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิและความเร็วลมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการวัดสีปลาหมึกประเภทต่าง ๆ ด้วยเครื่อง CR-300



ภาพที่ 4.5 แสดงค่าสีของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกชนิดต่างๆ

หมายเหตุ * fs คือ ปลาหมึกสดตามท้องตลาด
ds คือ ปลาหมึกแห้งตามท้องตลาด
ods คือ ปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที
sds คือ ปลาหมึกที่ตากด้วยแสงอาทิตย์โดยตรง

จากภาพที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าปลาหมึกแห้งตามท้องตลาดจะมีค่า Hue ต่ำกว่าปลาหมึกชนิดอื่น เนื่องจากมีความเข้มของผลิตภัณฑ์มากกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าความสว่างใกล้เคียงกับปลาหมึกสดตามท้องตลาดเพราะไม่ได้สัมผัสกับแสงอาทิตย์โดยตรง ปลาหมึกที่ตากด้วยแสงอาทิตย์โดยตรงจะมีค่าความสว่างน้อยกว่าปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากปลาหมึกสัมผัสกับลมและแสงอาทิตย์โดยตรงจึงมีค่าความสว่างน้อยกว่า (สีเข้มกว่า) ปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบคุณสมบัติการดูดกลืนแสงและคายพลังงานความร้อน โดยใช้แหล่งพลังงานแสงเป็น หลอดชนิด เมทัลฮาไลด์ ขนาด 400 วัตต์ ความเข้มแสงขณะใช้งาน 100,000 ลักซ์ โดยใช้แผ่นรับแสง 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมแผ่นเรียบ เหล็กชุบสังกะสีแผ่นเรียบ และ เหล็กชุบสังกะสีแผ่นมีลอน พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดกลืนและคายพลังงานความร้อนจากมากไปน้อย เรียงตามลำดับดังนี้ คือ เหล็กชุบสังกะสีแผ่นมีลอน อลูมิเนียมแผ่นเรียบ และ เหล็กชุบสังกะสีแผ่นเรียบ ดังนั้น จึงเลือกใช้เหล็กชุบสังกะสีแผ่นมีลอน เป็นแผ่นรับแสง โดยพบว่า ในช่วงแรกของ การทดสอบประสิทธิภาพ จะไม่มีความแตกต่างของอุณภูมิ ในทางสิถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่เมื่อเวลาที่ใช้ในการทดสอบเพิ่มขึ้น พบว่า จะมีความแตกต่างของอุณภูมิ ในทางสิถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และในทุกตัวอย่างของแผ่นรับแสง จะคายพลังงานความร้อน ในระดับคงที่ เมื่อระยะเวลาเกิน 10 นาทีขึ้นไป

จากการทดลองเป็นการศึกษาการทำปลาหมึกแห้งโดยใช้เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี ซึ่งจะศึกษาอุณหภูมิร่วมกับอัตราเร็วลมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตปลาหมึกแห้งดังนี้ที่ระดับอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเร็วลมที่ 1.1 เมตรต่อวินาที , ที่ระดับอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที , ที่ระดับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเร็วลมที่ 1.1 เมตรต่อวินาที และที่ระดับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที จากการทดลองพบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที จะมีประสิทธิภาพในการทำแห้งได้ดีที่สุด เนื่องจากมีแนวโน้มของการลดความชื้นของปลาหมึกได้อย่างต่อเนื่องและต่ำที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบการทำแห้งปลาหมึกที่ระดับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที กับการทำแห้งปลาหมึกด้วยการตากด้วยแสงอาทิตย์โดยตรงจนครบระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าการทำแห้งปลาหมึกโดยใช้เตาแสงอาทิตย์จะสามารถลดความชื้นปลาหมึกได้ดีกว่าการทำแห้งปลาหมึกด้วยการตากด้วยแสงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งมีปริมาณความชื้นสุดท้ายของปลาหมึกเรียงตามลำดับดังนี้คือ ร้อยละ 21.45 ± 0.95 และ ร้อยละ 34.05 ± 0.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กระทรวงสาธารณสุขเตือนอันตราย ผัก อาหารทะเลแห้ง พบยาฆ่าแมลงเพียบ [online]. เข้าถึงได้จาก http://www.newswit.com/news/2005-03-18/d5852edad4f226c330a8b8e9fffb4b67/ (10 July 2007)

กองพัฒนาพลังทดแทน ฝ่ายพัฒนาและแผนงาน โรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย "ตู้อบแห้งพลังแสงอาทิตย์" [online]. เข้าถึงได้จาก http://www.egat.co.th/re/index.html.

กองพัฒนาพลังทดแทน ฝ่ายพัฒนาและแผนงาน โรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (15 September 2007)

"หลักการทำงาน ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์" [online]. เข้าถึงได้จาก http://www.egat.co.th/re/egat_dryer/dryer_system.htm (15 September 2007)

คมสัน หุตะแพทย์. 2545. " 7 แบบเตาพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ทำได้เอง " เกษตรธรรมชาติ.

คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ร่วมกับคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ "การใช้ตู้อบอเนกประสงค์พลังงานแสงอาทิตย์ และเชื้อเพลิง" [online]. เข้าถึงได้จาก http://ranong.doae.go.th/sun_Tuaob.htm (15 September 2007)

ชมพู่ ยิ้มโต. 2550. การถนอมอาหาร. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 216 หน้า

เตาอบแห้งพลังงานผสมแสงอาทิตย์-ก๊าซหุงต้ม [online]. เข้าถึงได้จาก http://www.108engine.com.htm (9 September 2007)

สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ "มารู้จักกับเซลล์แสงอาทิตย์" รอบรู้เรื่องเซลล์แสงอาทิตย์. 2549. อุตสาหกรรมอาหารทะเลตากแห้ง (กุ้งและปลาหมึกแห้ง) [online]. เข้าถึงได้จาก http://www.nbtc.ac.th/sme/Details/InvestmentExamples/I092.doc

อุตสาหกรรมอาหารทะเลตากแห้ง (กุ้งและปลาหมึกแห้ง) [online]. เข้าถึงได้จาก http://www.nbtc.ac.th/sme/Details/InvestmentExamples/I092.doc (15 September 2007)

Bather, F.A. (1888). "Shell-growth in Cephalopoda (Siphonopoda)". Annals and Magazine of Natural History 6 (1): 298–310

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

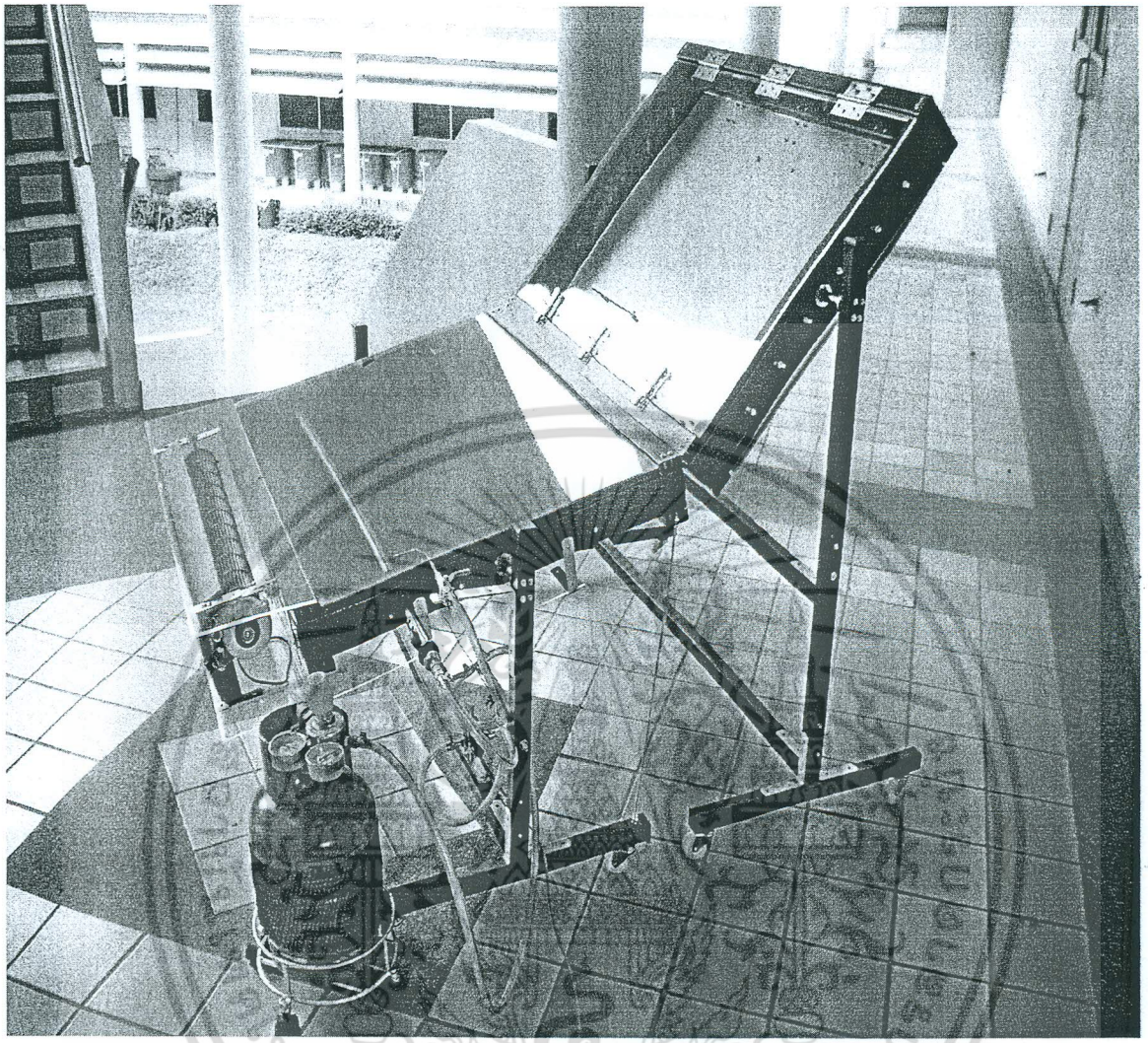
ภาคผนวก ก.

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

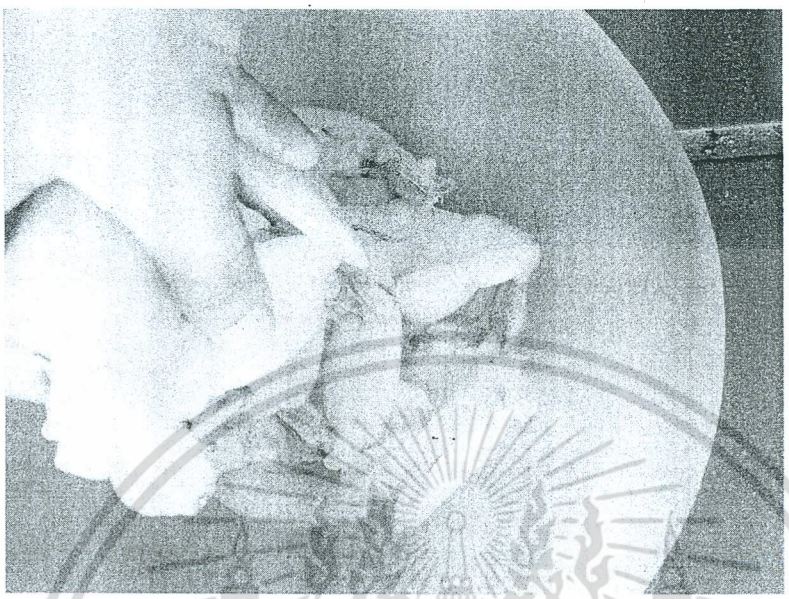
ภาพที่ ก-1 ภาพร่างเตาแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

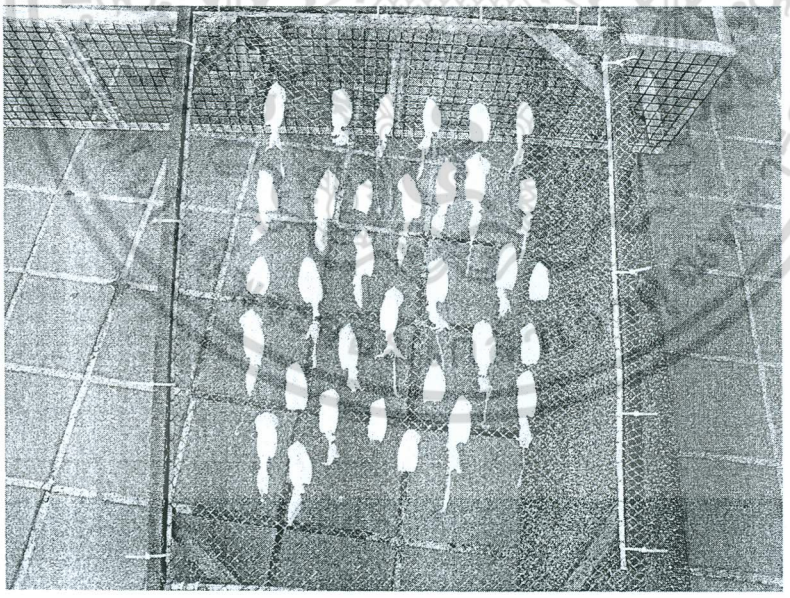


ภาพที่ ก-2 ลักษณะเตาแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

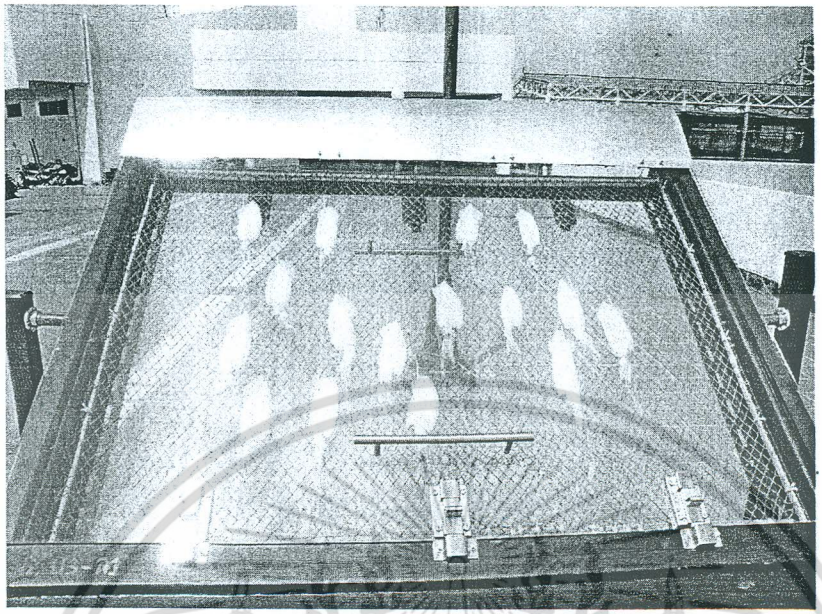


ภาพที่ ก-3 แสดงการแช่ปลาหมึกในน้ำเกลือ

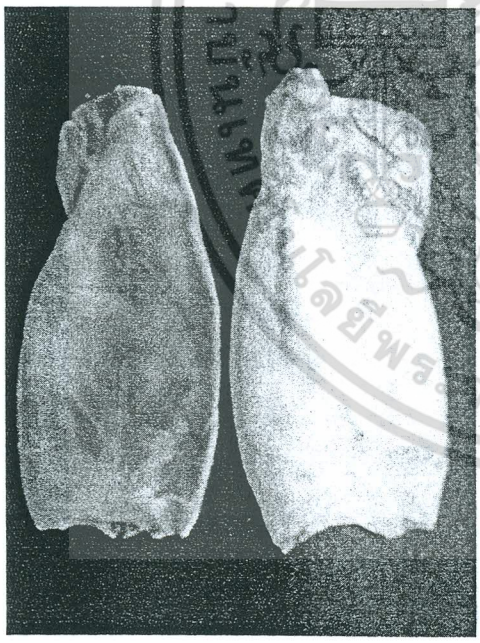


ภาพที่ ก-4 แสดงการตากปลาหมึกโดยใช้แสงอาทิตย์

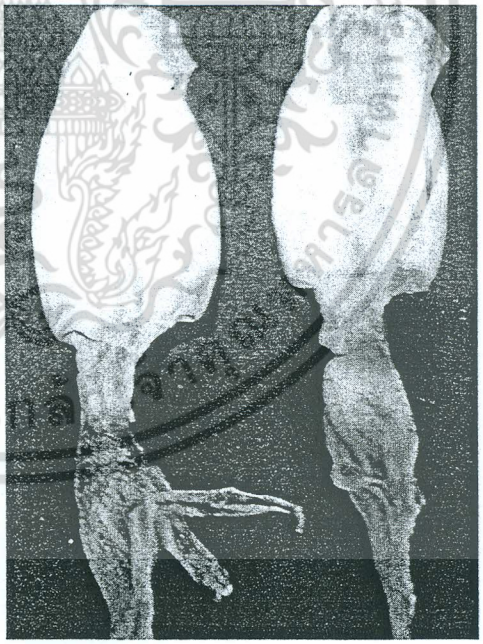
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก-5 แสดงการตากปลาหมึกด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบชดเชยพลังงานด้วยก๊าซแอลพีจี



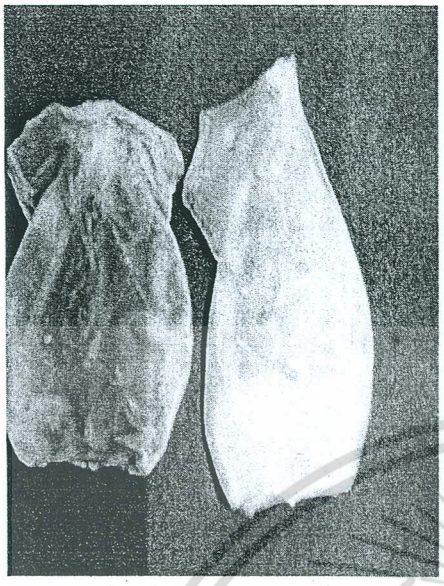
(ก) เตาพลังงานแสงอาทิตย์



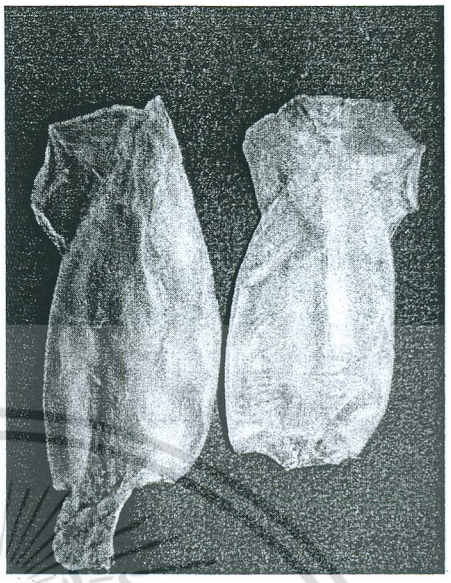
(ข) แสงอาทิตย์

ภาพที่ ก-6 แสดง (ก) ปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์อุณหภูมิ 45 ความเร็วลม 1.1 เมตรต่อวินาที (ข) ปลาหมึกที่ตากด้วยแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

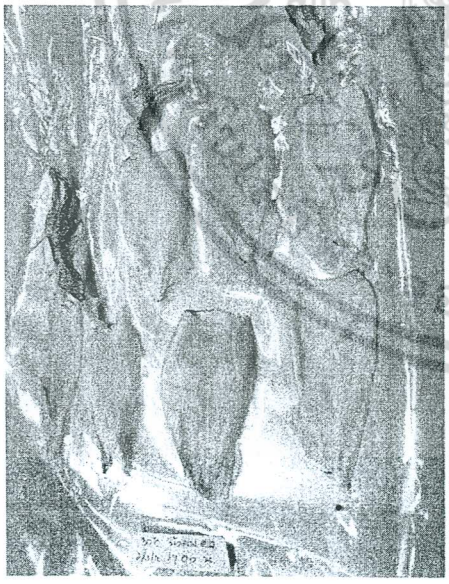


(ก) เตาพลังงานแสงอาทิตย์



(ข) แสงอาทิตย์

ภาพที่ ก-7 แสดง (ก) ปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์อุณหภูมิ 45 ความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที (ข) ปลาหมึกที่ตากด้วยแสงอาทิตย์

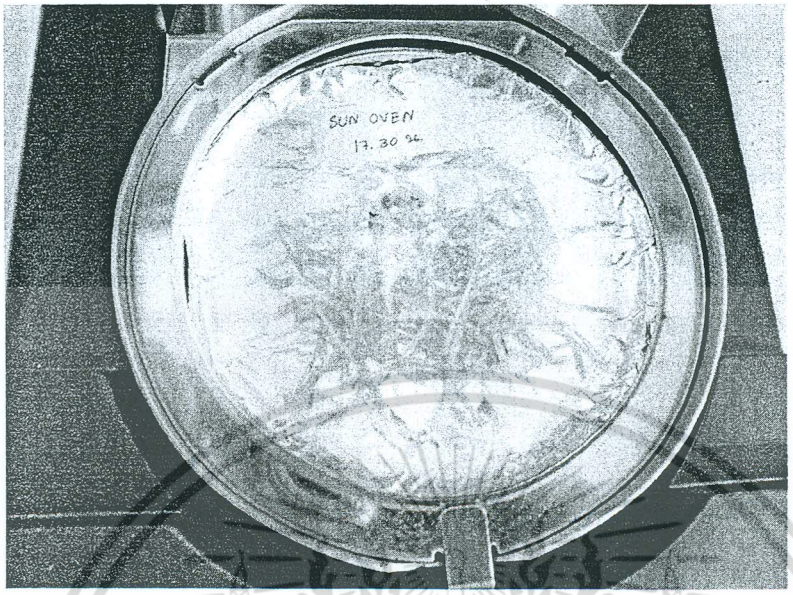


(ก) เตาพลังงานแสงอาทิตย์

(ข) แสงอาทิตย์

ภาพที่ ก-8 แสดง (ก) ปลาหมึกที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์อุณหภูมิ 50 ความเร็วลม 2.2 เมตรต่อวินาที (ข) ปลาหมึกที่ตากด้วยแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก-9 แสดงปลาหมึกแห้งที่ผ่านการหาความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข -1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติเกี่ยวกับค่า ร้อยละ moisture content ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ ด้วยวิธี ANOVA

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
MC9	Between Groups	.000	3	.000	.000	1.000
	Within Groups	1.767	4	.442		
	Total	1.767	7			
MC11	Between Groups	48.567	3	16.189	23.284	.005
	Within Groups	2.781	4	.695		
	Total	51.348	7			
MC13	Between Groups	82.943	3	27.648	46.271	.001
	Within Groups	2.390	4	.598		
	Total	85.334	7			
MC15	Between Groups	465.941	3	155.314	343.282	.000
	Within Groups	1.810	4	.452		
	Total	467.751	7			
MC17	Between Groups	74.805	3	24.935	46.848	.001
	Within Groups	2.129	4	.532		
	Total	76.934	7			

ตารางที่ ข - 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนค่า ร้อยละ moisture content ด้วยวิธี Duncan's new multiple range tes

MC11

Duncan[a]

TRT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	2	71.6100		
3	2		74.9550	
1	2			77.4450
2	2			77.7550
Sig.		1.000	1.000	.729

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC13

Duncan[a]

TRT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	2	67.8250		
3	2		70.8950	
2	2			75.1300
1	2			75.6900
Sig.		1.000	1.000	.509

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

MC15

Duncan[a]

TRT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	2	38.9150		
2	2		55.3550	
1	2		56.2850	56.2850
3	2			57.6700
Sig.		1.000	.239	.109

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

MC17

Duncan[a]

TRT	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4	2	21.6700	
2	2		27.7200
1	2		28.7900
3	2		29.3100
Sig.		1.000	.099

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข -3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติเกี่ยวกับค่า ร้อยละ moisture content ของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งที่ตากด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ และตากด้วยแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลาต่างๆ ด้วยวิธี ANOVA

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
MC9	Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
	Within Groups	.884	2	.442		
	Total	.884	3			
MC11	Between Groups	72.505	1	72.505	219.297	.005
	Within Groups	.661	2	.331		
	Total	73.166	3			
MC13	Between Groups	34.574	1	34.574	55.900	.017
	Within Groups	1.237	2	.619		
	Total	35.811	3			
MC15	Between Groups	144.000	1	144.000	3654.822	.000
	Within Groups	.079	2	.039		
	Total	144.079	3			
MC17	Between Groups	158.634	1	158.634	339.597	.003
	Within Groups	.934	2	.467		
	Total	159.568	3			

ตารางที่ ข - 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนค่า ร้อยละ moisture content ด้วยวิธี Independent – Sample T – test

Group Statistics

	TRT	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
MC9	sun oven	2	77.4000	.66468	.47000
	sun	2	77.4000	.66468	.47000
MC11	sun oven	2	70.7650	.48790	.34500
	sun	2	79.2800	.65054	.46000
MC13	sun oven	2	68.8300	.83439	.59000
	sun	2	74.7100	.73539	.52000
MC15	sun oven	2	40.1000	.18385	.13000
	sun	2	52.1000	.21213	.15000
MC17	sun oven	2	21.4500	.94752	.67000
	sun	2	34.0450	.19092	.13500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
MC11	Equal variances assumed	4.4E+15	.000	-14.809	2	.005	-8.5150	.57500	-10.98903	-6.04097
	Equal variances not assumed			-14.809	1.855	.006	-8.5150	.57500	-11.18452	-5.84548
MC15	Equal variances assumed	1.6E+15	.000	-60.455	2	.000	-12.0000	.19849	-12.85405	-11.14595
	Equal variances not assumed			-60.455	1.960	.000	-12.0000	.19849	-12.87080	-11.12920
MC17	Equal variances assumed	5.3E+16	.000	-18.428	2	.003	-12.5950	.68347	-15.53571	-9.65429
	Equal variances not assumed			-18.428	1.081	.028	-12.5950	.68347	-19.88194	-5.30806

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
วิธีการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่า Hue angle

การหาค่า Hue angle สามารถคำนวณจากสูตรได้ ดังนี้

$H^o = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$ เมื่อ $a^* > 0$ และ $b^* \geq 0$

$H^o = 180^o + \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$ เมื่อ $a^* < 0$

$H^o = 360^o + \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$ เมื่อ $a^* > 0$ และ $b^* < 0$

โดย H^o = ค่า Hue angle

a^*และ b^* = ค่าของสีของวัตถุ

หมายเหตุ* $H^o = 0^o$ เมื่อ $a = 0$ และ $b = 0$

$H^o = 90^o$ เมื่อ $a = 0$ และ $b > 0$

$H^o = 270^o$ เมื่อ $a = 0$ และ $b < 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสือเป็นสมบัติของท่าน
โปรดช่วยกันรักษา
www.lib.kmitl.ac.th
สำนักหอสมุดกลาง โทร. 0 2739 2221

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้