

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การออกแบบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กเพื่อใช้ในครัวเรือน
The Design of the Small Solar Dryers in Housing

โดย

อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

26 ส.ค. 2552

249191

เก็บบริการ
31 ส.ค. 2552

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยบูรพา
ประจำปีงบประมาณ 2540

ประกาศคุณูปการ

โครงการวิจัยเรื่อง การออกแบบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กเพื่อใช้ในครัวเรือน เป็นโครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2540 โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีจากการช่วยเหลือหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณนางสาวกรรณา ธนาพงศธร ที่มีส่วนช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล

อุษาวดี ตันติวานุรักษ์

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือออกแบบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กเพื่อใช้ในครัวเรือนซึ่งจะเป็นแบบกล่องที่มีขนาด 0.98 เมตร \times 1.06 เมตร \times 0.38 เมตร โดยมีช่องระบายอากาศชั้น 3 ช่องซึ่งแต่ละช่องสามารถปรับขนาดความกว้างของช่องระบายอากาศชั้นได้ จากการทดสอบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กโดยใช้ผลิตภัณฑ์ประมง ได้แก่ ปลาช่อนทะเลและปลาทูมิกกกล้วย พบว่าอัตราการอบแห้งเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ประมงทั้งสองดีกว่าการตากกลางแจ้งทุกช่องระบายอากาศชั้น และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กประมาณร้อยละ 20.69 สำหรับปลาช่อนทะเลและสำหรับปลาทูมิกกกล้วยร้อยละ 10.29

สารบัญ

	หน้า
ประกาศคุณูปการ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
เหตุผลของงานวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 ทฤษฎี	
ความชื้นในวัสดุ	3
สมดุลพลังงานสำหรับกระบวนการอบแห้ง	4
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์	4
ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอบแห้ง	5
เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์	5
ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ	10

3 การดำเนินงานวิจัย

เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่ออกแบบ	13
อุปกรณ์ที่ประกอบการวิจัย	13
การเตรียมวัสดุอบแห้ง	18
การวัดอุณหภูมิและความชื้น	20
การวัดอัตราการอบแห้ง	21
การวัดรังสีอาทิตย์	21
การหาปริมาณความชื้น	21
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์	21

4 ผลการวิจัยและอภิปราย

อุณหภูมิต่าง ๆ ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ประมง ที่ขนาดช่องระบายอากาศขึ้นต่าง ๆ	23
อัตราการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ประมง	23
ระหว่างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการตากกลางแจ้ง	
ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ประมง	35
ระหว่างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการตากกลางแจ้ง	
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับ เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการตากกลางแจ้ง	36

5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลงานวิจัย	39
ข้อเสนอแนะ	40

บรรณานุกรม

41

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบ	42
--------------------------	----

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายใน เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่าง ๆ และอุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาช่อนทะเลที่ช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 1	25
2	ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายใน เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่าง ๆ และอุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาช่อนทะเลที่ช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 2	26
3	ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายใน เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่าง ๆ และอุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาช่อนทะเลที่ช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 3	27
4	ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายใน เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่าง ๆ และอุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาหมึกกล้วยที่ช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 1	28
5	ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายใน เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่าง ๆ และอุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาหมึกกล้วยที่ช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 2	29
6	ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายใน เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่าง ๆ และอุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาหมึกกล้วยที่ช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 3	30
7	อัตราการอบแห้งและลักษณะที่ได้ของปลาช่อนทะเล	31
8	อัตราการอบแห้งและลักษณะที่ได้ของปลาหมึกกล้วย	32
9	ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้งของปลาช่อนทะเลในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ และการตากกลางแจ้งที่ช่องระบายอากาศขึ้น 3 ขนาด	33

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10	ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้งของปลาช่อนทะเลในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการตากกลางแจ้งที่ช่องระบายอากาศขึ้น 3 ขนาด	34
11	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับปลาช่อนทะเลที่ขนาดช่องระบายอากาศขึ้นต่าง ๆ	37
12	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับปลาหมึกกล้วยที่ขนาดช่องระบายอากาศขึ้นต่าง ๆ	38
ก.1	ข้อมูลอัตราการอบแห้ง ประสิทธิภาพเชิงความร้อน รังสีอาทิตย์ ความเร็วลมที่ช่องระบายอากาศขึ้นต่าง ๆ ระหว่างวันที่ 11-19 กุมภาพันธ์ 2543	44
ก.2	ข้อมูลอัตราการอบแห้ง ประสิทธิภาพเชิงความร้อน รังสีอาทิตย์ ความเร็วลมที่ช่องระบายอากาศขึ้นต่าง ๆ ระหว่างวันที่ 24-28 กุมภาพันธ์ 2543 และวันที่ 4-9 มีนาคม 2543	44
ก.3	ข้อมูลอัตราการอบแห้ง ความร้อนแฝงเฉลี่ย และรังสีอาทิตย์ของการอบแห้งปลาช่อนทะเลในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ช่องระบายอากาศขึ้นขนาดต่าง ๆ	45
ก.4	ข้อมูลอัตราการอบแห้ง ความร้อนแฝงเฉลี่ย และรังสีอาทิตย์ของการอบแห้งปลาหมึกกล้วยในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ช่องระบายอากาศขึ้นขนาดต่าง ๆ	45
ก.5	ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่าง ๆ และอุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาช่อนทะเลที่ช่องระบายอากาศขึ้นขนาดต่าง ๆ	46
ก.6	ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่าง ๆ และอุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาหมึกกล้วยที่ช่องระบายอากาศขึ้นขนาดต่าง ๆ	46

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบกล่อง	6
2	เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบเดินทัพพลาสติกโพลีธินตามแบบของคูว์และคณะ	7
3	เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบกล่องตามแบบของริเวรา	7
4	กล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตามแบบของปริดา วิบูลย์สวัสดิ์และคณะ	8
5	เครื่องอบแห้งเมล็ดพืชแบบถักเก็บ	9
6	เครื่องอบแห้งประเภทชิมนีย์	10
7	ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบแบบทำความร้อน	11
8	เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ทำการออกแบบ	13
9	ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการออกแบบ	14
10	เครื่องชั่งน้ำหนัก	15
11	ไพรานอมิเตอร์	15
12	เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอัตโนมัติและเครื่องวัดความชื้นแบบอัตโนมัติ	16
13	โซลาร์ อินทิเกรเตอร์	16
14	เครื่องวัดความเร็วลมแบบดิจิตอล	17
15	เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น	17
16	การเรียงปลาช่อนทะเลสำหรับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์	18
17	การเรียงปลาช่อนทะเลสำหรับตากกลางแจ้ง	19
18	การเรียงปลาหมึกกล้วยสำหรับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์	19
19	การเรียงปลาหมึกกล้วยสำหรับตากกลางแจ้ง	20
20	การวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ	20
21	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ ของปลาช่อนทะเล โดยมีช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 1...ในวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2543	25
22	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ ของปลาช่อนทะเล โดยมีช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 2 ในวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2543	26
23	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ ของปลาช่อนทะเล โดยมีช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 3 ในวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2543	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
24	28
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ ของปลาหมึกกล้วย	
โดยมีช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 1 ในวันที่ 4 มีนาคม 2543	
25	29
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ ของปลาหมึกกล้วย	
โดยมีช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 2 ในวันที่ 8 มีนาคม 2543	
26	30
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ ของปลาหมึกกล้วย	
โดยมีช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 1 ในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2543	
38	38
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับ	
ปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยที่ขนาดช่องระบายอากาศขึ้นต่าง ๆ	

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ผลิตภัณฑ์ประมงชนิดอบแห้งได้เข้ามามีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก ดังนั้นงานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ประมงที่มีคุณภาพเพื่อการส่งออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอบแห้งผลิตภัณฑ์ประมงด้วยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม จากงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบมีตัวสะสมพลังงาน ปีพ.ศ.2539 และการอบแห้งผลิตภัณฑ์ประมงในจังหวัดชลบุรีปีพ.ศ. 2538 นั้น ทำให้เห็นว่าประชากรที่ประกอบอาชีพประมงส่วนใหญ่จำเป็นต้องหาวิธีที่เหมาะสมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ประมงที่นำมาทำการอบแห้งจำหน่ายให้ได้ราคามากที่สุด และต้องมีคุณภาพสูงจะสามารถส่งออกต่างประเทศได้ ถ้าจำหน่ายไม่หมดควรหาวิธีที่ง่ายในการอบแห้ง แล้วเก็บรักษาไว้ใช้ในครัวเรือนได้และรวมทั้งอาจจะเป็นวิธีที่ดีกว่าการเก็บรักษาในตู้เย็นเพราะผลิตภัณฑ์ประมงบางชนิดไม่สามารถเก็บรักษาในตู้เย็นได้เนื่องจากมีกลิ่น

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จะทำการออกแบบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กเพื่อใช้ในครัวเรือนให้สามารถนำมาปรับปรุงใช้ได้และหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กซึ่งอาจเป็นทางออกที่ดีสำหรับการควบคุมคุณภาพและ สุขลักษณะของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งยังเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานจากน้ำมันด้วย

เหตุผลของงานวิจัย

- (1) ต้องการเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่ใช้ประโยชน์ได้จริงในครัวเรือน
- (2) ต้องการประหยัดเวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ประมงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
- (3) ยังไม่มีผู้ศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ประมงในครัวเรือน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- (1) เปรียบเทียบความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ทำการอบแห้งผลิตภัณฑ์ประมงโดยใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่ออกแบบโดยปรับช่องระบายอากาศขึ้นได้ 3 ขนาด
- (2) เปรียบเทียบอัตราการอบแห้งและเวลาในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ประมงที่ได้จากเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่ออกแบบกับการตากกลางแจ้ง
- (3) ทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่ออกแบบ
- (4) เพื่อเป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทน และช่วยประหยัดพลังงานจากแหล่งอื่น

ขอบเขตของงานวิจัย

- (1) ออกแบบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก โดยให้ปรับช่องระบายอากาศขึ้นได้สามขนาด
- (2) ผลผลิตกัมมันต์ประมงที่ใช้ในการทดสอบการอบแห้งจะใช้ปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วย
- (3) ศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการอบแห้งของผลผลิตกัมมันต์ประมงแต่ละชนิดที่ช่องระบายอากาศขึ้นได้สามขนาด
- (4) ศึกษาและเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นของผลผลิตกัมมันต์ประมงแต่ละชนิดที่ช่องระบายอากาศขึ้นได้สามขนาด
- (5) หาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับผลผลิตกัมมันต์ประมงแต่ละชนิดที่ช่องระบายอากาศขึ้นได้สามขนาด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- (1) เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้เป็นประโยชน์ในการที่จะนำไปประยุกต์กับการใช้งานจริง
 - (2) เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มาใช้ในครัวเรือนและ
 - (3) เพื่อเป็นแนวทางในการนำมาประยุกต์กับการอบแห้งผลผลิตกัมมันต์ประมงแต่ละชนิดในครัวเรือน
-

บทที่ 2

ทฤษฎี

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้นซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยโดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ในที่นี้จะกล่าวถึงการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารเท่านั้น จะไม่ใช้วัสดุที่สามารถทำให้แห้งจนมีค่าความชื้นเป็นศูนย์ได้ (non - hygroscopic materials) ได้แก่ ทรายและผ้า แต่เป็นวัสดุที่ไม่สามารถทำให้แห้งจนมีค่าความชื้นเป็นศูนย์ได้โดยมีความชื้นจำนวนหนึ่งแฝงอยู่ (hygroscopic materials) ได้แก่ ผัก ผลไม้และเนื้อสัตว์ต่าง ๆ

ความชื้นในวัสดุ

ความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารและเมล็ดพืชมีทั้งความชื้นที่เกาะติดที่ผิวของวัสดุ (unbound moisture) ซึ่งสามารถไล่ความชื้นนี้ออกไปได้หมดโดยการให้ความร้อน ความชื้นอาจเกาะติดอยู่ภายในผนังด้านในท่อเล็ก (capillaries) ที่อยู่ภายในเนื้อวัสดุ (bound moisture) ซึ่งไม่สามารถไล่ความชื้นภายในวัสดุนี้ได้หมดปริมาณความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้ 2 แบบดังนี้

(1) ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis) คืออัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในวัสดุต่อน้ำหนักวัสดุชื้น เมื่อคูณด้วย 100 จะมีค่าเป็นร้อยละดังนี้

$$M_w = \frac{(w - d)}{w} * 100 \quad (1)$$

โดยที่ M_w แทนความชื้นมาตรฐานเปียก, ร้อยละ

w แทนน้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุชื้น, กิโลกรัม

d แทนน้ำหนักของวัสดุแห้ง, กิโลกรัม

การแสดงความชื้นแบบนี้นิยมใช้ในทางการค้า

(2) ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) คืออัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในวัสดุต่อน้ำหนักวัสดุแห้ง อาจหาค่าเป็นร้อยละดังนี้

$$M_d = \frac{(w - d)}{d} * 100 \quad (2)$$

โดยที่ M_d แทนความชื้นมาตรฐานแห้ง, ร้อยละ

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎีเนื่องจากสะดวกต่อการคำนวณ เพราะมวลของวัสดุจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างทำการทดสอบ

สมดุลพลังงานสำหรับกระบวนการอบแห้ง

สมดุลพลังงาน (energy balance) สำหรับกระบวนการอบแห้ง โดยสมมติว่าพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำจากผิววัสดุเท่ากับพลังงานความร้อนของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$m_w h_{fg} = m_a c_a (T_i - T_f) \quad (3)$$

โดยที่	m_w	แทนมวลของน้ำที่ระเหย, กิโลกรัม
	h_{fg}	แทนความร้อนแฝงของการระเหยน้ำในวัสดุ, จูลต่อกิโลกรัม
	m_a	แทนมวลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง, กิโลกรัม
	c_a	แทนความจุความร้อนของอากาศที่ความดันคงที่, จูลต่อกิโลกรัม-องศาเซลเซียส
	T_i	แทนอุณหภูมิของอากาศก่อนอบแห้งวัสดุ, องศาเซลเซียส
	T_f	แทนอุณหภูมิของอากาศหลังอบแห้งวัสดุ, องศาเซลเซียส

จากสมการที่ (3) จะสามารถหาค่ามวลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้งได้ทำให้สามารถหาค่าปริมาตรของอากาศที่จะใช้อบและถ้ารู้ว่าวัสดุจะแห้งภายในกี่วันและในแต่ละวันใช้เวลาอบกี่ชั่วโมง จะสามารถหาอัตราการไหลของอากาศที่ใช้อบได้

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

โดยทั่ว ๆ ไปสามารถหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ได้ เมื่อทราบปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุอบแห้งทั้งหมดและทราบค่าปริมาณความร้อนของอากาศอบแห้งซึ่งมีค่าลดลง นั่นคือประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะมีค่าเท่ากับอัตราส่วนของน้ำหนักน้ำที่ระเหยและความร้อนแฝงต่อปริมาณความร้อนจากอากาศอบแห้ง กรณีเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ซึ่งอากาศได้รับพลังงานความร้อนจากตัวรับแสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\eta = \frac{m \cdot h_{fg}}{A \cdot I_T} \times 100 \quad (5)$$

โดยที่	η	แทนประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์, ร้อยละ
	m	แทนอัตราการอบแห้งต่อวัน, กิโลกรัมต่อวัน
	h_{fg}	แทนความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ, กิโลจูลต่อกิโลกรัม
	A	แทนพื้นที่รับรังสีอาทิตย์ของเครื่องอบแห้ง, ตารางเมตร
	I_T	แทนค่ารังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นราบ, เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอบแห้ง

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอบแห้งมีหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศภายในตู้อบแห้ง ความเร็วลม รังสีอาทิตย์และคุณสมบัติของวัสดุที่จะอบแห้ง โดยพิจารณา แต่ละปัจจัยดังนี้

(1) อุณหภูมิ เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิของอากาศภายในสูงและต่างจากอุณหภูมิของวัสดุอบแห้งมาก การอบแห้งจะเร็ว

(2) ความชื้น ถ้าอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีปริมาณความชื้นน้อยการอบแห้งจะเร็วกว่าเมื่ออากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีความชื้นมาก

(3) ความเร็วลม กระแสลมบริเวณทางระบายอากาศขึ้นจากเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ยังมีความเร็วมากเท่าใด อากาศชื้นที่มีอยู่ภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์จะผ่านออกจากเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ได้เร็วเท่านั้นและการอบแห้งจะเร็ว

(4) รังสีอาทิตย์ ถ้าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์มีค่ามาก การอบแห้งจะเร็วมาก ถ้าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าต่ำ เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ควรมีพื้นที่ของตัวรับรังสีอาทิตย์มาก

(5) คุณสมบัติของวัสดุที่จะอบแห้ง ถ้าวัสดุที่จะอบแห้งมีขนาดเล็กและบาง การอบแห้งจะเร็วกว่าเมื่อมีขนาดใหญ่และหนา

เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีมานานแล้วและยังเป็นที่นิยมในปัจจุบันกล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและทางการประมงส่วนใหญ่ถูกทำให้แห้งโดยวิธีการตากกลางแจ้ง เวลาที่ใช้สำหรับการตากแห้งขึ้นอยู่กับชนิด ความชื้นของผลิตภัณฑ์ ความหนาของชั้นตากแห้งและสภาวะอากาศ

ถึงแม้ว่าการตากแห้งจะได้ผลดีแต่ในบางครั้งชาวประมงประสบปัญหาผลิตภัณฑ์เปื่อยขึ้นและไม่สามารถทำให้ทันเวลา ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย เช่น มีเชื้อรา เกิดหนอนและมีสารพิษเกินมาตรฐาน เป็นต้น ปัญหาผลิตภัณฑ์เปื่อยขึ้นมักเกิดในฤดูฝน ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานทดแทน สะอาดปราศจากมลภาวะแต่การเก็บเกี่ยวพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้นั้นต้องมีการลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ โดยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบ่งตามการไหลของกระแสอากาศได้ 2 แบบ ดังนี้

(1) เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบบังคับ (force convection solar dryer) เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดนี้จะใช้พัดลมเป็นตัวขับอากาศให้ไหลภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

(2) เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบธรรมชาติ (free convection solar dryer) เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดนี้อาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้ง ทำให้เกิดการหมุนเวียนเพื่อช่วยถ่ายเทความชื้นซึ่งเหมาะกับ การอบแห้งขนาดเล็กที่ต้องการลงทุนต่ำ

เมื่อมองตามลักษณะการรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ของผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้ง ประกอบกับลักษณะการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบซอล (Bansal) และการจ (Garg) (1) ได้รวบรวมเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีการสร้างขึ้นมาและเสนอว่าควรแบ่งประเภทดังนี้

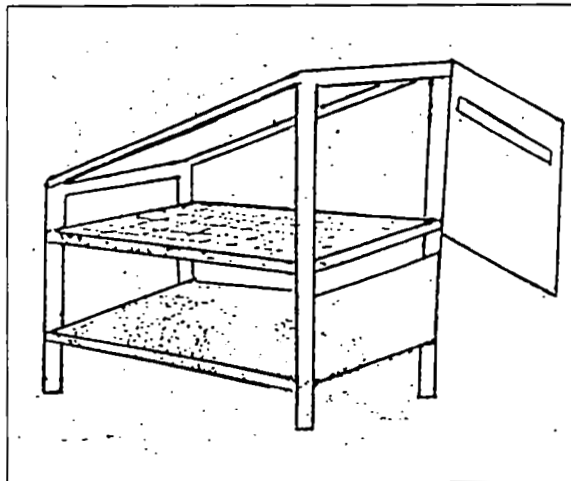
(1) เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง (direct mode solar dryers) เครื่องอบแห้งประเภทนี้จะใช้วัสดุใสทำเป็นหลังคา รังสีอาทิตย์จะทะลุผ่านหลังคาไปยังวัสดุโดยตรง การระเหยน้ำออกจาก

ตัววัสดุเกิดขึ้นเพราะความร้อน ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดนี้ ได้มีผู้นำมาศึกษาและประยุกต์อย่างกว้างขวางดังนี้

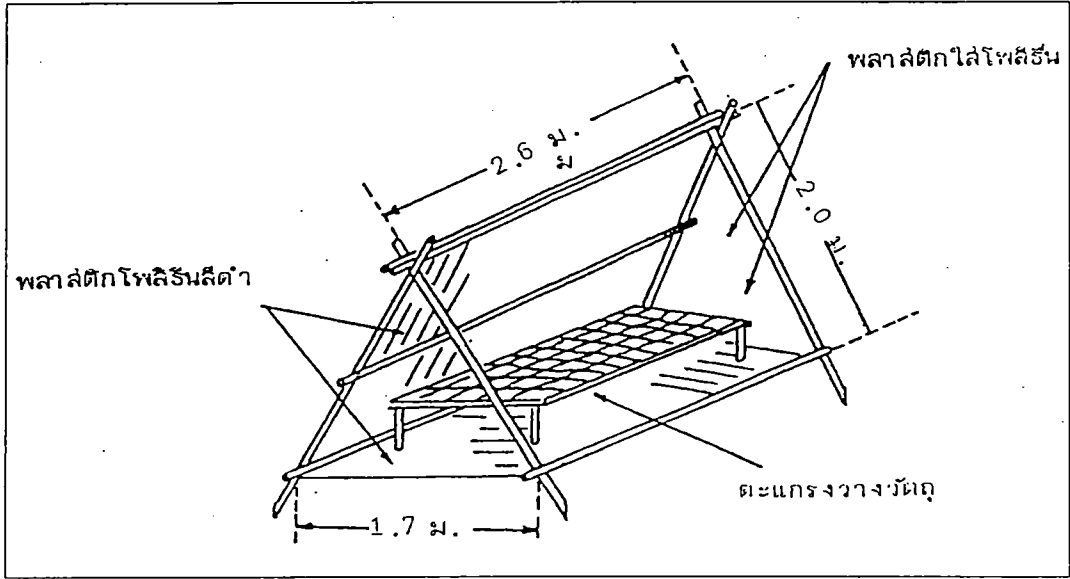
คูว์และคณะ (Doc et al) (2) ได้ทดลองอบแห้งผลิตภัณฑ์ปลาโดยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบเต็นท์พลาสติกโพลีเอทิลีน (polythene tent dryer) ที่มีพื้นที่ด้านหน้าขนาด 2.0×2.6 ตารางเมตร ปิดด้วยพลาสติกโพลีเอทิลีน (polythene) ความหนา 150 ไมโครเมตร ด้านหลังและพื้นที่ตอนล่างทำด้วยพลาสติกโพลีเอทิลีนสีดำ เมื่อทำการติดตั้งจะให้ด้านหน้าของเครื่องอบแห้งหันไปทางทิศใต้ อากาศภายในเครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิสูงสุด 48 องศาเซลเซียส ขณะที่อากาศภายนอกเครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิสูงสุด 27 องศาเซลเซียส เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์นี้สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ปลามีปริมาณความชื้นตามต้องการโดยใช้เวลา 3 วันและผลิตภัณฑ์ที่ได้ปราศจากการรบกวนของแมลงต่าง ๆ ส่วนการตากกลางแจ้งนั้นจะต้องใช้เวลาตาก 4 วันและได้รับความเสียหายจากการรบกวนของแมลงอีกด้วย ลักษณะของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบเต็นท์พลาสติกโพลีเอทิลีนแสดงดังภาพที่ 2

ริเวรา (Rivera) (3) ได้ทดลองอบแห้งปลาหมึกกล้วย Loligo opalescens โดยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบเต็นท์พลาสติกโพลีเอทิลีนที่ออกแบบโดยคูว์และคณะและเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบกล่องแสดงดังภาพที่ 3 พบว่าอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองมีอุณหภูมิสูงสุดเป็น 47 และ 48 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ต้องใช้เวลาการอบแห้ง 18 ชั่วโมงเท่ากัน เพื่อลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เป็นร้อยละ 35 ในขณะที่อากาศภายนอกตู้อบแห้งมีอุณหภูมิสูงสุด 37 องศาเซลเซียสและต้องใช้เวลาในการอบแห้งดังกล่าว 22 ชั่วโมง

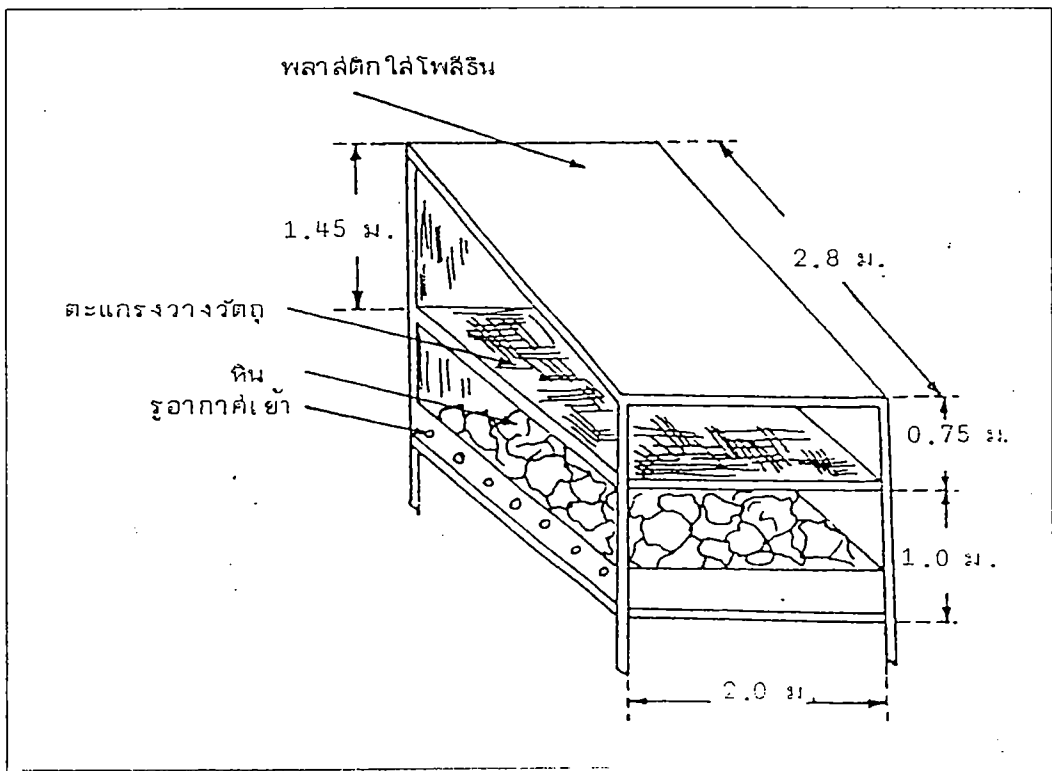
ปริดา วิบูลย์สวัสดิ์และคณะ (4) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะของกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พบว่ากล่องไม้หนา 10 มิลลิเมตร ภายนอกบุด้วยโฟมหนา 25 มิลลิเมตร ผงนึ่งและพื้นกล่องทาสีดำ ด้านบนปิดด้วยกระจกใสหนา 2 มิลลิเมตรมีมุมกระจกเอียง 18 องศา และพื้นที่ช่องระบายอากาศขนาดร้อยละ 13 ของพื้นที่รับแสงจะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดถึงร้อยละ 64 ลักษณะของกล่องอบแห้งแสดงดังภาพที่ 4



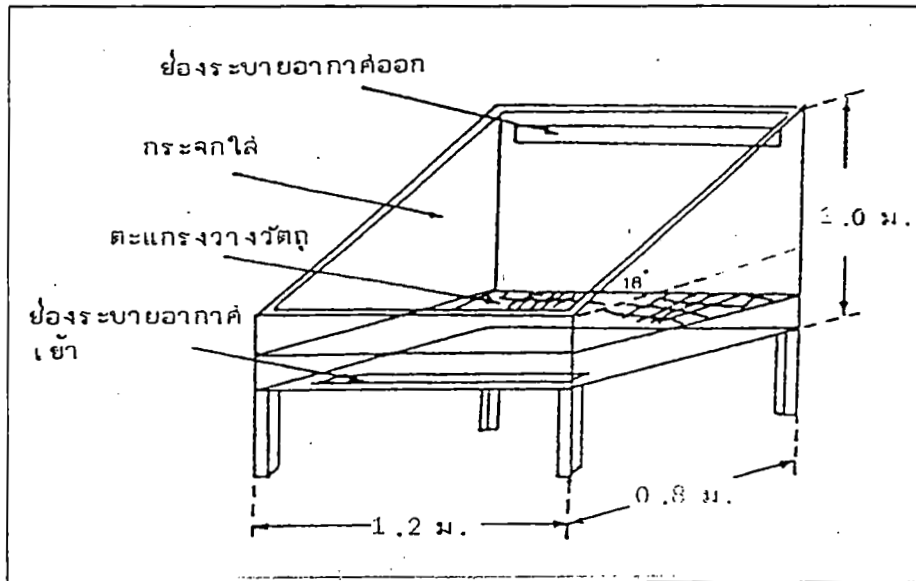
ภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบกล่อง (1)



ภาพที่ 2 ลักษณะของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบเดินที่พลาสติกโพลีเอทิลีนตามแบบของคูว์และคณะ (2)



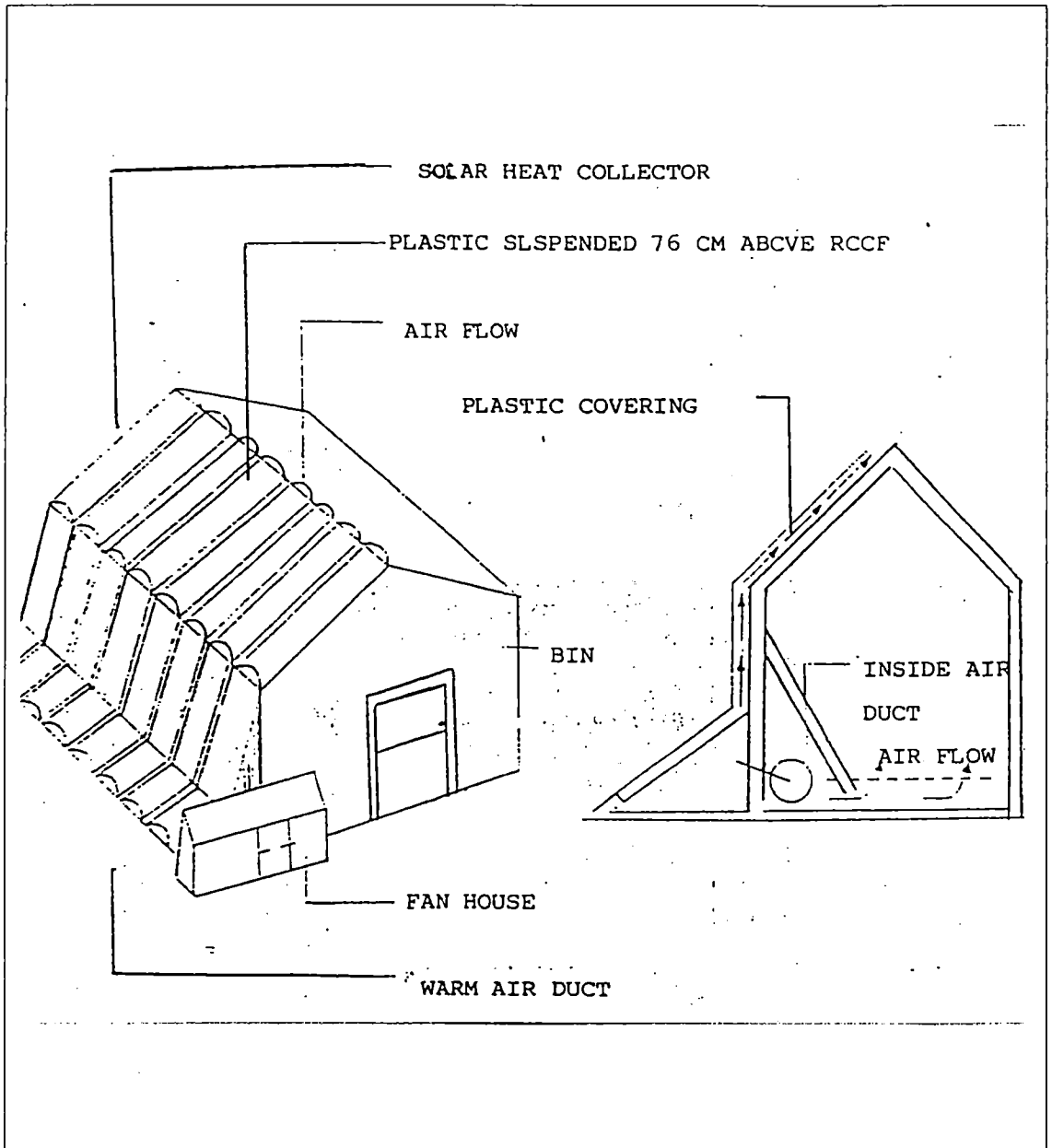
ภาพที่ 3 ลักษณะของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบกล่องตามแบบของริเวรา (3)



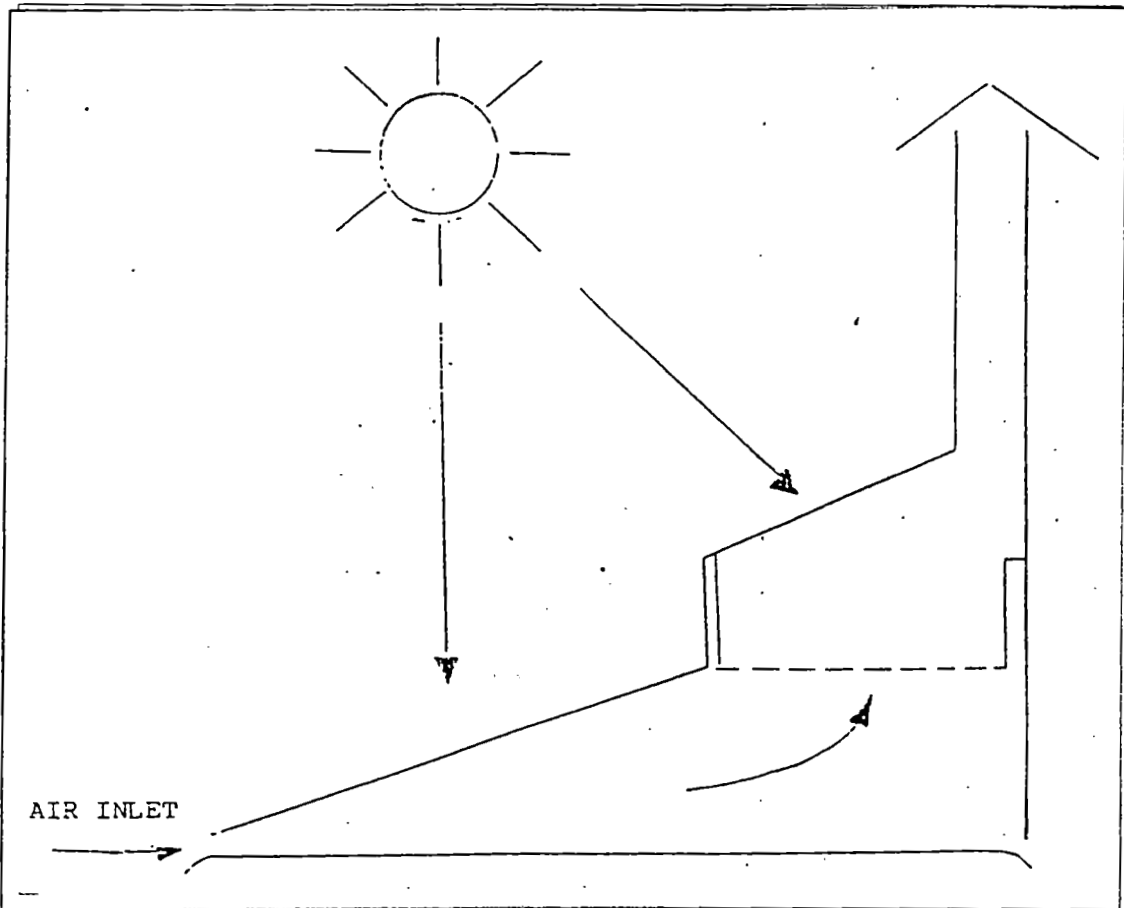
ภาพที่ 4 กล้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตามแบบของปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์และคณะ (4)

(2) เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (indirect mode solar dryers) เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ประเภทนี้ประกอบด้วยตัวทำอากาศร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ (solar air heater) พัดลม เครื่องเป่าลม (blower) และห้องอบแห้ง (drying chamber) รังสีอาทิตย์จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนโดยตัวทำอากาศร้อนแล้วจึงส่งไปยังวัสดุโดยมีอากาศเป็นตัวกลาง ดังภาพที่ 5

(3) เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม (mixed mode solar dryers) เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ประเภทนี้เกิดจากการพัฒนาเอาแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงและทางอ้อมมารวมกัน วัสดุจะได้รับความร้อน 2 ส่วนคือ ความร้อนจากการถูกแสงอาทิตย์โดยตรงและจากอากาศร้อนที่มาจากตัวทำอากาศร้อน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 เครื่องอบแห้งเมล็ดพืชแบบถังเก็บ (1)



ภาพที่ 6 เครื่องอบแห้งประเภทขิมนีย์ (1)

ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ

ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันมากเมื่อเทียบกับตัวรับรังสีแบบอื่น ๆ วิธีการออกแบบตัวรับรังสีและวิธีการคำนวณหาขนาดของพื้นที่ตัวรับรังสีที่ต้องการใช้ในงานอบแห้ง ผู้ที่สนใจรายละเอียดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางทฤษฎีของตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบมีหลายแบบแสดงดังภาพที่ 7 ตัวรับรังสีดังภาพที่ 7 (ก) เป็นตัวรับรังสีแบบมีกระจกใสปิดและเป็นที่นิยมใช้เมื่อเทียบกับตัวรับรังสีแบบอื่น ๆ อย่งไรก็ตามตัวรับรังสีดังภาพที่ 7 (ก) อาจเป็นที่น่าสนใจเพราะมีราคาถูกที่สุด

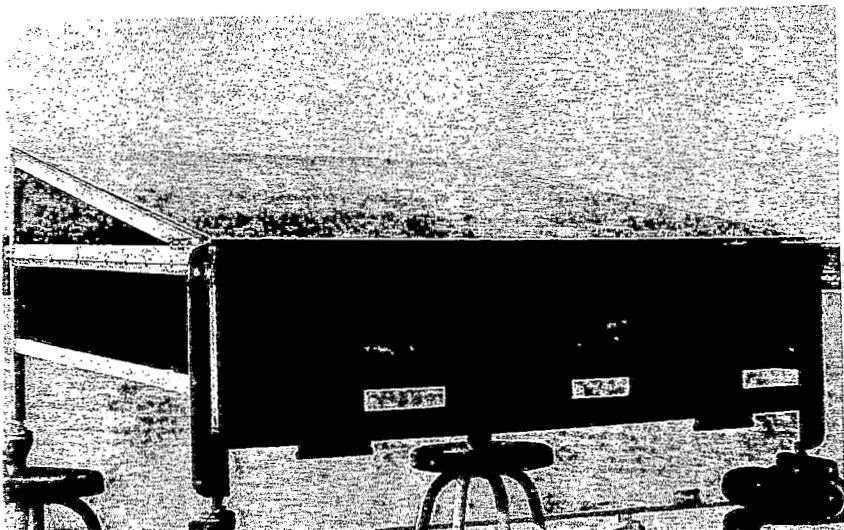
บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการทดลองได้แบ่งเป็น 3 ส่วนคือส่วนแรกเป็นการทดลองโดยเปิดช่องระบายอากาศเข้าให้กว้างที่สุดซึ่งมีขนาดเฉลี่ย 11.6 เซนติเมตร ส่วนที่สองคือลดขนาดช่องระบายอากาศเข้าให้กว้างเฉลี่ย 7.73 เซนติเมตรหรือประมาณ 2 ใน 3 ส่วนของขนาดช่องระบายอากาศเข้าที่กว้างที่สุดและส่วนที่สามคือลดขนาดช่องระบายอากาศเข้าให้กว้างเฉลี่ย 3.87 เซนติเมตรหรือประมาณ 1 ใน 3 ส่วนของขนาดช่องระบายอากาศเข้าที่กว้างที่สุด โดยทั้งสามส่วนจะใช้ทั้งปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยทำการทดลอง เก็บข้อมูลและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองตากกลางแจ้ง

เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่ออกแบบ

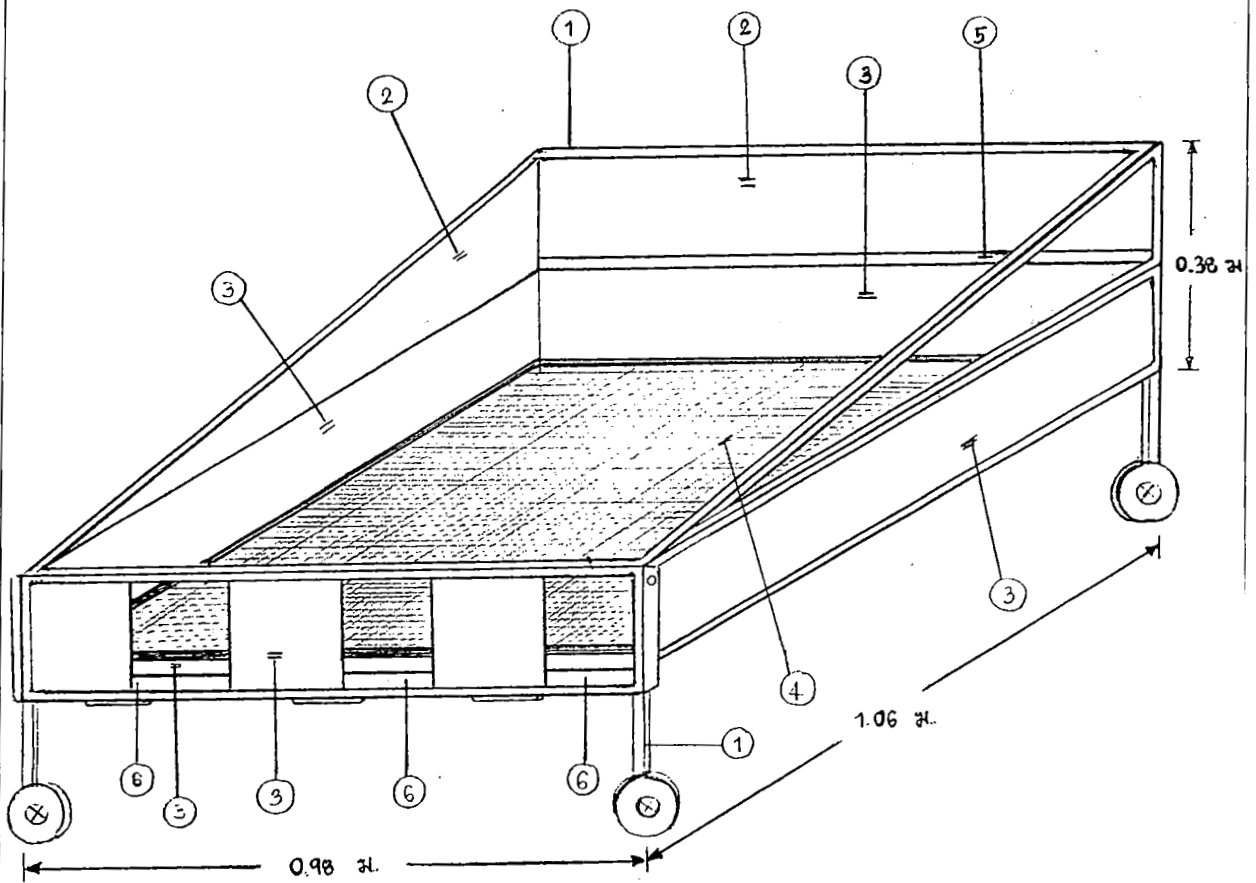
เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่ออกแบบเป็นเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบกล่องซึ่งมีการไหลเวียนตามธรรมชาติมีลักษณะตามภาพที่ 8 และส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองดังภาพที่ 9 ซึ่งมีโครงสร้างของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์เป็นเหล็กฉากหนา 0.3 เซนติเมตร ปิดติดกันโดยการเชื่อมของแก๊สแผ่นกระจกใสหนา 0.5 เซนติเมตร แผ่นกระจกใสที่ปิดด้านบนมีขนาด 97.2×107.5 เซนติเมตร กระจกใสที่ปิดด้านข้างภาพสามเหลี่ยมมุมฉาก 2 ด้านมีฐานยาว 105.5 เซนติเมตร สูง 20.5 เซนติเมตร กระจกใสที่ปิดด้านข้าง 2 ด้านทางผิวด้านในสี่ด้านมีขนาด 14.5×105.5 เซนติเมตร กระจกใสด้านหลังทางผิวด้านในสี่ด้านมีขนาด 14.5×98.2 เซนติเมตร กระจกใสด้านหลังมีขนาด 17.0×98.2 เซนติเมตร กระจกใสด้านล่างทางผิวด้านในสี่ด้านตลอดแผ่นมีขนาด 98.2×106.0 เซนติเมตร แผ่นตะแกรงอลูมิเนียมรองรับวัสดุอบแห้ง ขนาด 96.0×98.0 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น สำหรับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการตากกลางแจ้ง ช่องระบายอากาศขึ้นทางออกเจาะด้านหลังเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ต่ำกว่าขอบบน ประมาณ 17.5 เซนติเมตร กว้าง 1.2 เซนติเมตร ช่องระบายอากาศขึ้นทางเข้ามี 3 ช่อง ช่องที่ 1 มีขนาด 19.8×12.6 เซนติเมตร ช่องที่ 2 มีขนาด 19.8×9.8 เซนติเมตรและช่องที่ 3 มีขนาด 19.8×12.4 เซนติเมตร



ภาพที่ 8 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง

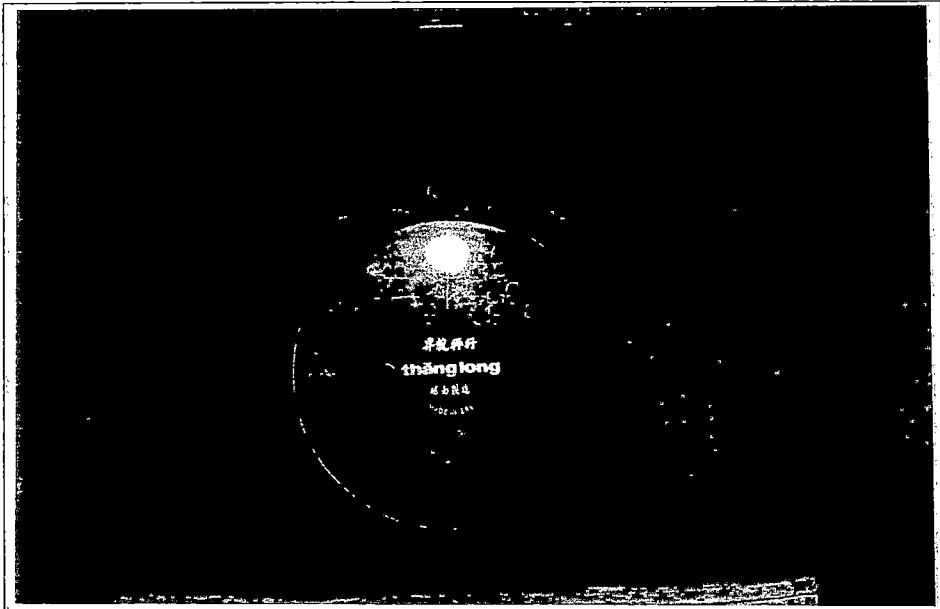
- | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1. เหล็กฉาก | 4. แผ่นตะแกรงอลูมิเนียมสำหรับวางวัสดุ |
| 2. กระจกใส | 5. ช่องระบายอากาศชั้นทางออก |
| 3. กระจกใสทากาวติดกันในสี่ด้าน | 6. ช่องระบายอากาศชั้นทางเข้า |



ภาพที่ 9 ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง

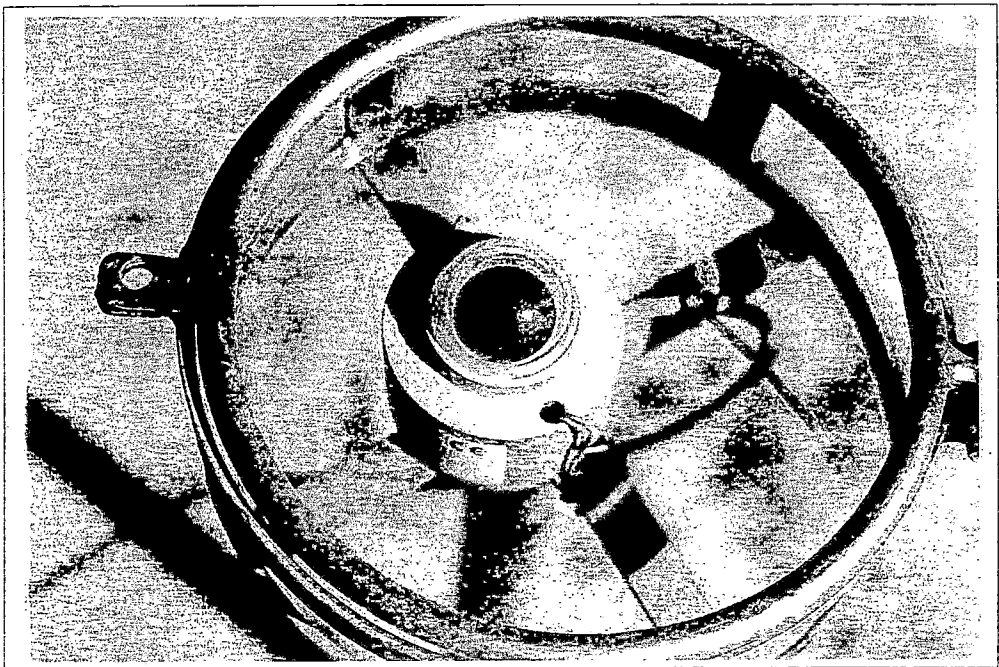
อุปกรณ์ที่ประกอบการวิจัย

- (1) เครื่องชั่งน้ำหนักชั่งได้สูงสุด 5 กิโลกรัมสำหรับชั่งวัสดุอบแห้งแสดงดังภาพที่ 10



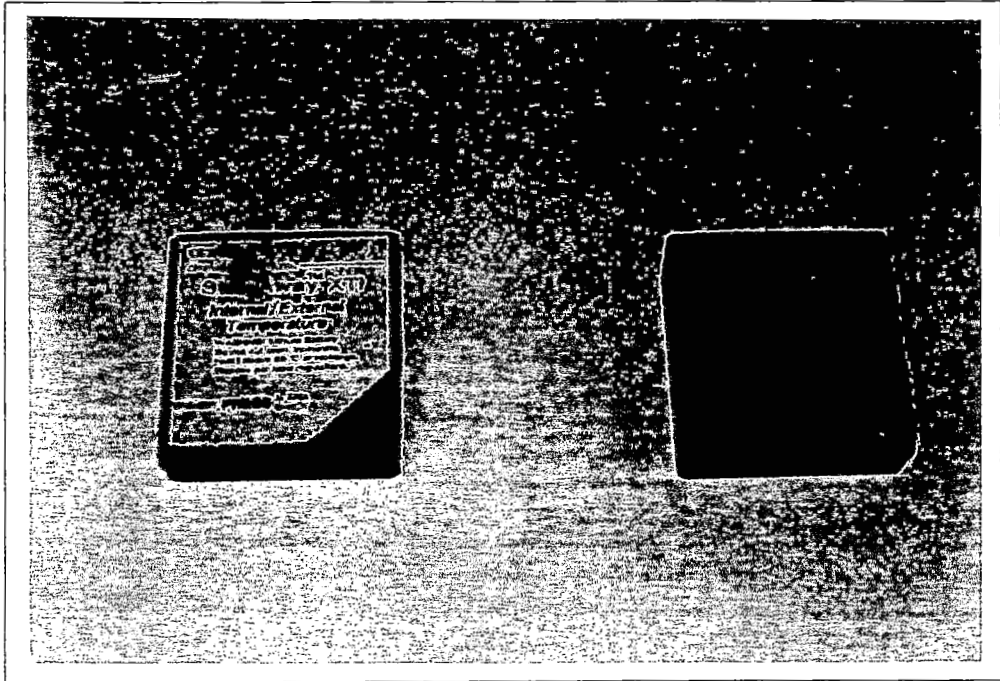
ภาพที่ 10 เครื่องชั่งน้ำหนัก

- (2) ไพรานอมิเตอร์เป็นเครื่องวัดความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ของบริษัทลิปปีและโซแนน ที่ติดตั้งไว้บนหลังคาตึกฟิสิกส์ใช้วัดรังสีอาทิตย์แสดงดังภาพที่ 11



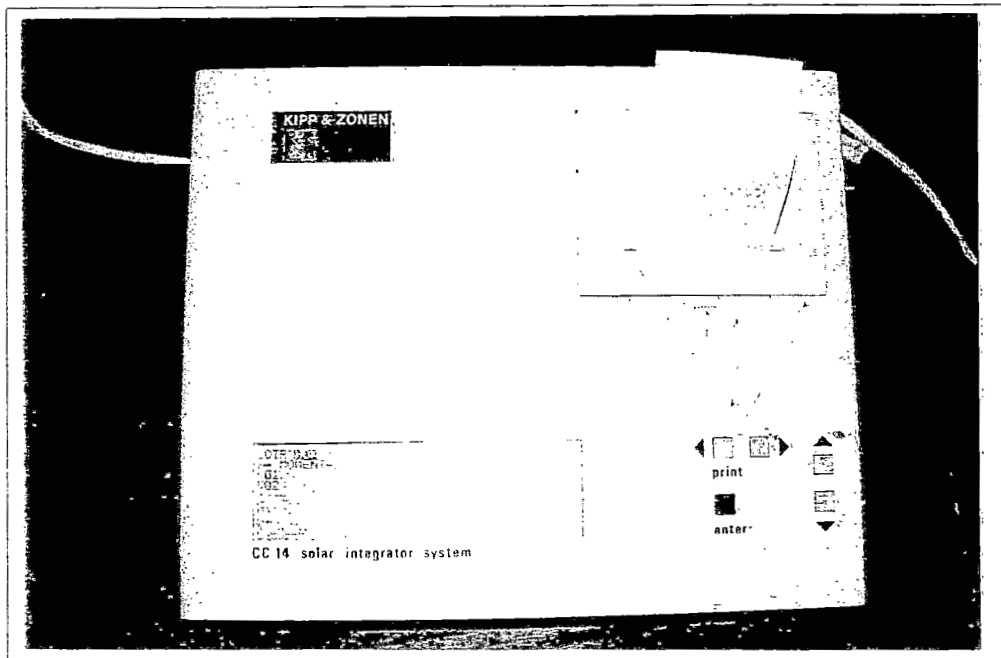
ภาพที่ 11 ไพรานอมิเตอร์

(3) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอัตโนมัติและเครื่องวัดความชื้นแบบอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 12
โซลาร์อินทิเกรเตอร์ ยี่ห้อคิปป์และโซนเนนแสดงดังภาพที่ 13



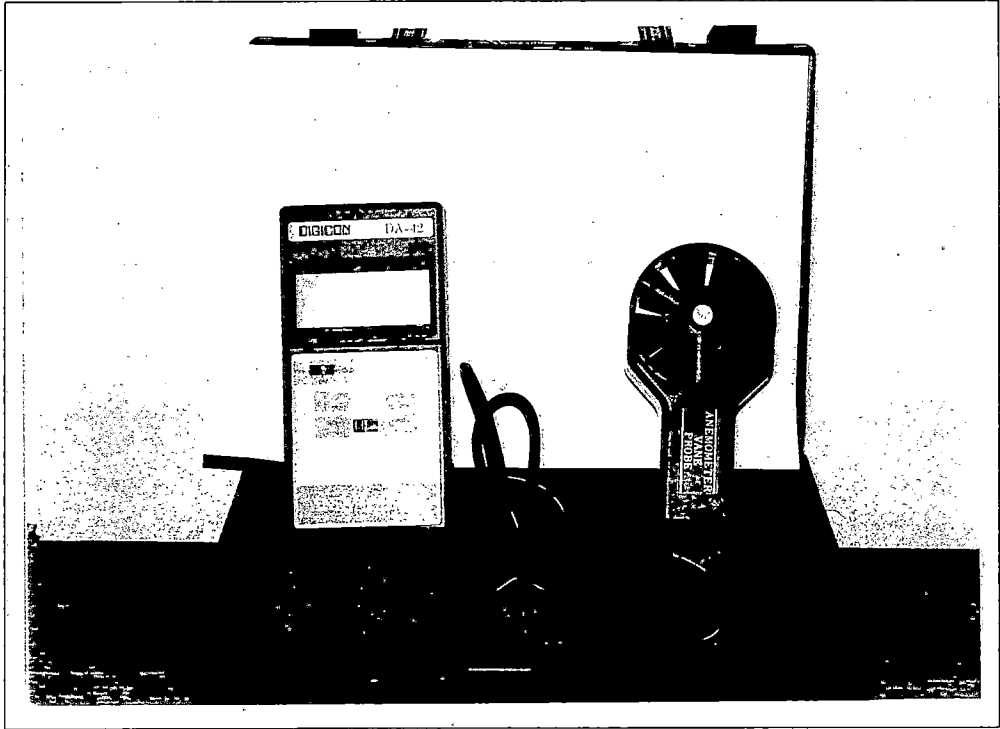
ภาพที่ 12 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอัตโนมัติและเครื่องวัดความชื้นแบบอัตโนมัติ

(4) เครื่องวัดความเร็วลมแบบดิจิตอล ยี่ห้อคิจิคอน ความละเอียด 0.1 เมตรต่อวินาที ความแม่นยำ $\pm 2\%$
แสดงดังภาพที่ 14

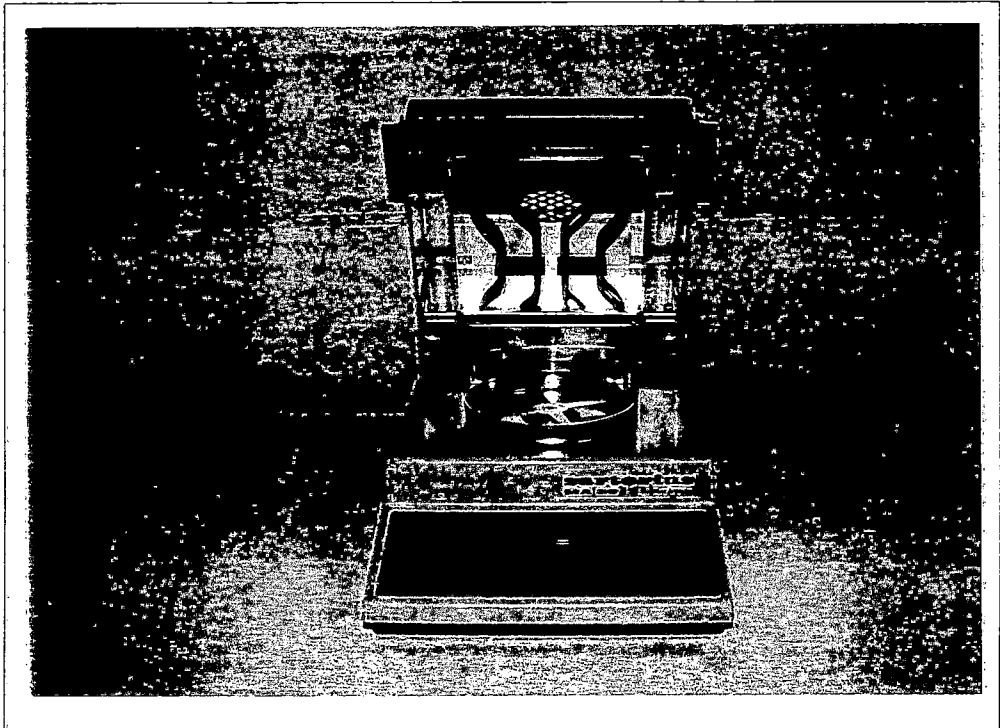


ภาพที่ 13 โซลาร์ อินทิเกรเตอร์

(6) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ยี่ห้อซาร์โตเรียส ชั่งน้ำหนักได้มากที่สุด 30 กรัม วิเคราะห์ปริมาณความชื้นเป็นความชื้นมาตรฐานเปียกแสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 14 เครื่องวัดความเร็วลมแบบดิจิทัล



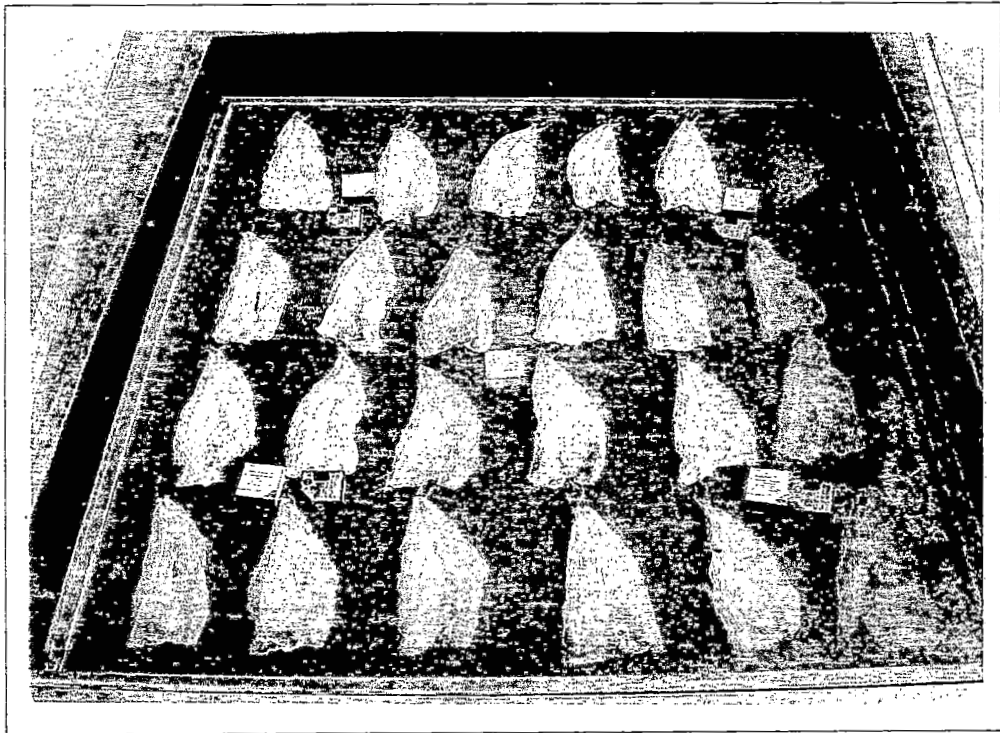
ภาพที่ 15 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

การเตรียมวัสดุอบแห้ง

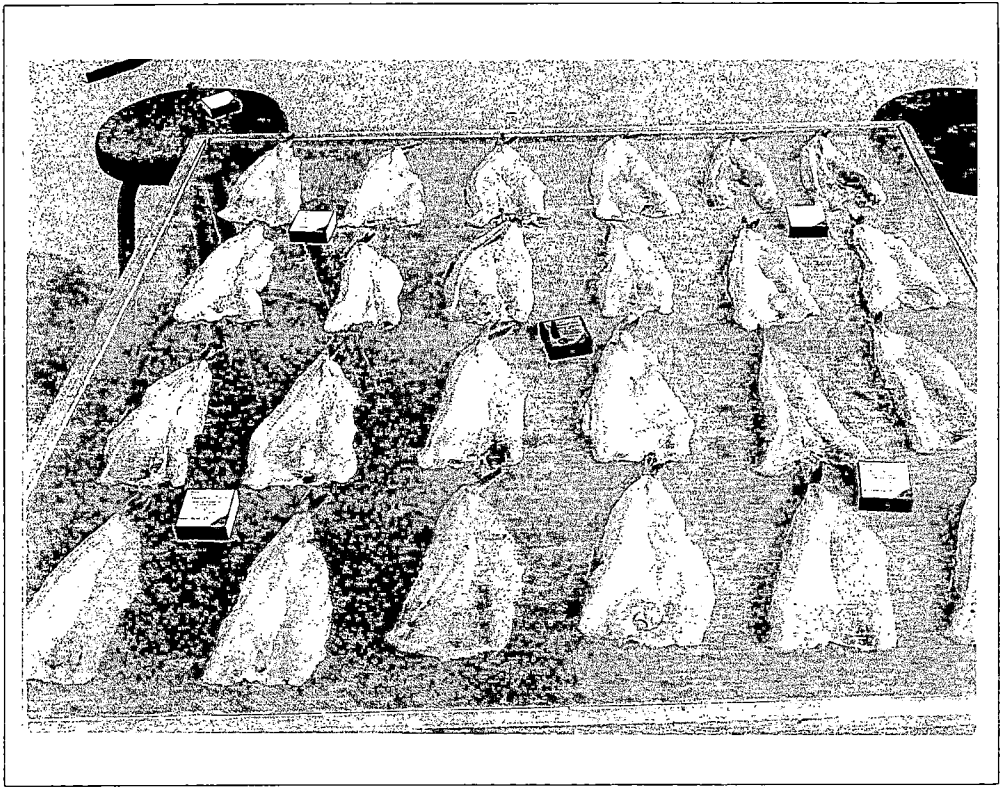
วัสดุอบแห้งที่ใช้ในการทดลองนี้คือ ปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยซึ่งมีการเตรียมการดังนี้

(1) ปลาช่อนทะเล ใช้ปลาช่อนทะเลครั้งละประมาณ 48 ตัว นำมาผ่ากลางลำตัวตามแนวยาวแล้วทำความสะอาด นำไปแช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละประมาณ 25 เป็นเวลาประมาณ 5 นาที ต่อจากนั้นนำปลาช่อนทะเลไปวางเรียงในแผ่นตะแกรงอลูมิเนียมทั้ง 2 แผ่นโดยพยายามให้น้ำหนักรวมของปลาช่อนทะเลแต่ละแผ่นตะแกรงมีค่าใกล้เคียงกัน การวางเรียงจะวางเป็น 6 แถว แถวละ 4 ตัวพยายามวางให้ระยะห่างเท่า ๆ กัน แสดงดังภาพที่ 16 และภาพที่ 17

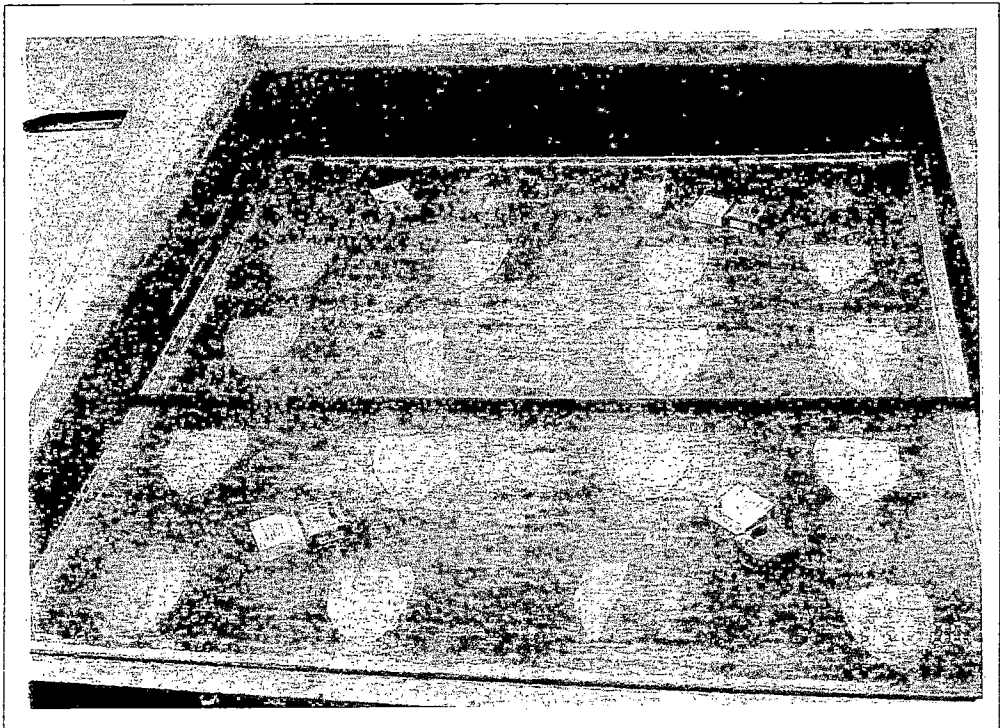
(2) ปลาหมึกกล้วย การเตรียมการอบแห้งแต่ละครั้งใช้ปลาหมึกกล้วยประมาณ 40 ตัว นำปลาหมึกกล้วยมาลอกหนังกิน ตัดหัว ผ่าลำตัวตามแนวยาวและทำความสะอาด นำไปวางในแผ่นตะแกรงอลูมิเนียมทั้ง 2 อัน ให้น้ำหนักรวมของปลาหมึกกล้วยแต่ละตะแกรงมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ละแผ่นตะแกรงจะมีปลาหมึกกล้วยประมาณ 20 ตัววางเป็น 5 แถว แถวละ 4 ตัว โดยวางให้ระยะห่างเท่า ๆ กันทั้ง 2 แผ่นตะแกรงเพื่อใส่ในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และเพื่อตากกลางแจ้ง แสดงดังภาพที่ 18 และภาพที่ 19



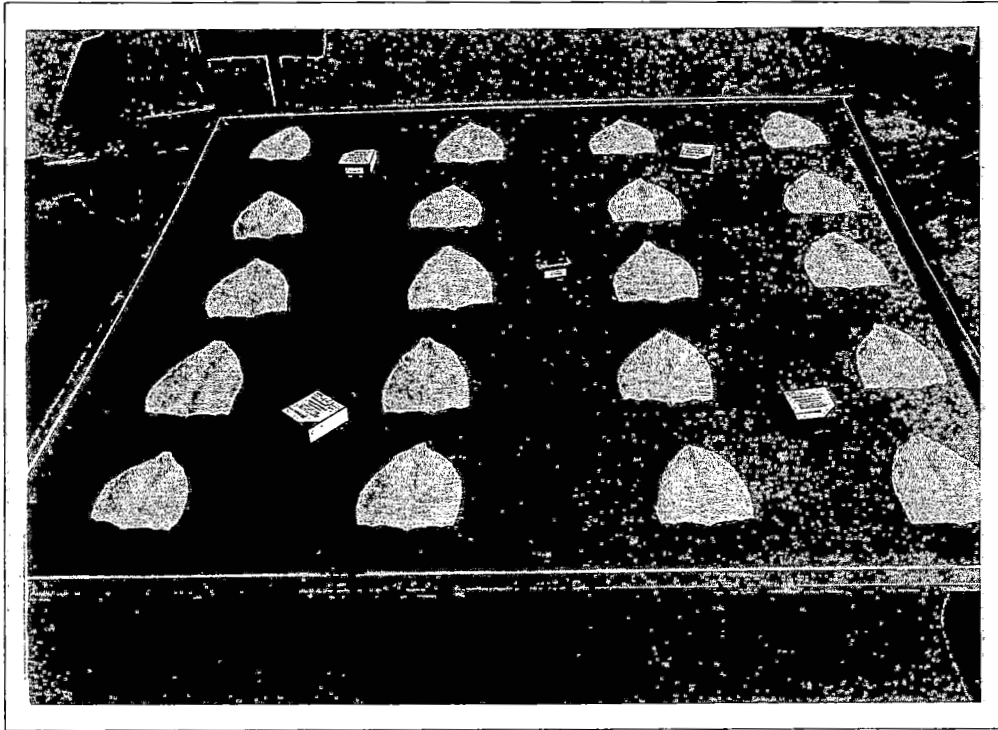
ภาพที่ 16 การเรียงปลาช่อนทะเลสำหรับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์



ภาพที่ 17 การเรียงปลาช่อนทะเลสำหรับคารตากกลางแจ้ง

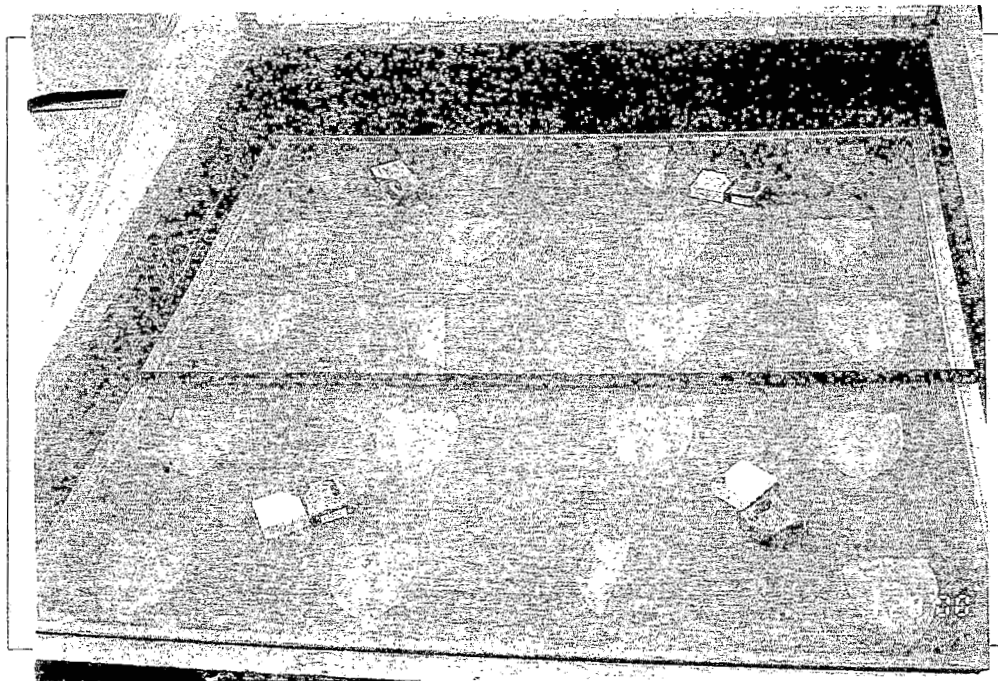


ภาพที่ 18 การเรียงปลาหมึกกล้วยสำหรับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์



ภาพที่ 19 การเรียงปลาหมึกกล้วยสำหรับการตากกลางแจ้ง
การวัดอุณหภูมิและความชื้น

การวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 20 ทุก ๆ 1 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอัตโนมัติและเครื่องวัดความชื้นแบบอัตโนมัติเริ่มวัดจาก 8.00 น. ถึง 16.00 น.



ภาพที่ 20 การวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ

การวัดอัตราการอบแห้ง

การวัดอัตราการอบแห้งทำได้โดยนำแผ่นตะแกรงแต่ละแผ่นที่มีวัสดุสำหรับอบแห้งในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และที่ตากกลางแจ้งมาชั่งน้ำหนักก่อนและหลังทำการอบแห้ง ผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังอบแห้งคือค่าอัตราการอบแห้ง เมื่อคิดเวลาการอบแห้งต่อวันเท่ากับ 8 ชั่วโมงโดยใช้เวลาเริ่มต้นชั่งน้ำหนักวัสดุ 8.00 น. และเวลาชั่งน้ำหนักหลังอบแห้ง 16.00 น. ของทุกวันที่ทำการทดลอง

การวัดรังสีอาทิตย์

การวัดรังสีอาทิตย์ ใช้ไพรานอมิเตอร์และเคาน์เตอร์อินทิเกรเตอร์ วัดค่ารังสีอาทิตย์เป็นแบบรังสีรวม (total radiation) บนพื้นราบ โดยบันทึกค่ารังสีอาทิตย์ออกมานและหาค่าพลังงานเป็นเมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน

การหาปริมาณความชื้น

การหาปริมาณความชื้นเริ่มต้นและปริมาณความชื้นสุดท้าย จะทำทุกวันของการทดลองในแต่ละชุด โดยนำปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยที่เวลา 8.00 น. หาปริมาณความชื้นเริ่มต้นและที่เวลา 16.00 น. หาปริมาณความชื้นสุดท้ายโดยทั้งปริมาณความชื้นเริ่มต้นและปริมาณความชื้นสุดท้ายใช้เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้นแสดงได้ โดยในการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของวัสดุอบแห้งนั้น สามารถหาได้ทั้งที่เป็นร้อยละความชื้นมาตรฐานเปียก และร้อยละความชื้นมาตรฐานแห้ง ซึ่งเครื่องวิเคราะห์ความชื้นที่ใช้จะแสดงปริมาณความชื้นเป็นร้อยละความชื้นมาตรฐานเปียก วัสดุอบแห้งในการทดลองคือ ปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วย ขั้นตอนในการวิเคราะห์มีดังนี้

- (1) วางจานอบแห้ง (dish) ลงบนเครื่องวิเคราะห์และปิดฝา เครื่องจะแสดงน้ำหนักของ จานอบแห้งที่ใช้
- (2) ตั้งการทำงานของเครื่องวิเคราะห์โดยตั้งอุณหภูมิสำหรับการอบแห้งที่ 105 องศาเซลเซียสและตั้งเวลาที่ใช้เป็น 0 เพื่อให้เครื่องทำงานโดยอัตโนมัติ
- (3) ตั้งให้เครื่องแสดงน้ำหนักเริ่มต้นที่ 0.000 กรัม นั่นคือเครื่องวิเคราะห์จะไม่คติน้ำหนักของจานอบแห้ง น้ำหนักที่ได้จึงเป็นน้ำหนักของวัสดุ
- (4) นำวัสดุที่ต้องการหาปริมาณความชื้นมาสับ หรือบดให้ละเอียดแล้วใส่ลงในจานอบแห้งในข้อที่ (1) โดยให้น้ำหนักไม่ต่ำกว่า 5 กรัม กระจายวัสดุให้ทั่วจานอบแห้ง ปิดฝา บันทึกน้ำหนักเริ่มต้น
- (5) เมื่อปริมาณความชื้นคงที่เครื่องจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติและแสดงร้อยละความชื้นมาตรฐานเปียกทางหน้าจอ บันทึกน้ำหนักสุดท้ายหลังจากการอบ
- (6) สามารถคำนวณหาร้อยละความชื้นได้จากสมการที่ (1) และ สมการที่ (2)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์จะคำนวณโดยใช้สมการที่ (5) โดยมีกรทดสอบดังนี้

- (1) ชั่งมวลเนื้อก่อนและหลังการอบแห้ง หน่วยเป็นกิโลกรัม
- (2) วัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

- (3) หาค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำจากอุณหภูมิจนถึงภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์วัตรังสีอาทิตย์ตลอดช่วงทำการทดลอง มีหน่วยเป็นเมกะจูลต่อตารางเมตร-วินาที
 - (4) คำนวณหาพื้นที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ มีหน่วยเป็นตารางเมตร
 - (5) นำค่าที่ได้ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ตามสมการที่ (5)
-

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปราย

อุณหภูมิต่าง ๆ ในการอบแห้งปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยที่ขนาดของระบายนอากาศขึ้นต่าง ๆ

จากการทำการทดลองโดยการอบแห้งผลิตภัณฑ์ประมงซึ่งได้แก่ปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยอย่างละ 3 ชุดซึ่งก็คือขนาดของระบายนอากาศขึ้น 3 ขนาดโดยขนาดที่ 1 เท่ากับ 11.6 เซนติเมตร ขนาดที่ 2 เท่ากับ 7.73 เซนติเมตรและขนาดที่ 3 เท่ากับ 3.87 เซนติเมตรซึ่งแต่ละขนาดทำการทดลองครั้งละ 3 วัน ซึ่งได้แสดงค่าอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ อุณหภูมิหลังการอบแห้งและอุณหภูมิตัวรับรังสี ดังแสดงได้ดังตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 6 โดยเปรียบเทียบได้กับภาพที่ 21 ถึง ภาพที่ 26 พบว่าขนาดของระบายนอากาศขึ้นทางเข้าต่างกัน มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ไม่เท่ากัน โดยเรียงลำดับจากสูงไปต่ำได้ดังนี้

อุณหภูมิภายในเฉลี่ยของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ของปลาช่อนทะเล

จากภาพที่ 21- ภาพที่ 23 จะเห็นว่าช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 1 และขนาดที่ 3 มีรังสีอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกันโดยช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 1 มีรังสีอาทิตย์สูงกว่าเล็กน้อยแต่มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ต่ำกว่าช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 2 แสดงว่าช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 3 สามารถให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สูงกว่าช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 1 ในขณะที่ช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 2 มีค่ารังสีอาทิตย์ต่ำที่สุดและมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ต่ำที่สุดทำให้ไม่สามารถสรุปเกี่ยวกับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ได้อย่างแน่นอน เพราะถ้ารังสีอาทิตย์เท่ากันกับช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 1 และขนาดที่ 3 อาจทำให้ช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 2 มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่สูงกว่า

อุณหภูมิภายในเฉลี่ยของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ของปลาหมึกกล้วย

จากภาพที่ 24 - ภาพที่ 26 จะเห็นว่าช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 1 และขนาดที่ 2 มีรังสีอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกันโดยขนาดที่ 2 มีรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สูงกว่าขนาดที่ 1 เล็กน้อย ซึ่งทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 2 สามารถให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่สูงกว่าขนาดที่ 1 ได้ เพราะถ้ารังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากันช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 1 อาจจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สูงกว่าขนาดที่ 2 ในขณะที่ช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 3 มีรังสีอาทิตย์ต่ำที่สุดและมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ต่ำกว่าขนาดที่ 1 เพียงเล็กน้อยเท่านั้นทำให้ไม่สามารถสรุปเกี่ยวกับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ได้

อัตราการอบแห้งของปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยระหว่างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการ

ตากกลางแจ้ง

อัตราการอบแห้งของปลาช่อนทะเล

249191

จากการทดลองหาอัตราการอบแห้งของปลาช่อนทะเลสามารถแสดงดังตารางที่ 7 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งและรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดต่าง ๆ จะเห็นว่าที่ช่องระบายนอากาศขึ้นขนาดที่ 1 อัตราการอบแห้งในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าใกล้เคียงกันแม้ว่ารังสีอาทิตย์จะต่างกัน ซึ่งมี

๒๘1.7๖๖๔

๐๘๖๔ ()

๑๖๕

ค่าสูงกว่าอัตรากรอบแห่งของการตากกลางแจ้งเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่ามีบางวันที่อัตรากรอบแห่งมีค่าเท่ากัน และเมื่อรังสีอาทิตย์มีค่ามากพบว่าอัตรากรอบแห่งไม่แปรผันตามรังสีอาทิตย์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยอื่น ได้แก่ ความเร็วลม ความชื้นภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และภายนอก และความชื้นในวัสดุ ที่ห้องระบายอากาศชั้น ขนาดที่ 2 อัตรากรอบแห่งของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการตากกลางแจ้งมีค่าเท่ากัน และพบว่าบางวันอัตรา กรอบแห่งของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่าการตากกลางแจ้ง เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของอัตรากรอบ แห่งและรังสีอาทิตย์ จะเห็นว่าคล้ายกับในกรณีห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียว กัน ที่ห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 อัตรากรอบแห่งของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าสูงกว่าอัตรากรอบแห่งของ การตากกลางแจ้งในทุกวันที่ทำการทดลอง โดยอัตรากรอบแห่งในกรณีนี้แปรผันตามรังสีอาทิตย์ กล่าวคือ เมื่อรังสี อาทิตย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น อัตรากรอบแห่งมีค่าสูงขึ้นด้วย ที่รังสีอาทิตย์ใกล้เคียงกันได้แก่ วันที่ 13 ,วันที่ 14 และวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2543 จะเห็นว่าห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 อัตรากรอบแห่งของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าสูงที่ สุด และต่ำที่สุดที่ขนาดที่ 2 ในขณะที่ค่ารังสีอาทิตย์ของขนาดที่ 1 สูงกว่าขนาดที่ 3 เล็กน้อยแต่ขนาดที่ 3 มีอัตรา กรอบแห่งที่สูงกว่าแสดงว่าห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 สามารถอบแห้งได้ดีกว่า ส่วนขนาดที่ 2 นั้นมีค่ารังสี อาทิตย์ที่ต่ำที่สุดทำให้ไม่สามารถบอกแนวโน้มที่แน่นอนได้

อัตรากรอบแห่งของปลาหมึกกล้วย

การหาอัตรากรอบแห่งของปลาหมึกกล้วย ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8 เมื่อพิจารณาตามขนาดของ ห้องระบายอากาศชั้นจะเห็นว่าที่ห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 อัตรากรอบแห่งของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สูง กว่าอัตรากรอบแห่งของการตากกลางแจ้ง และอัตรากรอบแห่งที่ได้ไม่แปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์ สำหรับขนาดที่ 2 อัตรากรอบแห่งของเครื่องอบแห้งต่ำกว่าอัตรากรอบแห่งของการตากกลางแจ้ง มีเพียงวันเดียวที่สูงกว่าแต่เพียงเล็กน้อย เท่านั้น ที่ห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 เห็นได้ว่าอัตรากรอบแห่งของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าสูงกว่าการ ตากกลางแจ้ง แม้ว่ารังสีอาทิตย์จะมีค่าต่ำก็ตาม ในกรณีขนาดที่ 3 นี้พบว่าเมื่อค่ารังสีอาทิตย์มีค่าสูงขึ้น อัตรากรอบ แห่งทั้งของเครื่องอบแห้งและการตากกลางแจ้งมีค่าสูงขึ้นด้วย เมื่อพิจารณาค่ารังสีอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกันได้แก่ วันที่ 24 กุมภาพันธ์ ,วันที่ 4 และวันที่ 8 มีนาคม 2543 เพื่อเปรียบเทียบอัตรากรอบแห่งของห้องระบายอากาศชั้นทั้ง 3 พบว่า ที่ห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 และห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 มีค่ารังสีอาทิตย์ใกล้เคียงกันมากกว่าห้องระบาย อากาศชั้นขนาดที่ 3 โดยห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 มีค่ารังสีสูงสุด รองลงมาคือห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 และห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 ตามลำดับแต่อัตรากรอบแห่งของขนาดที่ 3 มีอัตรากรอบแห่งที่สูงที่สุด และต่ำ ที่สุดที่ขนาดที่ 1 แสดงว่าที่ห้องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 สามารถอบแห้งปลาหมึกได้ดีที่สุด

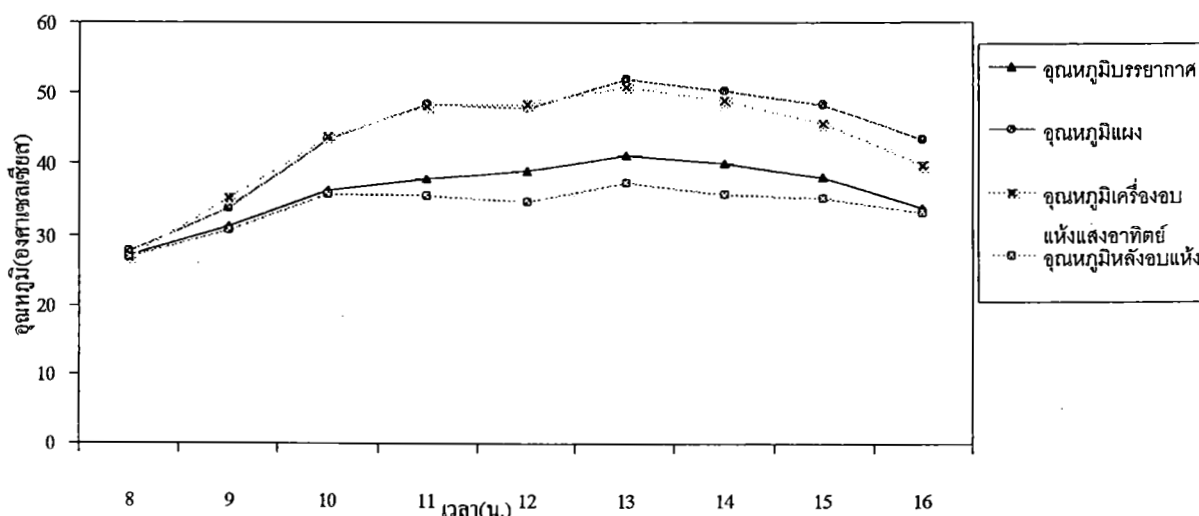
ตารางที่ 1 ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่างๆ และ อุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาช่อนทะเลที่ช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 1

วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2543

รังสีอาทิตย์ 14.54 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน

เวลา (น.)	อุณหภูมิ บรรยากาศ*	อุณหภูมิ แผง*	อุณหภูมิเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์*					อุณหภูมิหลังอบแห้ง*		
			จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุดที่ 4	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย
8	27.14	27.54	25.73	26.43	28.29	-	26.82	26.81	-	26.81
9	31.17	33.86	32.32	34.98	37.83	-	35.04	30.82	-	30.82
10	36.16	43.29	41.11	42.38	47.93	-	43.81	35.78	-	35.78
11	37.76	48.39	46.46	48.35	49.89	-	48.23	35.39	-	35.39
12	38.98	47.90	46.93	49.34	48.90	-	48.39	34.61	-	34.61
13	41.08	51.92	49.85	50.84	51.94	-	50.88	37.37	-	37.37
14	40.23	50.38	48.37	49.83	48.90	-	49.03	35.78	-	35.78
15	38.16	48.39	45.99	46.44	44.66	-	45.70	35.00	-	35.00
16	33.82	43.29	41.11	38.99	39.47	-	39.86	33.07	-	33.07
เฉลี่ย	36.06	43.88					43.08			33.85

*หน่วยเป็นองศาเซลเซียส



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ กับเวลาของการอบแห้งปลาช่อนทะเล โดยมีช่องระบายอากาศขึ้นขนาดที่ 1 ในวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2543

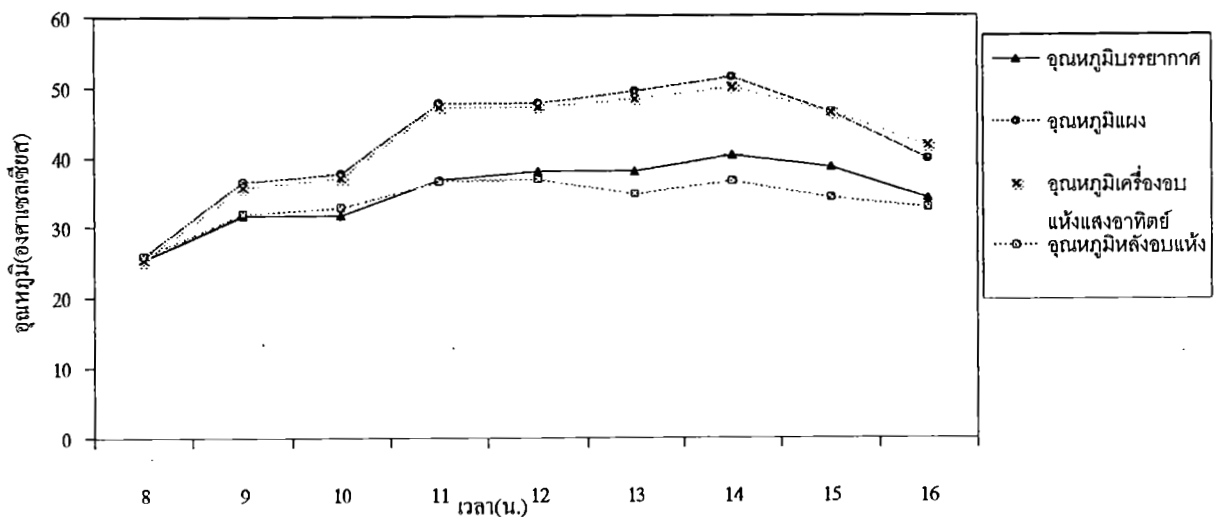
ตารางที่ 2 ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่างๆ และ อุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาท่อนทะเลที่ห้องระบายนอากาศชั้นขนาดที่ 2

วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2543

รังสีอาทิตย์ 13.13 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน

เวลา	อุณหภูมิ		อุณหภูมิเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์*					อุณหภูมิหลังอบแห้ง*			
	(น.)	บรรยากาศ*	แผง*	จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 4	เฉลี่ย	จุด 1	จุด 2	เฉลี่ย
8.00 น.		25.35	25.76	25.38	25.01	25.78	-	25.39	25.73	-	25.73
9.00 น.		31.54	36.59	39.42	34.21	33.51	-	35.71	31.94	-	31.94
10.00 น.		31.54	37.79	40.26	36.16	35.05	-	37.16	32.69	-	32.69
11.00 น.		36.95	47.90	50.86	45.51	45.57	-	47.31	36.57	-	36.57
12.00 น.		38.16	47.90	50.35	45.98	45.57	-	47.30	36.97	-	36.97
13.00 น.		38.16	49.37	50.86	46.44	47.45	-	48.25	34.61	-	34.61
14.00 น.		40.23	51.40	52.43	48.84	48.90	-	50.06	36.57	-	36.57
15.00 น.		38.57	46.48	45.99	46.44	46.50	-	46.31	34.22	-	34.22
16.00 น.		34.20	39.85	42.39	41.09	41.54	-	41.54	32.69	-	32.69
เฉลี่ย		34.97	42.56					42.11			33.55

*หน่วยเป็นองศาเซลเซียส



ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ กับเวลาของการอบแห้งปลาท่อนทะเล โดยมีห้องระบายนอากาศชั้นขนาดที่ 2 ในวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2543

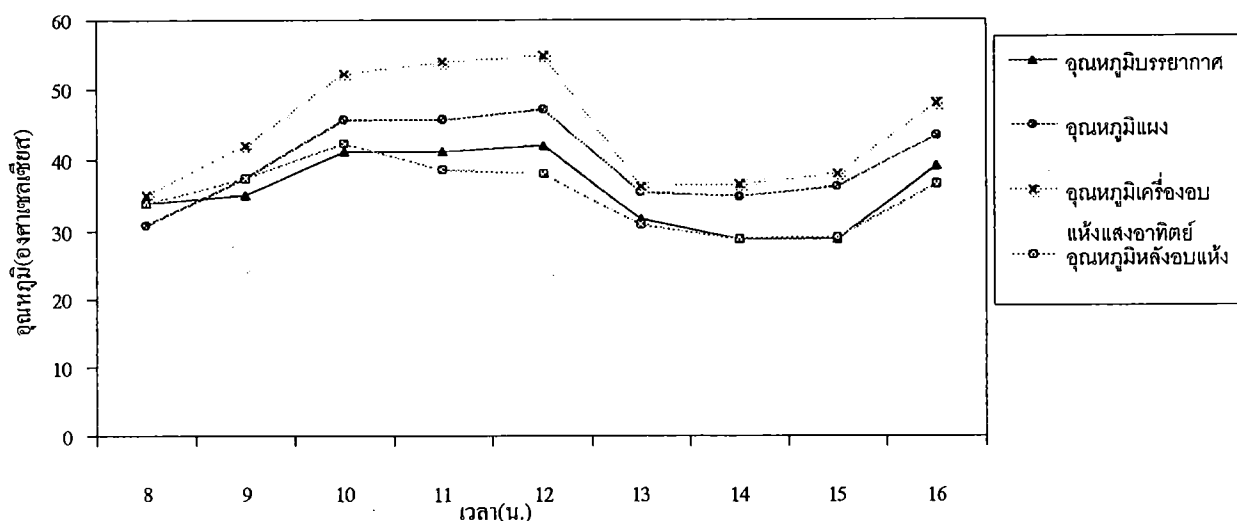
ตารางที่ 3 ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่างๆ และ อุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาช่อนทะเลที่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3

วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2543

รังสีอาทิตย์ 14.36 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน

เวลา (น.)	อุณหภูมิ บรรยากาศ*	อุณหภูมิ แผง*	อุณหภูมิเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์					อุณหภูมิหลังอบแห้ง		
			จุด1	จุด2	จุด3	จุด4	เฉลี่ย	จุด1	จุด2	เฉลี่ย
8.00 น.	33.82	30.82	36.18	34.59	34.63	34.22	34.91	34.23	33.46	33.85
9.00 น.	34.98	37.37	46.46	41.09	41.98	38.18	41.93	36.98	37.37	37.18
10.00 น.	41.08	45.54	56.88	51.36	51.40	48.85	52.12	40.69	43.71	42.20
11.00 น.	41.08	45.54	58.07	53.48	53.52	50.34	53.85	37.38	39.42	38.40
12.00 น.	41.93	46.94	58.07	54.58	54.62	51.89	54.79	36.98	38.59	37.79
11.00 น.	31.54	35.39	36.57	35.77	36.99	35.38	36.18	30.46	30.82	30.64
11.00 น.	28.59	34.61	37.37	36.56	36.99	35.38	36.18	28.98	28.61	28.80
15.00 น.	28.59	36.18	38.59	38.17	37.39	37.77	37.98	28.98	28.97	28.98
11.00 น.	38.98	43.28	50.35	50.34	43.29	47.39	47.84	36.58	36.57	36.58
เฉลี่ย	35.62	39.52					44.01			34.94

*หน่วยเป็นองศาเซลเซียส



ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ กับเวลาของการอบแห้งปลาช่อนทะเล โดยมีช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 ในวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2543

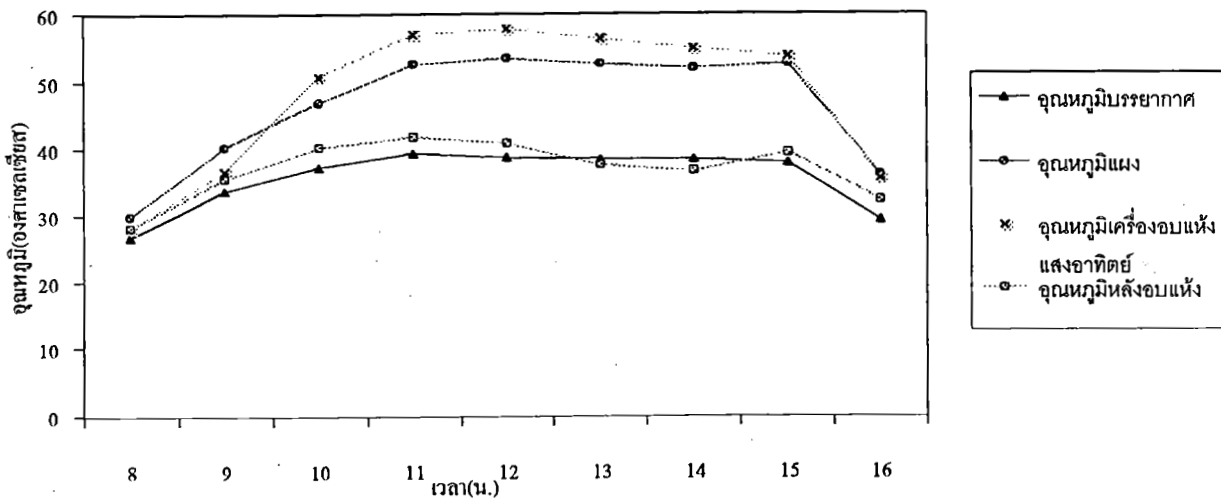
ตารางที่ 4 ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่างๆ และ อุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาหมึกกล้วยที่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1

วันที่ 4 มีนาคม 2543

รังสีอาทิตย์ 18.79 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน

เวลา (น.)	อุณหภูมิ บรรยากาศ*	อุณหภูมิ แผง*	อุณหภูมิเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์*					อุณหภูมิหลังอบแห้ง*		
			จุด 3	จุด 2	จุด 3	จุด 4	เฉลี่ย	จุด 1	จุด 2	เฉลี่ย
8.00 น.	26.78	30.08	26.81	28.96	27.54	28.97	28.07	28.94	27.52	28.23
9.00 น.	33.82	40.26	36.97	38.58	36.59	34.99	36.78	37.74	33.46	35.60
10.00 น.	37.35	46.94	52.43	48.84	54.07	47.39	50.68	42.79	38.18	40.49
11.00 น.	39.39	52.44	58.67	57.45	58.69	52.94	56.94	44.12	39.42	41.77
12.00 น.	38.98	53.51	59.91	56.86	60.56	54.03	57.84	42.79	39.00	40.90
13.00 น.	38.57	52.44	59.29	54.03	59.30	53.48	56.53	39.38	35.78	37.58
14.00 น.	38.57	51.91	58.67	52.94	56.31	52.41	55.08	38.55	35.39	36.97
15.00 น.	38.16	52.44	57.47	55.14	49.87	52.94	53.86	40.21	38.59	39.40
16.00 น.	29.32	36.18	37.37	35.77	35.41	34.61	35.79	32.66	32.32	32.49
เฉลี่ย	35.66	46.24					47.95			37.05

*หน่วยเป็นองศาเซลเซียส



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ กับเวลาของการอบแห้งปลาหมึกกล้วย โดยมีช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 ในวันที่ 4 มีนาคม 2543

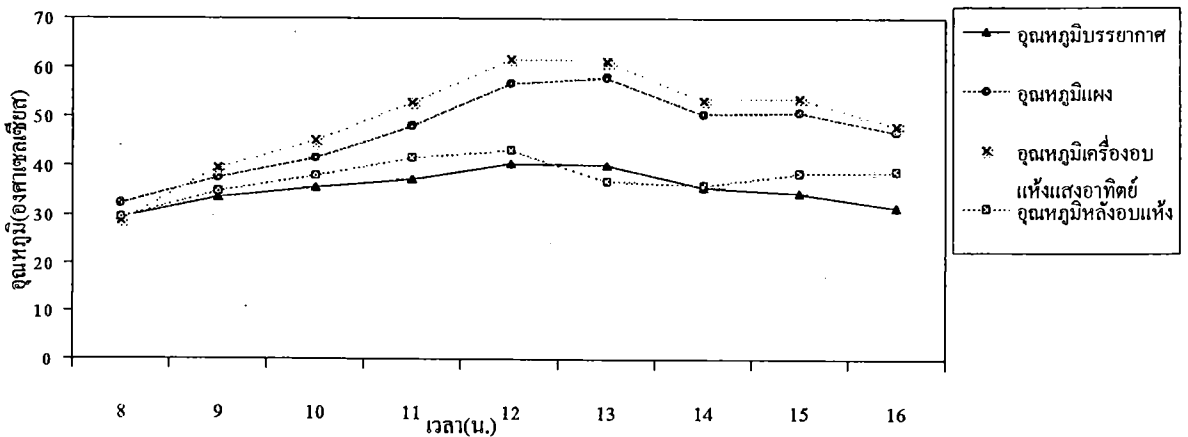
ตารางที่ 5 ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่างๆ และ อุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาหมึกกล้วยที่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2

วันที่ 8 มีนาคม 2543

รังสีอาทิตย์ 18.98 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน

เวลา	อุณหภูมิ บรรยากาศ*	อุณหภูมิ แผง*	อุณหภูมิเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์*					อุณหภูมิหลังอบแห้ง*		
			จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 4	เฉลี่ย	จุด 1	จุด 2	เฉลี่ย
8.00 น.	29.68	32.32	27.88	28.6	28.63	29.71	28.71	29.67	29.34	29.51
9.00 น.	33.43	37.78	42.83	41.09	37.79	36.97	39.67	36.14	33.84	34.99
10.00 น.	35.76	41.53	47.88	45.06	45.54	41.95	45.11	39.38	36.57	37.98
11.00 น.	37.35	47.89	56.29	52.94	53.52	48.85	52.90	43.67	39.83	41.75
11.00 น.	40.23	56.89	64.57	61.83	61.2	58.65	61.56	45.03	41.09	43.06
11.00 น.	39.81	58.08	64.57	61.83	60.56	58.05	61.25	33.81	39.83	36.82
14.00 น.	35.76	50.36	56.29	54.58	52.45	49.34	53.17	33.81	38.59	36.20
15.00 น.	34.59	50.87	55.15	56.28	52.45	50.85	53.68	36.14	40.67	38.41
15.00 น.	31.54	46.94	48.37	52.41	44.63	45.98	47.85	37.33	40.25	38.79
เฉลี่ย	35.35	46.94					49.32			37.50

*หน่วยเป็นองศาเซลเซียส



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ กับเวลาของการอบแห้งปลาหมึกกล้วย โดยมีช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 ในวันที่ 8 มีนาคม 2543

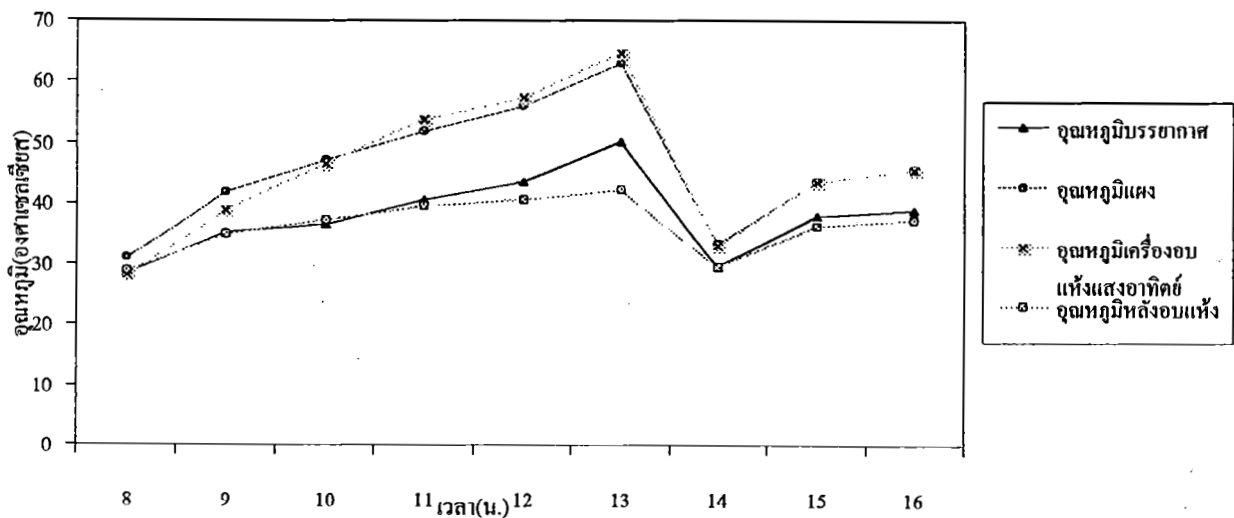
ตารางที่ 6 ข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิตัวรับรังสี อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่จุดต่างๆ และ อุณหภูมิหลังการอบแห้งในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ปลาหมึกกล้วยที่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3

วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2543

รังสีอาทิตย์ 15.90 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน

เวลา (น.)	อุณหภูมิ บรรยากาศ*	อุณหภูมิ แผง*	อุณหภูมิเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์*					อุณหภูมิหลังอบแห้ง*		
			จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 4	เฉลี่ย	จุด 1	จุด 2	เฉลี่ย
8.00 น.	28.59	31.19	28.61	28.23	28.27	28.24	28.34	28.98	28.97	28.98
9.00 น.	35.37	41.97	42.39	39.40	37.39	37.37	39.14	35.79	34.22	35.01
10.00 น.	36.95	47.41	51.38	43.70	46.48	44.61	46.54	38.61	36.57	37.59
11.00 น.	40.65	51.91	57.47	52.94	52.98	51.89	53.82	40.69	38.59	39.64
12.00 น.	43.69	56.30	60.54	56.28	56.89	56.86	57.64	41.54	39.83	40.69
13.00 น.	50.33	63.20	66.74	63.86	62.53	65.26	64.60	42.84	41.96	42.40
14.00 น.	29.68	33.46	33.84	33.06	33.09	32.32	33.08	29.72	29.71	29.72
13.00 น.	38.16	43.72	43.72	45.06	42.41	44.16	43.84	37.38	35.78	36.58
10.00 น.	38.98	45.54	47.88	46.44	42.85	45.06	45.56	38.19	36.57	37.38
เฉลี่ย	38.04	46.08					43.84			36.44

*หน่วยเป็นองศาเซลเซียส



ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ กับเวลาของการอบแห้งปลาหมึกกล้วย โดยมีช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 ในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2543

ตารางที่ 7 อัตราการอบแห้งและลักษณะที่ได้ของปลาช่อนทะเล

ช่วงระยะ อากาศชั้น ขนาดที่	วันที่ ทดลอง	รังสีอาทิตย์ (เมกะจูลต่อ ตารางเมตร -วัน)	อัตราการอบ แห้งในเครื่อง อบแห้ง (กิโลกรัมต่อวัน)	ลักษณะวัสดุที่ได้	อัตราการอบ แห้งการตาก กลางแจ้ง (กิโลกรัมต่อวัน)	ลักษณะวัสดุที่ได้
1	11/2/43	16.55	1.14	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง แห้งไม่สม่ำเสมอ	1.14	ผิวมีสีขาวอมเหลือง แห้งไม่สม่ำเสมอ
	12/2/43	14.85	1.14	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง เนื้อไม่ติดแผ่นตะแกรง	1.14	ผิวมีสีขาวอมเหลือง เนื้อติดแผ่นตะแกรง
	13/2/43	14.55	1.16	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง ผิวตึงค่อนข้างแห้ง	1.16	ผิวมีสีน้ำตาลอม เหลือง ผิวค่อนข้างชื้น
2	14/2/43	13.13	1.06	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง ค่อนข้างแห้ง	1.06	ผิวมีสีขาวอมเหลือง เนื้อติดแผ่นตะแกรง
	15/2/43	7.28	0.66	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ผิวแห้ง	0.66	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ผิวล่างค่อนข้างชื้น
	16/2/43	12.25	1.31	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ผิวตึงค่อนข้างแห้ง	1.31	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ผิวค่อนข้างชื้น
3	17/2/43	15.61	1.18	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง เนื้อไม่ติดแผ่นตะแกรง	1.18	ผิวมีสีน้ำตาลอม เหลือง เนื้อติดแผ่นตะแกรง
	18/2/43	8.50	0.42	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ผิวค่อนข้างชื้น	0.42	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ผิวชื้นมาก
	19/2/43	14.37	1.15	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง ผิวนอกค่อนข้างแห้ง	1.15	ผิวมีสีน้ำตาลอม เหลือง ผิวค่อนข้างชื้น

ตารางที่ 8 อัตราการอบแห้งและลักษณะที่ได้ของปลาหมึก

ช่วงระยะบายน อากาศชั้น ขนาดที่	วันที่ ทดลอง	รังสีอาทิตย์ (เมกะจูลต่อ ตารางเมตร -วัน)	อัตราการอบ แห้งในเครื่อง อบแห้ง (กิโลกรัมต่อวัน)	ลักษณะวัสดุที่ได้	อัตราการอบ แห้งการตาก กลางแจ้ง (กิโลกรัมต่อวัน)	ลักษณะวัสดุที่ได้
1	4/3/43	18.80	0.57	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ผิวตึง ขอบแห้ง	0.54	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ผิวตึง ครีบบมีสีขาว ขุ่น
	5/3/43	19.59	0.66	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง แห้งสนิท จับอขอบจะ ปริ	0.60	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ขอบแห้งจับอไม่ ปริ
	6/3/43	18.48	0.66	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง ครีบบมีสีขาวขุ่น	0.60	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ตรงกลางสีขาวขุ่น
1	7/3/43	19.38	0.62	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ขอบแห้งไม่ติดตะแกรง	0.63	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ผิวตึง ขอบแห้ง
	8/3/43	18.98	0.70	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง แห้งสนิทตลอดตัว	0.68	ผิวมีสีน้ำตาลอม เหลือง แห้งและผิวตึง
	9/3/43	20.04	0.70	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง จับอขอบจะปริแตก	0.71	ผิวมีสีน้ำตาลอม เหลือง แห้งตลอดตัว
3	24/2/43	15.90	0.77	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง ขอบแห้ง	0.71	ผิวมีสีน้ำตาลอม เหลือง ครีบบมีสีขาวขุ่น
	26/2/43	7.92	0.36	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ผิวตึงแต่ชื้น	0.34	ผิวมีสีขาวยขุ่น ค่อนข้างชื้น
	2/2/43	9.78	0.40	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ค่อนข้างแห้งติด ตะแกรง	0.38	ผิวมีสีขาวอมเหลือง ครีบบและกลางลำตัว ชื้น

ตารางที่ 9 ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้งของปลาช่อนทะเลในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการตากกลางแจ้ง ที่ช่องระบายอากาศชั้น 3 ขนาด

ช่องระบายอากาศชั้น ขนาดที่	วันที่ ทดลอง	รังสีอาทิตย์ (เมกะจูลต่อ ตารางเมตร-วัน)	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (ร้อยละ)		
			เริ่มต้น	เครื่องอบ	ตากกลางแจ้ง
1	11/2/43	16.57	77.80	57.84	67.97
	12/2/43	14.84	79.70	45.45	57.12
	13/2/43	14.54	78.12	55.98	66.15
เฉลี่ย		15.32	78.54	53.09	63.75
2	14/2/43	13.13	77.89	58.39	63.27
	15/2/43	7.28	77.79	69.43	72.98
	16/2/43	12.24	78.57	63.83	67.83
เฉลี่ย		15.32	78.08	63.89	68.03
2	17/2/43	15.60	77.85	51.17	59.79
	18/2/43	8.45	78.09	62.74	73.68
	19/2/43	14.36	78.87	55.77	63.44
เฉลี่ย		12.80	78.27	56.56	65.64

ตารางที่ 10 ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้งของปลาหมึกกล้วยในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการตากกลางแจ้ง ที่
ช่องระบายอากาศชั้น 3 ขนาด

ช่องระบายอากาศชั้น ขนาดที่	วันที่ ทดสอบ	รังสีอาทิตย์ (เมกะจูลต่อ ตารางเมตร-วัน)	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (ร้อยละ)		
			เริ่มต้น	เครื่องอบ	ตากกลางแจ้ง
1	4/03/43	18.79	424.30	35.22	99.95
	5/03/43	19.58	452.47	21.28	62.24
	6/03/43	18.47	433.89	39.12	108.57
เฉลี่ย		18.95	81.39	23.89	46.78
2	7/03/43	19.41	448.27	37.79	71.05
	8/03/43	18.98	452.51	26.47	44.20
	9/03/43	20.02	447.50	27.93	56.70
เฉลี่ย		19.47	81.93	23.44	36.04
3	24/02/43	15.90	424.34	40.22	103.41
	26/02/43	7.94	452.36	206.94	242.96
	2/03/43	9.79	449.16	65.88	106.77
เฉลี่ย		111.96	81.75	41.83	56.30

ปริมาณความชื้นของปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยระหว่างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการตากกลางแจ้ง

ปริมาณความชื้นของปลาช่อนทะเล

การหาปริมาณความชื้นใช้เป็นค่าร้อยละความชื้นมาตรฐานแห่ง โดยผลการวิจัยแสดงดังตารางที่ 9 ซึ่งจะเห็นว่าที่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีปริมาณความชื้นมาตรฐานแห่งที่ต่ำกว่าการตากกลางแจ้ง โดยไม่เป็นไปตามค่ารังสีอาทิตย์กล่าวคือขณะที่รังสีอาทิตย์มีค่าสูง ปริมาณความชื้นที่ได้ไม่ต่ำอย่างที่ควรจะเป็น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปัจจัยอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น นอกจากนี้ยังไม่สอดคล้องกับอัตราการอบแห้ง เพราะที่อัตราการอบแห้งมีค่าสูง ปริมาณความชื้นกลับมีค่าสูงขึ้นด้วยและที่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 จะเห็นว่าปริมาณความชื้นของปลาช่อนทะเลในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่าการตากกลางแจ้งแต่แตกต่างกันไม่มากนักโดยมีปริมาณความชื้นค่อนข้างสูง ทั้งนี้เพราะค่ารังสีอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบมีค่าต่ำ แต่ปริมาณความชื้นที่ได้จากช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 สอดคล้องกับค่ารังสีอาทิตย์แต่ไม่สอดคล้องกับอัตราการอบแห้งสำหรับขนาดที่ 3 ปริมาณความชื้นของปลาช่อนทะเลในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่าการตากกลางแจ้งเช่นกันซึ่งปริมาณความชื้นที่ได้ของช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 สอดคล้องกับค่ารังสีอาทิตย์และอัตราการอบแห้งคือเมื่อรังสีอาทิตย์มีค่าสูง ทำให้อัตราการอบแห้งสูงเป็นผลให้ปริมาณความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำ เมื่อเปรียบเทียบช่องระบายอากาศชั้นทั้ง 3 ขนาดโดยใช้วันที่รังสีอาทิตย์มีค่าใกล้เคียงกัน จะเห็นว่าช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 ซึ่งมีค่ารังสีอาทิตย์ต่ำที่สุดมีปริมาณความชื้นมากที่สุด แต่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 และช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 ซึ่งมีค่ารังสีอาทิตย์ใกล้เคียงกันโดยช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 มีค่าสูงกว่าเล็กน้อยแต่มีปริมาณความชื้นที่สูงกว่าช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 แสดงว่าช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 สามารถอบแห้งปลาช่อนทะเลได้ดีกว่าช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 แต่แนวโน้มของช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 ไม่สามารถบอกได้อย่างชัดเจนเนื่องจากอาจจะมีอัตราการอบแห้งที่มากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากับช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1

ปริมาณความชื้นของปลาหมึกกล้วย

จากตารางที่ 10 เป็นการแสดงปริมาณความชื้นของปลาหมึกกล้วยโดยใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการตากกลางแจ้ง ผลการวิจัยที่ได้จะเห็นว่าที่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 ปริมาณความชื้นของปลาหมึกกล้วยในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นของการตากกลางแจ้งมากซึ่งสัมพันธ์กับค่ารังสีอาทิตย์คือเมื่อรังสีอาทิตย์มีค่าสูง ปริมาณความชื้นที่ได้จะมีค่าต่ำ สำหรับช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 จะเห็นว่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละวันค่อนข้างสูง ทำให้ปริมาณความชื้นมีค่าต่ำและปริมาณความชื้นของปลาหมึกกล้วยในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์กับการตากกลางแจ้งมีค่าต่างกันเล็กน้อย โดยในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่า นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่ารังสีอาทิตย์ที่มากที่สุดไม่ส่งผลให้ปลาหมึกกล้วยมีปริมาณความชื้นที่ต่ำที่สุด และที่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 ปริมาณความชื้นที่ได้มีความสัมพันธ์กับรังสีอาทิตย์ แม้ว่ารังสีอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ทำการวิจัยจะมีค่าต่ำ โดยปริมาณความชื้นของปลาหมึกกล้วยในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่าการตากกลางแจ้งค่อนข้างสูง เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของปลาหมึกกล้วยในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ช่องระบายอากาศชั้นทั้งสามขนาดซึ่งเปรียบเทียบกันในวันที่รังสีอาทิตย์มีค่าใกล้เคียงกัน จะเห็นได้ว่าช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 และช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 มีค่ารังสีอาทิตย์ใกล้เคียงกันโดยช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 มีค่ารังสีอาทิตย์ต่ำกว่าช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 เล็กน้อย ส่งผลให้ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 มีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 และที่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 ซึ่งมีค่ารังสีอาทิตย์ต่ำ นอก

จากนี้ยังมีค่าต่างจากช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 และช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 มากทำให้มีปริมาณความชื้นของปลาหมึกกล้วยต่ำที่สุด แต่ปริมาณความชื้นนี้ต่ำกว่าปริมาณความชื้นที่ได้จากช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 ไม่มากนัก แสดงว่าที่ช่องระบายอากาศขนาดที่ 3 มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณความชื้นในปลาหมึกกล้วยที่ต่ำช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 หรือช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 ได้ ถ้ารังสีอาทิตย์มีค่าใกล้เคียงกันกว่านี้ ดังนั้นช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 จึงมีปริมาณความชื้นที่ต่ำที่สุด

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ สำหรับปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยที่ขนาดช่องระบายอากาศชั้น ต่าง ๆ

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับปลาช่อนทะเล

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5) โดยใช้ข้อมูลที่ได้ทำการทดสอบไว้ ซึ่งค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจากการทดสอบนี้ แสดงดังตารางที่ 11 และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรังสีอาทิตย์และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์โดยแสดงดังภาพที่ 27 จะเห็นได้ว่าที่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าประมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 16- 19 ซึ่งจะมีค่ามากที่สุดที่ค่ารังสีอาทิตย์ต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากความสัมพันธ์ของรังสีอาทิตย์และประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่แสดงดังสมการที่ (5) สำหรับช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าประมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 19 – 23 ซึ่งใกล้เคียงกับช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 เมื่อพิจารณาที่ค่ารังสีอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกันจะเห็นได้ว่าช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 จะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุด รองลงมาคือช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 และช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 ตามลำดับ โดยค่ารังสีอาทิตย์ของช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 จะมีค่ามากที่สุดรองลงมาคือช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 และช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 ตามลำดับ แสดงว่าที่ค่ารังสีอาทิตย์ต่ำ ไม่เป็นผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าในการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนนั้นมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อัตราการอบแห้งและอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ เป็นต้น จึงไม่สามารถสรุปได้ว่า ค่ารังสีอาทิตย์ที่ต่ำจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าสูง ดังนั้นจากผลการทดสอบทำให้ทราบว่าที่ช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 มีแนวโน้มที่จะทำให้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงที่สุด

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับปลาหมึกกล้วย

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับปลาหมึกกล้วยแสดงดังตารางที่ 12 และเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างรังสีอาทิตย์กับประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ซึ่งแสดงดังภาพที่ 27 จากตารางที่ 12 จะเห็นว่าเมื่อช่องระบายอากาศชั้นมีค่าเท่ากับช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์จะมีค่าประมาณร้อยละ 7 – 9 ซึ่งใกล้เคียงกับประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้จากช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าที่ช่องระบายอากาศชั้นของทั้งสองนี้ จะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สูงสุดที่ค่ารังสีอาทิตย์ต่ำที่สุด แต่ที่ค่ารังสีอาทิตย์ที่สูงที่

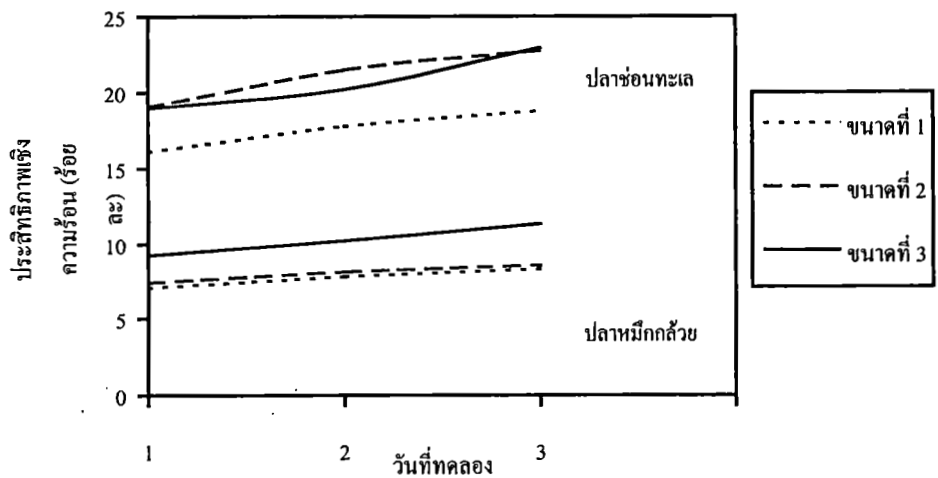
สุดไม่ได้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกับกรณีที่ใช้ปลาช่อนทะเล สำหรับช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนค่อนข้างสูงโดยมีค่าประมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 9-12 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบค่ารังสีอาทิตย์มีค่าต่ำกว่าวันอื่น ๆ แต่ในวันที่ค่ารังสีอาทิตย์มีค่าสูง จะเห็นว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าสูงเช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบช่องระบายอากาศทั้งสามขนาดกับประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ พบว่าช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 1 และช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 มีค่ารังสีอาทิตย์ใกล้เคียงกันโดยช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 มีค่าสูงกว่าทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของทั้งสองขนาดมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 2 มีประสิทธิภาพที่สูงกว่า แต่ขนาดที่ 3 มีค่ารังสีอาทิตย์ที่ต่ำกว่าทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าขนาดอื่น ๆ อย่างไรก็ตามไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่นอนว่าช่องระบายอากาศชั้นขนาดที่ 3 จะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากเป็นเพียงแนวโน้มน่าสนใจและสมมติฐานเท่านั้น

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับปลาช่อนทะเลที่ขนาดช่องระบายอากาศชั้นต่าง ๆ

ช่องระบายอากาศชั้น ขนาดที่	วันที่ทดลอง	รังสีอาทิตย์ (เมกะจูล ต่อตารางเมตร-วัน)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ (ร้อยละ)
1	11/2/43	16.57	16.12
	12/2/43	14.84	17.74
	13/2/43	14.54	18.77
	เฉลี่ย	15.32	17.54
1	14/2/43	13.13	16.12
	15/2/43	7.28	17.74
	16/2/43	12.24	18.77
	เฉลี่ย	10.88	20.99
1	17/2/43	15.6	18.93
	18/2/43	8.45	22.94
	19/2/43	14.36	20.21
	เฉลี่ย	10.80	17.54

ตารางที่ 12 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับปลาหมึกกล้วยที่ขนาดช่องระบายอากาศขึ้นต่าง ๆ

ช่องระบายอากาศขึ้น ขนาดที่	วันที่ทดลอง	รังสีอาทิตย์ (เมกะจูลต่อ ตารางเมตร-วัน)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ (ร้อยละ)
1	4/3/43	18.79	7.10
	5/3/43	19.58	7.86
	6/3/43	18.47	8.37
	เฉลี่ย	18.95	7.78
1	7/3/43	19.41	7.46
	8/3/43	18.98	8.62
	9/3/43	20.02	8.18
	เฉลี่ย	19.47	8.09
1	24/2/43	15.90	11.36
	27/3/43	14.22	10.25
	28/3/43	15.17	9.26
	เฉลี่ย	15.10	10.29



ภาพที่ 27 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยที่ขนาดช่องระบายอากาศขึ้นต่าง ๆ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกทดสอบอบปลาช่อนทะเลในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์โดยเปลี่ยนขนาดของช่องระบายอากาศชั้น 3 ขนาดคือขนาดที่ 1 ประมาณ 11.6 เซนติเมตร ขนาดที่ 2 ประมาณ 7.73 เซนติเมตรและขนาดที่ 3 ประมาณ 3.87 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับการตากกลางแจ้ง ส่วนที่สองทดสอบเป็นการอบปลาหมึกกล้วยในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับการตากกลางแจ้งโดยมีเงื่อนไขเช่นเดียวกับส่วนแรก ซึ่งทั้งสองส่วนสามารถสรุปผลและมีข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่าง ๆ ของปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยพบว่าทุกช่องระบายอากาศชั้น อุณหภูมิของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์จะมีใกล้เคียงกับอุณหภูมิของแผงแต่จะสูงกว่าอุณหภูมิจนบรรยากาศและอุณหภูมิห้องอบแห้ง แต่เมื่อพิจารณาช่องระบายอากาศชั้นที่ 3 พบว่าจะมีค่าที่สูงมากกว่าช่องระบายอากาศชั้นที่ 2 และช่องระบายอากาศชั้นที่ 1

จากการทดสอบเปรียบเทียบอัตราการอบแห้ง และลักษณะโดยทั่วไปของปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยที่ได้จากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์กับการตากกลางแจ้ง อัตรา การอบแห้งของปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยจะสูงกว่าการตากกลางแจ้ง โดยถ้าใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์จะใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 1 วัน ในขณะที่การตากกลางแจ้งจะใช้เวลา 2 วัน สำหรับลักษณะของปลาช่อนทะเลผิวจะแห้งแต่ไม่สม่ำเสมอในบริเวณที่เนื้อหนายังมีความชื้นอยู่ในขณะที่บริเวณขอบจะแห้งเนื่องจากบางกว่า มีสีน้ำตาลอมเหลือง ซึ่งการตากกลางแจ้งจะมีสีผิวสวยกว่า เมื่อทำการเก็บตัวอย่าง ผิวของปลาช่อนทะเลในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์จะไม่ติดตะแกรงอลูมิเนียม ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สูง การไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์อยู่ในระดับพอเหมาะผิวปลาจึงแห้งทั้งด้านบนและด้านล่าง สำหรับการทดสอบอบปลาหมึกกล้วยในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ผิวจะแห้งและมีสีน้ำตาลอมเหลือง เมื่อทดสอบอบปลาหมึก บริเวณขอบจะปริแตก

ผลการทดสอบเปรียบเทียบอัตราการอบแห้งของปลาช่อนทะเลและปลาหมึกกล้วยที่ขนาดช่องระบายอากาศชั้นต่าง ๆ กัน พบว่าที่ช่องระบายอากาศชั้นประมาณ 3.87 เซนติเมตรจะมีอัตรา การอบแห้งที่สูงกว่าขนาดอื่น และอัตราการอบแห้งที่ได้ต่างจากการตากกลางแจ้งมาก ซึ่งมีประโยชน์ในด้านของระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นที่ลดลงของปลาช่อนทะเลโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้นจะได้ว่าที่ช่องระบายอากาศชั้นประมาณ 3.87 เซนติเมตร สามารถลดความชื้นเริ่มต้นจากร้อยละ 371.27 (มาตรฐานแห้ง) ลงมาเหลือร้อยละ 126.10 โดยใช้เวลาในการอบแห้ง 1 วัน สำหรับปลาหมึกกล้วยที่ช่องระบายอากาศชั้นประมาณ 7.73 เซนติเมตร สามารถลดปริมาณความชื้นเริ่มต้นจากร้อยละ 452.51 (มาตรฐานแห้ง) เหลือเพียงร้อยละ 26.47 ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไม่สามารถสรุปได้ว่าช่องระบายอากาศขนาดใดที่เหมาะสมต่อการอบแห้งผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เนื่องจากรังสีอาทิตย์ของแต่ละช่องระบายอากาศมีค่าไม่เท่ากัน จึงเป็นเพียงแนวโน้มหรือความน่าจะเป็นเท่านั้น

การคำนวณเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการอบปลาช่อน ทะเลพบว่าที่ช่องระบายอากาศขึ้นประมาณ 11.6 เซนติเมตรมีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 17.54 ที่ช่องระบายอากาศขึ้นประมาณ 7.73 เซนติเมตรมีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 21.08 และที่ช่องระบายอากาศขึ้นประมาณ 3.87 เซนติเมตรมีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 20.69 สำหรับ การอบแห้งปลาหมึกพบว่าที่ช่องระบายอากาศขึ้นประมาณ 11.6 เซนติเมตรมีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 7.78 ที่ช่องระบายอากาศขึ้นประมาณ 7.73 เซนติเมตรมีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 8.09 และที่ช่องระบายอากาศขึ้นประมาณ 3.87 เซนติเมตรมีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 10.57 จากผลการทดสอบสามารถบอกแนวโน้มได้ว่าขนาดของช่องระบายอากาศขึ้นที่ทำให้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงคือช่องระบายอากาศขึ้นขนาดประมาณ 3.87 เซนติเมตร

จะเห็นได้ว่าวัสดุอบแห้งแต่ละชนิดจะมีลักษณะการแห้งที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นการนำเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มาใช้กับวัสดุอบแห้งชนิดใดก็ตาม อาจทำให้มีขีดจำกัดบางอย่างต่อการใช้งานในทางปฏิบัติเช่น คุณภาพของวัสดุที่ได้ และความเหมาะสมในแง่ของเศรษฐศาสตร์เมื่อเปรียบเทียบกับ การตากกลางแจ้ง

ข้อเสนอแนะ

สำหรับโครงการวิจัยนี้เป็นขั้นการทดสอบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ที่ได้มีการออกแบบไว้แล้วเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งาน ดังนั้นจะเห็นว่าประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์จึงไม่ดีเท่าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีการปรับปรุงแล้ว และในการทดสอบหาขนาดช่องระบายอากาศเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมต่อการอบแห้งวัสดุนั้น ๆ เป็นเพียงการวิเคราะห์ ตั้งสมมติฐานและแนวโน้มที่ควรจะเป็น จึงควรมีการปรับปรุงดังนี้

(1) หากต้องการทราบขนาดช่องระบายอากาศขึ้นที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งวัสดุต่าง ๆ ควรจะมีเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ 3 เครื่อง เพื่อทำการทดสอบที่ขนาดต่าง ๆ กันในวันและเวลาเดียวกัน

ทั้งนี้เพื่อเพิ่มอัตราการอบแห้งและประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

(2) ศึกษาเกี่ยวกับการนำอุปกรณ์การปรับปริมาณการไหลของอากาศมาใช้กับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบมีตัวรับรังสี เพราะผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับขนาดของอัตราการไหลของอากาศร้อนผ่านเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ไม่เท่ากัน

บรรณานุกรม

1. สังวาล เฟื่องพัด และวิวัฒน์พงษ์ รักษ์วิเชียร. การอบแห้งผลิตภัณฑ์เนื้อและปลาด้วยเครื่อง
อบแห้งแสงพลังงานแสงอาทิตย์ระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน , สำนักงานวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาค
วิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก, 2536.
2. Doe. P.E. , Ahamed, M., Muslemuddin, M. and Sachithanathan, K. "A Polythene Tent Drier for Improved
Sun Drying of Fish." *Food Technology in Australia* 29(11), (1997) : 437-441.
3. Rivera, C. "The Efficiency of Different Types of Solar Driers for Drying of Squid (*Loligo opalescens*)."
Bachelor's Thesis, Faculty of Philippine Institute of Nutrition, Food science and Technology, Philippine
Wemen's University, 1978.
4. ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์, สมเกียรติ โอภาสเกียรติกุล และศิริรักษ์ หาญผดุงธรรม. สมรรถนะของกล่อง
อบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ การประชุมทางวิชาการเรื่อง "พลังงานหมุนเวียนกับการประยุกต์" ครั้งที่ 2 หน้า 1-
12. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ร่วมกับสถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 25-28 กุมภาพันธ์ 2523.
5. Jone A. Duffie, William A. Beckman. Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley & Sons, New York,
1991.
6. สมชาติ โสภณธรฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดพืช. คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี, ตุลาคม, 2537.
7. อุษาวดี ต้นติวานารักษ์. การพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์กับผลิตภัณฑ์ประมงในจังหวัดชลบุรี. ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี, 2538.
8. Holman. Heat Transfer. Mc Graw-Hill International Book Company, 1981.
9. International labour Office Geneva. Solar drying : Practical methods of food preservation. Switzerland, 1986.

ការគ្រប់គ្រង

ស្តីពី 17 ក្រសួង 2543

តំបន់ 17.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល

ឈ្មោះ	កម្រិត	តំបន់ 17.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល				តំបន់ 17.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល			
		ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4	ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4
(ស) ប្រចាំឆ្នាំ	ឃុំ	27.50	28.24	27.33	27.54	27.53	28.10	28.45	28.28
8.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	35.37	37.37	36.15	39.43	36.17	31.27	32.69	31.13
9.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	40.65	47.89	47.40	48.19	44.61	46.03	38.59	37.79
10.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	41.93	49.86	47.88	45.98	49.87	45.52	47.31	36.58
11.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	44.14	59.53	56.29	54.05	57.48	54.58	55.60	37.79
12.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	43.69	58.69	55.72	53.94	56.89	54.03	54.90	37.79
13.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	44.14	59.53	56.29	54.05	57.48	54.58	55.60	37.79
14.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	41.31	39.30	55.72	54.03	56.31	54.03	55.02	34.96
15.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	37.53	49.36	52.43	51.85	51.92	50.34	51.64	34.58
16.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	31.82	46.00	47.88	48.84	45.09	47.39	47.30	34.19

៖ ព្រំដែនប្រាក់រយៈពេល

ស្តីពី 18 ក្រសួង 2543

តំបន់ 18.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល

ឈ្មោះ	កម្រិត	តំបន់ 18.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល				តំបន់ 18.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល			
		ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4	ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4
(ស) ប្រចាំឆ្នាំ	ឃុំ	26.78	29.71	28.97	26.43	28.59	26.45	27.71	27.18
8.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	31.62	34.61	34.97	33.37	34.24	33.45	35.01	33.08
9.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	37.35	41.33	44.42	41.12	41.09	42.41	36.98	32.59
10.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	38.82	37.37	36.29	37.36	36.57	37.68	31.95	32.33
11.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	27.86	45.54	43.89	45.11	43.29	42.82	46.40	27.88
12.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	27.14	33.78	34.18	34.16	34.63	33.07	35.01	27.18
13.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	28.22	39.83	39.83	41.25	38.61	38.18	39.54	28.24
14.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	29.68	43.54	46.97	47.87	47.39	43.71	45.45	30.09

៖ ព្រំដែនប្រាក់រយៈពេល

ស្តីពី 16 ក្រសួង 2543

តំបន់ 16.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល

ឈ្មោះ	កម្រិត	តំបន់ 16.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល				តំបន់ 16.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល			
		ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4	ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4
(ស) ប្រចាំឆ្នាំ	ឃុំ	26.18	26.81	26.79	26.83	26.81	26.81	26.82	26.82
8.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	33.46	31.94	32.08	32.72	32.69	32.51	29.72	30.07
9.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	41.59	46.00	47.88	46.94	45.06	45.90	39.02	42.39
10.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	44.16	50.87	51.38	49.83	51.32	51.73	37.28	34.59
11.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	37.53	40.58	39.42	39.40	41.12	40.24	40.05	34.23
12.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	44.16	50.87	51.38	49.83	51.32	51.73	37.28	34.59
13.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	44.59	54.05	51.48	51.48	56.31	54.74	31.79	30.00
14.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	34.29	37.78	38.18	37.76	38.61	37.77	38.08	33.08
15.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	32.29	35.00	35.39	34.98	35.02	34.22	34.90	32.33

៖ ព្រំដែនប្រាក់រយៈពេល

ស្តីពី 19 ក្រសួង 2543

តំបន់ 19.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល

ឈ្មោះ	កម្រិត	តំបន់ 19.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល				តំបន់ 19.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល			
		ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4	ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4
(ស) ប្រចាំឆ្នាំ	ឃុំ	33.82	30.82	34.18	34.39	34.43	34.22	34.91	34.33
8.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	34.98	37.37	46.46	41.09	41.98	41.93	36.96	37.37
9.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	41.08	45.54	56.88	51.36	51.40	48.85	52.12	40.69
10.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	41.93	48.94	58.07	54.58	51.52	50.34	53.18	39.42
11.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	31.54	35.39	36.57	35.77	36.99	35.38	36.18	30.46
12.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	34.61	37.37	36.56	36.19	35.78	36.48	28.98	26.61
13.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	36.18	36.29	38.17	37.36	37.77	37.88	28.98	26.61
14.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	31.89	43.28	40.33	30.34	43.29	47.39	47.84	34.57

៖ ព្រំដែនប្រាក់រយៈពេល

ការគ្រប់គ្រង ៤៥ តំបន់ប្រាក់រយៈពេល តំបន់ ៤៥.០០ ធានាប្រាក់រយៈពេល

តំបន់ ៤៥.០០ ធានាប្រាក់រយៈពេល

ស្តីពី 24 ក្រសួង 2543

តំបន់ 24.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល

ឈ្មោះ	កម្រិត	តំបន់ 24.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល				តំបន់ 24.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល			
		ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4	ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4
(ស) ប្រចាំឆ្នាំ	ឃុំ	28.59	31.19	28.41	28.37	28.24	28.34	28.98	28.97
8.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	35.37	41.97	42.39	39.40	37.39	37.37	39.14	36.79
9.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	36.95	49.41	51.38	45.70	46.48	44.41	46.54	34.61
10.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	40.48	51.91	57.47	52.94	52.96	51.89	53.82	46.09
11.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	43.69	56.30	60.54	53.28	56.89	56.86	57.64	41.54
12.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	50.33	63.20	66.74	60.86	62.53	63.28	64.00	41.96
13.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	29.68	33.46	33.84	33.08	33.09	33.32	33.08	29.72
14.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	38.16	40.72	42.72	45.08	42.41	44.16	43.86	37.38
15.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	38.98	45.54	47.88	46.44	42.85	45.06	45.56	34.19

៖ ព្រំដែនប្រាក់រយៈពេល

ស្តីពី 26 ក្រសួង 2543

តំបន់ 26.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល

ឈ្មោះ	កម្រិត	តំបន់ 26.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល				តំបន់ 26.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល			
		ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4	ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4
(ស) ប្រចាំឆ្នាំ	ឃុំ	26.78	27.52	27.17	26.79	27.54	27.17	27.17	26.82
8.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	35.37	40.68	44.62	38.32	42.83	40.24	41.57	33.08
9.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	47.67	52.97	56.88	49.46	52.54	48.16	48.89	34.61
10.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	31.17	36.87	36.56	36.99	34.57	34.77	33.08	31.94
11.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	37.35	52.97	54.04	54.00	54.07	54.00	46.37	39.00
12.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	37.76	54.61	53.14	56.31	55.70	55.44	39.43	39.42
13.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	33.82	42.40	42.39	42.38	42.39	42.39	42.39	34.62
14.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	28.95	31.56	31.37	31.55	31.98	31.56	31.66	30.09
15.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	26.78	25.02	24.66	24.64	24.33	23.94	24.39	23.60

៖ ព្រំដែនប្រាក់រយៈពេល

ស្តីពី 21 ក្រសួង 2543

តំបន់ 21.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល

ឈ្មោះ	កម្រិត	តំបន់ 21.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល				តំបន់ 21.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល			
		ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4	ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4
(ស) ប្រចាំឆ្នាំ	ឃុំ	26.42	27.52	27.88	27.87	27.54	27.71	28.78	26.81
8.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	28.22	30.82	30.82	31.18	31.21	32.32	31.38	28.24
9.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	31.17	36.18	36.18	36.39	36.58	36.88	31.16	31.19
10.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	27.86	31.94	31.19	31.53	31.58	33.07	31.65	28.24
11.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	34.20	39.42	39.42	39.43	41.09	39.84	34.58	33.84
12.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	31.82	38.59	43.28	42.83	44.63	45.94	44.07	34.58
13.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	34.59	45.08	42.83	42.38	45.09	47.87	46.76	34.58
14.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	35.76	48.87	47.88	47.39	46.01	52.41	48.42	34.59

៖ ព្រំដែនប្រាក់រយៈពេល

ស្តីពី 27 ក្រសួង 2543

តំបន់ 27.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល

ឈ្មោះ	កម្រិត	តំបន់ 27.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល				តំបន់ 27.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល			
		ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4	ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4
(ស) ប្រចាំឆ្នាំ	ឃុំ	28.59	28.97	28.61	28.98	28.99	28.97	28.88	28.94
8.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	28.98	30.82	31.19	31.18	30.84	30.07	30.82	29.54
9.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	36.79	45.54	43.27	43.28	45.09	46.45	46.72	34.19
10.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	34.59	46.47	46.42	46.60	45.54	47.29	45.54	34.57
11.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	43.25	63.89	60.54	61.18	62.53	62.38	62.38	44.12
12.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	38.16	44.41	44.41	44.41	44.41	44.41	44.41	44.41
13.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	35.76	41.51	41.51	41.51	41.51	41.51	41.51	41.51
14.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	33.43	39.83	40.68	39.40	39.83	39.41	39.84	33.74

៖ ព្រំដែនប្រាក់រយៈពេល

ស្តីពី 28 ក្រសួង 2543

តំបន់ 28.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល

ឈ្មោះ	កម្រិត	តំបន់ 28.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល				តំបន់ 28.00 ធានាប្រាក់រយៈពេល			
		ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4	ឆ្នាំ 1	ឆ្នាំ 2	ឆ្នាំ 3	ឆ្នាំ 4
(ស) ប្រចាំឆ្នាំ	ឃុំ	31.92	37.37	32.7	33.08	33.45	33.08	31.53	31.54
8.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	38.16	44.62	43.07	44.15	41.98	43.71	43.73	36.14
9.00 ឈ្មោះ	ឃុំ	38.16	48.87						

