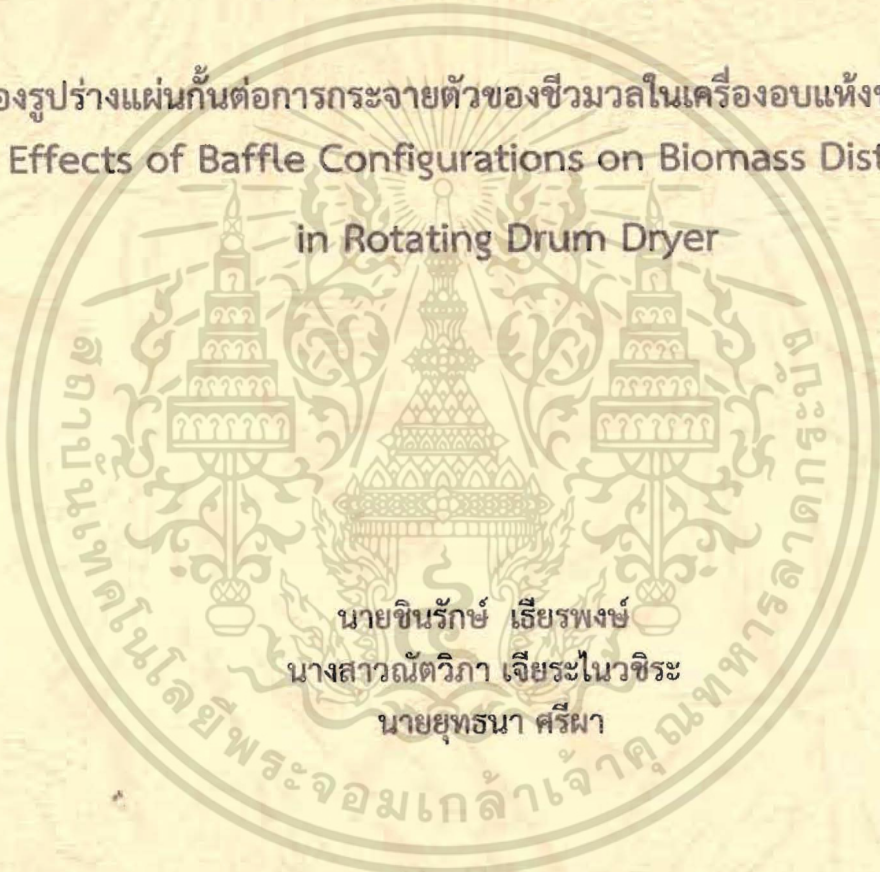




## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของรูปร่างแผ่นกั้นต่อการกระจายตัวของชีวมวลในเครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุน  
An Effects of Baffle Configurations on Biomass Distribution  
in Rotating Drum Dryer



นายชินรัช ธีรพงษ์  
นางสาวณัตวิภา เจียรไนวิชระ  
นายยุทธนา ศรีผา

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก แหล่งเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557  
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของรูปร่างแผ่นกั้นต่อการกระจายตัวของชีวมวลในเครื่องอบแห้งชนิดทอหมุน  
An Effects of Baffle Configurations on Biomass Distribution  
in Rotating Drum Dryer



นายชินรัชก์ เรียรพงษ์  
นางสาวณัฐวิภา เจียรระโนวชิระ  
นายยุทธนา ศรีผา

12697084

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก แหล่งเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557  
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ผลของรูปร่างแผ่นกั้นต่อการกระจายตัวของชีวมวลในเครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุน แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2557 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 60,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2557

คณะผู้วิจัย 1. นายชินรักษ์ เขียรพงษ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ (หัวหน้าโครงการ)

2. นางสาวณัฏวิภา เกียรติระโนชวิระ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ผู้ร่วมโครงการ)

3. นายยุทธนา ศรีผา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ผู้ร่วมโครงการ)

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของการกระจายตัวของชีวมวลในเครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุน โดยใช้มะพร้าวชุดที่ความชื้นสูงและความชื้นต่ำเป็นวัสดุทดสอบ ทำการออกแบบแผ่นกั้นแบบสองส่วนที่มุมระหว่างส่วน  $120^\circ$ ,  $135^\circ$  และ  $150^\circ$  ทำการทดลองวัสดุปริมาณ 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร กำหนดความเร็วรอบเท่ากับ 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวการกระจายตัวด้วยกล้องความละเอียดสูง ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ImageJ วิเคราะห์พื้นที่หน้าตัดวัสดุบนแผ่นกั้นและระยะการโปรยกระจายตัวของวัสดุในแนวหน้าตัดขวางของท่อหมุน ทำการวิเคราะห์อัตราส่วนปริมาตรวัสดุบนแผ่นกั้นและอัตราส่วนระยะการโปรยวัสดุที่ตำแหน่งมุมรอบท่อหมุน พร้อมกับเปรียบเทียบผลการทดลองกับการวิเคราะห์ทางทฤษฎี ในการศึกษาพบว่าชีวมวลกรณีมะพร้าวชุดความชื้นต่ำร่วมกับแผ่นกั้นแบบสองส่วนที่มุมระหว่างส่วน  $120^\circ$  ให้ผลการกระจายตัวดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอื่น

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Research Title:** An Effects of Baffle Configurations on Biomass Distribution in Rotating Drum Dryer

**Researcher:** Mr.Chinaruk Thianpong  
Miss Nuthvipa Jayranaiwachira  
Mr. Yutthana Sripa

**Faculty :** Engineering

**Department :** Mechanical Engineering

### ABSTRACT

Rotating drum dryer commonly use for removing moisture from drying granular or particulate solid. Drum drying performance greatly depends on convective heat transfer mechanism, that mostly involve the distribution characteristic of the particles over the drum. In this study, shredded coconut distribution over the rotating drum cross section with various baffle configurations are presented. The two segments baffle of  $120^\circ$ ,  $135^\circ$  and  $150^\circ$  were investigated with high and low moisture content shredded coconut. The drum rotational speed was examined at 3, 4 and 5 RPM respectively. The baffle hold-up and falling length of particular were estimated by ImageJ programming, it was found that low moisture content with two segments baffle of  $120^\circ$ , which analysed multiple photographs of the rotating drum cross section area at different experimental conditions, had significantly higher uniform distribution at any rotational angles of the drum. Reasonable agreement was obtained in comparison between experimental analysis and prediction.

**Keywords :** Rotating drum dryer, baffle hold-up

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน เงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557 จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

นายชินรัชช์ เรียรพงษ์  
นางสาวณัฏวิภา เจริญระโนวชิระ  
นายยุทธนา ศรีผา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

|  | หน้า      |
|--|-----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                                       | ก         |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                                    | ข         |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                       | ค         |
| สารบัญ.....  | ง         |
| สารบัญตาราง.....   | ฉ         |
| สารบัญภาพ.....   | ช         |
| <b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>                                   | <b>1</b>  |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                    | 1         |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                           | 1         |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....                                 | 2         |
| 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....                                | 2         |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                         | 2         |
| <b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>          | <b>3</b>  |
| 2.1 การอบแห้ง.....   | 3         |
| 2.2 การวิเคราะห์ความชื้นของวัสดุ.....                      | 5         |
| 2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับมะพร้าว.....                            | 6         |
| 2.4 มุมกองของวัสดุ.....                                    | 6         |
| 2.5 ปริมาณของวัสดุบนแผ่นกั้น(Baffle Hold up).....          | 7         |
| 2.6 การกระจายตัวของวัสดุ.....                              | 9         |
| 2.7 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review)..... | 10        |
| <b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....</b>                     | <b>13</b> |
| 3.1 อุปกรณ์การทดลอง.....                                   | 13        |
| 3.2 ขั้นตอนการทดลอง.....                                   | 18        |
| <b>บทที่ 4 ผลการวิจัย.....</b>                             | <b>21</b> |
| 4.1 กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง.....               | 21        |
| 4.1.1 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์.....             | 21        |
| 4.1.2 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์.....             | 25        |
| 4.2 กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ.....               | 29        |
| 4.2.1 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์.....             | 29        |
| 4.2.2 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์.....             | 32        |
| <b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....</b>            | <b>37</b> |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย.....                                    | 37        |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ.....  | 39        |
| <b>บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย.....</b>                     | <b>40</b> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

|                      | หน้า |
|----------------------|------|
| เอกสารอ้างอิง.....   | 42   |
| ภาคผนวก.....         | 44   |
| ภาคผนวก ก.....       | 45   |
| ภาคผนวก ข.....       | 82   |
| ประวัตินักวิจัย..... | 85   |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

|   |      |
|---|------|
| ตารางที่  | หน้า |
| 2.1 แสดงตัวอย่างมุมกอง(Static angle of repose) ของวัสดุทางการเกษตร..... | 7    |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

| ภาพที่  | หน้า |
|---|------|
| 2.1 แสดงภาพหน้าตัดเครื่องอบมะพร้าวแบบท่อหมุนโดยทั่วไป.....  | 6    |
| 2.2 แสดงภาพหน้าตัดขวางแผ่นกั้นแบบสองส่วน.....   | 7    |
| 3.1 แสดงท่อสแตนเลสตัดในการทดลองศึกษาการกระจายตัวของวัสดุ และท่อสแตนเลสยาว 1.2 เมตร สำหรับสร้างเครื่องอบแบบท่อหมุน เพื่อศึกษาการอบแห้งในระยะต่อไป..... | 13   |
| 3.2 แสดงแผ่นกั้นสแตนเลสแบบส่วนเดียว(ยาว 5 ซม.) 12 ใบที่ติดตั้งในท่อหมุน.....  | 14   |
| 3.3 แสดงแผ่นกั้นสแตนเลสแบบสองส่วนมุม 120 องศา (ใบส่วน 1 ยาว 20 มม. ส่วน 2 ยาว 40 มม.).....  | 14   |
| 3.4 แสดงแผ่นกั้นสแตนเลสแบบสองส่วนมุม 135 องศา (ใบส่วน 1 ยาว 30 มม. ส่วน 2 ยาว 30 มม.).....  | 14   |
| 3.5 แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุม 150 องศา (ใบส่วน 1 ยาว 25 มม. ส่วน 2 ยาว 30 มม.).....   | 15   |
| 3.6 การวางแนวติดตั้งแผ่นกั้นรอบท่อหมุน.....   | 15   |
| 3.7 มอเตอร์ (Motor).....  | 15   |
| 3.8 เกียร์บ็อกซ์ (Gear box).....  | 16   |
| 3.9 อินเวอร์เตอร์ (inverter).....   | 16   |
| 3.10 แสดงกล้อง DSLR Nikon D5300 ที่ใช้ในการบันทึกการทดลอง.....  | 17   |
| 3.11 การติดตั้งชุดทดลอง.....  | 17   |
| 3.12 การวัดค่าความชื้นเนื้อมะพร้าวชุด ด้วยเครื่องวัดความชื้นยี่ห้อ Sartorius MA150Q.....  | 18   |
| 3.13 การทดสอบมุมกองของมะพร้าวชุดขณะอยู่นิ่ง .....   | 18   |
| 3.14 การทดสอบมุมกองของมะพร้าวชุดขณะเคลื่อนที่ในท่อหมุน(Dynamic angle of repose).....  | 18   |
| 3.15 แสดงการบันทึกภาพเคลื่อนไหวลักษณะการกระจายตัวของวัสดุในการทดลอง.....  | 19   |
| 3.16 วิธีการกำหนดสเกล โปรแกรม ImageJ.....   | 20   |
| 3.17 แสดงการวัดพื้นที่หน้าตัดวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมการหมุนต่าง ๆ.....  | 20   |
| 3.18 แสดงการวัดพื้นที่หน้าตัดวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมการหมุนต่าง ๆ.....  | 20   |
| 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง.....                          | 22   |
| 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_dR$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง.....                      | 22   |
| 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง.....                          | 23   |
| 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_dR$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง.....                      | 23   |
| 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง.....                          | 24   |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่  | หน้า |
|---|------|
| 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_dR$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา, ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง..... | 25   |
| 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง.....      | 26   |
| 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_dR$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง.....  | 26   |
| 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง.....      | 27   |
| 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_dR$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง..... | 27   |
| 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง.....     | 28   |
| 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_dR$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง..... | 28   |
| 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ.....     | 29   |
| 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_dR$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ..... | 30   |
| 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ.....     | 30   |
| 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_dR$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ..... | 31   |
| 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ.....        | 32   |
| 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_dR$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ..... | 33   |
| 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ.....        | 33   |
| 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_dR$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ..... | 33   |
| 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ.....        | 34   |
| 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_dR$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ..... | 76   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่  | หน้า |
|---|------|
| 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างVR กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา<br>ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ.....           | 35   |
| 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Y_{\mu R}$ กับ $\theta$ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา<br>ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ..... | 36   |



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการใช้งานเครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุนในการอบแห้งในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเคมี หรือการอบแห้งวัสดุชีวมวลผลิตผลทางการเกษตร ต่าง ๆ เป็นต้น เครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุน มีความเหมาะสมกับการอบแห้งวัสดุความชื้นสูงและมีลักษณะการยึดเกาะของวัสดุ หรือ มีความเหนียว เช่น กากมันสำปะหลัง มันเส้น หรือแม้กระทั่งมะพร้าวชูดหลังผ่านการคั่นกะทิหรือกากกะทิ ซึ่งกากกะทิที่ได้จากกระบวนการคั่นน้ำมะพร้าวจะมีความชื้นสูง เหนียวและมีการยึดเกาะ จึงจำเป็นต้องทำการอบแห้งลดความชื้นก่อนเข้ากระบวนการสกัดน้ำมันมะพร้าวหรือการเก็บรักษาต่อไป ซึ่งในระดับอุตสาหกรรม มักทำการอบแห้งลดความชื้นกากกะทิด้วยเครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุน ซึ่งจากการที่เครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุนมีความเหมาะสมกับวัสดุอบที่มีความชื้นและการยึดเกาะสูง จากลักษณะการทำงานโดยการหมุนถังอบในแนวนอนและมีการยกโปรยวัสดุอย่างต่อเนื่อง ทำให้วัสดุเคลื่อนที่และกระจายตัว ทำให้คล้ายการยึดเกาะและผิววัสดุสามารถสัมผัสลมร้อนเพื่อไล่ความชื้นผ่านการโปรยกระจายตัวตลอดเวลา และเหลือความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสม่ำเสมอ และถึงแม้ว่าเทคโนโลยีการอบและการผลิตที่ดีขึ้นในปัจจุบัน ทำให้มีการพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การออกแบบรูปทรงชุดแผ่นกั้นแบบต่าง ๆ จากเดิมที่มักมีลักษณะเป็นแผ่นตรงหรือรูปทรงส่วนเดียว หรือแผ่นกั้นที่มีลักษณะหลายส่วน เช่น เป็นฉากสี่เหลี่ยมหรือรูปทรงสองส่วนทำกันมุม 90 °C หรือมากกว่า มาเป็นลักษณะรูปทรงมากกว่าสองส่วน เป็นต้น

การออกแบบลักษณะรูปทรงชุดแผ่นกั้นหรือการกำหนดแนวชุดแผ่นกั้น สำหรับวัสดุที่คุณลักษณะที่ต่างกัน จะมีผลต่อลักษณะการกระจายตัวของวัสดุที่ทำการอบแห้ง ซึ่งเกี่ยวข้องกับอัตราการลดความชื้น ซึ่งหากเลือกติดตั้งชุดแผ่นกั้นที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของวัสดุทำการอบแห้ง ก็เป็นสาเหตุทำให้การกระจายตัวของวัสดุในถังอบไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการลดความชื้นของเครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุน ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมุ่งทำการศึกษาวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของวัสดุชีวมวลที่ได้จากการเกษตร โดยเลือกใช้มะพร้าวชูดหรือกากกะทิเป็นวัสดุในการวิจัย เนื่องจากเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีรูปร่างค่อนข้างสม่ำเสมอ มีความชื้นค่อนข้างสูง มีการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุนในระดับอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพการพัฒนาเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบการกระจายตัวของวัสดุในเครื่องอบแห้งแบบท่อหมุน

1.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปทรงชุดแผ่นกั้นที่มีผลต่อลักษณะการกระจายตัวทางกายภาพของวัสดุชีวมวลทางการเกษตร

1.2.3 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุนวัสดุอบแห้งที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายคลึงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ออกแบบและสร้าง เครื่องอบแห้งหมุนต้นแบบ ขนาดความจุไม่เกิน 1 ลบ.ม.
- 1.3.2 ปรับความเร็วรอบแห้งหมุน 3-5 รอบต่อนาที
- 1.3.3 ใช้วัสดุชีวมวลทางการเกษตรที่ความชื้นสูงและความชื้นต่ำ เป็นวัสดุในการทดลอง
- 1.3.4 ปริมาณวัสดุในถังหมุน 10-15 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร .-
- 1.3.5 ใช้กล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหวความละเอียดสูง ที่อัตรา 50 เฟรมต่อวินาที ในการถ่ายภาพลักษณะการกระจายตัวของวัสดุในถังหมุน

### 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวเนื่องกับเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน รวมทั้ง ปัญหา ข้อจำกัด และอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการทดลอง
- 1.4.2 ศึกษาทฤษฎีการอบแห้ง, ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน หลักการออกแบบแผ่นกั้น และหลักการคำนวณต่างๆ
- 1.4.3 ทำการทดลอง ศึกษาลักษณะการกระจายตัวของวัสดุ โดยกำหนดเงื่อนไขที่สภาวะต่าง ๆ เช่น ลักษณะแผ่นกั้นแบบส่วนตัวหรือแบบสองส่วน ที่ขนาดและมุมระหว่างส่วนแตกต่างกัน ความเร็วรอบต่อชั่วโมง และปริมาณวัสดุและความชื้นที่แตกต่างกัน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพดีที่สุดในการกระจายตัวของวัสดุในถังหมุน

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถสรุปลักษณะแผ่นกั้นที่เหมาะสมในการกระจายตัวของวัสดุชีวมวลสำหรับเครื่องอบแห้งแบบทอหมุน
- 1.5.2 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการอบแห้ง ในระดับอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดพลังงาน
- 1.5.3 สร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ โดยมีนักศึกษาระดับปริญญาโทและ/หรือเอก เข้าร่วมโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การอบแห้ง (Drying)

การอบแห้ง คือ การขจัดความชื้นออกจากวัสดุด้วยวิธีทางความร้อน ซึ่งจะมีการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน หลักการคือ ให้ความร้อนเพื่อระเหยความชื้นออกสู่ตัวกลางซึ่งส่วนใหญ่เป็นอากาศร้อนและแห้ง โดยอากาศดังกล่าวนอกจากจะเป็นแหล่งความร้อนเพื่อการระเหยแล้ว ยังทำหน้าที่พาความชื้นจากการระเหยออกจากห้องอบด้วย โดยของเหลวภายในวัสดุจะเคลื่อนที่ออกมายังผิววัสดุ จากความแตกต่างของความเข้มข้นของความชื้น และความดันไอ ที่ความแตกต่างระหว่างไอน้ำในวัสดุกับความชื้น โดยเมื่อผิววัสดุมีน้ำอยู่จำนวนมากพอ การลดลงของความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวก็จะคงที่ ส่งผลให้การอบแห้งคงที่ด้วย และเมื่อปริมาณน้ำที่ผิวของวัสดุลดลง อุณหภูมิของวัสดุจะเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของไอน้ำในวัสดุลดลง ส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลง และอัตราการอบแห้งจะลดลงตลอดระยะเวลาการอบแห้ง จนกระทั่งความดันไอของเหลวในวัสดุมีค่าไม่แตกต่างกับความดันไอของอากาศแวดล้อมในการอบแห้ง ความชื้นที่จุดสุดท้ายเรียกว่า ความชื้นสมดุล เป็นจุดที่ไม่มี การถ่ายเทความชื้นอีกต่อไป

##### 2.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง [9]

โดยทั่วไปอัตราการอบแห้งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

###### 2.1.2.1 สภาพของเครื่องอบแห้ง

ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศ และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่พื้นที่ผิวของการถ่ายเทความร้อน

###### 2.1.2.2 คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาอบแห้ง

ได้แก่ ปริมาณความชื้น อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตร อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุ และอัตราการสูญเสียความชื้น

###### 2.1.2.3 ขนาดของวัสดุที่นำมาอบแห้ง

จะมีผลต่ออัตราการอบแห้งทั้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และอัตราการอบแห้งลดลง วัสดุที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวในการระเหยสูง และทำให้ระยะทางที่ไอน้ำเคลื่อนที่ไปยังผิวของวัสดุนั้นสั้นลง

###### 2.1.2.4 ปริมาณไขมันในวัสดุ

คือถ้าวัสดุมีปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบสูงจะทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้ช้า เนื่องจากโมเลกุลของน้ำยึดไว้ในวัสดุ

###### 2.1.2.5 วิธีการเตรียมวัสดุก่อนนำมาอบแห้ง

ถ้ามีการลดขนาดของผลิตภัณฑ์ลงจะทำให้ไอน้ำระเหยออกจากวัสดุได้มากขึ้น

###### 2.1.2.6 ปริมาณของวัสดุที่นำมาอบแห้ง

##### 2.1.3 รูปแบบของการอบแห้ง

รูปแบบของระบบสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับชนิดของวัสดุอาหารแตกต่างกันออกไป รูปแบบของระบบโดยทั่วไปมีดังนี้

###### 2.1.3.1 การอบแห้งแบบตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบแห้งวัสดุด้วยความร้อนภายในตู้ขณะบรรจุวัสดุอยู่ อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้กันสำหรับอบแห้งประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส

#### 2.1.3.2 การอบแห้งแบบอุโมงค์

เป็นวิธีการที่คล้ายกับการอบแห้งแบบตู้แต่ตัวตู้มีความยาวมาก ทำให้ดูเหมือนอุโมงค์ภายในอุโมงค์จะมีรถเข็นจำนวนหลายคัน บรรจุภาควัสดุซึ่งมีผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปอบแห้ง

#### 2.1.3.3 การอบแห้งแบบสายพาน

เป็นวิธีการอบแห้งผลิตภัณฑ์บนเครื่องขนถ่ายวัสดุแบบสายพาน ซึ่งตัวสายพานมีรูให้อากาศไหลผ่านได้ส่วนมากมักจะอบให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงจนถึงระดับหนึ่งก่อนที่จะนำไปอบแห้งในส่วนของการอบแห้งต่อไป

#### 2.1.3.4 การอบแห้งแบบแช่แข็ง หรือแบบระเหิด

อบแห้งผลิตภัณฑ์ที่แช่แข็งมาแล้วภายใต้สภาวะสุญญากาศ ทำให้น้ำแข็งระเหิดกลายเป็นไอซึ่งเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งมีโครงสร้างที่ดีคือเป็นรูพรุน ส่งผลให้สามารถกลับคืนรูปเดิมได้ดีและรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถรักษากลิ่นของผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี แต่การอบแห้งด้วยวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่อนข้างสูง

#### 2.1.3.5 การอบแห้งโดยไม่โครเวฟ

อบแห้งโดยใช้ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสม ซึ่งสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในตัวของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำให้แห้ง โดยคลื่นดังกล่าวจะถูกดูดกลืนโดยน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการระเหยของน้ำจึงเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก การอบแห้งด้วยวิธีนี้จะเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง

#### 2.1.3.6 การอบแห้งแบบพัพ

เหมาะกับการทำแห้งผักและผลไม้ ด้วยการนำผักและผลไม้ขนาดเล็กลงมาสัมผัสกับอากาศร้อนและภายใต้ความดันสูงในระยะเวลาสั้นๆ แล้วปล่อยให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับความดันบรรยากาศซึ่งจะทำให้น้ำในผักและผลไม้ระเหยกลายเป็นไออย่างทันทีทันใดขนาดของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการอบแห้งแบบพัพคือเป็นรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 3/4 นิ้ว

#### 2.1.3.7 การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

วัสดุที่ใช้อบควรเป็นชั้นมีลักษณะค่อนข้างกลมสม่ำเสมอ ลอยตัวอยู่บนอากาศร้อนที่ผ่านช่องตะแกรง ชั้นของอาหารหมุนรอบตัวลอยอยู่บนอากาศร้อนทำให้การถ่ายเทมวลสารไอน้ำระเหยออกจากชั้นอาหารเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก สม่ำเสมอตลอดผิวหน้าของอาหาร

#### 2.1.3.8 การอบแห้งแบบท่อหมุน

วัสดุที่ใช้อบควรมีลักษณะ เป็นวัสดุปริมาณมวล ที่ทนต่อแรง เหวี่ยง กระแทก ไม่แตกหักง่าย เช่น เมล็ดธัญพืช อาหารสัตว์ หรือวัสดุที่มีการยึดเกาะสูง เครื่องอบแห้งแบบท่อหมุนประกอบด้วย ถังอบ เป็นรูปทรงกระบอกวางแนวนอน วัสดุที่ต้องการอบจะถูกป้อนเข้าด้านบนของเครื่อง ลมร้อนจะถูกเป่าเข้าบริเวณแกนกลางของถังอบ โดยมีการหมุนรอบแกน ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่อหมุนติดตั้งแผ่นกันหรือแผ่นกันตัววัสดุขึ้นไป แล้วโปรยจากด้านบน ซึ่งการที่วัสดุเคลื่อนที่และจะคลุกเคล้ากันตลอดเวลา ทำให้การอบแห้ง

## 2.2 การวิเคราะห์ความชื้นของวัสดุ

### 2.2.1 ความชื้น (Moisture content)

การหาค่าความชื้นวัสดุทางการเกษตรที่นิยมใช้ มี 2 วิธีคือ

#### 2.2.1.2 การวัดความชื้นโดยตรง

การชั่งน้ำหนักของเมล็ดพืชแล้วนำไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ประมาณ 72 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักอีกรอบหนึ่ง โดยน้ำหนักของเมล็ดพืช ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมินี้มาแล้วถือว่าเป็นน้ำหนักแห้ง จากนั้นก็สามารถไปคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานแห่ง ได้ดังสมการที่ (2.1) และ ความชื้นมาตรฐานเปียกได้ดังสมการที่ (2.2)

ความชื้นมาตรฐานแห้ง หมายถึง อัตราร้อยละของน้ำหนักน้ำต่อ น้ำหนักวัสดุที่แห้ง เป็นค่าที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง เพราะช่วยให้คำนวณได้สะดวก เนื่องจากน้ำหนักแห้งของอาหารจะคงที่ อาจบอกเป็นร้อยละหรือจำนวนกรัมของน้ำต่อจำนวนกรัมของของแข็งคำนวณจาก

$$M_d = (w-d)/d \times 100 \quad (2.1)$$

ความชื้นมาตรฐานเปียก หมายถึง อัตราร้อยละของน้ำหนักน้ำต่อ น้ำหนักวัสดุทั้งหมด มักใช้ในทางการค้า เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความชื้นโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน มักบอกเป็นร้อยละคำนวณจาก

$$M_w = (w-d)/w \times 100 \quad (2.2)$$

โดยที่

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| $M_d$ | คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, ร้อยละ  |
| $M_w$ | คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, ร้อยละ |
| $d$   | คือ มวลแห้งของวัสดุ              |
| $w$   | คือ มวลของวัสดุ                  |

#### 2.2.1.3 การวัดความชื้นโดยใช้เครื่องวัดความชื้น

มีอยู่หลายแบบโดยใช้หลักการต่างๆกันเช่นใช้หลักการวัดการสะท้อนคลื่นอินฟราเรดหรือใช้หลักการวัด Capacitance หรือใช้หลักการวัดความต้านทานไฟฟ้าเป็นต้น การวัดความชื้นโดยใช้เครื่องวัดนี้สามารถวัดได้อย่างรวดเร็ว แต่การวัดความชื้นแบบนี้จะต้องทำการสอบเทียบ (Calibrate) กับวิธีมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับมะพร้าว[7]

มะพร้าว เป็นพืชยืนต้นในตระกูลปาล์ม คนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าวในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน ประเทศไทยนับเป็นประเทศหนึ่งที่มีการบริโภคมะพร้าวกันมาก โดยประมาณ 75% ใช้ในครัวเรือน และอีก 25% ใช้ในอุตสาหกรรม มะพร้าวที่ปลูกในประเทศไทยเป็นพืชเศรษฐกิจ ที่เน้นผลผลิตที่เป็นผลแก่ โดยจะเอาส่วนเนื้อมาทำกะทิเป็นหลัก และเนื้อมะพร้าวชูดหลังการคั้นกะทิออกแล้ว จะใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันมะพร้าว โดยจำเป็นต้องทำการอบลดความชื้นก่อนเข้ากระบวนการสกัดน้ำมัน



ภาพที่ 2.1 แสดงภาพหน้าตัดเครื่องอบมะพร้าวแบบท่อหมุนโดยทั่วไป(ซ้าย) และมะพร้าวชูดหลังผ่านการอบแห้งเพื่อเข้าสู่กระบวนการสกัดน้ำมันมะพร้าว(ขวา)

### 2.4 มุมกองของวัสดุ (Angle of repose)

มุมกองของวัสดุ(Angle of repose) ใช้สำหรับพิจารณาความสามารถในการไหลของวัสดุ คือมุมระหว่างเส้นแนวเอียงผิวหน้าวัสดุกองที่กระทำกับแนวราบ โดย แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ มุมกองของวัสดุขณะเคลื่อนที่(Dynamic angle of repose) เช่น วัสดุกองในถังที่กำลังหมุน และมุมกองของวัสดุขณะอยู่นิ่ง(Static angle of repose) โดย และมุมกองของวัสดุขณะอยู่นิ่ง สามารถหาได้จากการทดสอบด้วยการเทกองวัสดุเพื่อหาค่ามุมกองวัสดุ และคำนวณหาค่ามุมกองวัสดุได้จากสมการ

$$\tan \phi = \frac{H}{(D/2)} \quad (2.3)$$

โดยที่  $\phi$  = มุมกองของวัสดุขณะอยู่นิ่ง(Static angle of repose)  
 $H$  = ความสูงของกองวัสดุ  
 $D$  = เส้นผ่าศูนย์กลางของฐาน

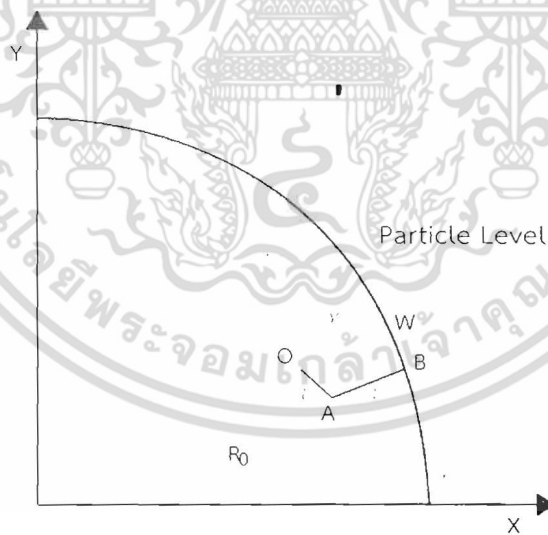
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างมุมกอง(Static angle of repose) ของวัสดุทางการเกษตร[19]

| Selected agricultural materials | $D_s$ (cm) | $H_s$ (cm) | $H_c$ (cm) | $H_c - H_s$ (cm) | $\alpha$ (degree) |
|---------------------------------|------------|------------|------------|------------------|-------------------|
| Maize                           | 22.5       | 23.5       | 29.0       | 5.5              | 26.0              |
| Unshelled groundnut             | 22.5       | 23.5       | 30.8       | 7.3              | 33.0              |
| Shelled groundnut               | 22.5       | 23.5       | 31.2       | 7.5              | 33.7              |
| Sorghum                         | 22.5       | 23.5       | 29.6       | 6.1              | 28.5              |
| Millet                          | 22.5       | 23.5       | 29.4       | 5.9              | 27.9              |
| Paddy rice                      | 22.5       | 23.5       | 33.0       | 9.5              | 41.1              |
| Milled rice                     | 22.5       | 23.5       | 30.7       | 7.2              | 32.6              |
| Rice husk                       | 22.5       | 23.5       | 32.6       | 9.1              | 39.0              |
| Unshelled melon                 | 22.5       | 23.5       | 30.4       | 6.9              | 31.5              |
| Soya beans                      | 22.5       | 23.5       | 30.2       | 6.7              | 30.8              |
| Locust beans                    | 22.5       | 23.5       | 29.7       | 6.2              | 28.9              |
| Co-pea (beans;                  | 22.5       | 23.5       | 29.5       | 6.0              | 28.1              |
| Acha                            | 22.5       | 23.5       | 32.0       | 8.5              | 37.1              |
| Gari                            | 22.5       | 23.5       | 33.5       | 10.0             | 41.6              |
| Tiger nut                       | 22.5       | 23.5       | 31.2       | 7.7              | 34.4              |
| Wheat                           | 22.5       | 23.5       | 30.2       | 6.7              | 30.8              |
| Benniseed                       | 22.5       | 23.5       | 31.2       | 7.7              | 34.4              |
| Bambara nut                     | 22.5       | 23.5       | 28.4       | 4.9              | 23.5              |
| Saw dust                        | 22.5       | 23.5       | 34.2       | 10.7             | 43.5              |

## 2.5 ปริมาณของวัสดุบนแผ่นกั้น(baffle Hold up)

การหาปริมาณของวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้นที่มุมการหมุนของถังต่าง ๆ โดยการคำนวณพื้นที่หน้าตัดขวางวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้นแบบสองส่วนตามแนวแกนของท่อหมุน ตามสมการของ M. H. Lisboa, D. S. Vitorino, W. B. Delaiba, J. R. D. Finzer และ M. A. S. Barrozo [2] ที่ได้ทำการศึกษาชุดสมการ ซึ่งให้ผลการคำนวณที่ค่อนข้างแม่นยำ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองด้วยวัสดุทดสอบที่มีขนาดเล็กกลมและความหนาแน่นสูง (เม็ดปุ๋ยฟอสเฟสขนาด 2.75 mm ความหนาแน่น 1 g/cm<sup>3</sup>) และทำการหาปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นจากการพิจารณาความยาวของแผ่นกั้นตามแนวความยาวท่อหมุน ซึ่งสามารถคำนวณ ได้ดังนี้



ภาพที่ 2.2 แสดงภาพหน้าตัดขวางแผ่นกั้นแบบสองส่วน

### 2.5.1 พื้นที่หน้าตัดขวางวัสดุบนแผ่นกั้น

จากหน้าตัดขวางแผ่นกั้นแบบสองในภาพที่ 2.1 พิจารณาโคออร์ดิเนตต่าง ๆ ดังนี้

โคออร์ดิเนตของโอบส่วนที่ 1 ( $y_1=0$ )

โคออร์ดิเนตของโอบส่วนที่ 2 ( $y_2=a_2+b_2x$ ) โดย  $a_2=x_A \tan(\alpha_A)$  และ  $b_2=-\tan(\alpha_A)$

โคออร์ดิเนตที่จุด A โดย  $x_A=l'$  และ  $y_A=0$

โคออร์ดิเนตที่จุด B โดย  $x_B=x_A-l\cos(\alpha_A)$  และ  $y_B=l\sin(\alpha_A)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X_0 = R_0 \cos(\theta) \quad (2.4)$$

$$Y_0 = R_0 \sin(\theta) \quad (2.5)$$

จุดตัดตามแนวใบส่วนที่ 2

$$x_2 = \frac{a_2}{\tan(\gamma) - b_2} \quad (2.6)$$

$$y_2 = a_2 + b_2 x_2 \quad (2.7)$$

จุดตัดระหว่างระดับผิววัสดุกับผนังท่อหมุน ( $y_w, x_w$ )

$$x_w = \frac{B_w \pm \sqrt{B_w^2 - 4A_w C_w}}{2A_w} \quad (2.8)$$

โดย

$$\begin{aligned} A_w &= 1 + [\tan(\gamma)]^2 \\ B_w &= 2X_0 [\cos(\alpha) - \tan(\gamma) \sin(\delta)] + 2Y_0 [\tan(\gamma) \cos(\delta) + \sin(\alpha)] \\ C_w &= R_0^2 - R^2 \\ y_w &= x_w \tan(\gamma) \end{aligned} \quad (2.9)$$

โดยการคำนวณพื้นที่หน้าตัดของวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกั้นที่มุมการหมุนถึงใด ๆ จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของลักษณะของวัสดุบนแผ่นกั้น โดยสามารถแบ่งได้ทั้งหมดเป็น 3 กรณี ดังนี้

2.5.1.1 กรณีแนวผิววัสดุสัมผัสผนังท่อหมุน เมื่อ  $\gamma > \arctan\left(\frac{y_B}{x_B}\right)$

คำนวณพื้นที่หน้าตัดของวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกั้น จากสูตร

$$S = \frac{R^2}{2} [\beta - \sin(\beta)] + \frac{1}{2} |x_A y_A - x_B y_A + x_B y_w - x_w y_B| \quad (2.10)$$

โดยที่

$$\beta = 2 \sin^{-1} \left[ \frac{\sqrt{(x_B - x_w)^2 + (y_B - y_w)^2}}{2R} \right]$$

2.5.1.2 กรณีแนวผิววัสดุไม่สัมผัสผนังท่อหมุนแต่สัมผัสผิวแผ่นกั้นส่วนที่ 2

ซึ่งจะเกิดขึ้น เมื่อ  $\gamma < \arctan\left(\frac{y_B}{x_B}\right)$ ,  $\sqrt{(x_2 - x_A)^2 + (y_2 - y_A)^2} < l'$  และ  $y_2 > 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณพื้นที่หน้าตัดของวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน จากสูตร

$$S = \frac{1}{2} |x_1 y_2| \quad (2.11)$$

2.5.1.1 กรณีไม่เหลือวัสดุค้ำบนแผ่นกัน

ซึ่งจะเกิดขึ้น ถ้า  $y_2 < 0$

2.5.2 ปริมาตรวัสดุบนแผ่นกัน

ปริมาณวัสดุบนแผ่นกัน พิจารณาจากปริมาตรวัสดุบนแผ่นกัน คำนวณได้จากพื้นที่หน้าตัดของวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน คูณด้วยระยะความยาวของแผ่นกันตามแนวยาวถึง

$$V = S \times L \quad (2.12)$$

2.5.3 อัตราส่วนปริมาณวัสดุบนแผ่นกัน(Hold up Ratio)

อัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกันที่มุมการหมุนถึงต่าง ๆ พิจารณาจากปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกันที่มุมการหมุนถึงนั้น ๆ ส่วนด้วยปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกันที่มุม 0 องศา เมื่อเทียบกับแนวระดับ

$$VR = \frac{V}{V_0} \quad (2.13)$$

2.6 การกระจายตัวของวัสดุ

การกระจายตัวของวัสดุ โดยการพิจารณาการโปรยของวัสดุผ่านอากาศจากขอบแผ่นกันที่มุมการหมุนของถัง ตั้งแต่เริ่มหมุนยกแผ่นกันกวาดวัสดุจนกระทั่งถึงมุมที่ไม่เหลือค้ำวัสดุในแผ่นกัน

2.6.1 ระยะการตกของวัสดุ (Fall length)

ระยะการตกของวัสดุภายในท่อหมุน พิจารณาจากระยะความสูงการตกของวัสดุจากขอบปลายแผ่นกันที่มุมการหมุนถึงต่าง ๆ ถึงด้านล่างของท่อหมุนในแนวตั้ง

$$Y_0 = \frac{Y_0 + \sqrt{R^2 - X_0^2}}{\cos \alpha} \quad (2.14)$$

โดย

$$Y_0 = R_0 \sin \theta$$

$$X_0 = R_0 \cos \theta$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6.2 อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ (Fall length Ratio)

อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ พิจารณาจากระยะการตกที่มุมการหมุนถึงนั้น ๆ ส่วนด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อหมุน

$$Y_{dR} = \frac{Y_{df}}{R} \quad (2.15)$$

|        |            |   |   |
|--------|------------|---|---|
| โดยที่ | $y_1$      | = | โคออร์ดิเนตของใบส่วนที่ 1 (m)                                       |
|        | $y_2$      | = | โคออร์ดิเนตของใบส่วนที่ 2 (m)                                       |
|        | $x_A, y_A$ | = | โคออร์ดิเนตที่จุด A (m)   |
|        | $x_B, y_B$ | = | โคออร์ดิเนตที่จุด B (m)   |
|        | $l$        | = | ความยาวใบส่วนที่ 2 (m)  |
|        | $l'$       | = | ความยาวใบส่วนที่ 1 (m)  |
|        | $\alpha$   | = | มุมระหว่างใบส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 (rad)                            |
|        | $\theta$   | = | มุมแผ่นกัน (rad)  |
|        | $\gamma$   | = | มุมระหว่างระดับผิววัสดุกับใบส่วนที่ 1 (rad)                         |
|        | $x_W, y_W$ | = | โคออร์ดิเนตที่จุด W ที่ติดกับแนวระดับผิววัสดุ (m)                   |
|        | $R_o$      | = | รัศมีของท่อหมุน (m)   |
|        | $R_i$      | = | รัศมีจากจุดศูนย์กลางท่อหมุนถึงขอบใบส่วนที่ 1 (m)                    |
|        | $S$        | = | พื้นที่หน้าตัดวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน (m <sup>2</sup> )                |
|        | $L$        | = | ระยะความยาวแผ่นกัน (m)  |
|        | $V$        | = | ปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน (m <sup>3</sup> )                        |
|        | $V_i$      | = | ปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกันที่มุมแผ่นกันที่พิจารณา (m <sup>3</sup> ) |
|        | $V_o$      | = | ปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกันที่มุมแผ่นกัน 0 องศา (m <sup>3</sup> )    |
|        | $VR$       | = | อัตราส่วนปริมาณวัสดุค้ำบนแผ่นกัน                                    |
|        | $Y_d$      | = | ระยะตกวัสดุจากขอบแผ่นกันส่วนที่ 1 (m)                               |
|        | $Y_{dR}$   | = | อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ  |

## 2.7 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

การออกแบบชุดแผ่นกันเครื่องอบแห้งแบบถึงทรงกระบอกหมุน ซึ่งมีการศึกษาผลกระทบต่อการทำงานและลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคที่วิเคราะห์ เช่น การใช้เม็ดทราย หรือลูกปัดขนาดเล็กที่มีขนาดสม่ำเสมอแทนวัสดุอบแห้ง โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

Koteswara Rao Sunkara , Fabian Herz , Ekehard Specht และ Jochen Mellmann[14] ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของการออกแบบใบยกต่อการกระจายของอนุภาคใน

ทรงกระบอกหมุน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ถูกพัฒนาสำหรับใบยกรูปทรงสี่เหลี่ยมเพื่อทำนายค่าการกระจายตัวที่เหมาะสมของอนุภาค เปรียบเทียบกับการทดลองโดยการวิเคราะห์

ลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคจากการถ่ายภาพ โดยในการทดลองใช้ทรายแก้วขนาด 0.2 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และลูกปัดขนาด 0.7 mm เป็นอนุภาคในการทดสอบ ทรงกระบอกหมุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 500

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

mm ยาว 150 mm ทำการปิดด้านหน้าด้วยแผ่นกระจกใส เพื่อสะดวกในการถ่ายภาพด้วยกล้องความละเอียดสูงที่วางด้านหน้าตรงแนวแกนทรงกระบอก และใช้ใบยกจำนวน 12 และ 18 ชุด วางตามแนวรัศมีรอบทรงกระบอก เพื่อศึกษาผลกระทบจากจำนวนใบยกและอัตราส่วนความยาวของใบยก พบว่าเมื่ออัตราส่วนความยาวของใบยกเพิ่มขึ้น อัตราการกระจายตกลงของอนุภาคจะลดลง โดยค่าพื้นที่ผิวการโรยกระจายตัวทั้งหมดของอนุภาคที่อัตราส่วนความยาวใบยกต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองมีแนวโน้มใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำนายโดยแบบจำลอง ซึ่งจากการทดลองพบว่ากรณีที่ใช้ใบยกจำนวน 18 ชุด ผลการทดลองที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับการทำนายโดยแบบจำลองมากกว่ากรณีที่ใช้ใบยกจำนวน 12 ชุด

D. Revol , C.L. Briens และ J.M. Chabagno [1] ได้ศึกษาลักษณะชุดใบยกในเครื่องอบแห้งแบบทรงกระบอกหมุนโดยพัฒนาสมการ เพื่อทำนายปริมาณของอนุภาคที่ค้างบนใบยกที่มุมการหมุนระหว่างแนวยอดใบยกที่กระทำกับแนวระนาบ ซึ่งมีความมุมที่วิเคราะห์ ตั้งแต่  $0^{\circ}$  ถึง  $120^{\circ}$  ซึ่งสมการที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ทำนายสำหรับใบยกแบบสามท่อน (3 segments) จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีสมการที่ใช้ทำนายสำหรับใบยกแบบท่อนเดียว (1 segment) นอกจากการพัฒนาสมการที่ใช้ทำนายผลแล้ว ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับผลจากสมการที่พัฒนาขึ้น โดยใช้เม็ดแป้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7 mm ความหนาแน่น  $800 \text{ kg/m}^3$  เครื่องอบแห้งทรงกระบอกยาว 1.21 m เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.387 m ความเร็วรอบถึงอบ 4 rpm จากผลการทดลองพบว่า มีแนวโน้มสอดคล้องกับผลที่ได้โดยสมการ โดยที่ใบยกแบบสามท่อน จะมีปริมาณของอนุภาคที่ค้างบนใบยกจนกระทั่งมุมการหมุนระหว่างแนวยอดใบยกที่กระทำกับแนวระนาบเพิ่มขึ้นเป็น  $90^{\circ}$  จึงไม่เหลืออนุภาคที่ค้างบนใบยก และในกรณีใบยกแบบท่อนเดียว ปริมาณของอนุภาคที่ค้างบนใบยกจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับใบยกแบบสามท่อน โดยเมื่อมุมการหมุนระหว่างแนวยอดใบยกที่กระทำกับแนวระนาบเพิ่มขึ้นถึง  $50^{\circ}$  ก็จะไม่มียุติภาที่เหลือค้างบนใบยก

N.J. Fernandes, C.H. Ataide และ M.A.S. Barrozo (2551) [15] วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อศึกษาการตกของวัสดุ และ drying aspects ของเครื่องอบแห้งแบบหมุน ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตปุ๋ย การสร้างสมการในการหาค่าปริมาณของวัสดุที่อยู่ในแผ่นกัน ความยาวในการตก เวลาที่วัสดุอยู่ในอากาศ และ drying variable จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองเครื่องอบแห้งแบบหมุนของบริษัท Copebras Fertilizer Company ตั้งอยู่ที่ Catalao, state of Goias, Center-west of Brazil เพื่อการประมาณค่าที่แม่นยำ ซึ่งสมการเหล่านี้อาจจะใช้ในการออกแบบและประมาณค่าพฤติกรรมตกในเครื่องอบแห้งแบบหมุน

Yeole Shrikant P. และ desh mukh M.M. (2556) [16] บทความนี้แสดงการวิเคราะห์การทำงานของ rotary cottonseed drying โดยการทดลองจะทำโดยใช้ cottonseeds และกำหนดบมร้อนที่อุณหภูมิ 100, 110 และ 120 องศา และอากาศที่ไหลด้วยอัตราการไหล 0.00563, 0.0064 และ 0.00709 กิโลกรัมต่อวินาที โดยใช้แผ่นกันสองแบบ การทำงานของเครื่องอบแห้ง จะถูกประมาณโดยการตรวจสอบ weight loss of dried products , specific energy consumption (SEC), pick-up efficiency การวิเคราะห์ด้วยภาพถูกใช้เพื่อการออกแบบ loading ของเครื่องอบ น้ำหนักที่สูญเสียไปของ cottonseed จะหาในช่วง 0.446-0.788 กิโลกรัม ประสิทธิภาพของการตกและ SEC มีค่าในช่วงระหว่าง 7.19-19.52% และ 0.219-0.399 กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุระ ตันดี, ศุภฤกษ์ ขามงคลประดิษฐ์, โชติชวาล ชัยธวัชวิบูลย์ และ อนุชา สมพงษ์ ได้ศึกษาคุณลักษณะการอบแห้งกากมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง โดยใช้โบลั้วเวอร์เป่าลมผ่านฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 kW จำนวน 8 ตัวเพื่อทำความร้อนให้ลมร้อนที่ปรับอุณหภูมิ 80 °C 90 °C และ 100 °C และต่อท่อลมร้อนเข้าสู่ตู้อบแห้งแบบต่อเนื่อง ขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง เท่ากับ 0.6 m, 1.2 m และ 1.2 m ตามลำดับ ภายในตู้อมีสายพานลำเลียงแบบต่อเนื่อง 4 ชั้น ที่ลำเลียงกากมันสำปะหลังเข้า-ออกตู้อบด้วยความเร็ว 0.4 m/s จากการศึกษาพบว่า เมื่ออุณหภูมิลมร้อนสูงขึ้นทำให้ความชื้นในกากมันสำปะหลังลดลงเร็วขึ้น และเมื่อความเร็วลมร้อนเพิ่มสูงขึ้นก็ทำให้ความชื้นในกากมันสำปะหลังลดลงได้เร็วขึ้นเช่นกัน แต่ถ้าความเร็วลมร้อนมีค่าสูงเกินไปก็จะทำให้อัตรการลดความชื้นกากมันสำปะหลังลดลง

วิเชียร ดวงสีเสน, เทวรัตน์ ทิพยวิมล และ วีรชัย อาจหาญ ได้ศึกษาการอบแห้งกากมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบตะแกรงหมุน โดยทำการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบโรตารี ขนาดความจุ 50 m<sup>3</sup> ให้รอบถังมีลักษณะเป็นตะแกรงขนาดรู 3 mm ใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีในการผลิตลมร้อน ทำการทดลองโดยเตรียมกากมันสำปะหลังน้ำหนัก 20 kg ปรับอุณหภูมิลมร้อน 80 °C และ 100 °C ความเร็วรอบตะแกรงหมุน 2 ถึง 6 rpm พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งกากมันสำปะหลัง ที่อุณหภูมิ 100 °C จะมีระยะเวลาการอบแห้งกากมันสำปะหลังที่สั้นกว่าการอบแห้งที่ 80 °C อัตราการตกผ่านตะแกรงของกากมันสำปะหลังจะเริ่มสูงขึ้นที่ความชื้นในช่วง 25-35 %wb ทั้งการอบแห้งกากมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 80 °C และ 100 °C โดยที่ความเร็วรอบ 6 rpm และอุณหภูมิ 100 °C มีประสิทธิภาพการร้อนมากกว่าที่สภาวะอื่นๆ

ธนรัช มุขขันธ์, เทวรัตน์ ทิพยวิมล, พรธชา ลิบลับ และ วีรชัย อาจหาญ ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งหมุนแบบกะ โดยออกแบบเครื่องอบแห้งซึ่งใช้เชื้อเพลิงแอลพีจี ที่อัตราการป้อนอากาศร้อน 0.25 m<sup>3</sup>/s อุณหภูมิอากาศร้อน 90 °C 100 °C และ 110 °C ความเร็วรอบเครื่องอบแห้งหมุนคงที่ 2.5 rpm โดยป้อนมันเส้นสดจำนวน 100 kg, 140 kg และ 180 kg เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าสภาวะการอบแห้งที่ดีที่สุดที่อุณหภูมิลมร้อน 110 °C และการป้อนมันเส้นที่ 100 kg สามารถอบแห้งมันเส้นให้มีความชื้นได้ 13 %wb โดยมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 10.86 MJ/Kg<sub>water</sub>

## บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีในการดำเนินการวิจัย เริ่มจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งเกี่ยวเนื่องกับเครื่องอบแห้งแบบท่อหมุน หลักการออกแบบเครื่องอบแบบท่อหมุนและการออกแบบแผ่นกั้น อุปกรณ์สนับสนุนการทดลอง และการกำหนดเงื่อนไขที่สภาวะต่าง ๆ ในการทดลอง เช่น ลักษณะแผ่นกั้นที่แตกต่างกัน ความเร็วรอบการหมุนถึงความชื้นวัสดุทดสอบ และปริมาณวัสดุที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาการกระจายตัวของวัสดุในท่อหมุน โดยแบ่งหัวข้อตามลำดับวิธีในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

### 3.1 อุปกรณ์การทดลอง

เครื่องอบแห้งแบบท่อหมุน ประกอบด้วยท่อทรงกระบอกซึ่งวางกับแนวระดับและหมุนรอบตัวเองอย่างต่อเนื่อง ในการอบแห้งวัสดุจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องอบแห้งจากนั้นวัสดุจะเคลื่อนที่ผ่านเครื่องอบแห้งไปตามจังหวะการหมุนของท่อ โดยมีแผ่นกั้นหรือใบกวาดคอยช่วยในการกวาดโปรยวัสดุผ่านอากาศและลำเลียงวัสดุให้เคลื่อนที่ไปตามแนวความยาวของท่อ โดยเครื่องต้นแบบในงานวิจัยนี้ จะเป็นเครื่องอบแห้งแบบท่อหมุนที่ไม่ได้ผ่านลมร้อนเข้าไป (Cold test) ซึ่งจะศึกษาผลของการกระจายตัวของวัสดุในอากาศ จากรูปร่างของแผ่นกั้นแบบต่าง ๆ เท่านั้น

#### 3.1.1 การเลือกขนาดของท่อหมุน

งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญที่พื้นที่หน้าตัดขวางของถังหมุนและต้องเป็นวัสดุที่ทนความชื้นของวัสดุและได้มาตรฐานอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมอาหาร จึงเลือกใช้ท่อสแตนเลสไร้รอยต่อ ความหนา 5 มิลลิเมตร ปริมาตร 20 ลิตร (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 39.5 เซนติเมตร ยาว 17 เซนติเมตร) เพื่อสร้างชุดทดลองเพื่อตรวจสอบการกระจายตัวของวัสดุจากด้านหน้าตัดขวางของท่อหมุน



ภาพที่ 3.1 แสดงท่อสแตนเลสตัดในการทดลองศึกษาการกระจายตัวของวัสดุ และท่อสแตนเลสยาว 1.2 เมตร สำหรับสร้างเครื่องอบแบบท่อหมุนเพื่อศึกษาการอบแห้งในระยะต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

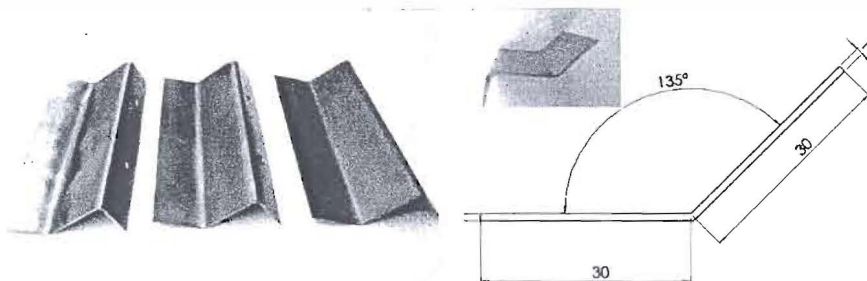
### 3.1.2 การเลือกขนาดของแผ่นกัน

งานวิจัยนี้ทำการออกแบบแผ่นกันสแตนเลสหนา 2 มิลลิเมตร โดยระยะความลึกแผ่นกันทั้ง 3 แบบ ประกอบ แผ่นกันแบบสองส่วน ที่มีระหว่างสองส่วนของใบ เท่ากับ 120 องศา, 135 องศา และ 150 องศา ตามลำดับ (ดังแสดงในภาพ 3.2-3.5) ซึ่งแผ่นกันทั้งหมดที่ใช้จะมีระยะความลึก(ระยะจากผนังท่อในแนวตั้งฉากถึงขอบใบ) 50 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อหมุน คือระหว่าง  $D/12$  ถึง  $D/8$  โดยแผ่นกันทุกแบบจะมีระยะจากจุดศูนย์กลางท่อหมุนถึงขอบใบเท่ากัน คือ 147.5 มิลลิเมตร และติดตั้งแผ่นกันรอบท่อหมุนทั้งหมด 12 ใบ ที่ระยะห่างมุม 30 องศา



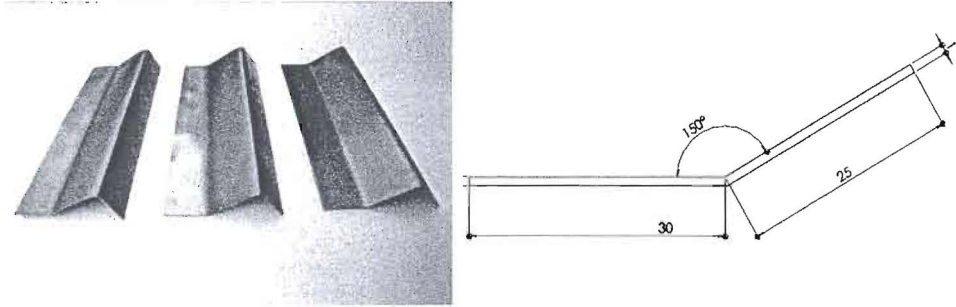
ภาพที่ 3.2 แสดงการติดตั้งแผ่นกัน 12 ใบตามแนวในท่อหมุน

ภาพที่ 3.3 แสดงแผ่นกันสแตนเลสสองส่วนมุม 120 องศา (ใบส่วน 1 ยาว 20 มม. ส่วน 2 ยาว 40 มม.)



ภาพที่ 3.4 แสดงแผ่นกันสแตนเลสสองส่วนมุม 135 องศา (ใบส่วน 1 ยาว 30 มม. ส่วน 2 ยาว 30 มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 แสดงแผ่นกั้นสองส่วนมุม 150 องศา(ใบส่วน 1 ยาว 25 มม. ส่วน 2 ยาว 30 มม.)

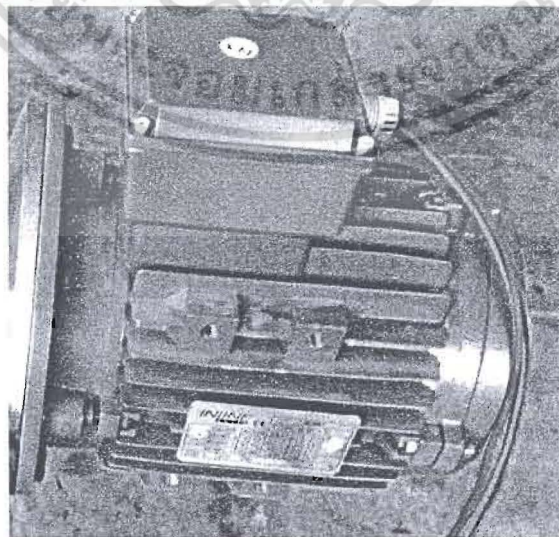


ภาพ 3.6 แสดงการวางแนวติดตั้งแผ่นกั้นรอบท่อหมุน

### 3.1.3 อุปกรณ์ประกอบชุดทดลอง

#### 3.1.3.1 มอเตอร์

ใช้มอเตอร์ขนาด 2 hp

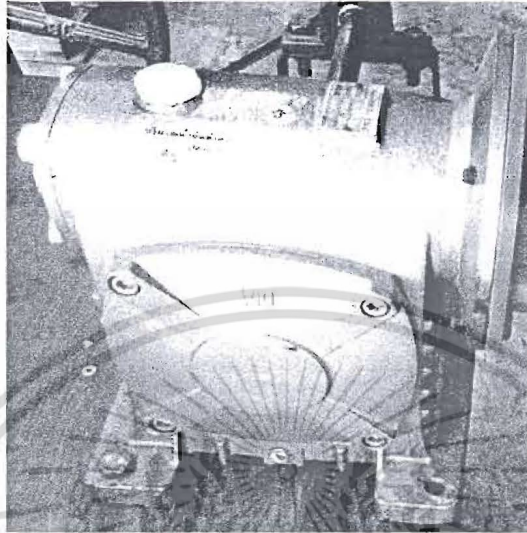


ภาพที่ 3.7 มอเตอร์ (Motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3.2 เกียร์บ็อกซ์ (Gear box)

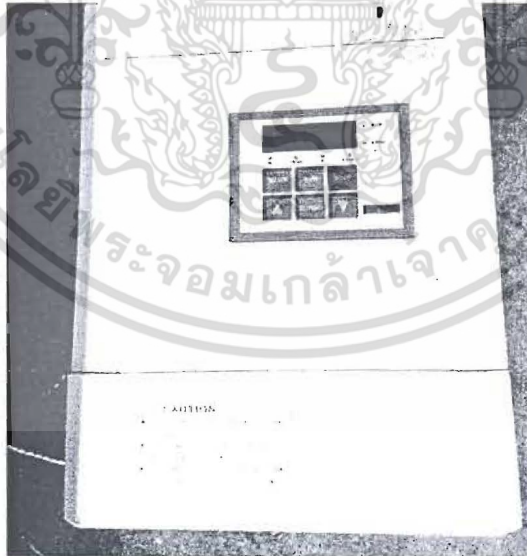
ใช้เกียร์บ็อกซ์เป็นอุปกรณ์ทดรอบลำดับที่ 1 ขนาดอัตราทด 1 ต่อ 60



ภาพที่ 3.8 เกียร์บ็อกซ์ (Gear box)

### 3.1.3.3 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้การปรับเปลี่ยรอบความเร็วมอเตอร์



ภาพที่ 3.9 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3.3 กล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหว

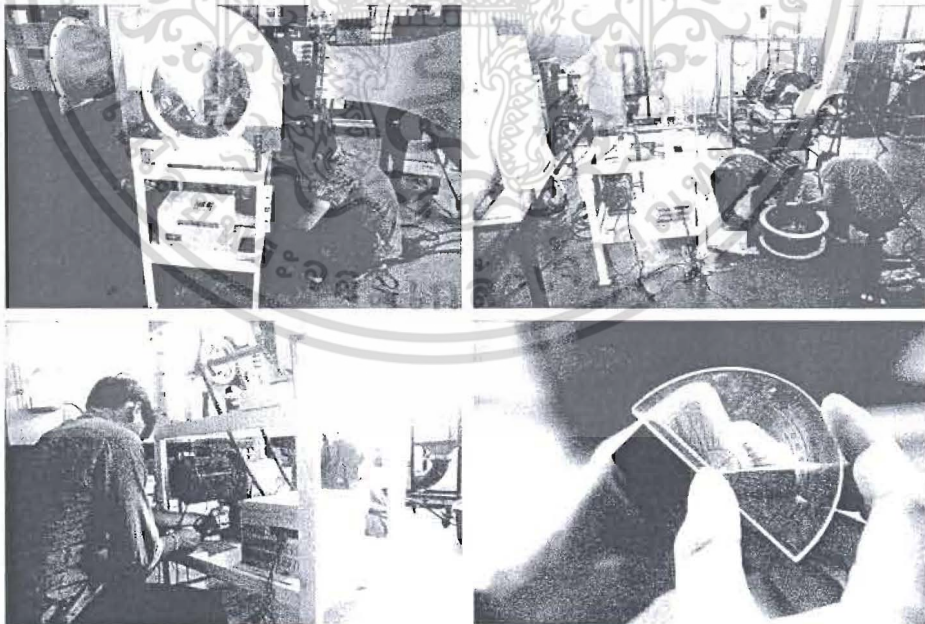
ใช้กล้อง DSLR Nikon D5300 ถ่ายภาพการเคลื่อนตัวของวัสดุที่ 50 เฟรมต่อวินาที และนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ImageJ



ภาพที่ 3.10 แสดงกล้อง DSLR Nikon D5300 ที่ใช้ในการบันทึกการทดลอง

### 3.1.4 ขั้นตอนในการติดตั้งเครื่องอบแห้งแบบท่อหมุน

ในการติดตั้งชุดอุปกรณ์การทดลอง เริ่มต้นจากการประกอบมอเตอร์เข้ากับเกียร์บ็อกซ์ จากนั้นต่อสายไฟจากอินเวอร์เตอร์ เข้าสู่มอเตอร์ จากภาพที่ 3.10 ใช้โซ่ขับท่อหมุนที่ส่งกำลังผ่านเพลลาจากชุดเกียร์บ็อกซ์ โดยทำการปรับอินเวอร์เตอร์ ตั้งค่าที่ 30-40 Hz เพื่อควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ ให้ได้ความเร็วรอบท่อหมุนที่ต้องการ (3-5 RPM)



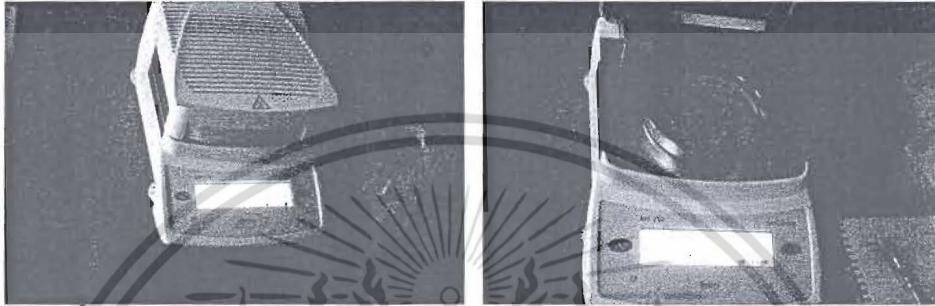
ภาพที่ 3.11 การติดตั้งชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ขั้นตอนการทดลอง

#### 3.2.1 การเตรียมวัสดุ

วัสดุเนื้อมะพร้าวชูดที่นำมาทดลอง แบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนความชื้นสูง ใช้เนื้อมะพร้าวชูดที่หลังการคั่นน้ำกะทิ โดยนำไปทดสอบวัดค่าความชื้นสมดุเฉลี่ย ส่วนที่สองเป็นวัสดุความชื้นต่ำ โดยการนำเนื้อมะพร้าวชูดหลังการคั่นน้ำกะทิที่ผ่านการอบแห้ง และนำไปทดสอบวัดค่าความชื้นสมดุเฉลี่ย

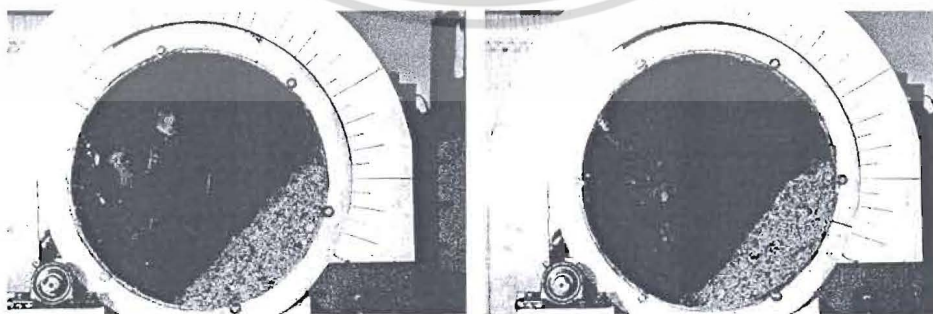


ภาพที่ 3.12 การวัดค่าความชื้นเนื้อมะพร้าวชูด ด้วยเครื่องวัดความชื้นยี่ห้อ Sartorius MA150Q

และทำการทดสอบหาค่ามุมกอง(Angle of repose) ของเนื้อมะพร้าวชูดทั้งส่วนความชื้นสูงและความชื้นต่ำ



ภาพ 3.13 การทดสอบมุมกองของมะพร้าวชูดขณะอยู่นิ่ง (Static angle of repose)



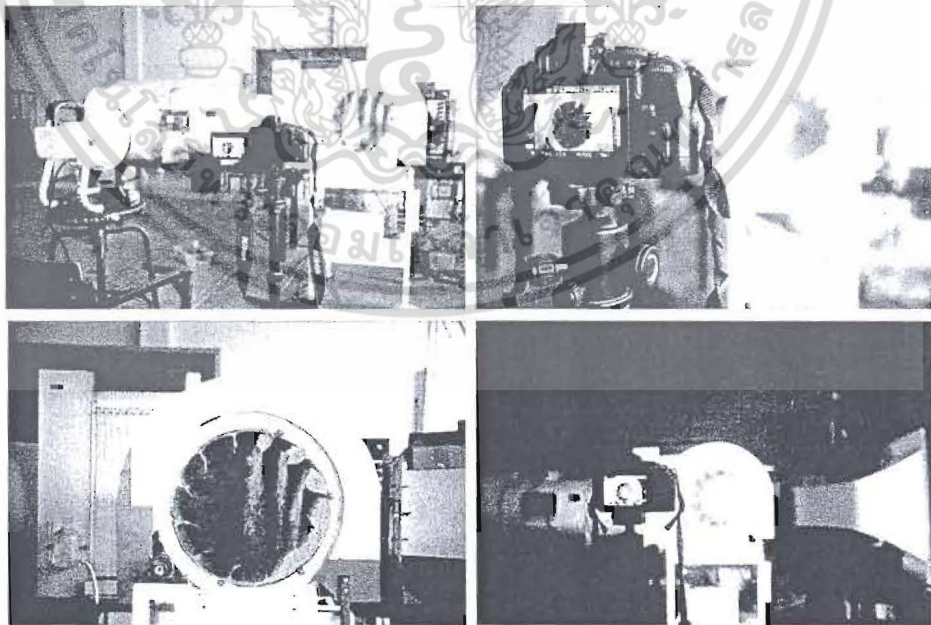
ภาพที่ 3.14 การทดสอบมุมกองของมะพร้าวชูดขณะเคลื่อนที่ในท่อหมุน(Dynamic angle of repose)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 ลำดับการทดลอง

การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณของวัสดุที่อยู่บนแผ่นกั้น และอัตราส่วนระยะการตกเทียบกับตำแหน่งเชิงมุมของแผ่นกั้น ตามทิศทางการหมุนของท่อแบบทวน เข็มนาฬิกา โดยมีลำดับการจัดทดลอง ดังนี้

- 1) ติดตั้งแผ่นกั้นทีละชุด 12 ใบรอบท่อหมุนที่ระยะห่างมุมการวาง 30 องศา
- 2) ตวงวัดปริมาณวัสดุความชื้นต่ำ ที่ 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรของท่อหมุน
- 3) ใส่วัสดุปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ลงในท่อหมุน ปิดแผ่นกั้นโพลีคาร์บอเนตใส
- 4) ปรับอินเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมการหมุนถึงที่ 3 รอบต่ออนาที
- 5) ปรับตั้งกล้องบนขาตั้งด้านหน้าท่อหมุนในระดับกึ่งกลางท่อระยะห่าง 2 เมตร
- 6) ทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวที่อัตรา 50 เฟรมต่อวินาที พร้อมฉายไฟแสงสว่าง จากสปอร์ตไลท์ตลอดการทดลอง
- 7) หลังจากนั้นปรับอินเวอร์เตอร์ ควบคุมการหมุนถึงเป็น 4 และ 5 รอบต่ออนาที และทำตามข้อ 6
- 8) เพิ่มปริมาณวัสดุเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ และดำเนินการทดลองตามข้อ 4, 6 และข้อ 7 ตามลำดับ
- 9) เปลี่ยนวัสดุเป็นมะพร้าวชุดความชื้นสูง และดำเนินการทดลองตามข้อ 1-8
- 10) นำภาพเคลื่อนไหวที่บันทึกจากการทดลอง มาทำการวิเคราะห์พื้นที่หน้าตัดวัสดุ บนใบ ยกและระยะการโปรยตกด้วยโปรแกรม ImageJ เพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่างอัตราส่วนปริมาณของวัสดุที่อยู่บนแผ่นกั้นและอัตราส่วนระยะการตก เทียบกับตำแหน่งเชิงมุมของแผ่นกั้นตามแนวการหมุนของท่อหมุน

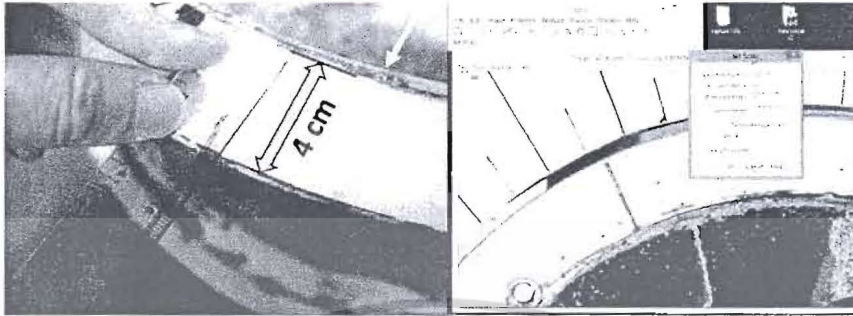


ภาพที่ 3.15 แสดงการบันทึกภาพเคลื่อนไหวลักษณะการกระจายตัววัสดุในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 การวิเคราะห์พื้นที่หน้าตัดด้วยโปรแกรม ImageJ

1) กำหนดสเกลที่ทราบค่า ในที่นี้เลือกที่ความหนาขอบหน้าแปลนท่อหมุน(4 เซนติเมตร) เพื่อกำหนดสเกลในภาพที่ใช้ ImageJ วิเคราะห์



ภาพที่ 3.16 วิธีการกำหนดสเกล โปรแกรม ImageJ

2) กำหนดเส้นรอบพื้นที่หน้าตัดวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมต่าง ๆ ของภาพที่วิเคราะห์



ภาพที่ 3.17 แสดงตัวอย่างการวัดพื้นที่หน้าตัดวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมการหมุนต่าง ๆ



ภาพที่ 3.18 แสดงการวัดระยะการตกของวัสดุที่มุมการหมุนต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการกระจายตัวของวัสดุในท่อหมุน ด้วยการทดลองหาอัตราส่วนปริมาตรวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน (Volume Ratio, VR) และอัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ (Fall length Ratio,  $Y_dR$ ) ที่ตำแหน่งมุมการหมุนของใบต่าง ๆ โดยกำหนดเงื่อนไขทางกายภาพของแผ่นกันทั้งหมด มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางท่อหมุนถึงขอบใบเท่ากัน ทำการทดลองที่ปริมาณมะพร้าวชูด 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรของท่อหมุน ความเร็วรอบการหมุน 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที โดยศึกษาทั้งมะพร้าวชูดความชื้นสูงและมะพร้าวชูดความชื้นต่ำ ซึ่งผลการทดลองแยกพิจารณาในแต่ละกรณีดังนี้

### 4.1 กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชูดความชื้นสูง

ในการศึกษาอัตราส่วนปริมาตรวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน (Volume Ratio) และอัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ (Fall length Ratio) ของวัสดุทดสอบมะพร้าวชูดความชื้นเฉลี่ยประมาณ 70 % ซึ่งเป็นความชื้นปกติของมะพร้าวชูดก่อนทำการอบแห้งในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันมะพร้าว ซึ่งแสดงผลการทดลองกรณีต่าง ๆ ได้ดังนี้

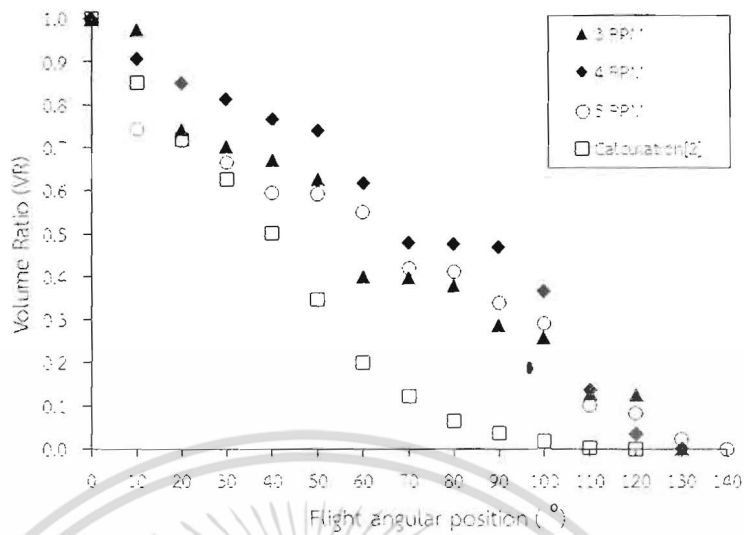
#### 4.1.1 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์

##### 4.1.1.1 กรณีแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา

จากผลการทดลอง ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนปริมาตรวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน (VR) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกัน ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกันสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ที่ความเร็วรอบท่อหมุน 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ตามลำดับ อธิบายผลการทดลองได้ดังนี้ เมื่อ มุมการหมุนของใบเพิ่มขึ้น VR จะลดลง และจากการคำนวณทางทฤษฎี [2] มุมใบ 120 องศา จะไม่เหลือวัสดุค้ำบนแผ่นกัน ขณะที่ผลการทดลองพบว่าที่มุม 120 องศา จะยังเหลือวัสดุค้ำบนใบหรือยังมีการโปรยวัสดุ โดยมีการลดลงของ VR ในอัตราเฉลี่ย 0.073, 0.080 และ 0.076 ในทุกช่วงการหมุน 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 120 หรือเท่ากับปริมาณวัสดุบนใบลดลงในอัตราเฉลี่ย 7.3 %, 8.0 % และ 7.6 % ทุกช่วงการหมุน 10 องศา เมื่อเทียบกับปริมาณวัสดุบนแผ่นกันที่มุมใบ 0 องศา โดยที่ความเร็วรอบการหมุน 5 รอบต่อนาที จะยังมีการโปรยวัสดุจนถึงมุม 140 องศา จึงจะไม่เหลือวัสดุค้ำบนแผ่นกัน

ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_dR$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกัน ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา และเปรียบเทียบกับผลการคำนวณทางทฤษฎี อธิบายผลการทดลองได้ดังนี้ เมื่อ มุมการหมุนของใบเพิ่มขึ้น  $Y_dR$  จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดที่มุมใบ 90 องศา และเมื่อมุมใบมากกว่า 90 องศา  $Y_dR$  จะค่อย ๆ ลดลง โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_dR$  ใกล้เคียงกัน โดยมีค่า  $Y_dR$  สูงสุดเท่ากับ 0.90, 0.90 และ 0.89 ที่ความเร็วรอบ 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งค่า  $Y_dR$  จากการทดลองที่สูงกว่า ค่าจากทางทฤษฎี เนื่องจากในขณะที่ท่อเคลื่อนที่หมุน ด้วยความเร็วรอบคงที่ ลักษณะการโปรยของมะพร้าวชูด จะเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้งเล็กน้อย ทำให้การวัดระยะด้วยโปรแกรม ImageJ มากกว่าระยะตก ตามสมการทางทฤษฎี [2] ซึ่งกำหนดเงื่อนไขพิจารณาระยะตกในแนวตั้ง (ตั้งฉากกับแนวระดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกันแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง



ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_{dR}$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกันแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง

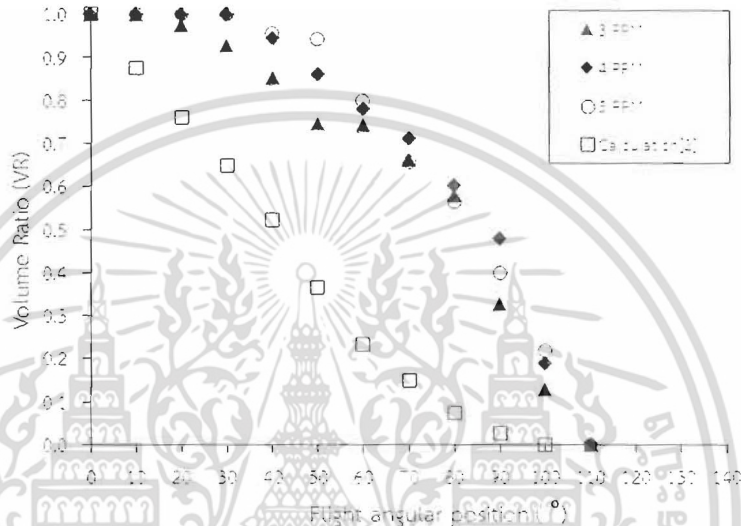
4.1.1.2 กรณีแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา

ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกัน (VR) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกัน ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ที่ความเร็วรอบที่หมุน 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าค่า VR จะลดลงเมื่อมุมการหมุนใบเพิ่มขึ้น โดยจากการคำนวณ พบว่าที่มุมใบ 100 องศา วัสดุจะถูกโปรยจนหมดสิ้น ส่วนการทดลอง จะยังเหลือวัสดุค้างบนแผ่นกันที่มุม 100 องศา โดยจะโปรยวัสดุจนหมดที่ตำแหน่งมุม 110 องศา ทุกกรณีความเร็วรอบที่ทำให้การทดลอง โดยมีอัตราการลดลงของ VR เฉลี่ยเท่ากับ 0.087, 0.081 และ 0.078 ตามลำดับ ในทุก 10 องศา ระหว่างช่วงมุม 0-100 องศา หรือเท่ากับปริมาณวัสดุ

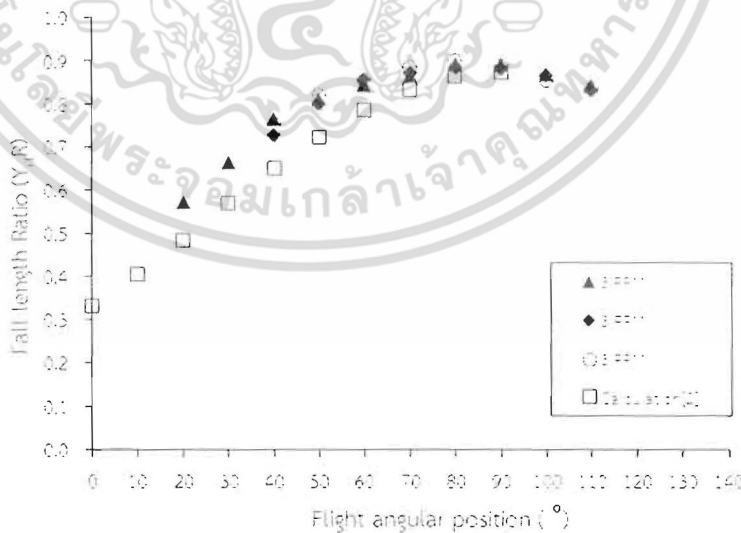
ไม่ต่างกันเท่าไร ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนใบลดลงในอัตรา 8.7 % , 8.7 % และ 7.8 % ในทุก 10 องศา เมื่อเทียบกับปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา

ภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_dR$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกั้น ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_dR$  ใกล้เคียงกัน คือที่ความเร็วรอบ 3 , 4 และ 5 รอบต่อนาที มีค่า  $Y_dR$  สูงสุดเท่ากับ 0.89 , 0.88 และ 0.89 ที่มุมใบ 90 องศา ตามลำดับ และสอดคล้องกับผลการคำนวณทางทฤษฎี



ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง



ภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_dR$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

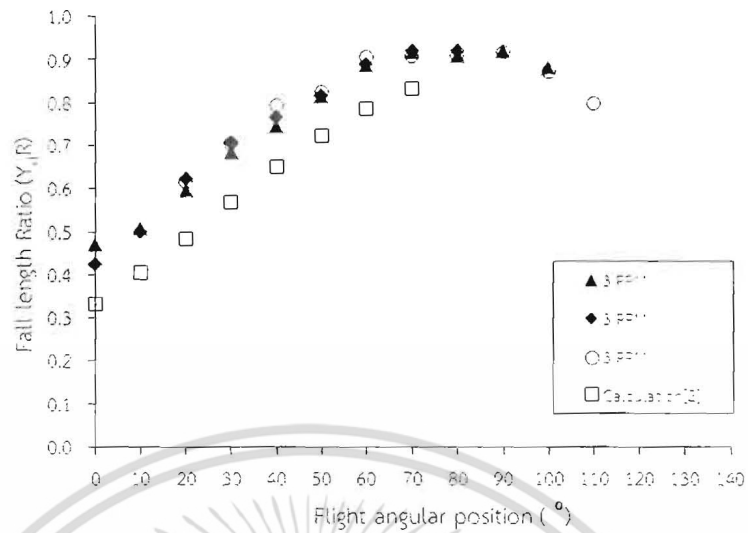
#### 4.1.1.3 กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา

ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนปริมาตรวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น (VR) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกั้น ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ที่ความเร็วรอบต่อชั่วโมง 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าค่า VR จะลดลงเมื่อมุมการหมุนใบเพิ่มขึ้น โดยจากการคำนวณพบว่าที่มุมใบ 80 องศา จะไม่เหลือวัสดุบนแผ่นกั้น สำหรับผลการทดลอง ที่ความเร็วรอบ 3 และ 4 รอบต่อนาที วัสดุจะถูกโปรยจนหมด ที่ตำแหน่งมุม 100 องศา ส่วนที่ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาทีวัสดุจะถูกโปรยจนหมด ที่ตำแหน่งมุม 110 องศา โดยแต่ละกรณีการทดลองจะมีการลดลงของ VR ในอัตราเฉลี่ยเท่ากับ 0.080, 0.104 และ 0.094 ในทุกช่วง 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 90 หรือเท่ากับปริมาณวัสดุลดลงในอัตราเฉลี่ย 8.0%, 10.4% และ 9.4% ในทุก 10 องศา เมื่อเทียบกับปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา

ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_{oR}$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกั้น ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_{oR}$  ใกล้เคียงกัน คือที่ความเร็วรอบ 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ส่วนผลจากการคำนวณค่า  $Y_{oR}$  สูงสุดเท่ากับ 0.83 ที่มุม 70 องศา เพราะวัสดุถูกโปรยจนเกือบหมดที่มุมดังกล่าว



ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง



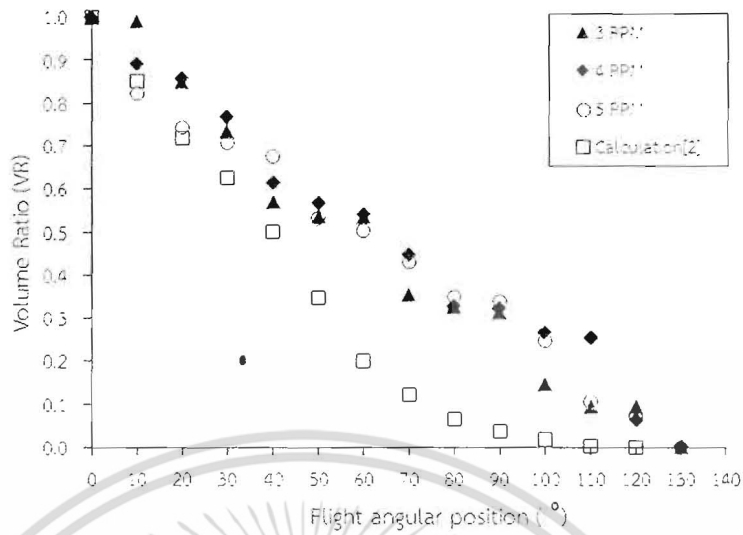
ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_{dR}$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกันแบบสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เบอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง

#### 4.1.2 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เบอร์เซ็นต์

##### 4.1.2.2 กรณีแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา

ภาพที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน (VR) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกัน ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ที่ความเร็วรอบที่ 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าค่า VR จะลดลงเมื่อมุมการหมุนใบเพิ่มขึ้น ผลการคำนวณทางทฤษฎี [2] พบว่าที่มุมใบ 120 องศา วัสดุจะถูกโปรยจนหมด ส่วนผลการทดลอง จะยังเหลือวัสดุค้ำบนแผ่นกันที่มุม 120 องศา ที่ค่า VR เท่ากับ 0.095, 0.063 และ 0.072 ตามลำดับ ซึ่งที่ตำแหน่งมุม 130 องศา จะไม่เหลือวัสดุค้ำบนแผ่นกันทุกกรณีความเร็วรอบที่ทดลอง โดยแต่ละกรณีการทดลองจะมีการลดลงของ VR ในอัตราเฉลี่ยเท่ากับ 0.075, 0.078 และ 0.077 ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 120 หรือเท่ากับปริมาณวัสดุลดลงในอัตราเฉลี่ย 7.5%, 7.8% และ 7.7% ในทุก 10 องศา เมื่อเทียบกับปริมาณวัสดุบนแผ่นกันที่มุมใบ 0 องศา

ภาพที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_{dR}$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกัน ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_{dR}$  ใกล้เคียงกัน โดยในช่วงมุมใบ 0-70 ทุกกรณีจะมีค่า  $Y_{dR}$  สูงกว่าทางทฤษฎี และที่ความเร็วรอบ 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที มีค่า  $Y_{dR}$  สูงสุดเท่ากับ 0.89, 0.89 และ 0.88 ที่มุมใบ 90 องศา ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกันแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง



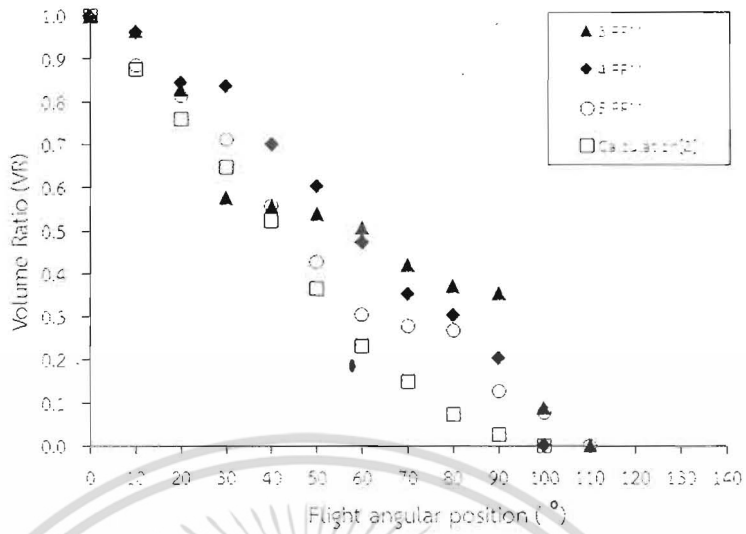
ภาพที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_R$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกันแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง

4.1.2.2 กรณีแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา

ภาพที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกันสองส่วน 135 องศา โดยกรณีความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที มีการลดลงของ VR ค่อนข้างสม่ำเสมอมากที่สุด และจากการคำนวณ ที่มุมใบ 100 องศา จะไม่เหลือวัสดุค้างบนใบ แต่จะยังเหลือวัสดุหรือการโปรยที่มุมดังกล่าว ในกรณีความเร็ว 3 และ 5 รอบต่อนาที

ภาพที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_R$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกัน ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา

โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_R$  ใกล้เคียงกัน และสอดคล้องกับผลการคำนวณทางทฤษฎี เอกสารฉบับนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเผยแพร่และใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกันแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง



ภาพที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_pR$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกันแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง

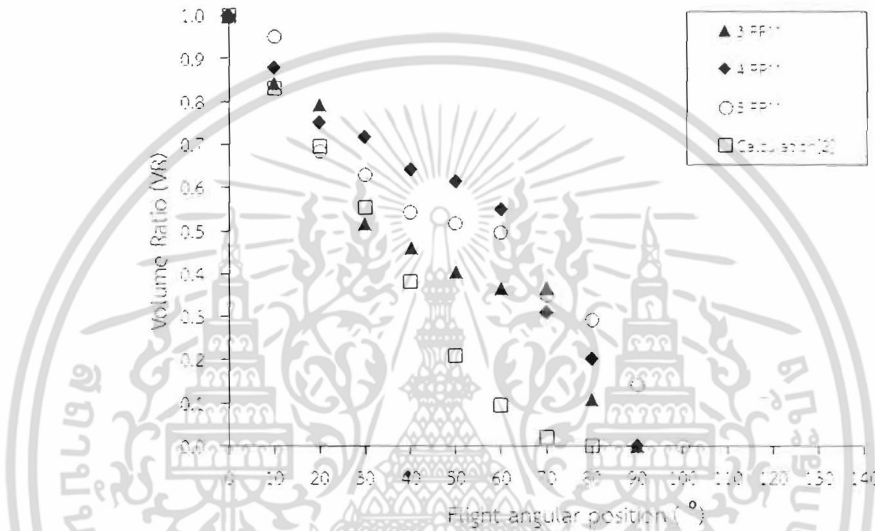
4.1.2.3 กรณีแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา

ภาพที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกัน(VR) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกัน( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ที่ความเร็วรอบต่อหมุน 3 , 4 และ 5 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าค่า VR จะลดลงเมื่อมุมการหมุนใบเพิ่มขึ้น โดยในช่วงมุมใบ 0-20 องศา การทดลองจะมีอัตราการลดลงของค่า VR ไกล่เคียงกับค่าจากการคำนวณ และจะมีอัตราการลดลงของค่า VR ต่ำกว่าค่อนข้างมากในช่วงมุมใบ 50-80 องศา และ ที่ความเร็วรอบต่อหมุน 3 รอบต่อนาที จะอัตราการลดลงค่า VR ไม่ต่อเนื่องมากที่สุด และผลจากการคำนวณพบว่าที่มุมใบ 80 องศา จะไม่เหลือวัสดุบนแผ่นกัน ในขณะที่ผลการ

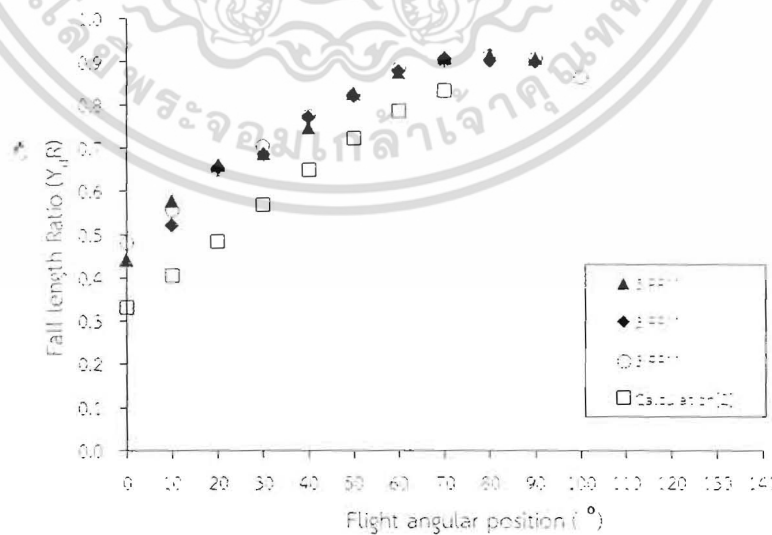
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออยู่ติดกับใบซึ่งจะเกิดการค้ำไม่เท่ากันแต่ๆ ทั้งสน อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงบนสื่อใดๆ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลอง ที่ความเร็วรอบ 3 และ 4 รอบต่อนาที วัสดุจะถูกโปรยจนหมด ที่ตำแหน่งมุม 90 องศา ส่วนที่ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที จะมีการโปรยของวัสดุจนถึงตำแหน่งมุมใบ 100 องศา

ภาพที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_dR$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกั้น ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_dR$  ใกล้เคียงกัน คือที่ความเร็วรอบ 3 , 4 และ 5 รอบต่อนาที ส่วนผลจากการคำนวณค่า  $Y_dR$  สูงสุดเท่ากับ 0.83 ที่มุม 70 องศา เพราะวัสดุถูกโปรยจนเกือบหมดที่มุมดังกล่าว ในขณะที่การทดลอง ที่ความเร็วรอบ 3 , 4 และ 5 รอบต่อนาที จะมีค่า  $Y_dR$  สูงสุดเท่ากับ 0.90, 0.90 และ 0.91 ที่มุม 90 องศา ตามลำดับ



ภาพที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง



ภาพที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_dR$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ

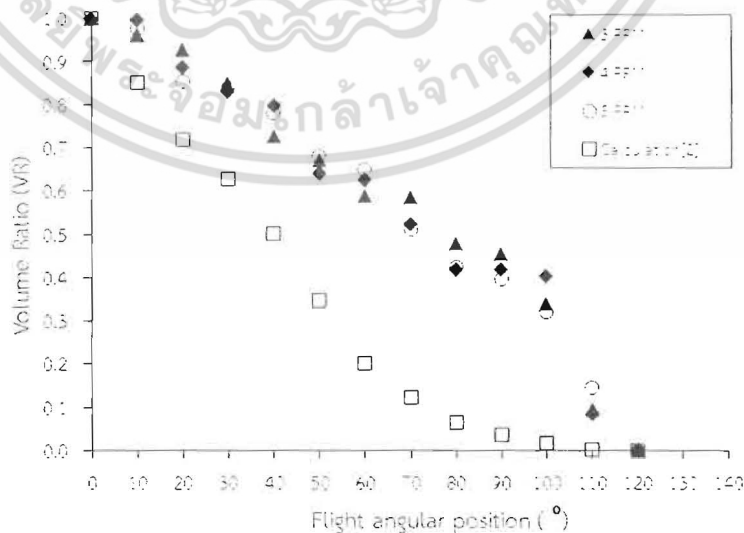
ผลการศึกษาค่าอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน(Volume Ratio) และอัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ (Fall length Ratio) ของมะพร้าวชุดที่ความชื้นเฉลี่ยประมาณ 15 % ซึ่งใกล้เคียงกับความชื้นเฉลี่ยหลังผ่านการอบแห้งเพื่อทำการสกัดน้ำมันมะพร้าวหรือเก็บรักษา ซึ่งแสดงผลการทดลองกรณีต่าง ๆ ได้ดังนี้

### 4.2.1 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์

#### 4.2.1.1 กรณีแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา

จากผลการทดลอง ภาพที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน(VR) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกัน( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ที่ความเร็วรอบต่อหุน 3 , 4 และ 5 รอบต่อนาที ตามลำดับ อธิบายผลการทดลองได้ดังนี้ เมื่อ มุมการหมุนของใบเพิ่มขึ้น VR จะลดลงในอัตราใกล้เคียงกันในช่วงมุม 0-100 องศา และจะลดลงมากที่สุดหรือมีอัตราการโปรยสูงในช่วงมุม 100-110 องศา โดยจากผลการคำนวณพบว่าจะไม่เหลือวัสดุค้ำบนแผ่นกันหรือวัสดุโปรยตกทั้งหมดที่มุมใบ 120 องศา ซึ่งผลการทดลองทุกกรณีก็พบว่าไม่มีการกระจายตัววัสดุที่มุม 120 องศา เช่นกัน ซึ่งต่างจากกรณีวัสดุความชื้นสูงที่ยังมีการกระจายที่มุมดังกล่าว

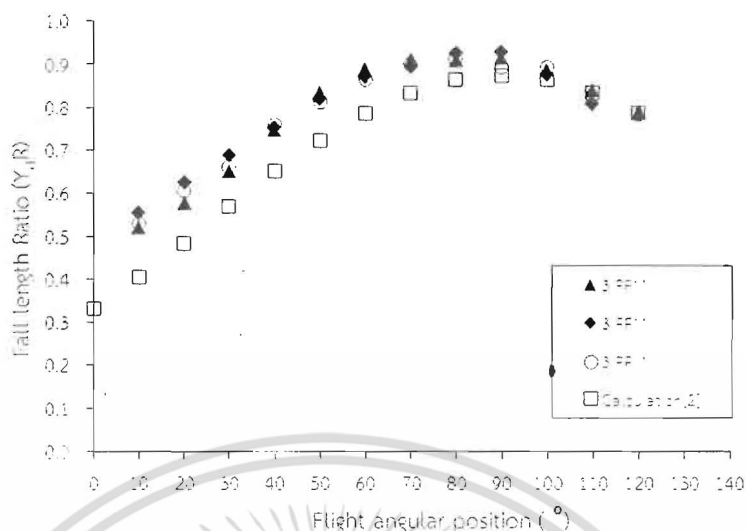
ภาพที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_dR$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกัน( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ของวัสดุปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ และเปรียบเทียบกับผลการคำนวณทางทฤษฎี อธิบายผลการทดลองได้ดังนี้ เมื่อ มุมการหมุนของใบเพิ่มขึ้น  $Y_dR$  จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดที่มุมใบ 90 องศา และเมื่อมุมใบมากกว่า 90 องศา  $Y_dR$  จะค่อย ๆ ลดลง โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_dR$  ใกล้เคียงกัน โดยกรณีความเร็วรอบ 3 , 4 และ 5 รอบต่อนาที มีค่า  $Y_dR$  สูงสุดเท่ากับ 0.91 , 0.93 และ 0.89 ที่ตามลำดับ



ภาพที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกันแบบสองส่วน 120 องศา

ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

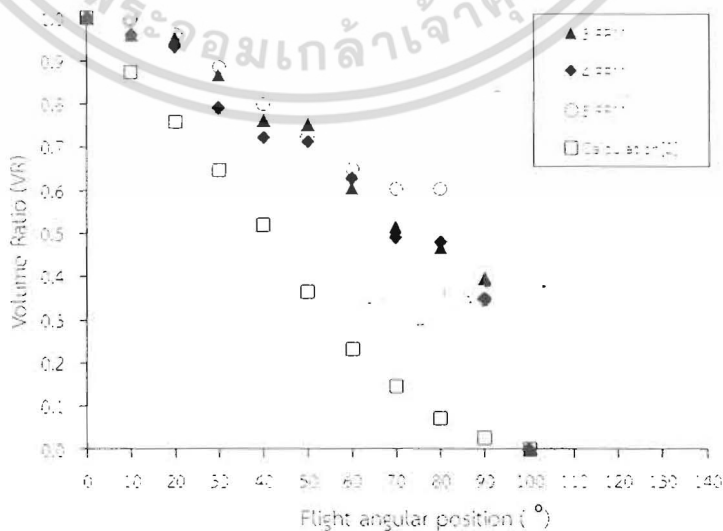


ภาพที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_dR$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ

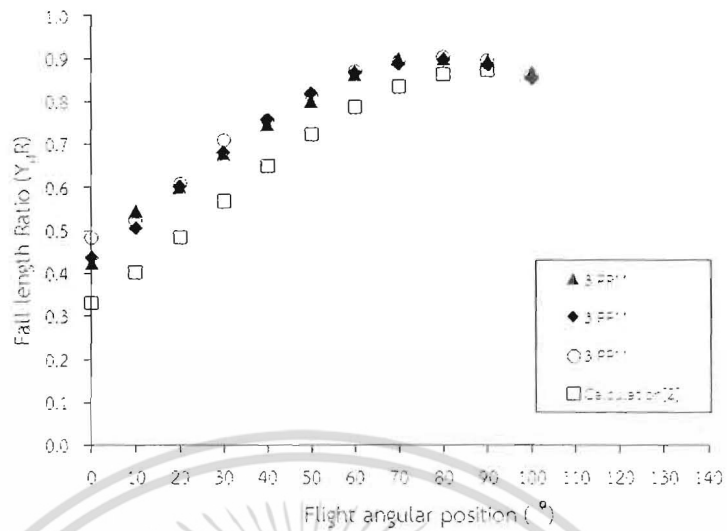
4.2.1.2 กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา

ภาพที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น (VR) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกั้น ( $\theta$ ) ที่ความเร็วรอบต่อหมุน 3, 4 และ 5 รอบต่อ นาที ตามลำดับ พบว่าค่า VR จะลดลงเมื่อมุมการหมุนใบเพิ่มขึ้น โดยทั้งจากการทดลองและจากการคำนวณ วัสดุจะถูกโปรยจนหมด ที่มุมใบ 100 องศา โดยวัสดุจะโปรยตกลงมากในช่วงท้าย (100-110 องศา) ก่อนจะหมด

ภาพที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_dR$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกั้น ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ที่ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_dR$  ใกล้เคียงกัน และสอดคล้องกับผลการคำนวณทางทฤษฎี



ภาพที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ

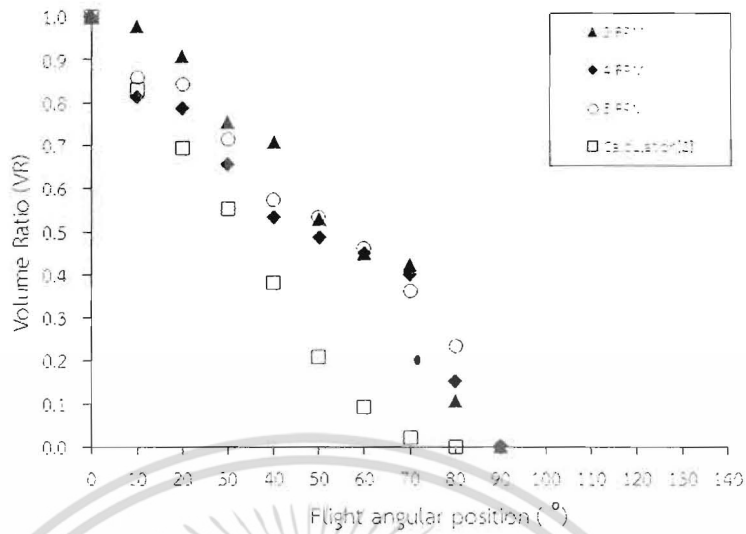


ภาพที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_dR$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกันแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ

4.2.1.3 กรณีแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา

ภาพที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกัน (VR) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกัน ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ที่ความเร็วรอบที่ 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าค่า VR จะลดลงเมื่อมุมการหมุนใบเพิ่มขึ้น โดยจากการคำนวณพบว่าที่มุมใบ 80 องศา จะไม่เหลือวัสดุบนแผ่นกัน ส่วนผลการทดลองทุกกรณีความเร็วรอบ วัสดุจะยังเหลือและถูกโปรยที่มุมใบ 80 องศา โดยมีอัตราการลดลงของ VR เท่ากับ 0.112, 0.106 และ 0.096 ทุก ๆ ช่วง 10 องศา ในช่วงมุม 0-80 องศา หรือเท่ากับ ปริมาณวัสดุลดลงในอัตรา 11.2 %, 10.6 % และ 9.6 % ในทุก 10 องศา เมื่อเทียบกับปริมาณวัสดุบนแผ่นกันที่มุม 0 องศา

ภาพที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_dR$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกัน ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_dR$  ใกล้เคียงกันในทุกกรณี



ภาพที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ



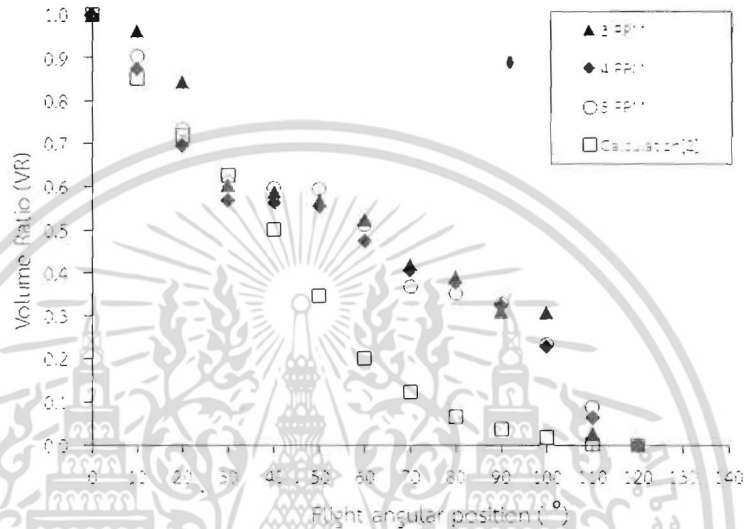
ภาพที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_{LR}$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ

4.2.2 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์

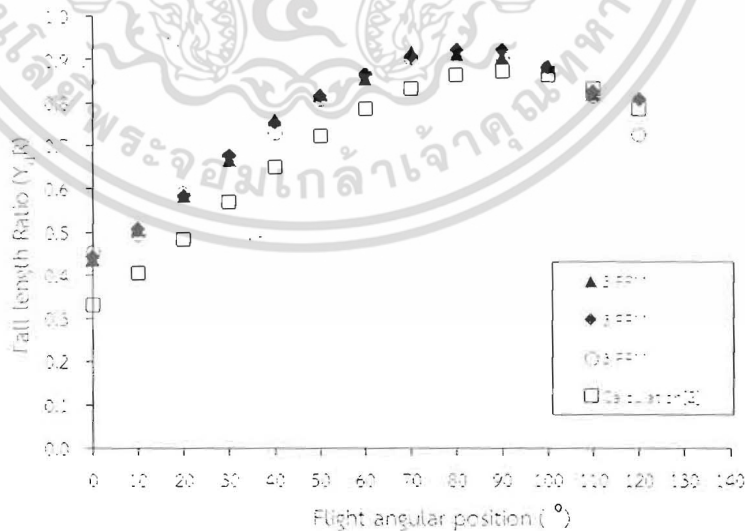
4.2.2.2 กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา

ภาพที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น (VR) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกั้น ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ที่ความเร็วรอบต่อชั่วโมง 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าค่า VR จะลดลงเมื่อมุมการหมุนใบเพิ่มขึ้น และวัสดุจะถูกโปรยจนหมดที่มุมใบ 120 องศา ทั้งจากการคำนวณและจากผลการทดลอง เอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ( $Y_dR$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกั้น( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_dR$  ใกล้เคียงกัน โดยในช่วงมุมใบ 0-70 ทุกกรณีจะมีค่า  $Y_dR$  สูงกว่าทางทฤษฎี และที่ความเร็วรอบ 3 , 4 และ 5 รอบต่อนาที มีค่า  $Y_dR$  สูงสุดเท่ากับ 0.90 , 0.92 และ 0.90 ที่มุมใบ 90 องศา ตามลำดับ



ภาพที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ



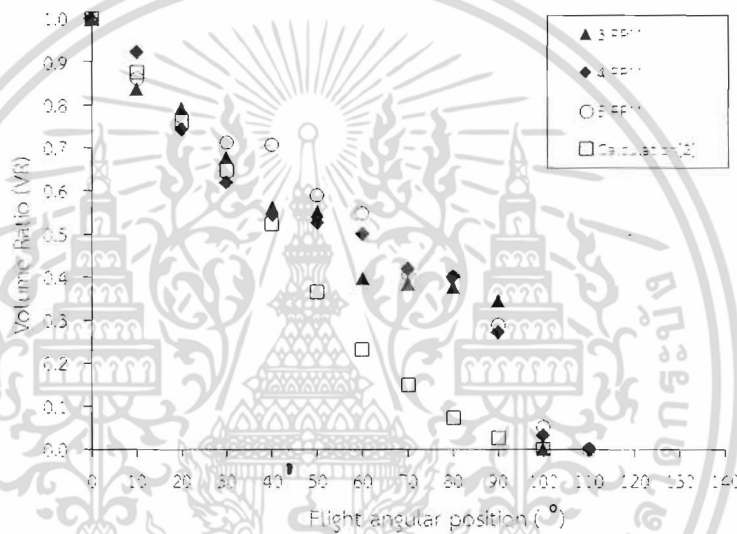
ภาพที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_dR$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 120 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

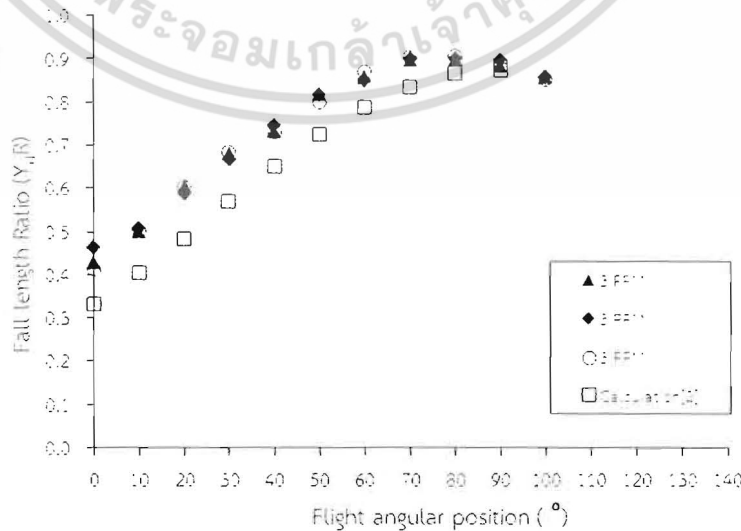
4.2.2.2 กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา

ภาพที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นสองส่วน 135 องศา และจากการคำนวณจะไม่เหลือวัสดุค้างบนใบที่มุม 100 องศา ขณะที่ยังเหลือวัสดุที่มุมดังกล่าว ในทุกกรณีการทดลอง โดยมีอัตราการลดลงของ VR เท่ากับ 0.073 , 0.081 และ 0.079 ทุก ๆ ช่วง 10 องศา ในช่วงมุม 0-90 องศา หรือเท่ากับปริมาณวัสดุลดลงในอัตรา 7.3 % , 8.1 % และ 7.9 % ในทุก 10 องศา เมื่อเทียบกับปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุม 0 องศา

ภาพที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_dR$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกั้น ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_dR$  ใกล้เคียงกัน และสอดคล้องกับผลการคำนวณทางทฤษฎี



ภาพที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ

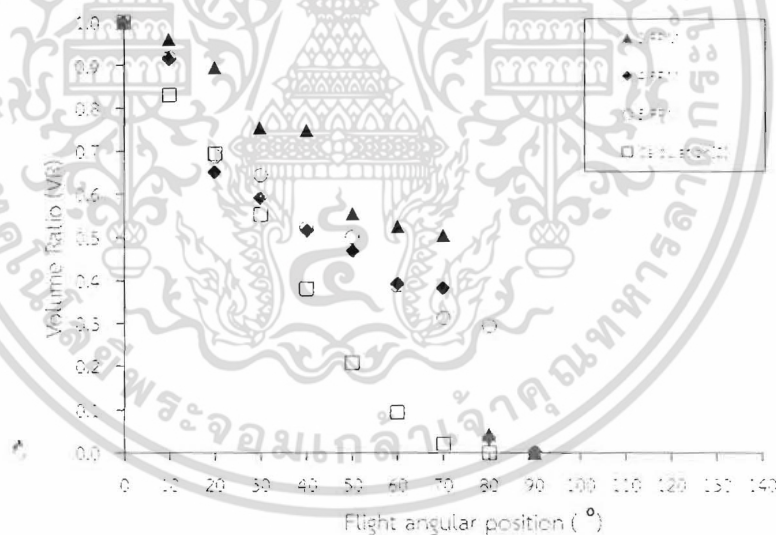


ภาพที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_dR$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ

#### 4.2.2.3 กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา

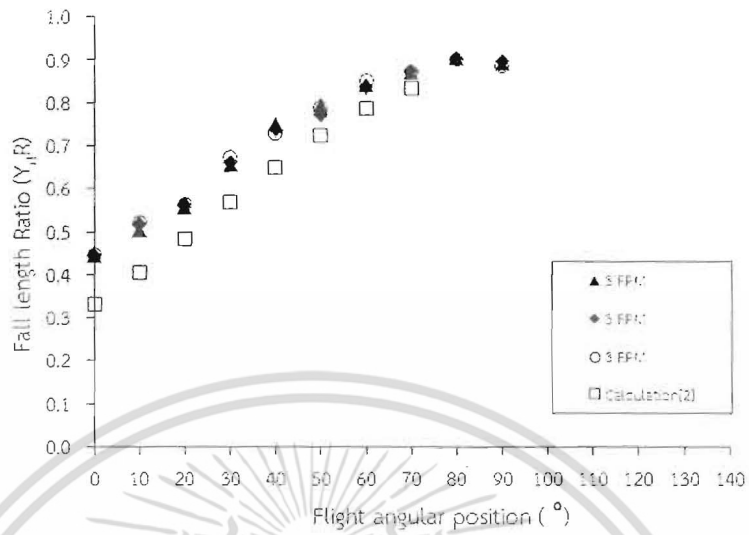
ภาพที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนปริมาตรวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น (VR) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกั้น ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ที่ความเร็วรอบต่อชั่วโมง 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าค่า VR จะลดลงเมื่อมุมการหมุนใบเพิ่มขึ้น จากการคำนวณพบว่าจะไม่เหลือวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 80 องศา ในขณะที่ผลการทดลองทุกกรณีวัสดุจะถูกโปรยจนหมด ที่ตำแหน่งมุม 90 องศา โดยมีอัตราการลดลงของ VR เท่ากับ 0.120, 0.121 และ 0.088 ทุก ๆ ช่วง 10 องศา ในช่วงมุม 0-80 องศา หรือเท่ากับปริมาณวัสดุลดลงในอัตรา 12.0%, 12.1% และ 8.8% ในทุก 10 องศา เมื่อเทียบกับปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุม 0 องศา

ภาพที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_dR$ ) กับ ตำแหน่งมุมการหมุนของแผ่นกั้น ( $\theta$ ) สำหรับแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา โดยผลการทดลองมีค่า  $Y_dR$  ใกล้เคียงกัน คือที่ความเร็วรอบ 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ส่วนผลจากการคำนวณค่า  $Y_dR$  สูงสุดเท่ากับ 0.83 ที่มุม 70 องศา เพราะวัสดุถูกโปรยจนเกือบหมดที่มุมดังกล่าว ในขณะที่การทดลอง ที่ความเร็วรอบ 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที จะมีค่า  $Y_dR$  สูงสุดเท่ากับ 0.89, 0.90 และ 0.89 ที่มุม 90 องศา ตามลำดับ



ภาพที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y_{f,R}$  กับ  $\theta$  กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 150 องศา ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลที่ได้จากการศึกษาการกระจายตัวของมะพร้าวชูดในแนวหน้าตัดขวางเครื่องอบแบบท่อหมุน ด้วยการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน (Volume Ratio, VR) และอัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ (Fall length Ratio,  $Y_dR$ ) ที่ตำแหน่งมุมการหมุนของใบต่าง ๆ ตามเงื่อนไขการทดลองที่กำหนด ดังนี้

กรณีมะพร้าวชูดที่ความชื้นต่ำจะมีลักษณะการกระจายตัวในอากาศที่ดีกว่าที่ความชื้นสูง เนื่องจากมะพร้าวชูดที่ความชื้นสูง จะมีการจับตัวยึดเกาะระหว่างมวลทำให้การโปรยออกจากแผ่นกันไม่ต่อเนื่องสม่ำเสมอ ทำให้เกิดการเทแบบเป็นก้อนในบางช่วง และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลการทดลอง มีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกันไม่สม่ำเสมอเมื่อตำแหน่งมุมใบเปลี่ยนไปตามการหมุน ซึ่งแตกต่างจากวัสดุที่มีความละเอียดและความชื้นต่ำ เช่น ทราย ที่มีอัตราการลดปริมาณที่ค้ำบนใบค่อนข้างคงที่สม่ำเสมอมากกว่า

กรณีแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา จะมีช่วงมุมในการโปรยกระจายวัสดุได้กว้างที่สุด ซึ่งผิววัสดุมีโอกาสสัมผัสอากาศได้มากกว่า ในขณะที่แผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา จะมีช่วงมุมในการโปรยกระจายวัสดุแคบที่สุด ในขณะที่จะมีอัตราการลดลงของวัสดุบนใบต่อมุมใบที่เปลี่ยนไปสูงที่สุด

ค่า  $Y_dR$  จากการทดลองโดยเฉลี่ยจะสูงกว่า ค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี เนื่องจากขณะเคลื่อนที่หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ ลักษณะการโปรยของมะพร้าวชูด ซึ่งมีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ จะเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้งออกจากแนวตั้งเล็กน้อย ทำให้การวัดระยะด้วยโปรแกรม imageJ จะมากกว่าระยะตกตามสมการทางทฤษฎี ซึ่งกำหนดเงื่อนไขพิจารณาระยะตกในแนวตั้งเท่านั้น

และสรุปผลการศึกษาแยกตามแต่ละกรณีในการทดลองได้ดังนี้

##### 5.1.1 กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชูดความชื้นสูง

###### 5.1.1.1 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์

1) กรณีแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา จะมีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน (VR) ในอัตราเฉลี่ย 7.3 - 8.0 % (ในทุกช่วง 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 120 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกันที่มุมใบ 0 องศา ซึ่งที่ความเร็วรอบการหมุนต่ำสุด จะมีอัตราการโปรยน้อยที่สุดจากอัตราการลดลงของค่า VR ที่ต่ำที่สุด และอัตราการกระจายตัวโดยเฉลี่ยจะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกรณีทดลองโดยใช้มะพร้าวชูดความชื้นต่ำ ซึ่งเป็นผลจากการที่มะพร้าวชูดความชื้นสูงจะยึดเกาะกันมากกว่าที่ความชื้นต่ำทำให้กระจายตัวได้น้อยกว่า และกรณีแผ่นกันแบบสองส่วน 120 องศา จะมีโปรยการกระจายตัวได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ กรณีแผ่นกันแบบสองส่วน 135 และ 150 องศา จากผลของการเหลือค้ำในแผ่นกันที่มุมสูงกว่าหรือช่วงมุมการโปรยที่กว้างกว่านั่นเอง และในส่วนอัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ ( $Y_dR$ ) จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดที่มุมใบ 90 องศา เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่ขอบใบสูงที่สุดจากผิวท่อด้านล่างสุดในแต่ละรอบการหมุนของท่อหมุนและจะค่อย ๆ ลดลงหลังจากนั้น

2) กรณีแผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา จะมีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้ำบนแผ่นกัน (VR) ในอัตราเฉลี่ย 7.8 - 8.7 % (ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุน) ไม่ต่ำกว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมุนจากมุม 0 ถึง 100 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา และมีอัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ( $Y_dR$ ) เพิ่มขึ้น ลดลงสอดคล้องกับกรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมใบ 120 องศา

3) กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา จะมีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น(VR) ในอัตราเฉลี่ย 8.0 – 10.4 % (ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 90 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา ซึ่งเป็นอัตราการโปรยที่สูงกว่ากรณีแผ่นกั้น 2 แบบแรก แต่ก็มีมุมการโปรยกระจายตัวที่แคบที่สุด จากการไม่เหลือวัสดุค้างใบที่มุมใบ 100 องศา

#### 5.1.1.2 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์

1) กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา จะมีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น(VR) ในอัตราเฉลี่ย 7.5 – 7.8 % (ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 120 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา และอัตราการโปรยกระจายตัวโดยเฉลี่ยจะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกรณีทดลองโดยใช้มะพร้าวชุดความชื้นต่ำที่ปริมาณวัสดุเท่ากัน ซึ่งเป็นผลจากการที่มะพร้าวชุดความชื้นสูงกว่าจะยึดเกาะกันมากกว่าที่ความชื้นต่ำทำให้กระจายตัวได้น้อยกว่า ส่วนอัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ( $Y_dR$ ) จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดที่มุมใบ 90 องศา และจะค่อย ๆ ลดลงหลังจากนั้น

2) กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา จะมีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น(VR) ในอัตราเฉลี่ย 9.1 - 10 % (ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 120 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา โดยจะสามารถโปรยกระจายตัวได้มากกว่ากรณีแผ่นกั้นชนิดเดียวกันที่ปริมาณวัสดุทดสอบน้อยกว่า (10 เปอร์เซ็นต์)

3) กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา จะมีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น(VR) ในอัตราเฉลี่ย 8.8 – 11.1 % (ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 90 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา และมีช่วงการกระจายตัวที่แคบที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ 2 กรณีแรก ซึ่งเป็นผลจากมุมระหว่างใบที่กว้างที่สุด

#### 5.1.2 กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ

##### 5.1.2.1 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์

1) กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา จะมีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น(VR) ในอัตราเฉลี่ย 7.6 - 8.3 % (ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 120 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา โดยอัตราการโปรยกระจายตัวโดยเฉลี่ยจะสูงกว่าเมื่อเทียบกับกรณีทดลองโดยใช้มะพร้าวชุดความชื้นสูง และกรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 120 องศา จะมีโปรยการกระจายตัวได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วน 135 และ 150 องศา จากผลของการเหลือค้างในแผ่นกั้นที่มุมสูงกว่าหรือช่วงมุมการโปรยที่กว้างกว่า และอัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ( $Y_dR$ ) จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดที่มุมใบ 90 องศา เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่ขอบใบสูงที่สุดในแต่ละรอบการหมุนของท่อหมุนและจะค่อย ๆ ลดลงหลังจากนั้น

2) กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา จะมีอัตราการลดลงของปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น(VR) ในอัตราเฉลี่ย 6.7-7.2 % (ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 100 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา และมีอัตราส่วนระยะการตกของวัสดุ( $Y_dR$ ) เพิ่มขึ้น ลดลงสอดคล้องกับกรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมใบ 120 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา จะมีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น(VR) ในอัตราเฉลี่ย 9.5 – 11.1 % (ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 90 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา ซึ่งเป็นอัตราการโปรยที่สูงกว่ากรณีแผ่นกั้น 2 แบบแรก แต่ก็มีระยะการกระจายตัวที่แคบที่สุด จากการโปรยวัสดุหมดที่มุมใบ 90 องศา

#### 5.1.1.2 กรณีปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์

1) กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา จะมีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น(VR) ในอัตราเฉลี่ย 8.2-8.8 % (ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 120 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา และอัตราการโปรยกระจายตัวโดยเฉลี่ยสูงกว่าเมื่อเทียบกับกรณีทดลองโดยใช้มะพร้าวชุดความชื้นสูงที่ปริมาณวัสดุเท่ากัน ซึ่งเป็นผลจากการที่มะพร้าวชุดความชื้นต่ำจะยึดเกาะกันน้อยกว่าที่ความชื้นสูง ทำให้กระจายตัวได้ดีกว่า

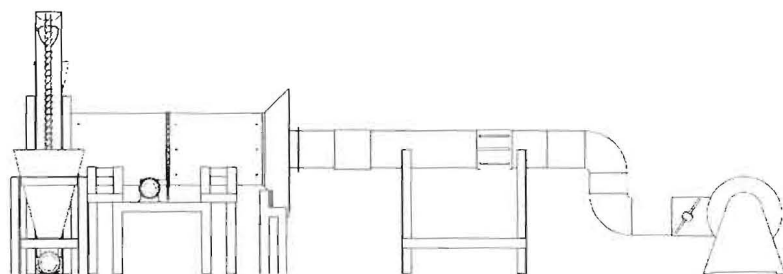
2) กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา จะมีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น(VR) ในอัตราเฉลี่ย 7.3-8.1 % (ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 120 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา โดยจะสามารถโปรยกระจายตัวได้มากกว่ากรณีแผ่นกั้นชนิดเดียวกันที่ปริมาณวัสดุทดสอบน้อยกว่า (10 เปอร์เซ็นต์)

3) กรณีแผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา จะมีการลดลงของอัตราส่วนปริมาณวัสดุที่ค้างบนแผ่นกั้น(VR) ในอัตราเฉลี่ย 8.8 – 12.1 % (ในทุก 10 องศา ระหว่างการหมุนจากมุม 0 ถึง 90 ) ของปริมาณวัสดุบนแผ่นกั้นที่มุมใบ 0 องศา และมีช่วงการกระจายตัวที่แคบที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ 2 กรณีแรก ซึ่งเป็นผลจากมุมระหว่างใบที่กว้างที่สุด

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์พื้นที่หน้าตัดด้วยโปรแกรม ซึ่งสามารถเกิดความคลาดเคลื่อนได้จากการที่วัสดุมะพร้าวชุดที่มีความชื้นสูงมักเกาะกันเป็นก้อนหรือติดตามขอบหรือใต้แผ่นกั้น ทำให้การวิเคราะห์กระทำได้ค่อนข้างยากกว่าวัสดุความชื้นต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปวัสดุจากการเกษตรชนิดอื่น เช่น กากมันสำปะหลัง ซึ่งมีลักษณะความชื้นสูงและเหนียวคล้ายกัน ดังนั้นในการพัฒนาการวิจัยในขั้นต่อไป จึงควรพิจารณานำองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น แพลคเตอร์ความเหนียว มาประกอบการวิเคราะห์ทางทฤษฎีเพื่อลดความคลาดเคลื่อนระหว่างผลการทดลองกับค่าจากสมการทำนายผล

และจากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นแนวทางที่ดีในการดำเนินการต่อยอด ในการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแบบท่อหมุน ในการวิจัยในขั้นต่อไป



ภาพที่ 5.1 แบบชุดทดลองเครื่องอบแบบถังทรงกระบอกหมุนต้นแบบ ในการวิจัยระยะต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6  
สรุปผลผลิตงานวิจัย

อยู่ระหว่างจัดเตรียมบทความ เพื่อส่งเข้าร่วมการประชุมวิชาการ The TSAE International Conference 2015 ซึ่งอยู่ในรายชื่อวารสารและการประชุมวิชาการสำหรับการตีพิมพ์บทความวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตามมติที่ประชุมคณะกรรมการประจำส่วนงานวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ลำดับที่ 397)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อวารสารและการประชุมวิชาการสำหรับการตีพิมพ์บทความวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
ตามมติที่ประชุมคณะกรรมการประจำส่วนงานวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 5/2557 เมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2557  
ก่อนปรับมติที่ประชุมคณะกรรมการสภาวิชาการ ในคราวประชุมครั้งที่ 6/2557 เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2557

|   |        |
|---|--------|
| 374. The IEE International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management (APSCOM) <a href="http://www.iee.org.hk/APSCOM">www.iee.org.hk/APSCOM</a> |        |
| 375. The IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE)  |        |
| 376. The IFIP International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems (CONFENIS)  |        |
| 377. The Korea-Japan Symposium on Catalysis   |        |
| 378. The IASTED International Conference on Advances in Computer Science and Technology (ACST)  |        |
| 379. The IEEE Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems & Industrial Applications (CITISIA)  |        |
| 380. The IEEE-RIVF International Conference on Computing and Communication Technologies (IEEE-RIVF)   |        |
| 381. The IASTED International Conference on Intelligent Systems and Control (ISC) <a href="http://www.iasted.org">www.iasted.org</a>  |        |
| 382. The Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD)   |        |
| 383. The Philippine Agricultural Engineering Journal  |        |
| 384. The Polymer Processing Society (PPS)   | 3/2556 |
| 385. The PSAE Annual Conference, Philippines Republics  |        |
| 386. The Regional Conference on Energy Technology Toward a Clean Environment  |        |
| 387. The School of Engineering of Tokai University  |        |
| 388. The School of Engineering, The School of Information Technology and Electronics, Tokai University  |        |
| 389. The Science and Technology of Fuel and Energy  |        |
| 390. The International Conference on Applications of Digital Information and Web Technologies (ICADIWT)   |        |
| 391. The International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IHMSPP)   |        |
| 392. The IASTED International Conference on Control and Applications (CA)   |        |
| 393. The World Enformatika Conference (WEC)   |        |
| 394. The WSEAS International Conference on APPLIED COMPUTER SCIENCE (ACOS)  |        |
| 395. The World Congress of Chemical Engineering Incorporating   |        |
| 396. The Interamerican Congress of Chemical Engineering   |        |
| 397. The TSAE International Conference  | 3/2556 |
| 398. Transactions of The ASAE   |        |
| 399. Tribology Letters  |        |
| 400. TSME International Conference on Mechanical Engineering  |        |
| 401. Visual Communications and Image Processing <a href="http://www.vcip.ch">www.vcip.ch</a> or <a href="http://www.spie.org/info/vc">www.spie.org/info/vc</a>                |        |
| 402. Water Environment Research   |        |
| 403. World Congress on Engineering & Computer Science (WCECS)   |        |

"การศึกษาและวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นรากฐานของการพัฒนาประเทศ"

บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ขอสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

หน้า 22

\*\* หมายเหตุ 1. แหล่งสุจริต วส.ค. ไฟฟ้า รับรองเฉพาะ วารสาร ที่มีค่า Impact Factor ของ ISI เท่านั้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
2. ให้ตรวจสอบรายชื่อวารสาร และค่า Impact Factor ได้ที่ส่วนบริหารวิชาการและวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] D. Revol , C.L. Briens and J.M. Chabagno. 2001. “The design of flights in rotary dryers.” *Research Journal of Powder Technology*. 121(2001): 230-238.
- [2] M. H. Lisboa, D. S. Vitorino, W. B. Delaiba, J. R. D. Finzer and M. A. S. Barrozo. “A study of Particle Motion in Rotary Dryer.” *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 24(03): 365-374.
- [3] O.O. Ajayi and M.E. Sheehan. 2012. “Application of image analysis to determine design loading in flighted rotary dryers.” *Journal of Powder Technology*. 223(2012): 123-130.
- [4] Fan Geng, Yimin Li, Longji Yuan, Min Liu, Xinyong Wang, Zhulin Yuan, Yaming Yan and Dengshan. 2013. “Experimental study on the space time of flexible filamentous particles.” *Experimental Thermal and Fluid Science* 44 (2013): 708–715.
- [5] เทวรัตน์ ตรีอำรรค, เกียรติศักดิ์ ใจโต, วีรชัย อาจหาญ และกระวี ตรีอำรรค. “การอบแห้งกากมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน.” สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2555.
- [6] Ogbonnaya Chukwu and Fatai Bukola Akande, Development of an Apparatus for Measuring Angle of Repose of Granular Materials. Department of Agricultural Engineering, Federal University of Technology Minna, Nigeria (2007)
- [7] อุตสาหกรรมมะพร้าวและผลิตภัณฑ์เกี่ยวเนื่อง. 2554. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : [http://fic.nfi.or.th/food/upload/pdf/17\\_1585.pdf](http://fic.nfi.or.th/food/upload/pdf/17_1585.pdf)
- [8] ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2556. บทที่ 2 การอบแห้ง (Drying).(ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : <http://www.ic.kmutnb.ac.th/webpage/subject/handout/Unit%202/chapter%202%20dry.pdf>
- [9] วิชชุดา ศรีประเทศ, วิรัตน์ พิพัฒนศรี และสุรางค์ ตั้งมั่น. “การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบถาดหมุน.” *ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง*. 2546.
- [10] Christie John Geankoplis. 2546. *Transport Processes and Separation Process Principles*. 4<sup>th</sup> Edition. New Jersey : Pearson.
- [11] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนานนท์. 2556. อัตราการทำแห้ง.(ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0663/drying-rate-อัตราการทำแห้ง>
- [12] ดร.ไกรลาศ เขียวทอง. 2556. คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : [http://extension.dld.go.th/th1/images/stories/cattle\\_buff\\_bord/napiagrass.pdf](http://extension.dld.go.th/th1/images/stories/cattle_buff_bord/napiagrass.pdf)

- [13] Sefa Tarhan , Isa Telci , M. Taner Tuncay and Hakan Polartci. 2010. “Product Quality and Energy Consumption When Drying Peppermint by Rotary Drum Dryer.” 32(3): 420-427.
- [14] Koteswara Rao Sunkara , Fabian Herz , Eckehard Specht และ Jochen Mellmann. 2012. “Theoretical and Experimental Analysis of the Optimal Surface Area of the Cascading Particles in a Flighted Rotating Drum.” Journal of Particle Technology.
- [15] N.J. Fernandes, C.H. Ataide and M.A.S. Barrozo. 2008. “Modeling and Experimental Study of Hydrodynamic and Drying Characteristics of an Industrial Rotary Dryer.” Brazilian Journal of Chemical Engineering. 26(02): 331-341.
- [16] Yeole Shrikant P. and deshमुख M.M. 2013. “Performance analysis of Rotary Cotton Seed dryer with One and Three Segment Flights.” Research Journal of Engineering Sciences. 2(4): 5-9.
- [17] O.O. Ajayi and M.E. Sheehan. 2012. “Application of Image Analysis to Determine Design Loading in Flighted Rotary Dryer.” Journal of Powder Technology. 223(2012): 123-130.
- [18] รศ.ดร. สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา. 2555. การอบแห้งอาหารและวัสดุชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท็อป.
- [19] Ogbonnaya Chukwu and Fatai Bukota Akande. 2007. “Development of an Apparatus for Measuring Angle of Repose of Granular Materials” AU J.T. 11(1): (Jul. 2007) : 62-66.

## ภาคผนวก

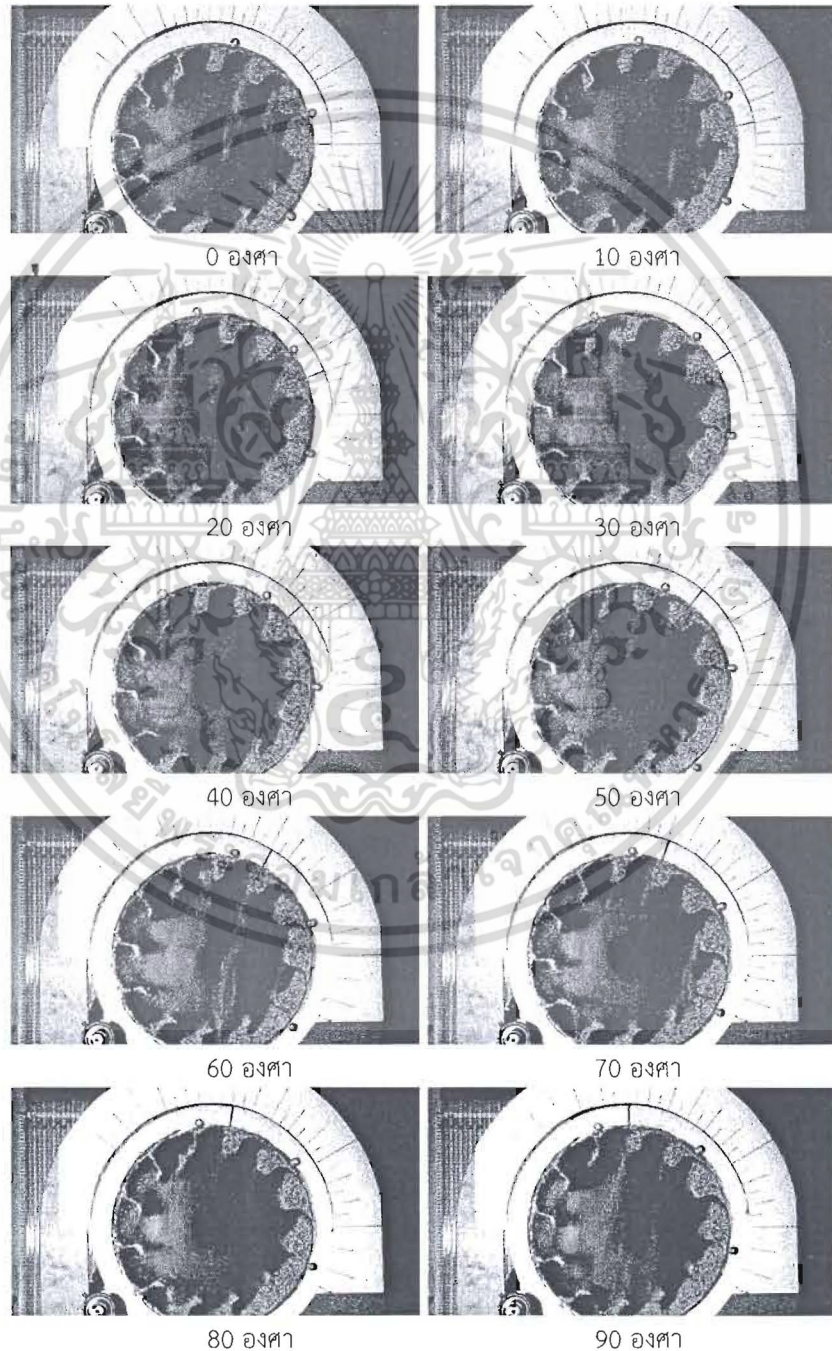


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

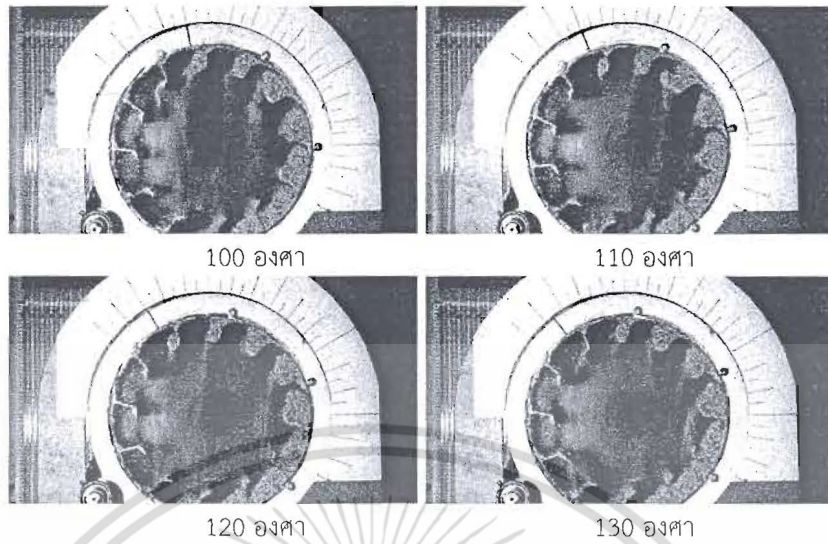
## ภาคผนวก ก

ภาพหน้าตัดแสดงลักษณะการกระจายตัวชีวมวล  
ที่ตำแหน่งมุมใบต่าง ๆ ตามทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา

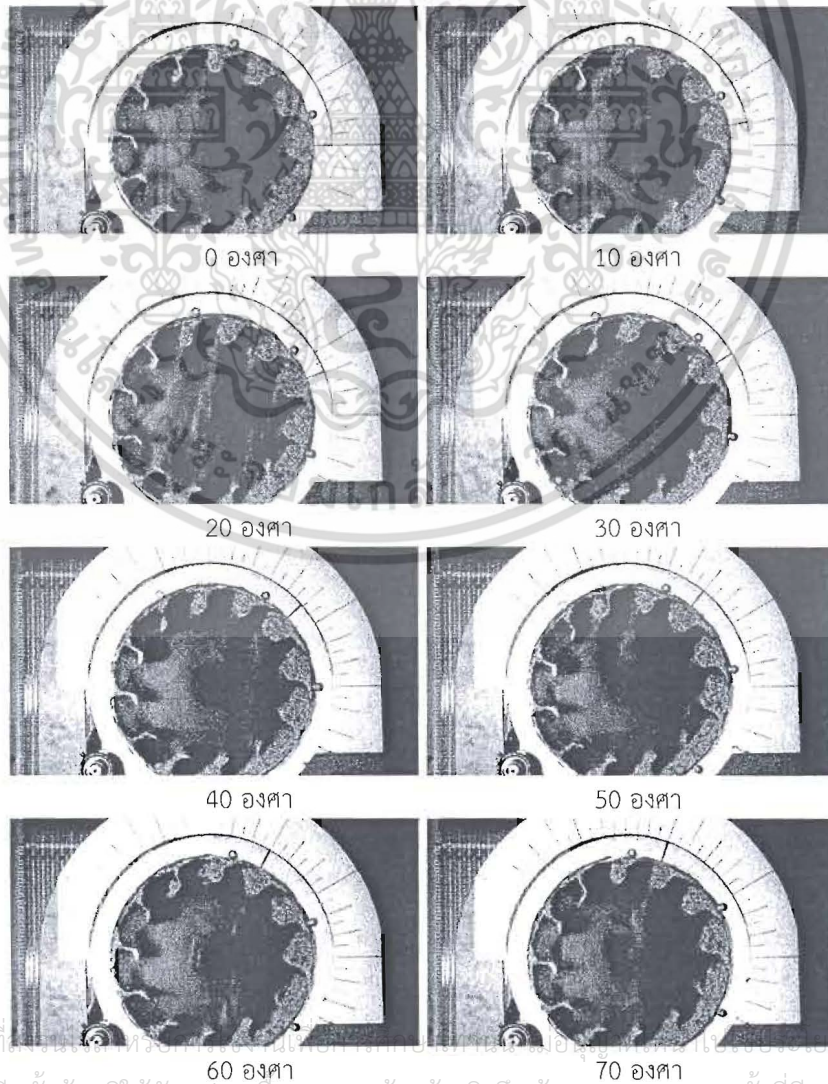
- 1) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



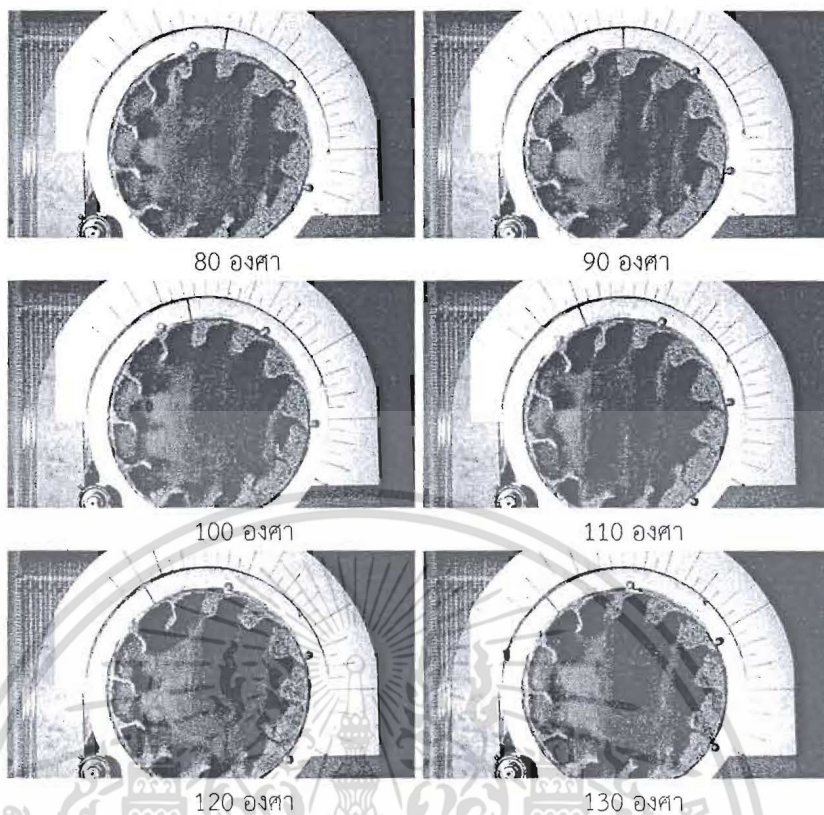
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



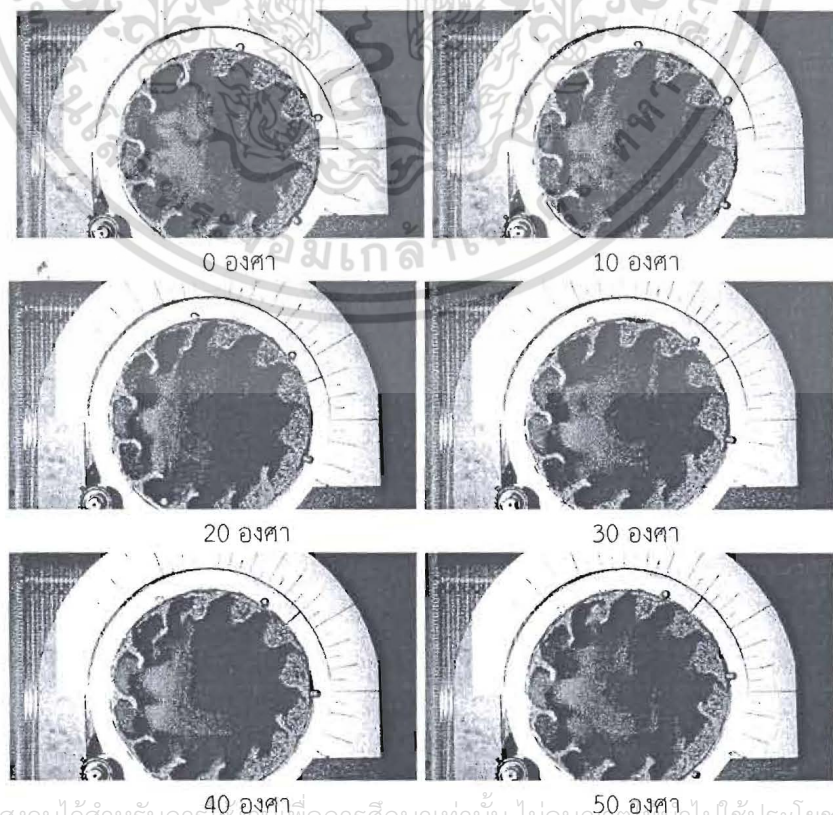
2) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที



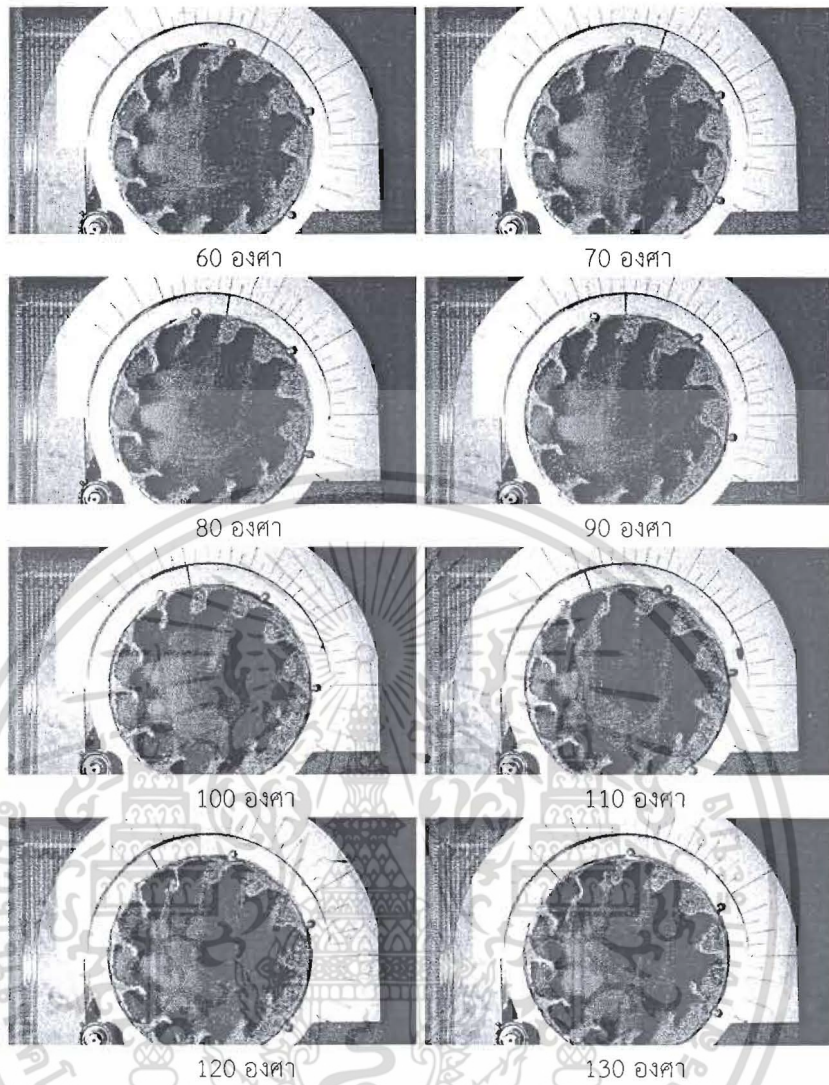
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



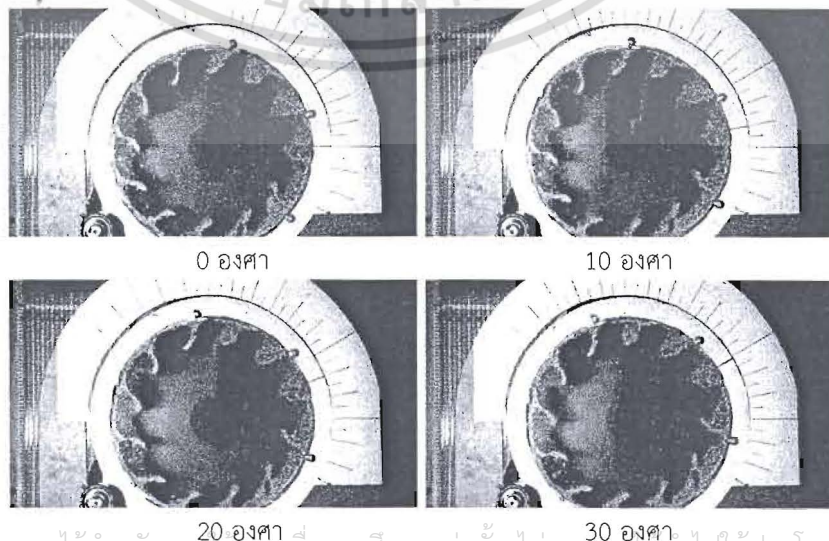
3) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที



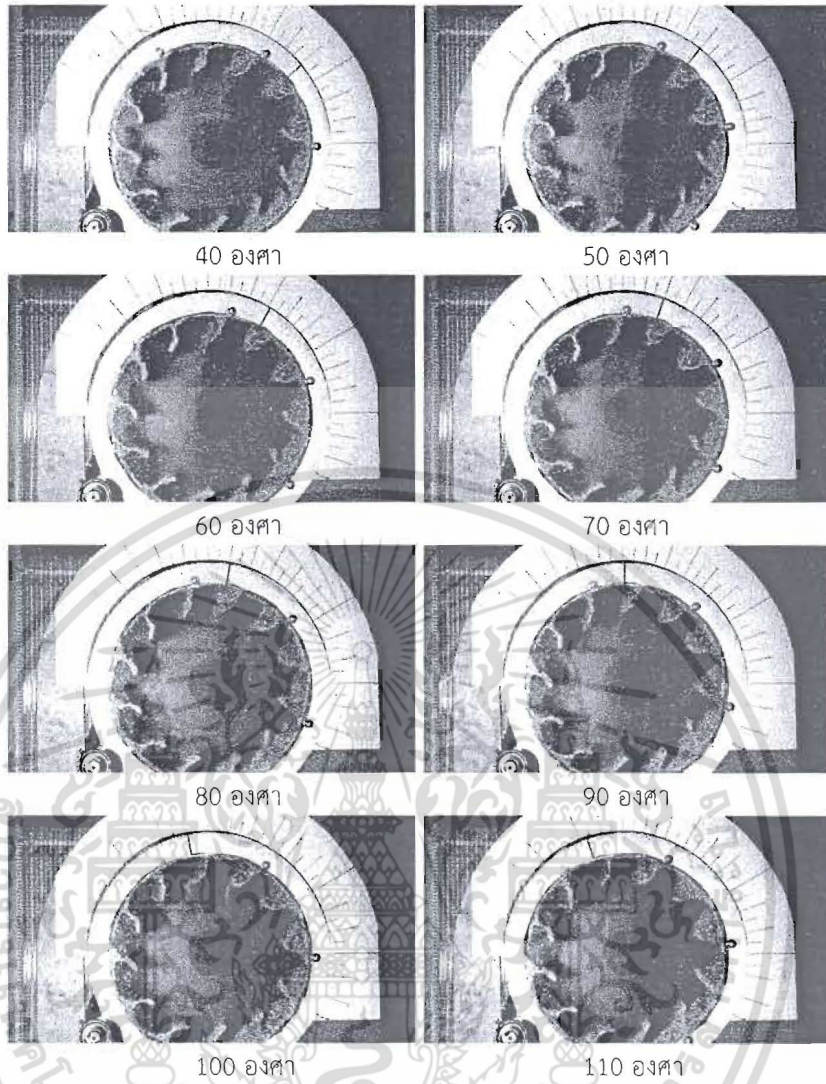
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



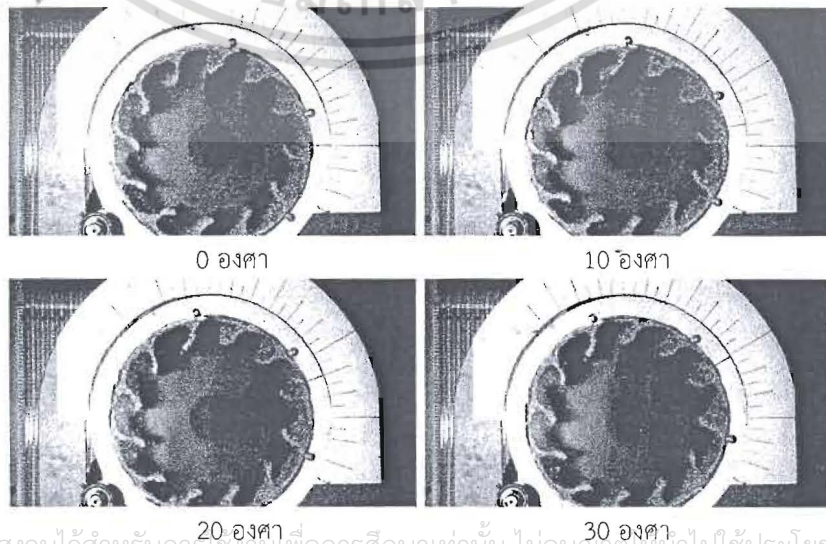
4) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



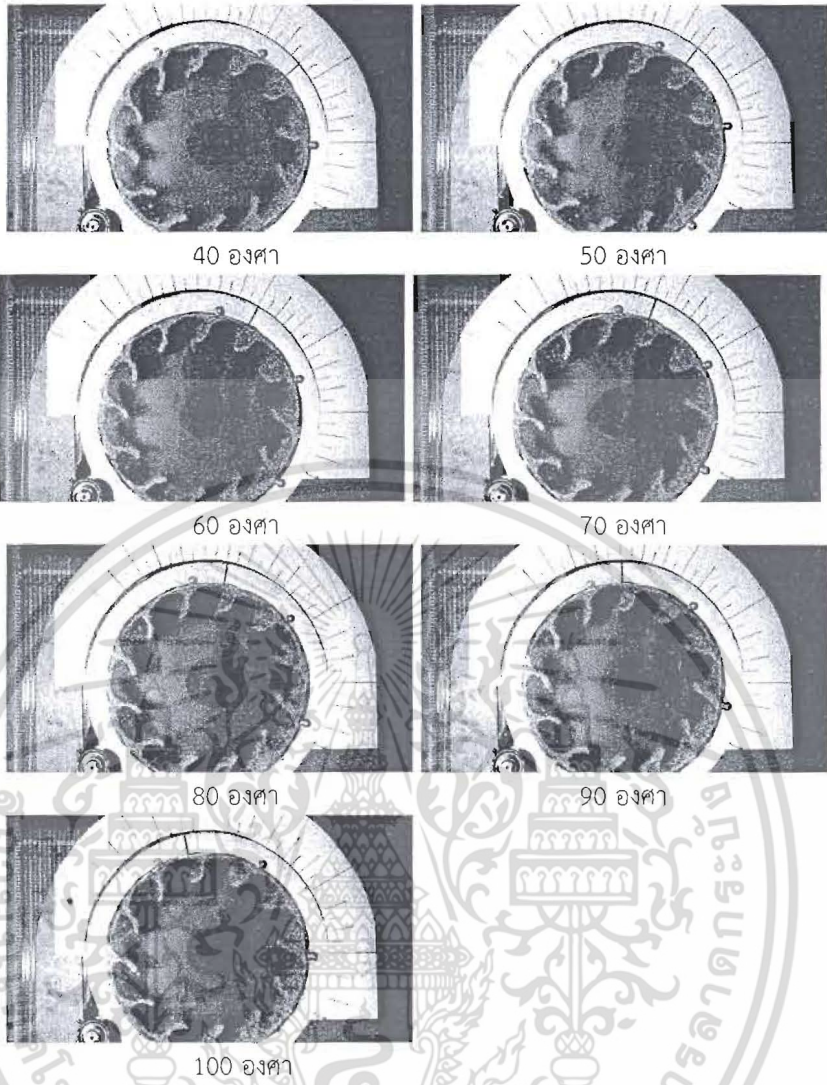
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



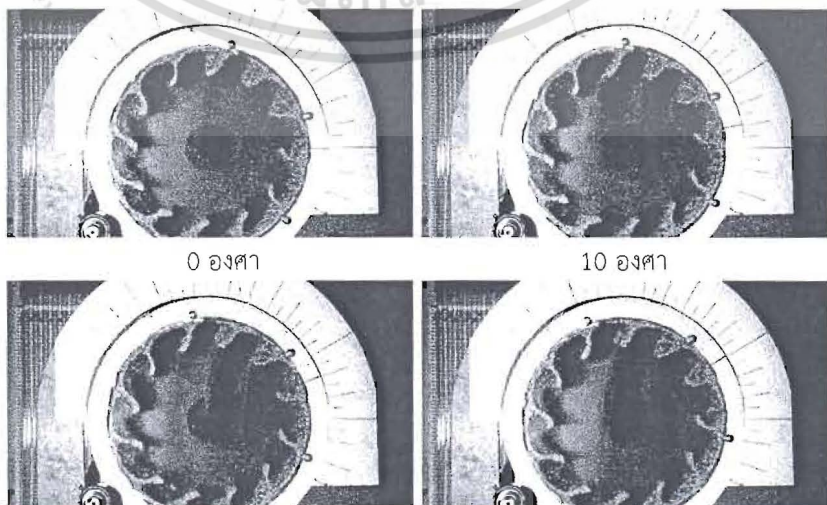
5) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที



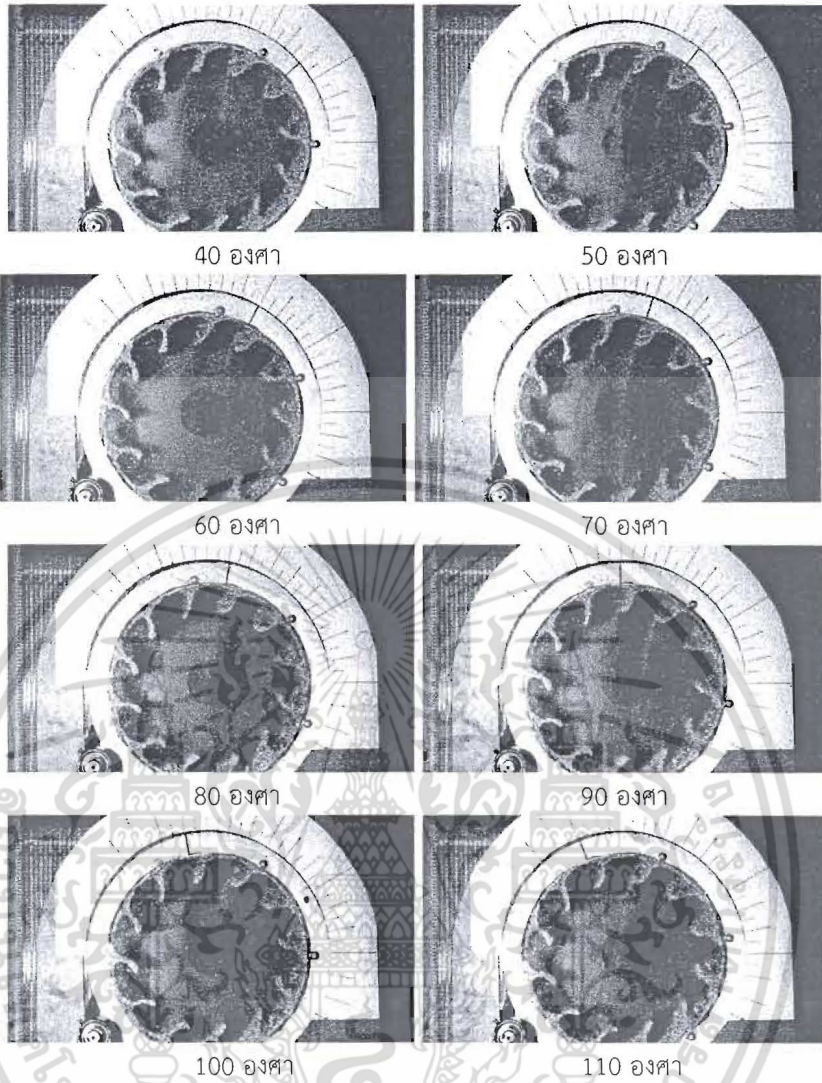
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



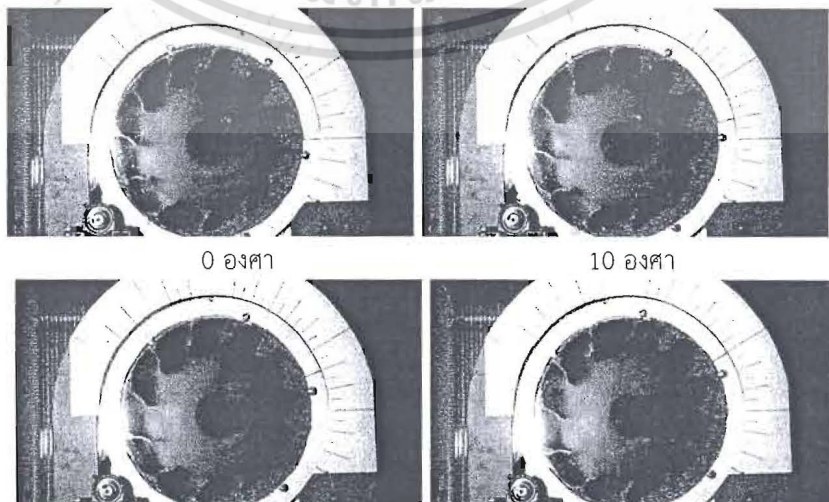
6) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที



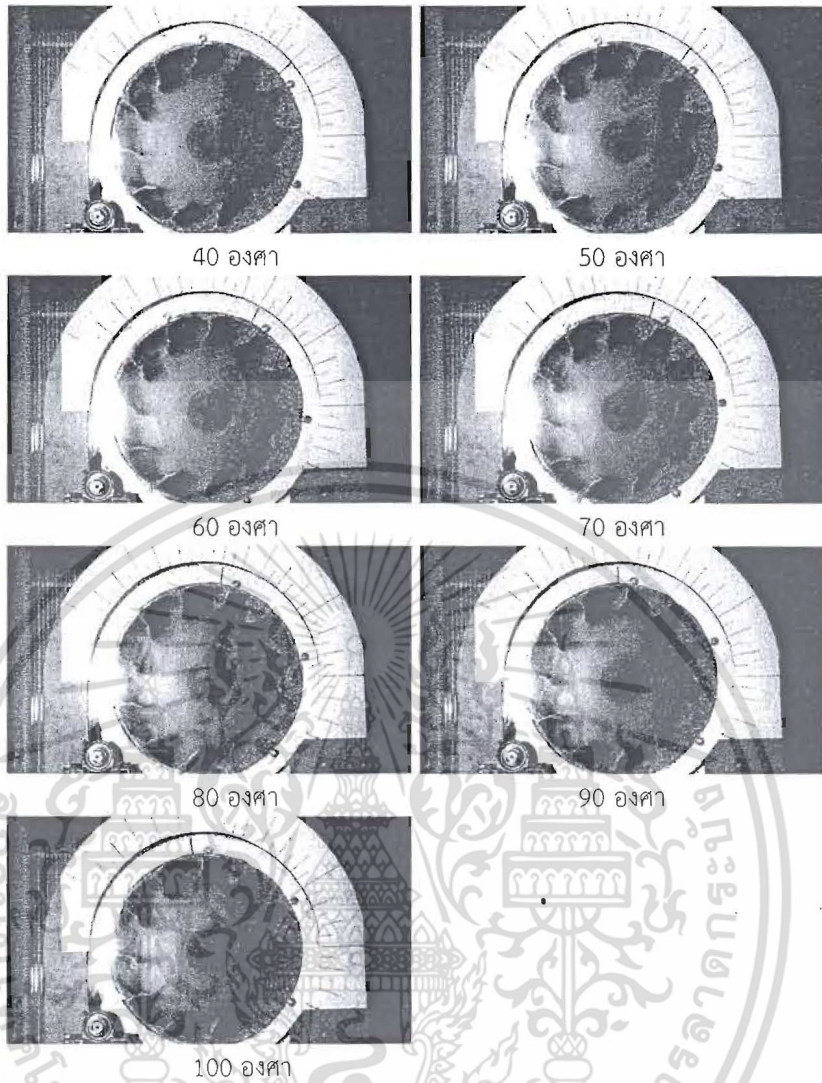
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



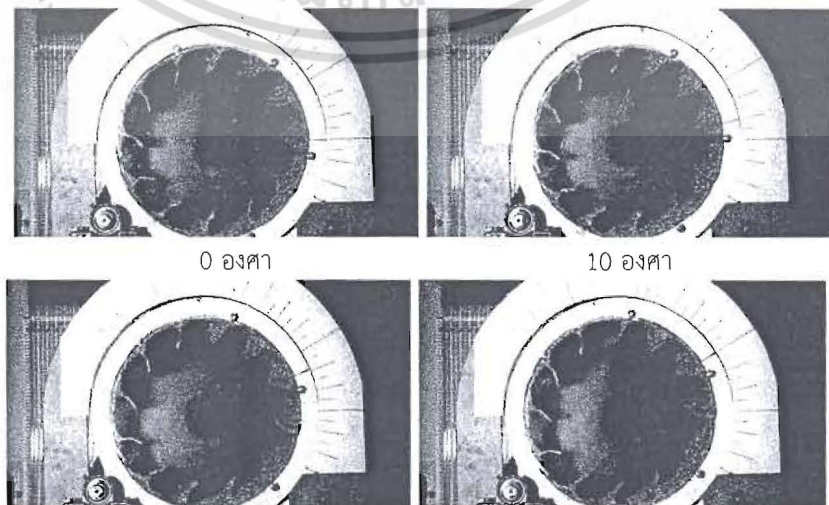
7) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



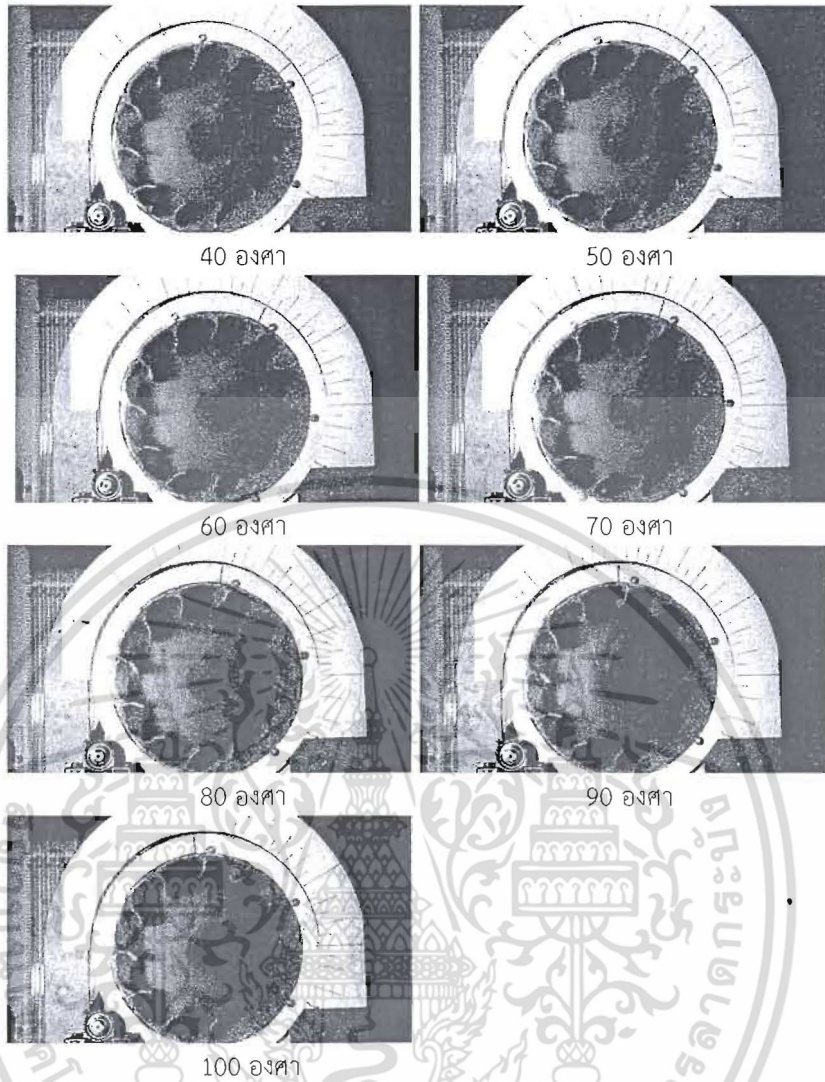
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาค 20 องศา เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



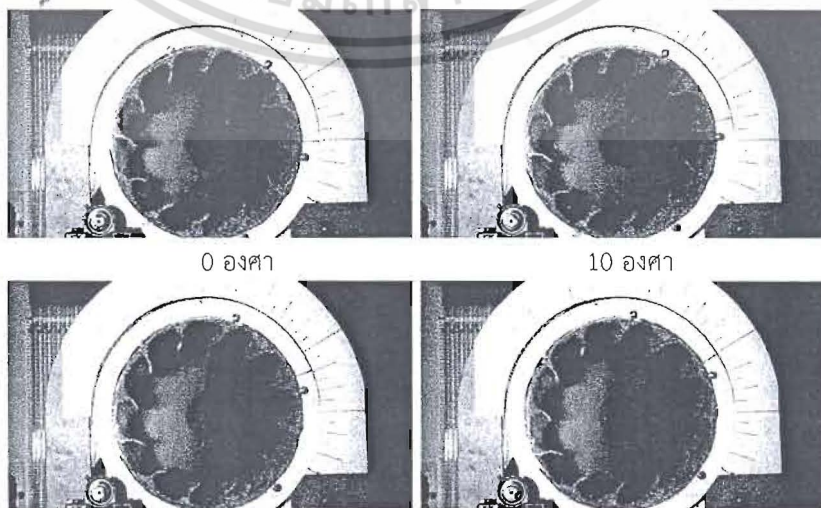
8) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที



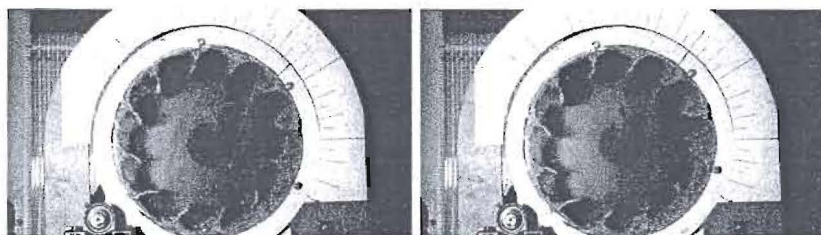
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



9) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที

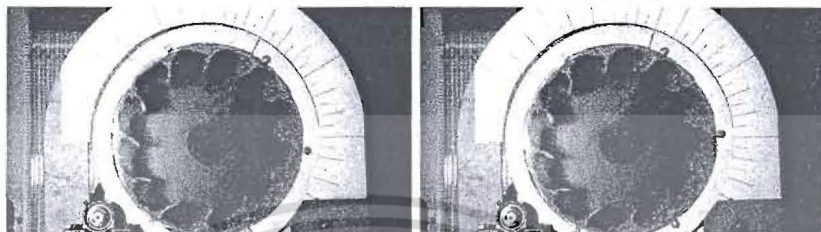


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



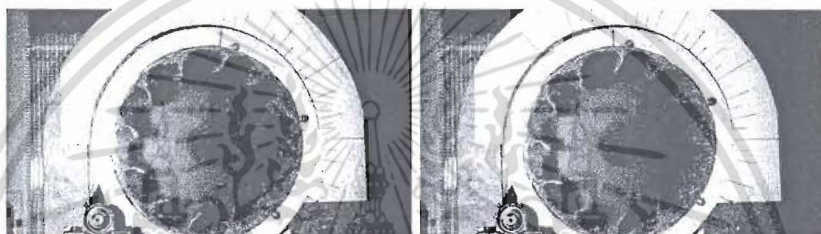
40 องศา

50 องศา



60 องศา

70 องศา



80 องศา

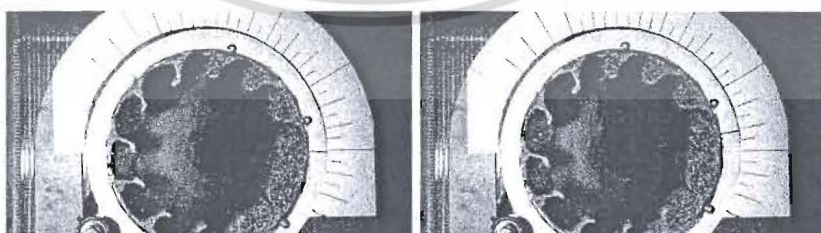
90 องศา



100 องศา

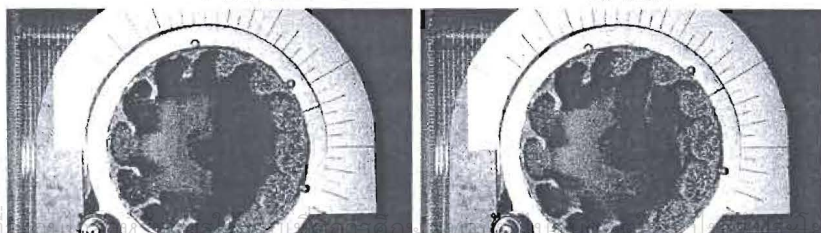
110 องศา

10) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



0 องศา

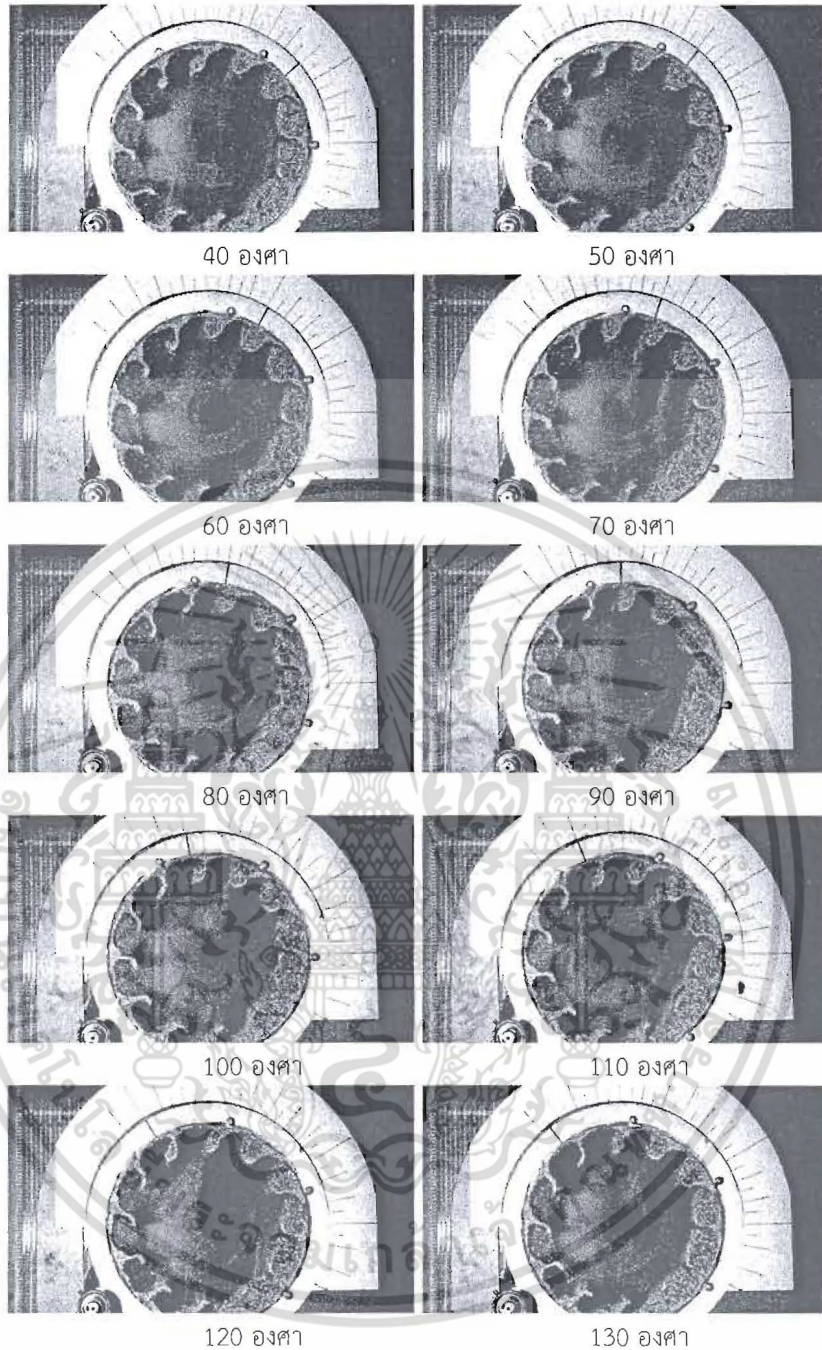
10 องศา



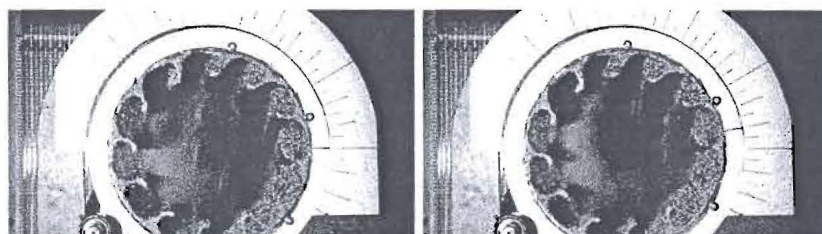
20 องศา

30 องศา

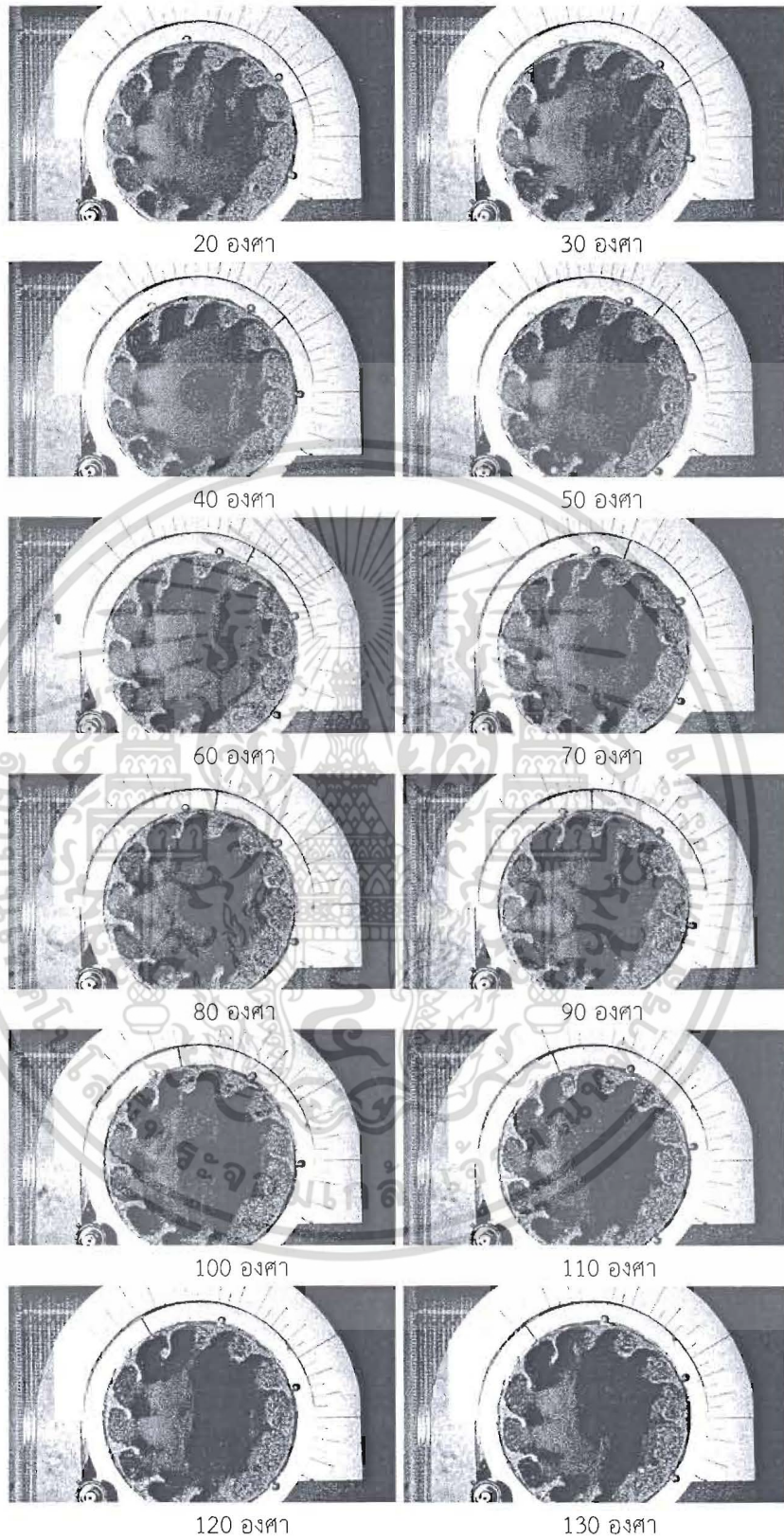
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... หน่วยงานการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- 11) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที

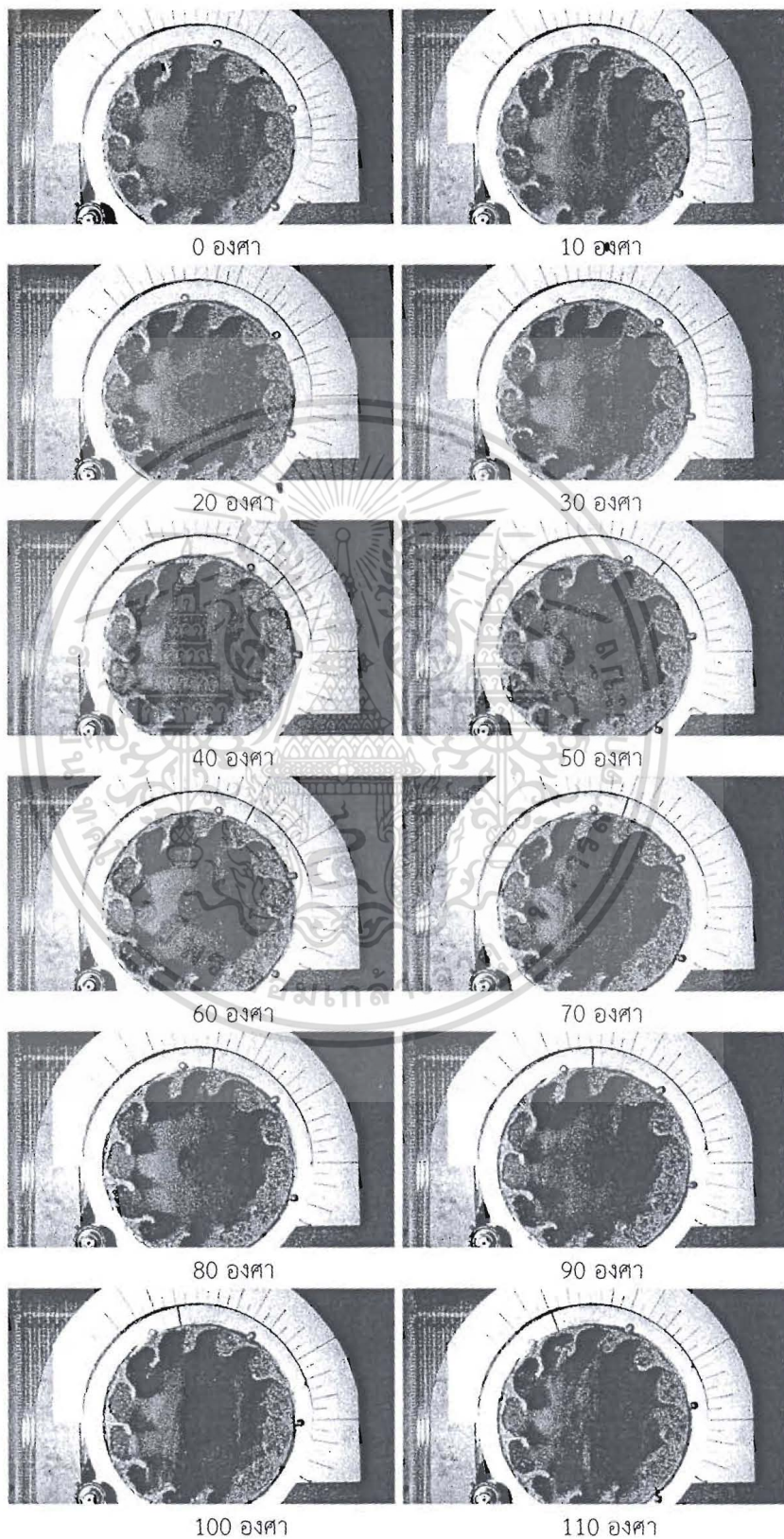


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาา 0 องศา เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญานไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

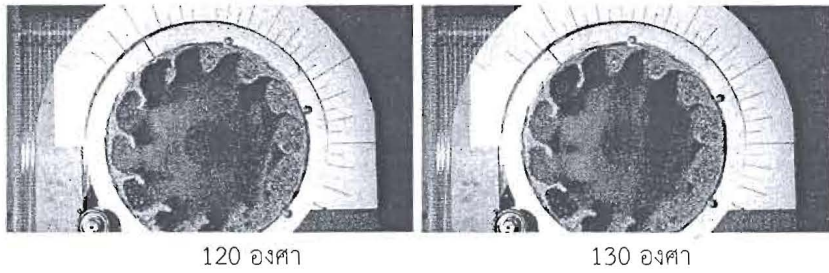


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที



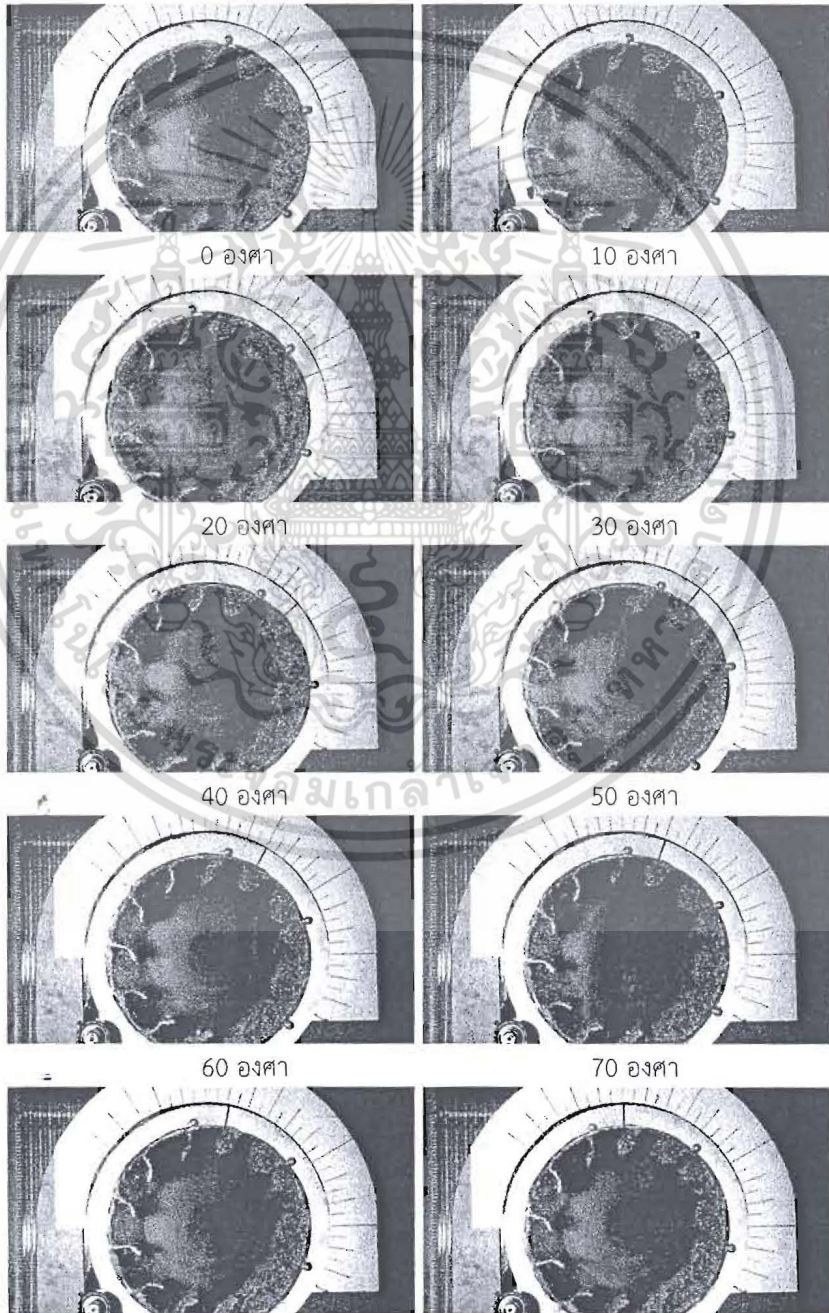
สารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านกา  
 ารกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



120 องศา

130 องศา

13) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่งใบ 135 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



0 องศา

10 องศา

20 องศา

30 องศา

40 องศา

50 องศา

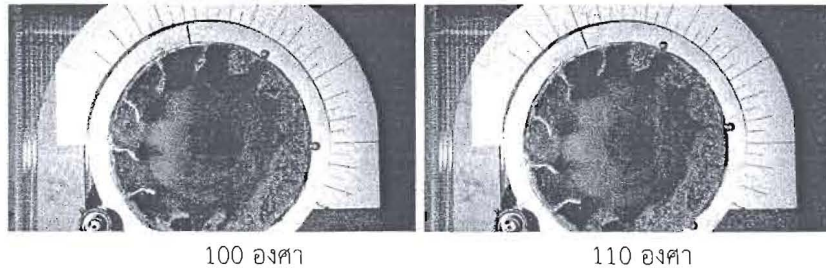
60 องศา

70 องศา

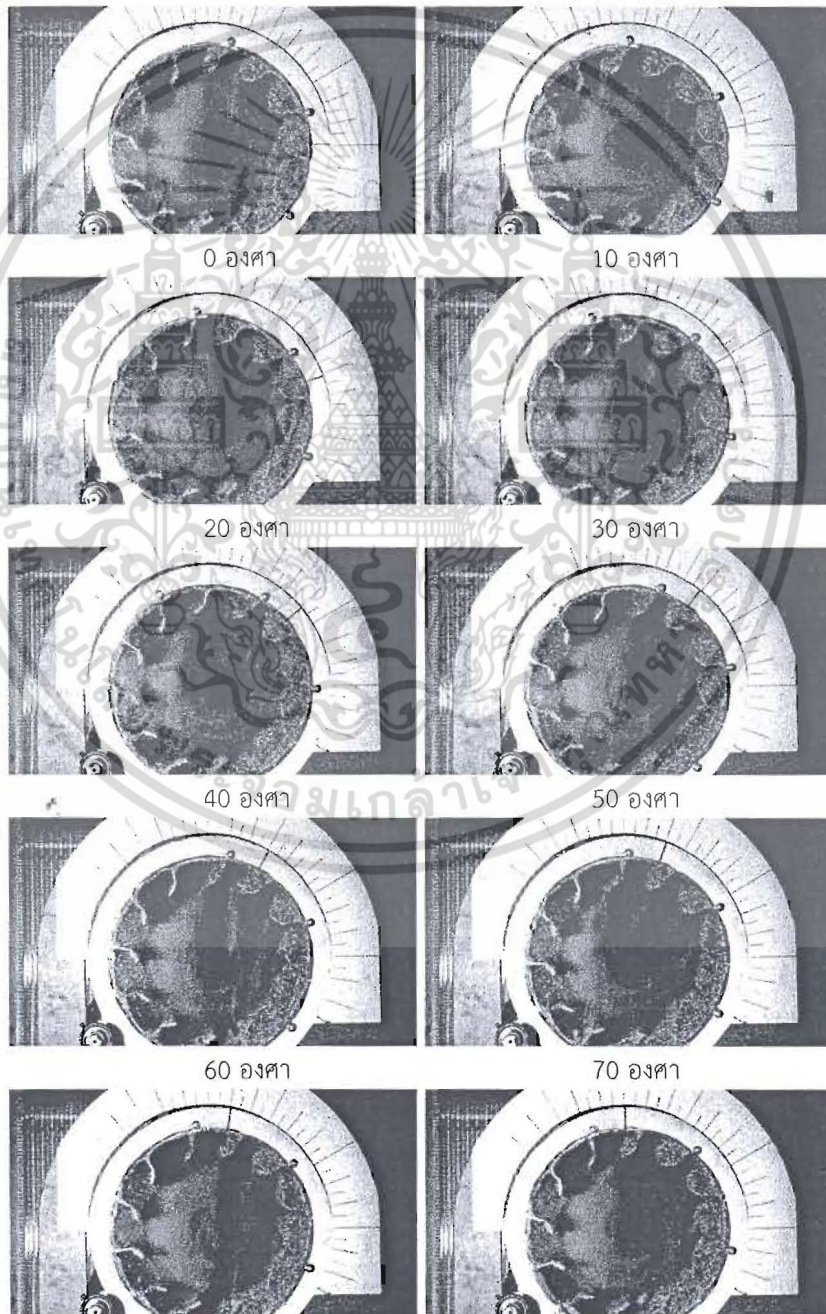
80 องศา

90 องศา

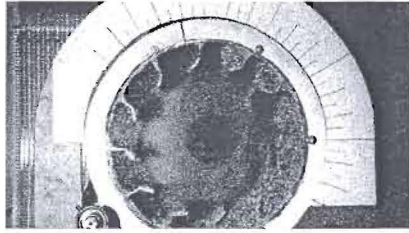
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- 14) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที

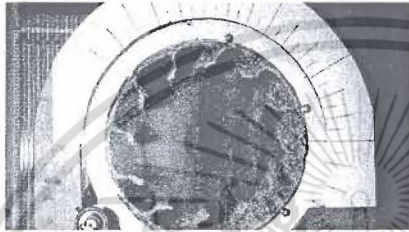


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

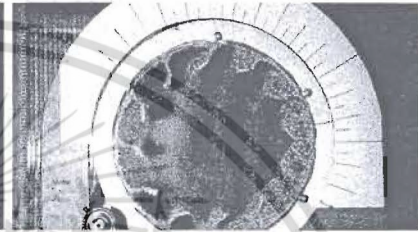


100 องศา

15) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวขูดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างไข-1.35 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่ออนูที่



0 องศา



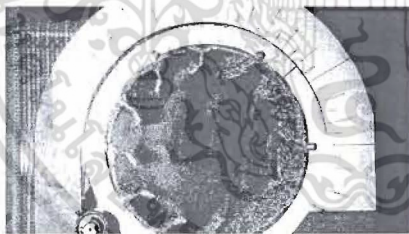
10 องศา



20 องศา



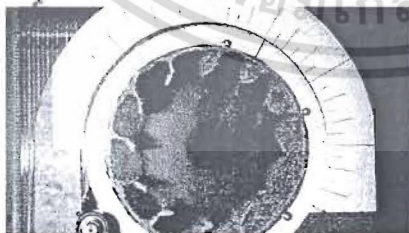
30 องศา



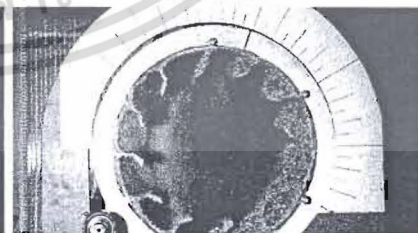
40 องศา



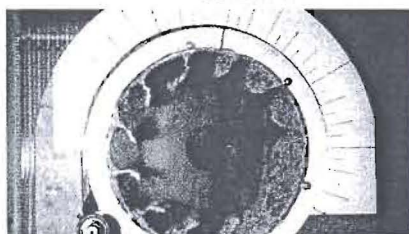
50 องศา



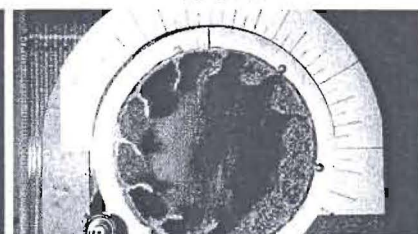
60 องศา



70 องศา

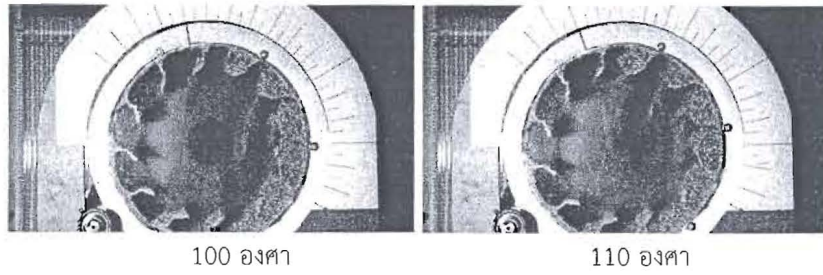


80 องศา

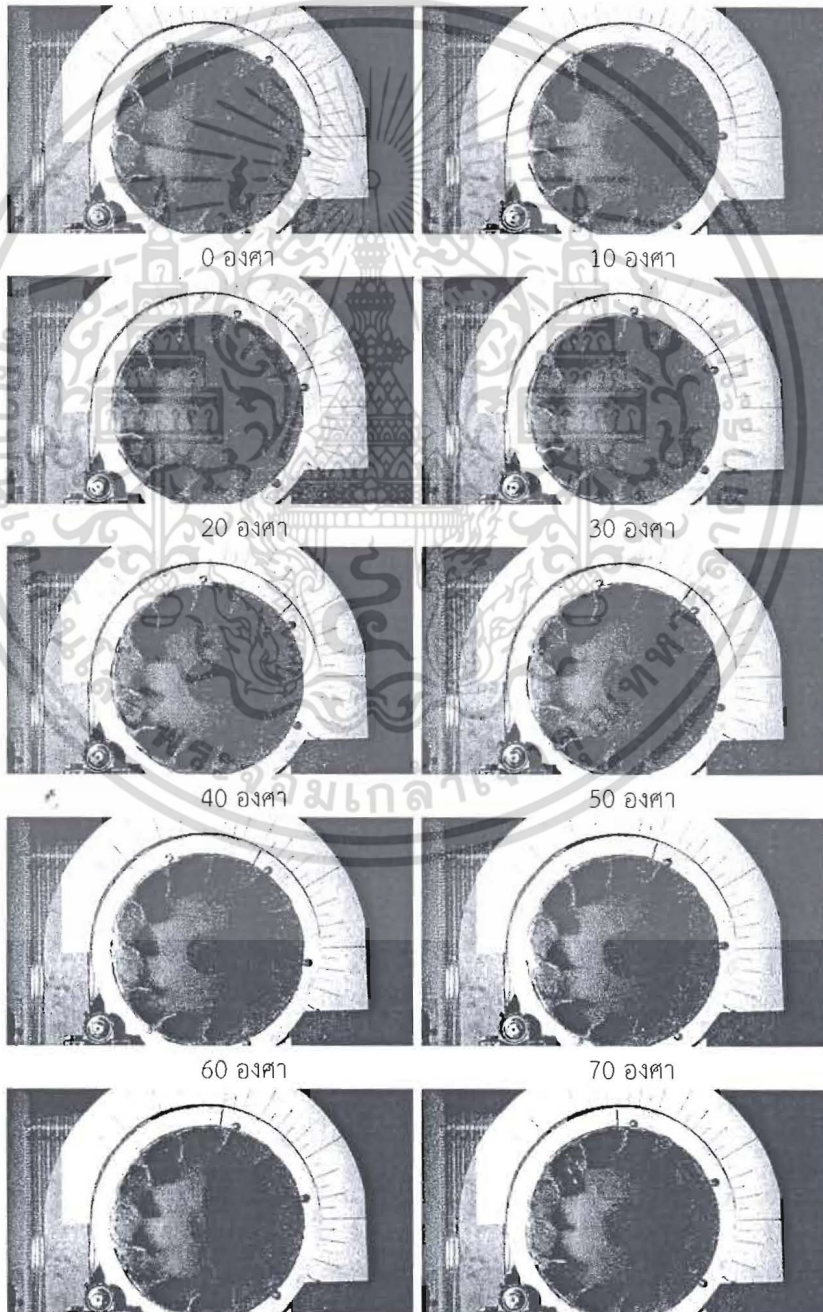


90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

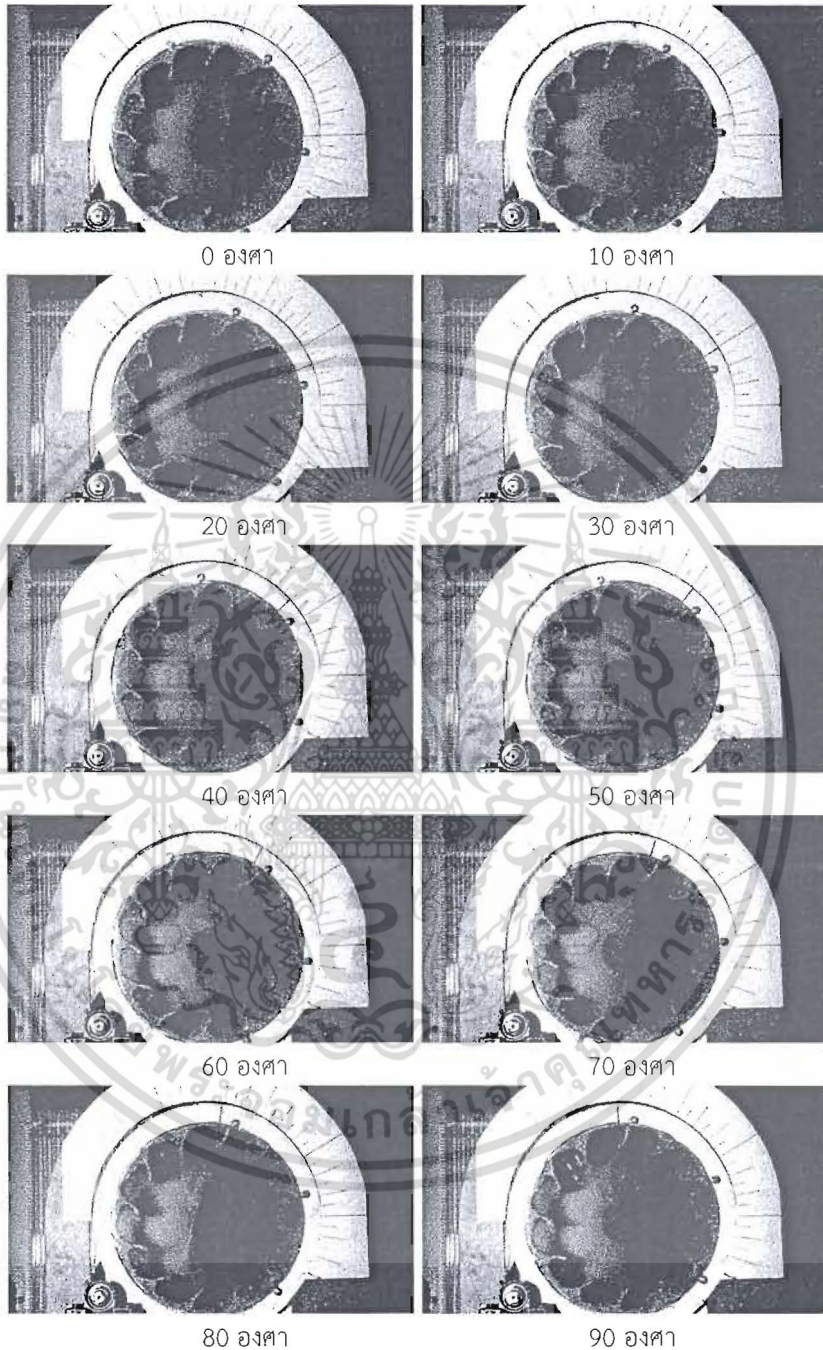


16) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



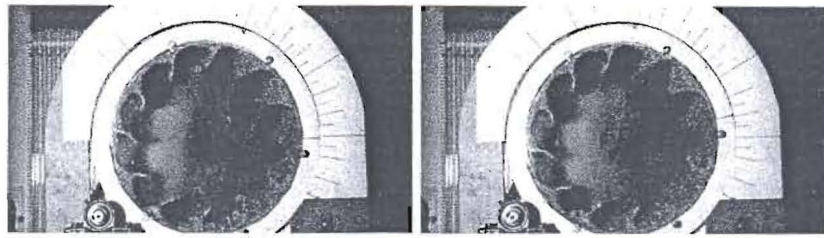
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภา 80 องศา เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุ 90 องศาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นสูง ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที



0 องศา

10 องศา



20 องศา

30 องศา



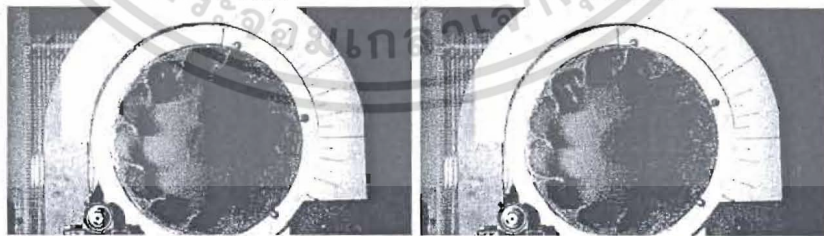
40 องศา

50 องศา



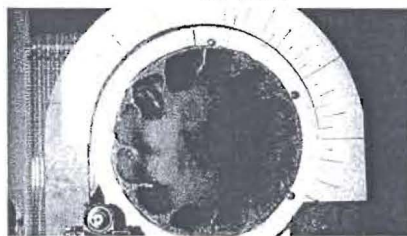
60 องศา

70 องศา



80 องศา

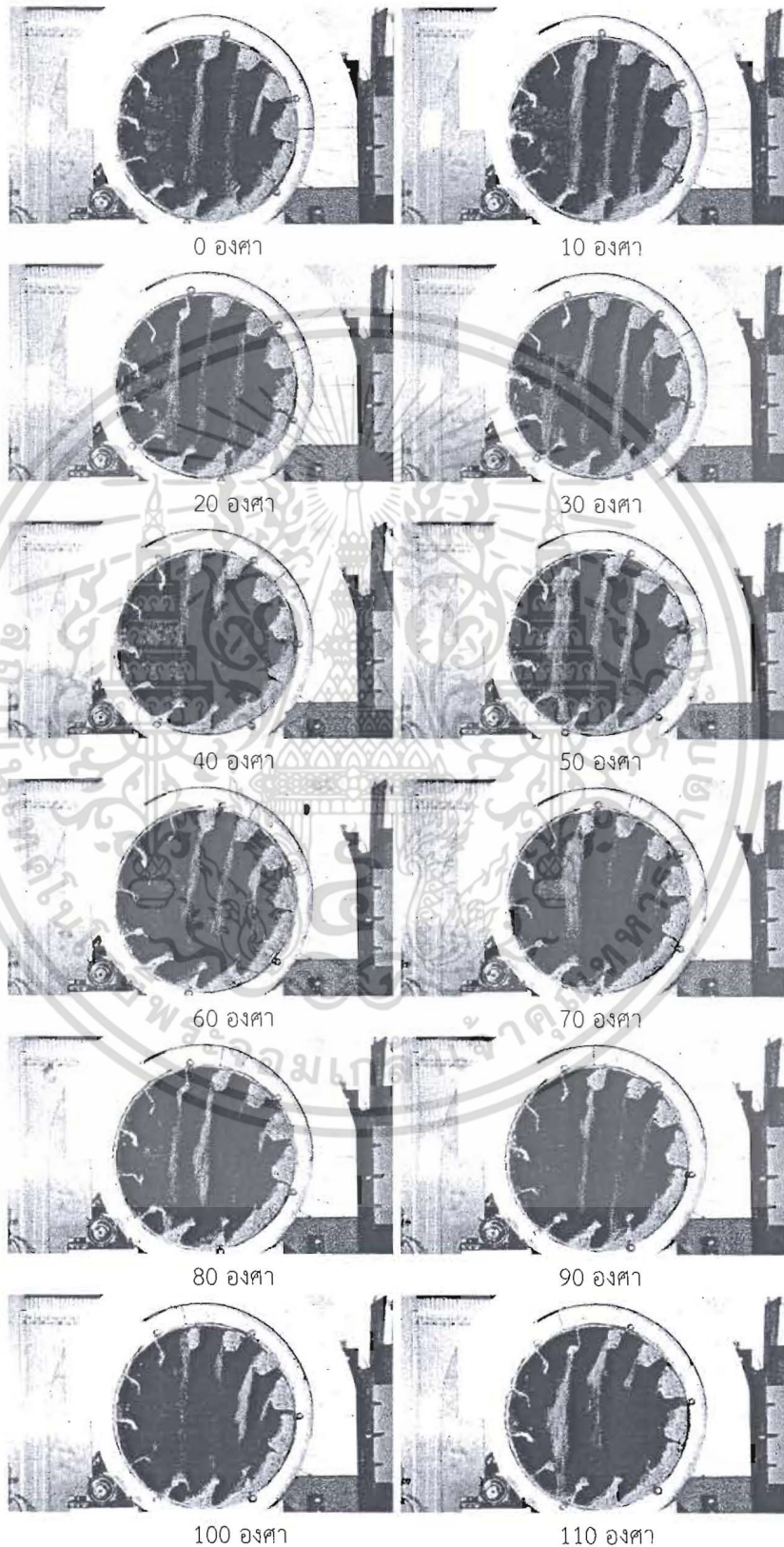
90 องศา



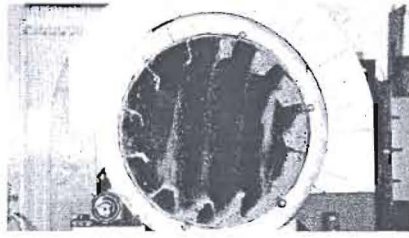
100 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



120 องศา

20) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที



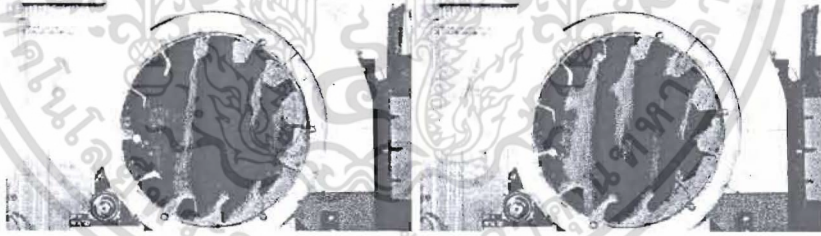
0 องศา

10 องศา



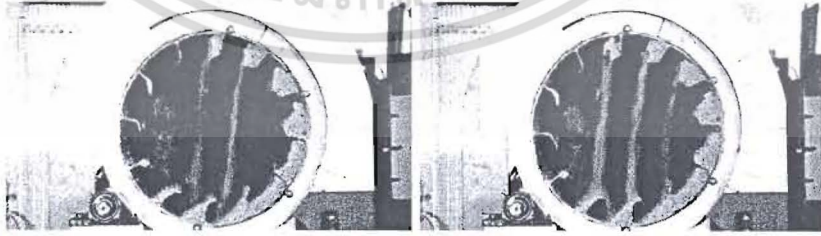
20 องศา

30 องศา



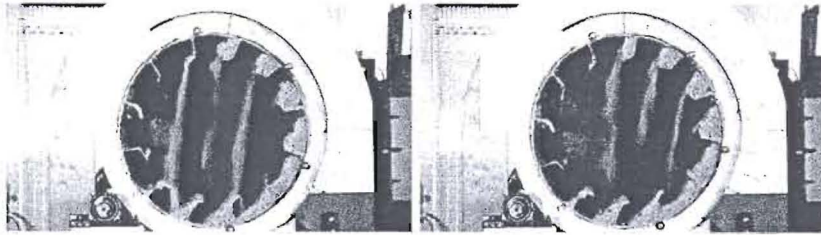
40 องศา

50 องศา



60 องศา

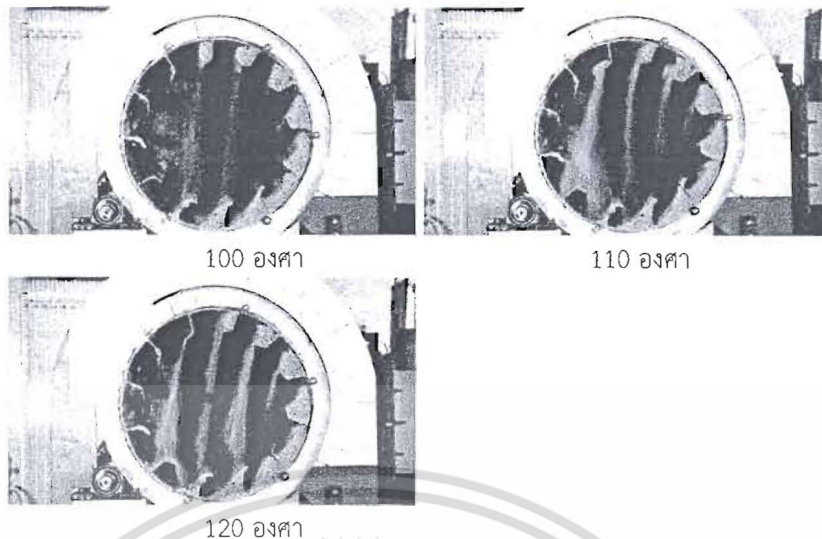
70 องศา



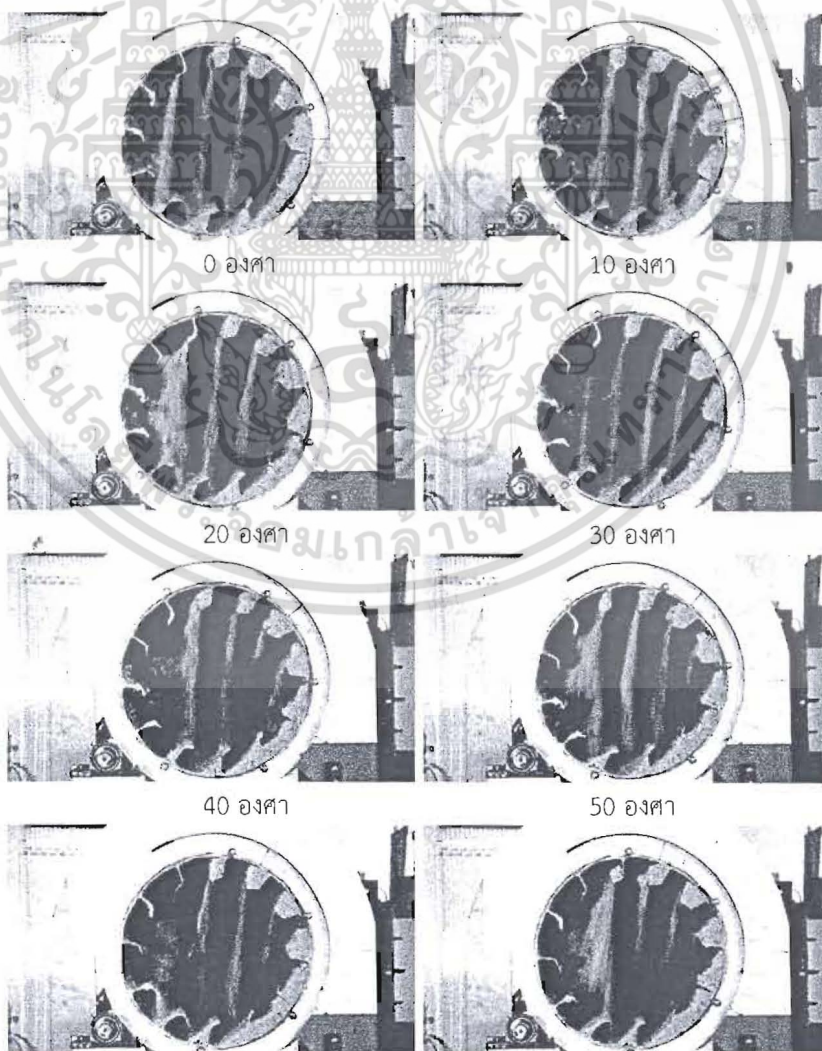
80 องศา

90 องศา

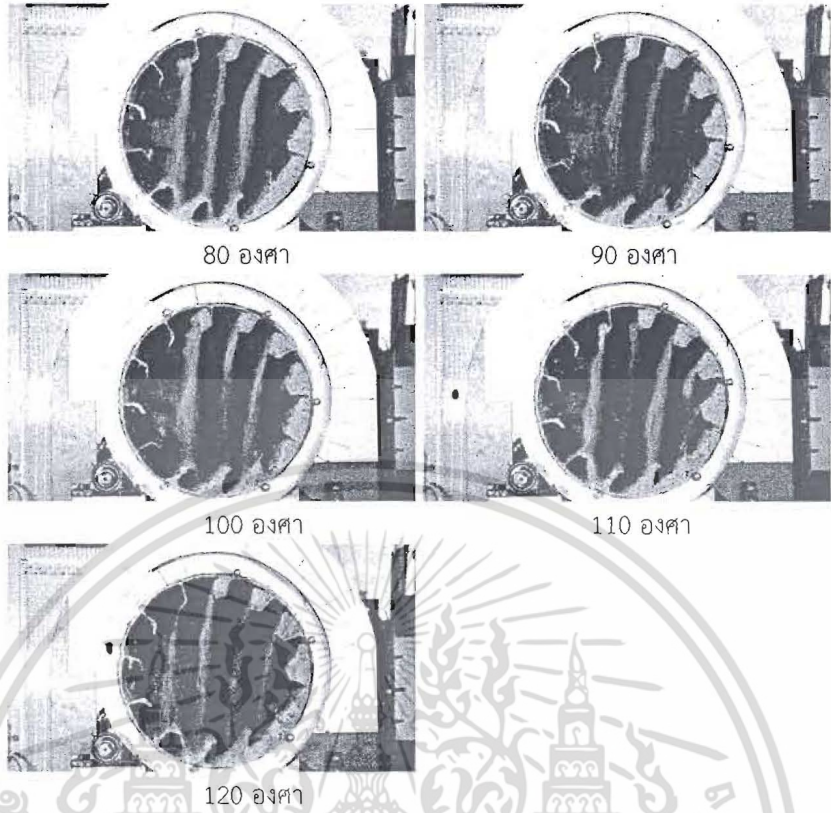
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



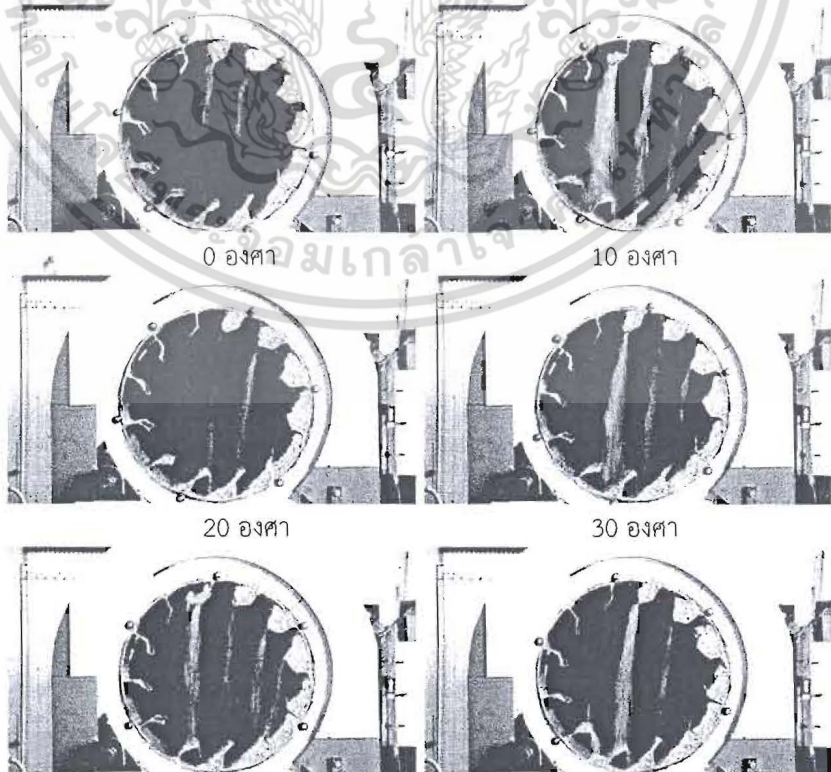
21) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที



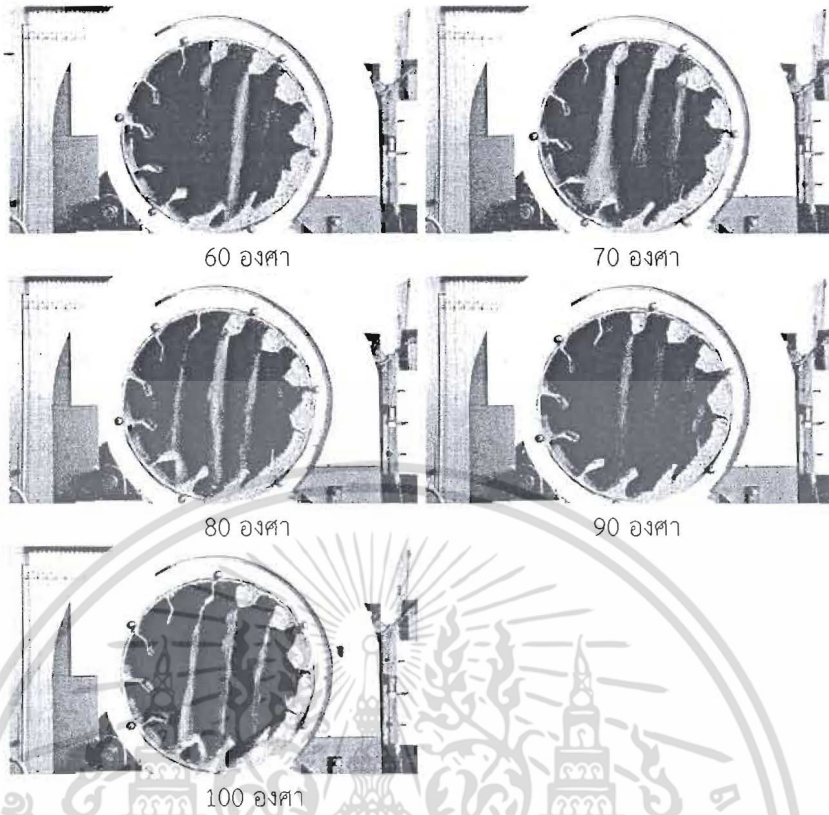
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



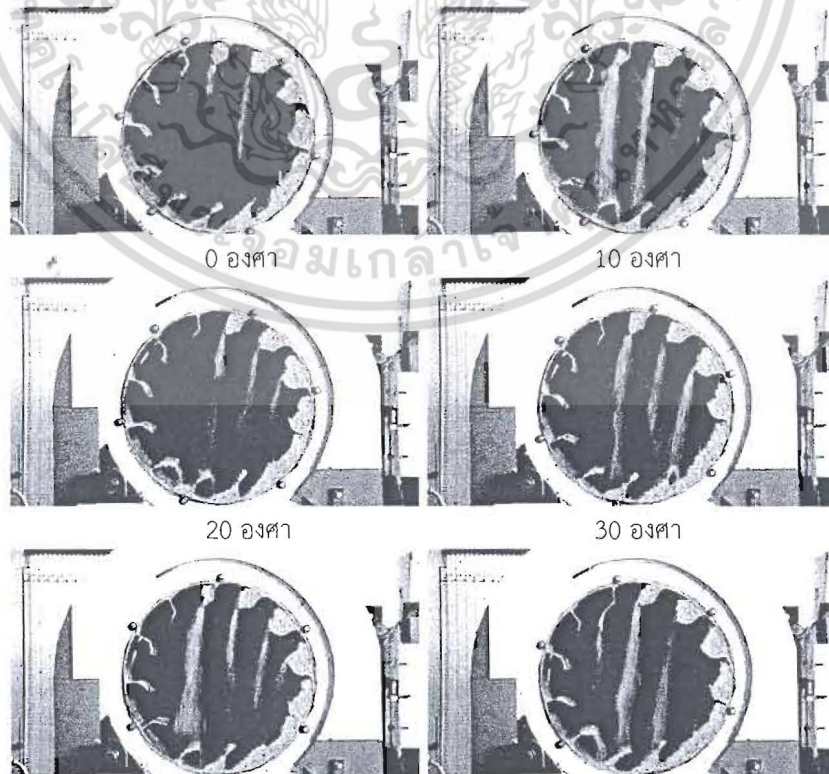
22) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



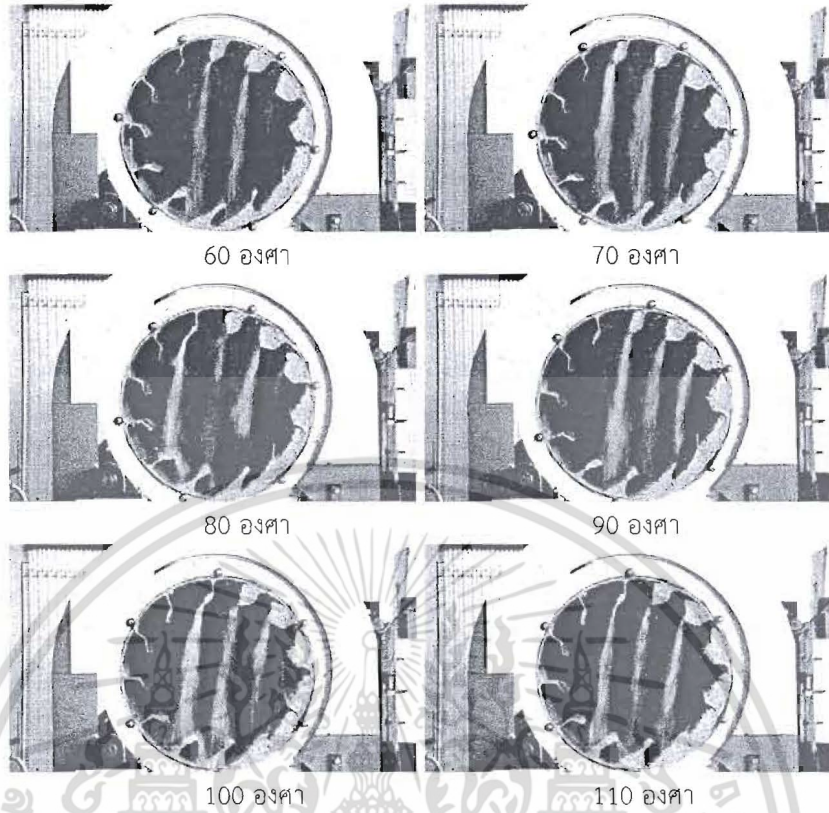
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



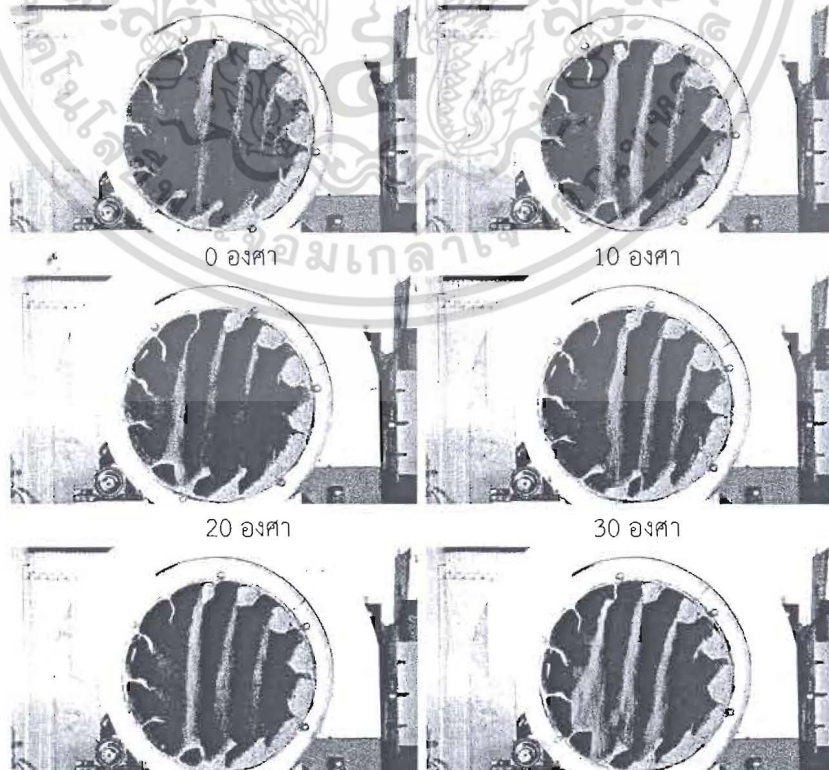
23) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที



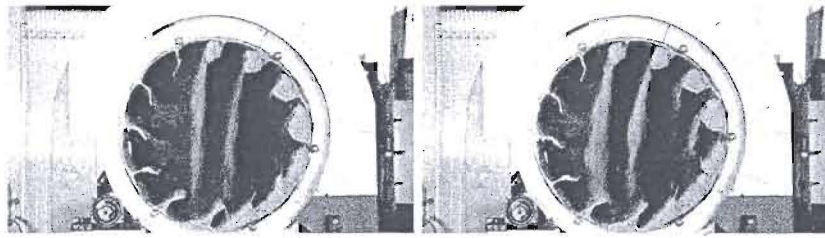
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาค้นคว้าเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



24) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที

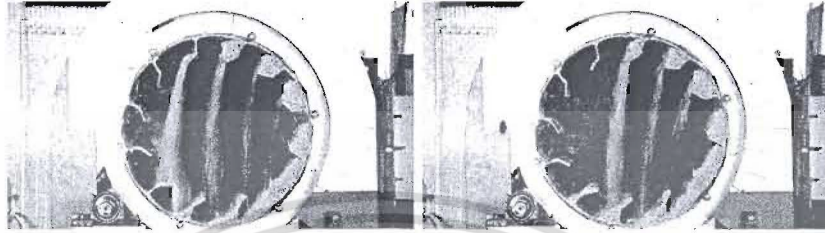


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาควิชาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



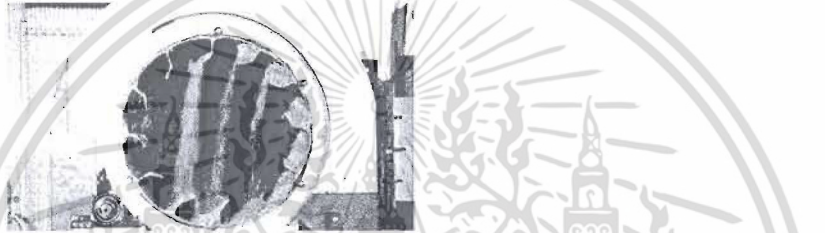
60 องศา

70 องศา



80 องศา

90 องศา



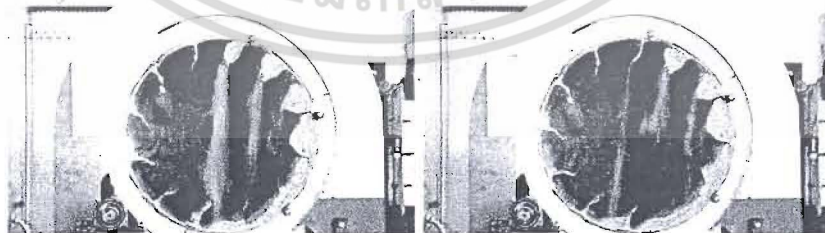
100 องศา

25) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวขาดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



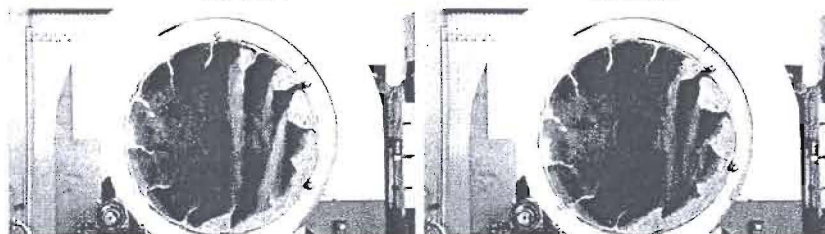
0 องศา

10 องศา



20 องศา

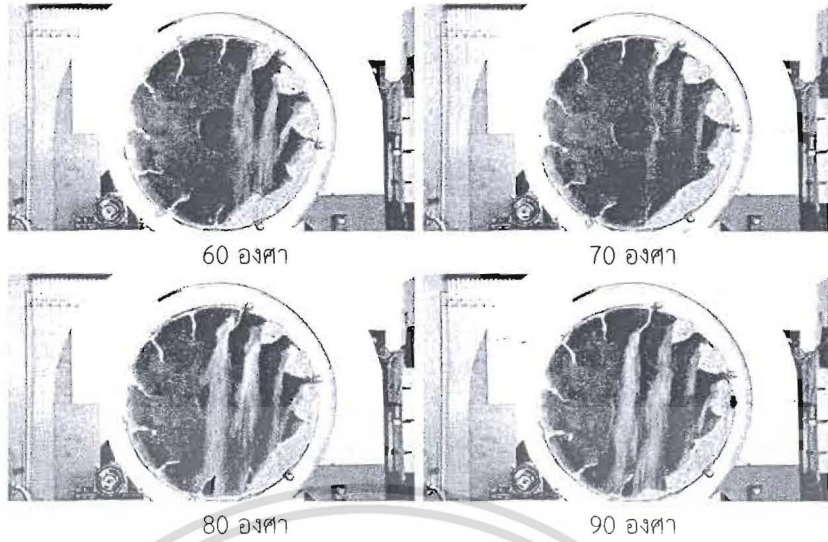
30 องศา



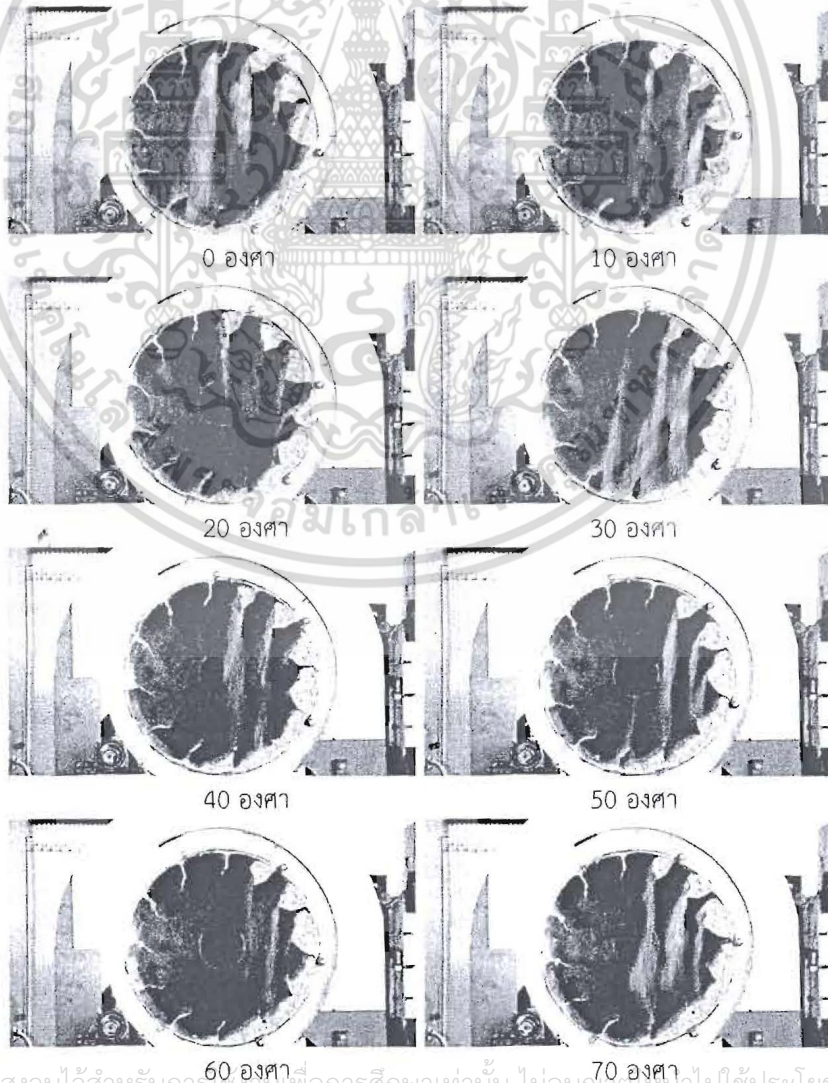
40 องศา

50 องศา

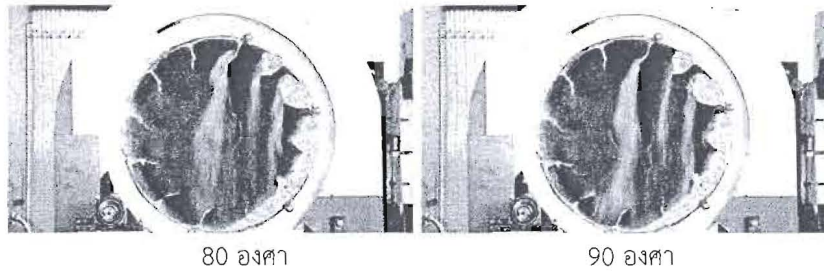
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



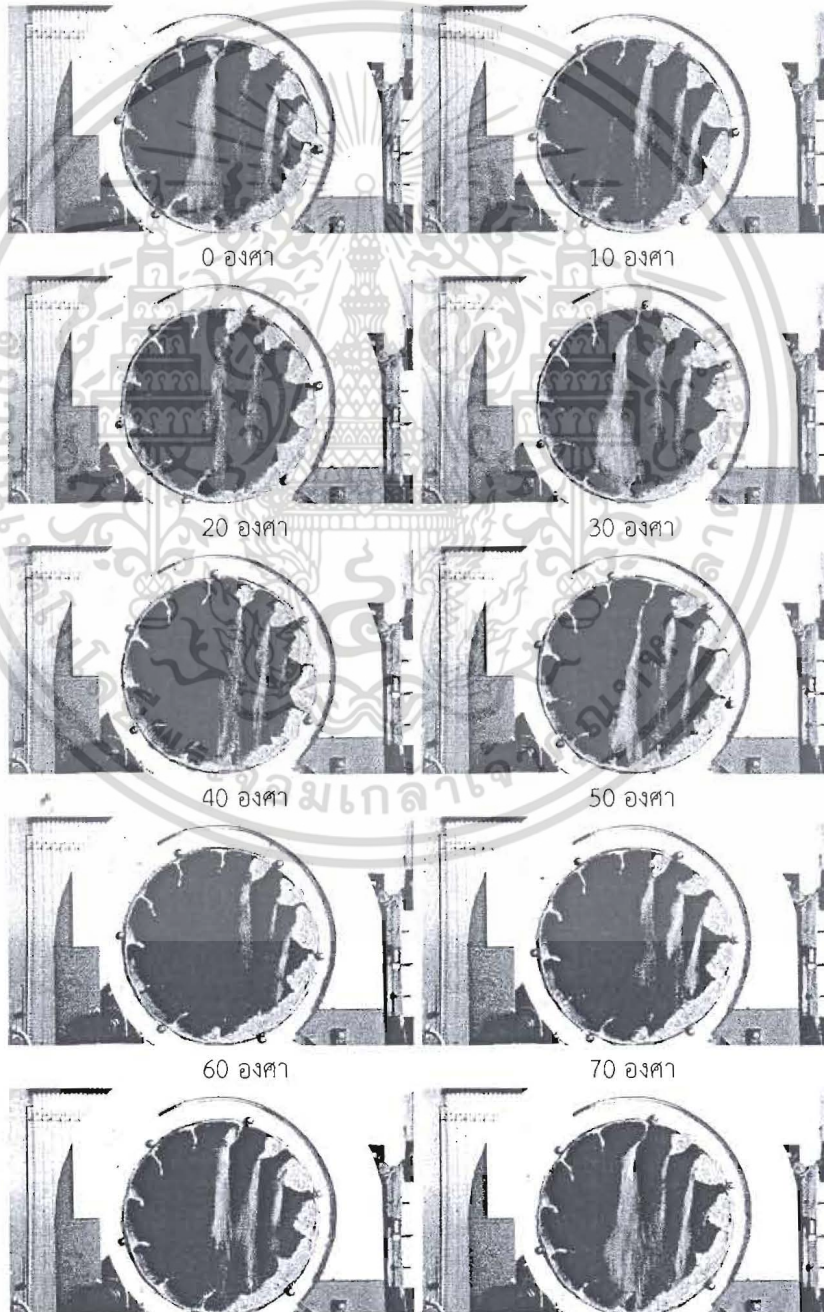
26) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

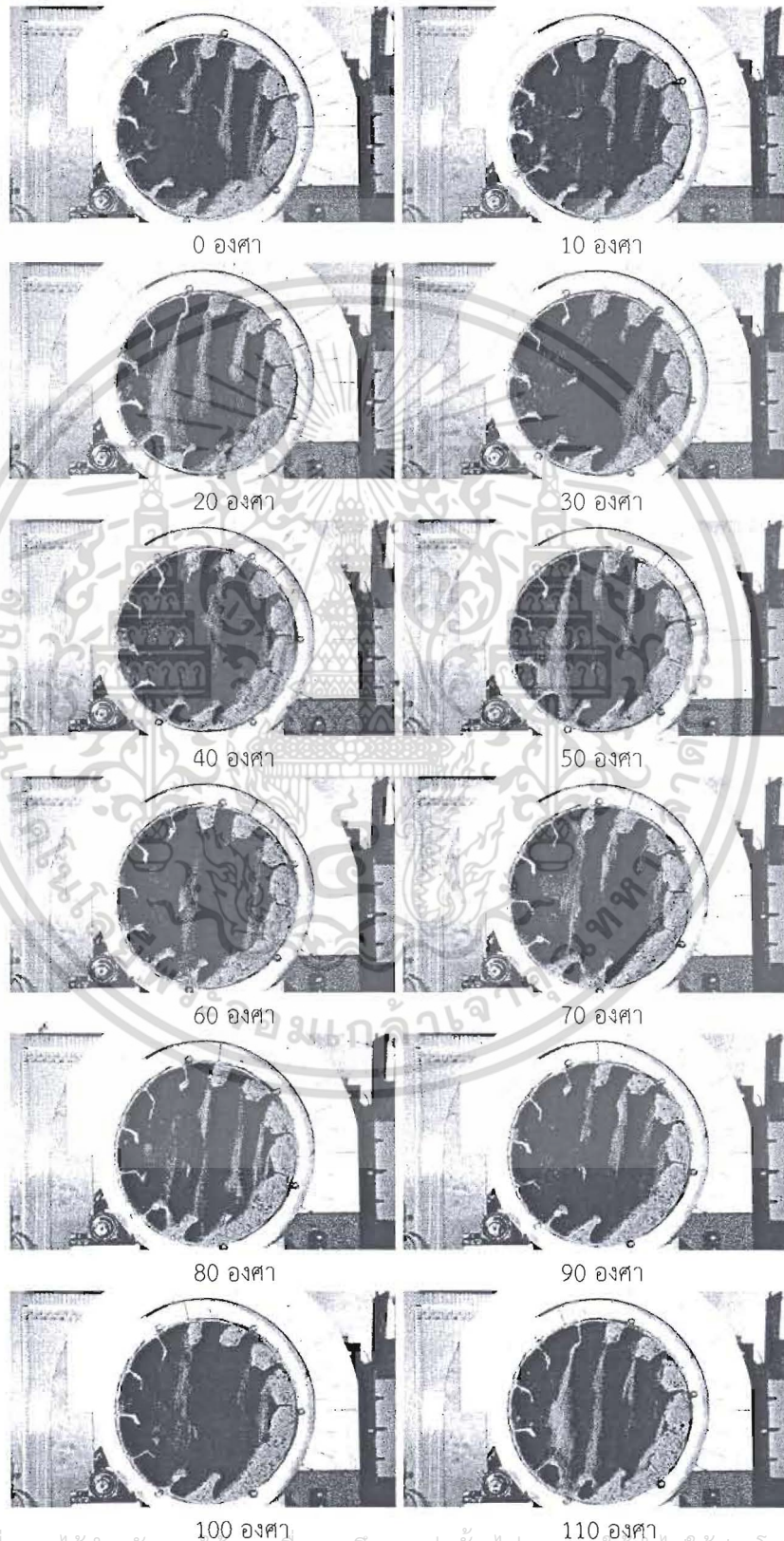


27) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 10 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที

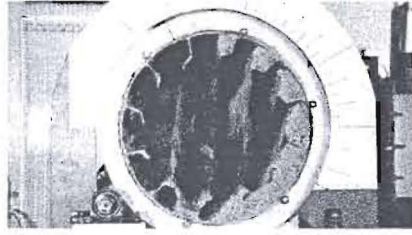


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ 80 องศา เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุ 90 องศา ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



120 องศา

29) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที



0 องศา

10 องศา



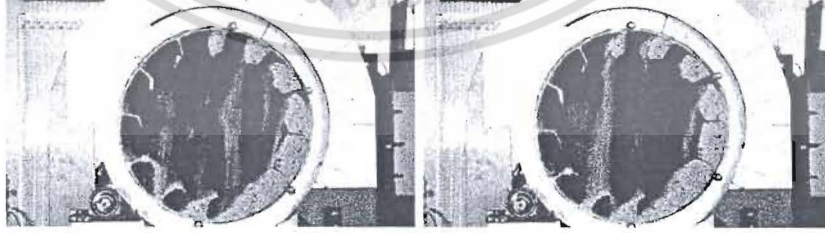
20 องศา

30 องศา



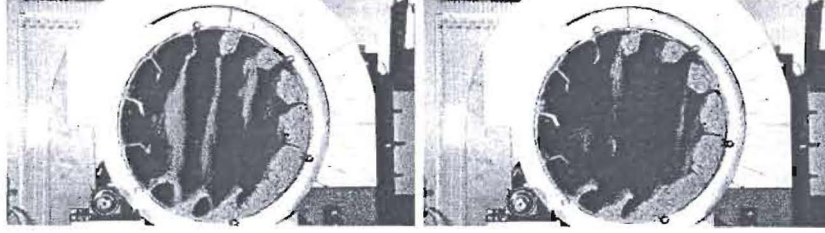
40 องศา

50 องศา



60 องศา

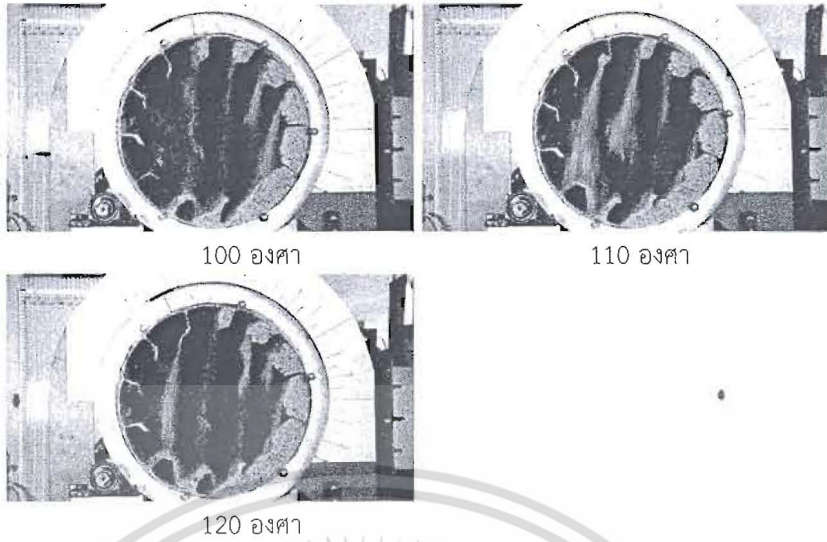
70 องศา



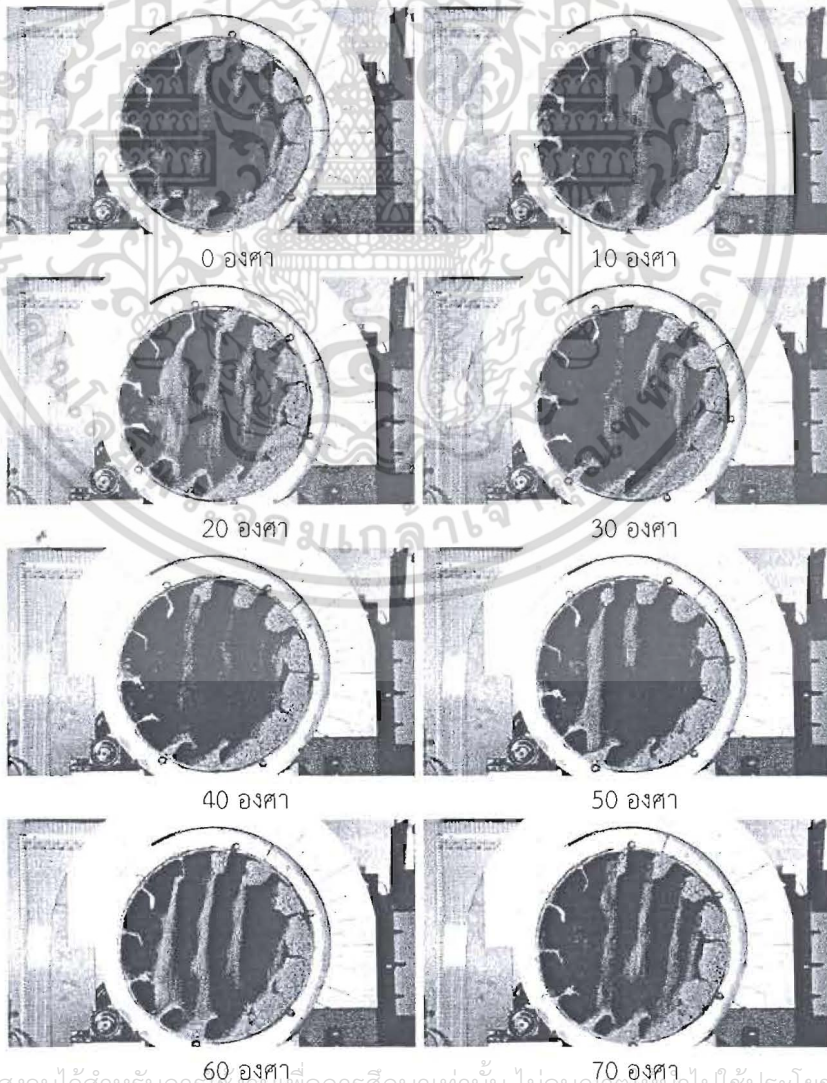
80 องศา

90 องศา

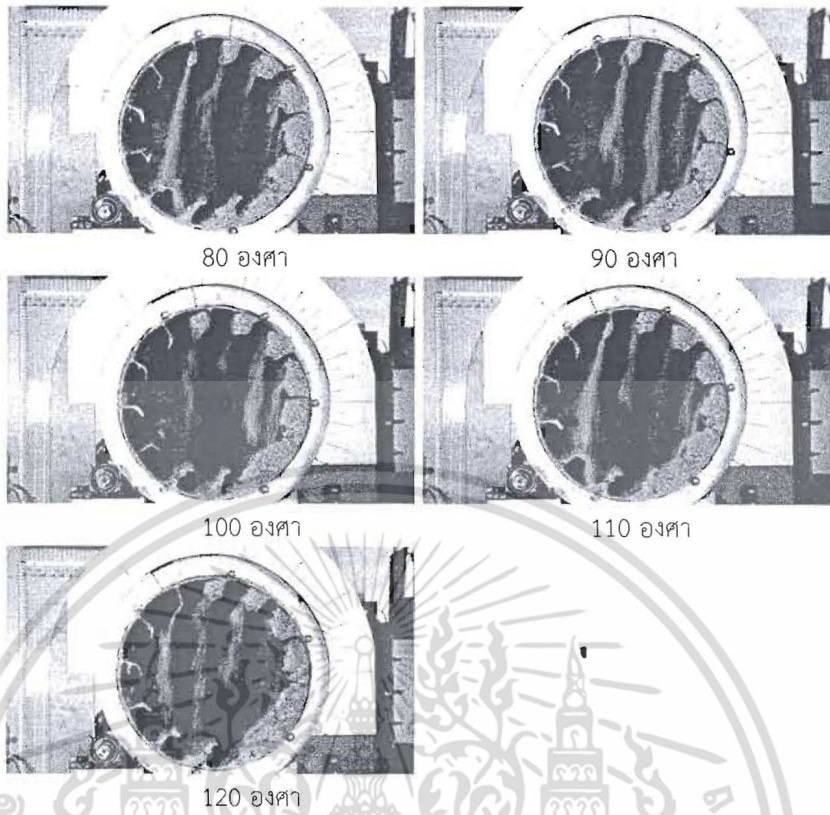
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเชิงวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



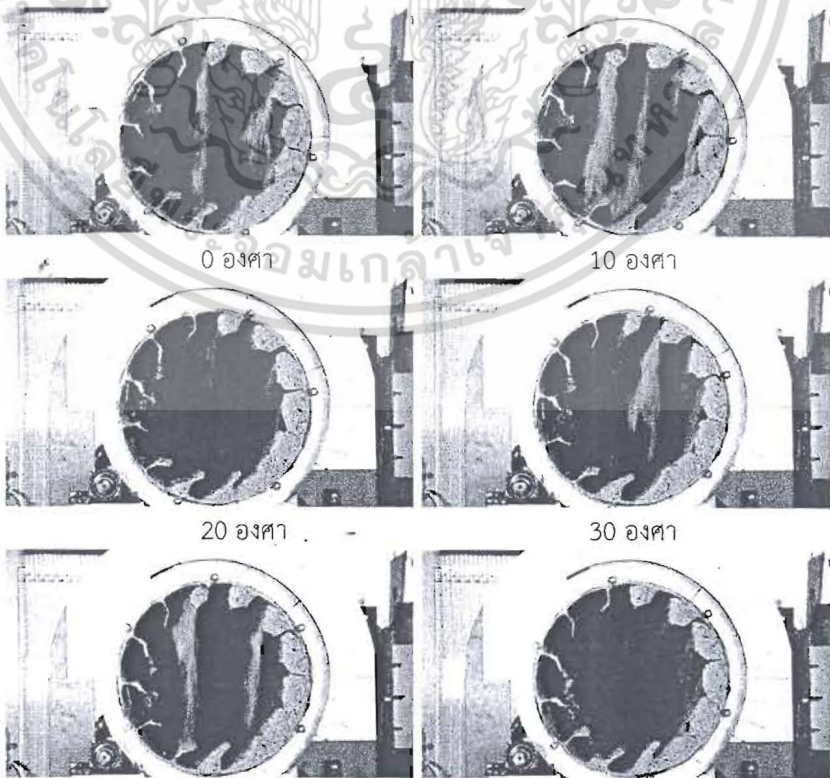
30) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 120 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที



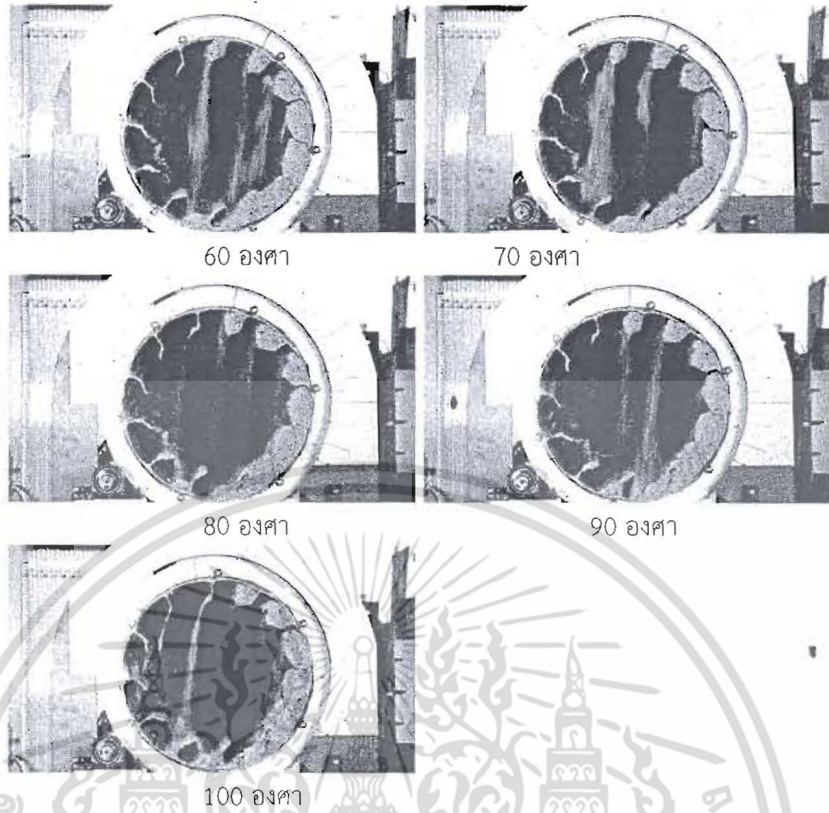
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



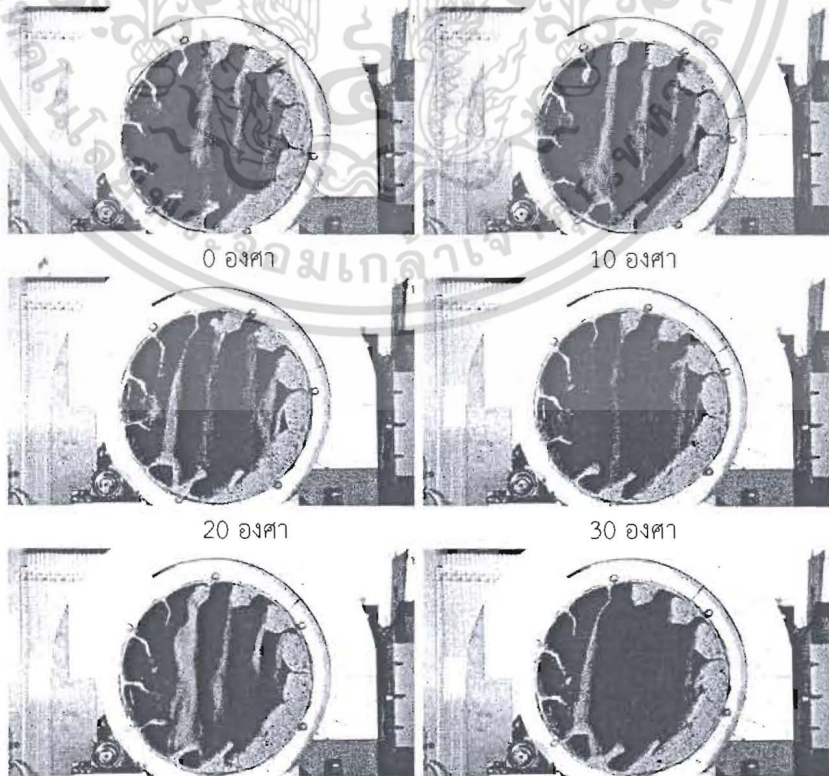
31) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



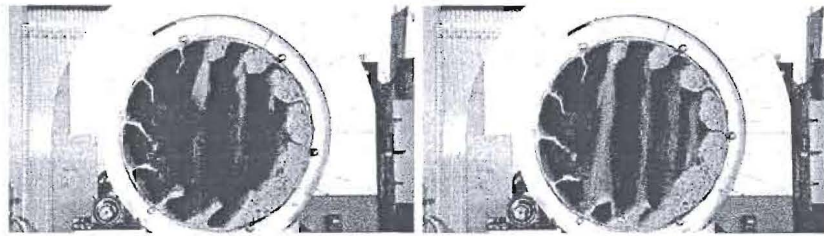
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวทช. ปล่อยไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



32) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวขูดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์ แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที

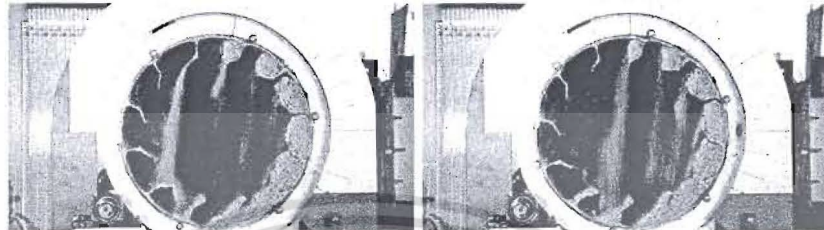


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



60 องศา

70 องศา



80 องศา

90 องศา



100 องศา

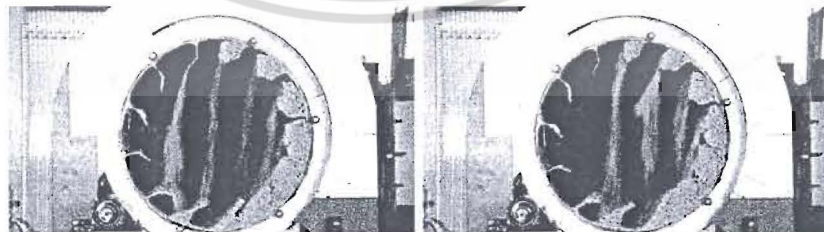
110 องศา

33) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 135 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที



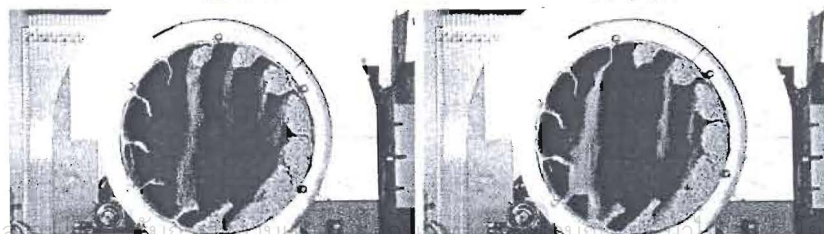
0 องศา

10 องศา



20 องศา

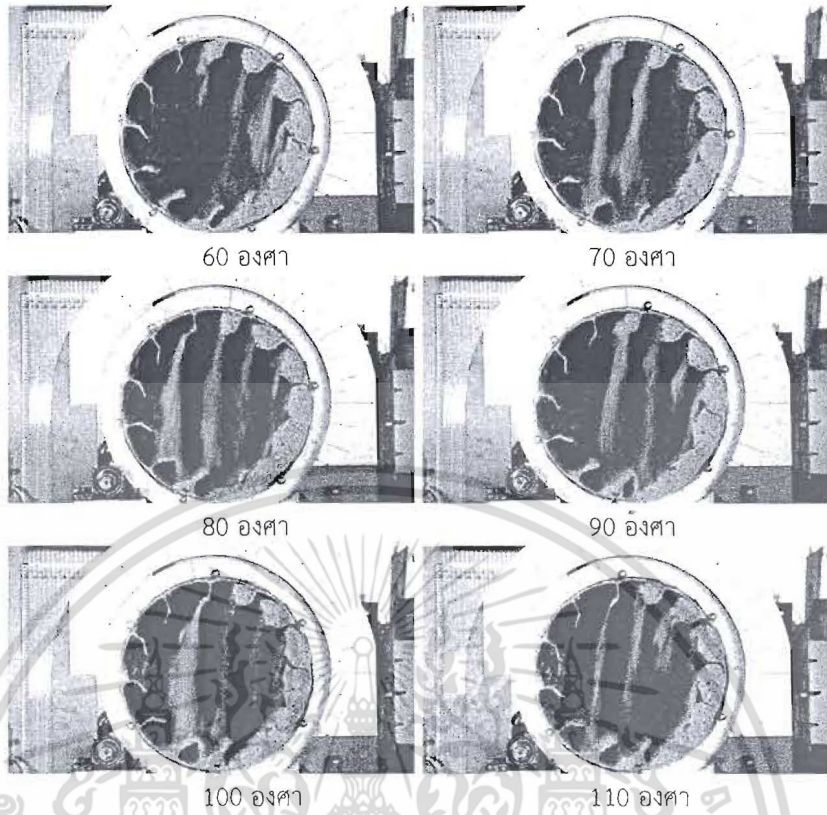
30 องศา



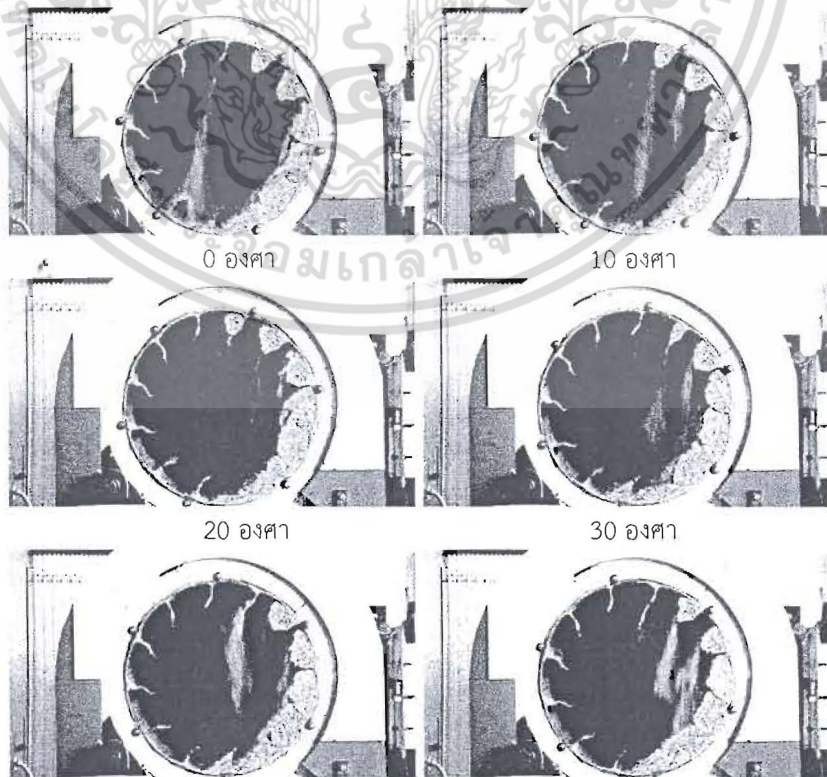
40 องศา

50 องศา

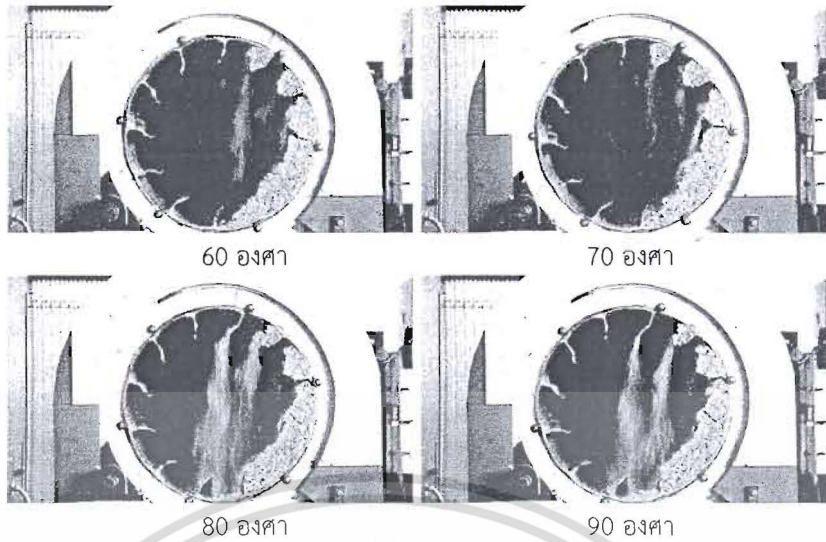
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่...  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



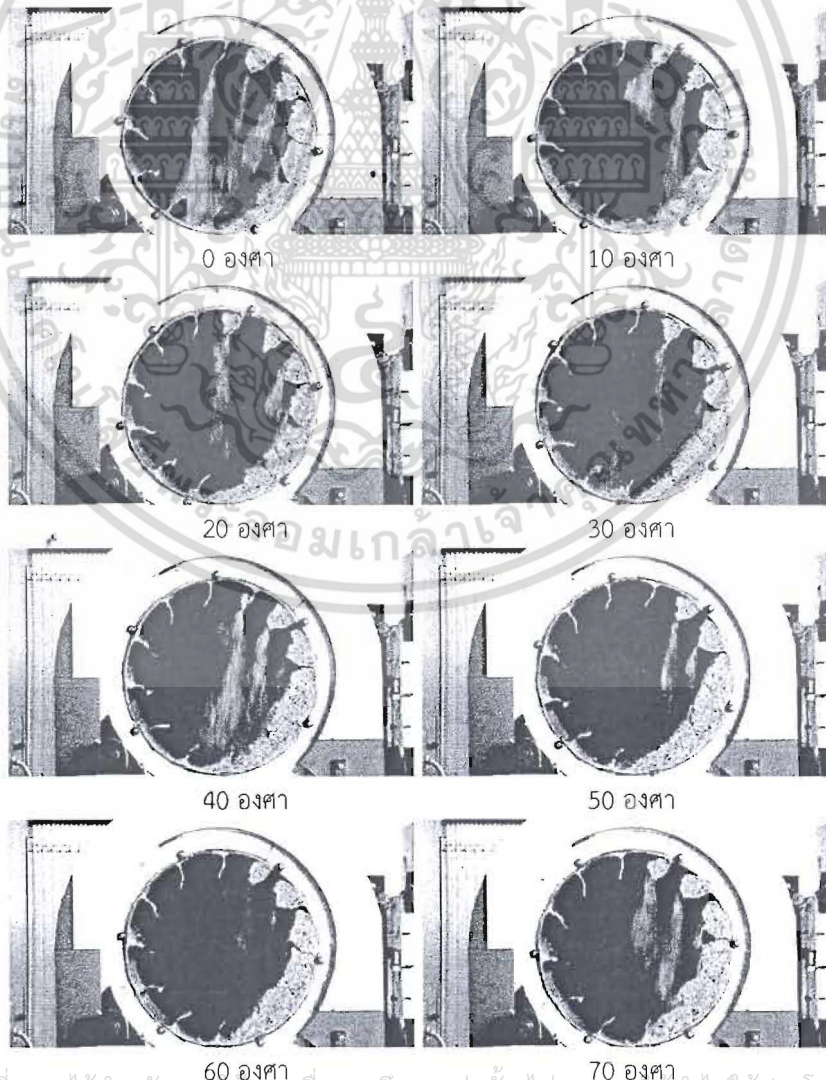
34) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวขูดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที



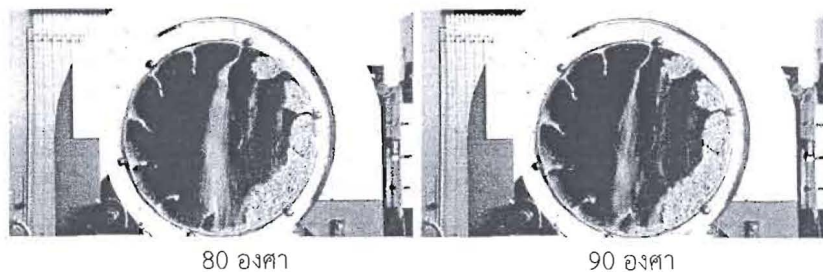
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



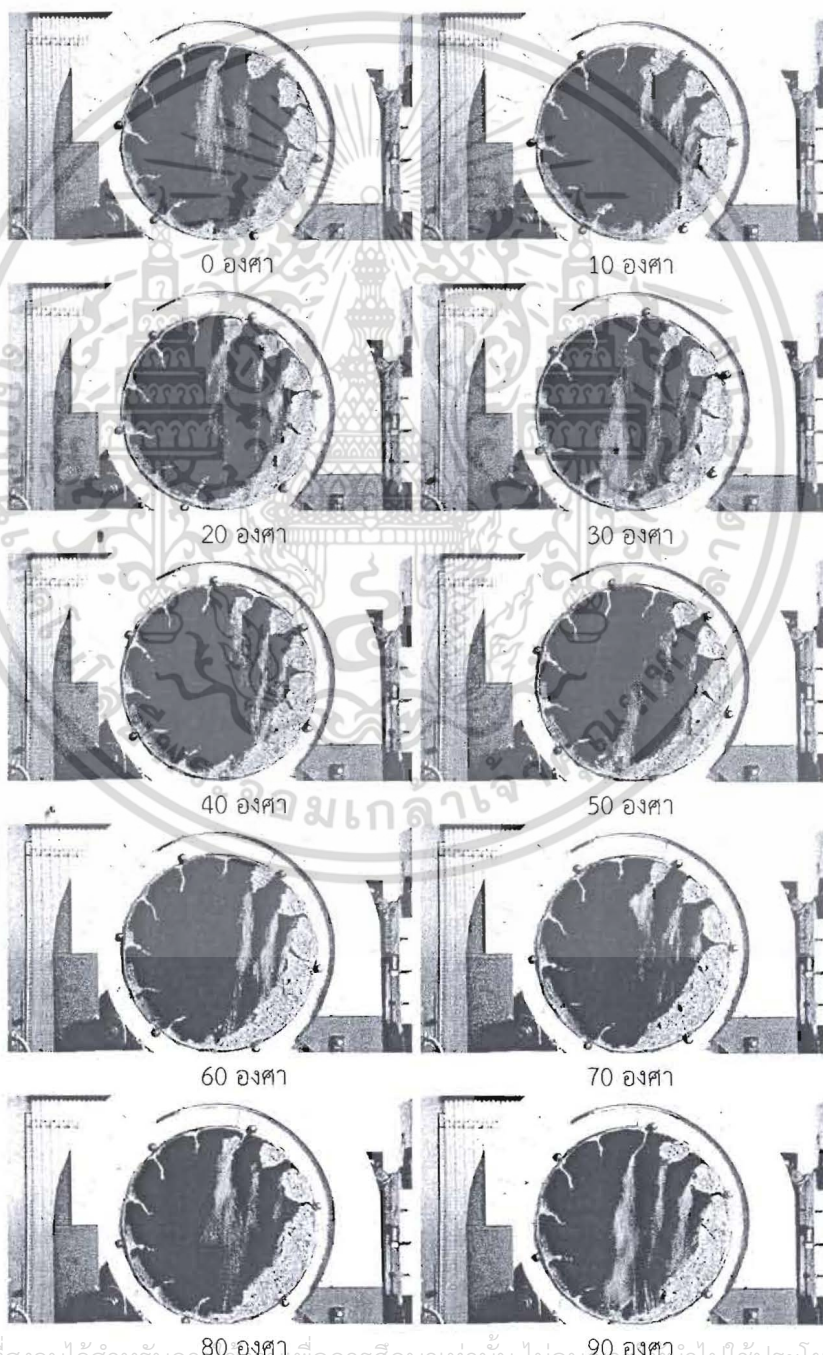
35) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกันแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



36) กรณีวัสดุทดสอบมะพร้าวชุดความชื้นต่ำ ปริมาณวัสดุทดสอบ 15 เปอร์เซ็นต์  
แผ่นกั้นแบบสองส่วนมุมระหว่างใบ 150 องศา ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน งานการเงินและบัญชี ส่วนสนับสนุนวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. โทร. 5011


ที่ \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_ กรกฎาคม 2557

เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินรายได้ หมวดเงินอุดหนุน รหัส 0401 ประจำปีงบประมาณ 2557

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

ด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.ชินรักษ์ เขียรพงษ์ หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง ผลของ  
รูปร่างแผ่นกั้นต่อการกระจายตัวของชีวมวลในเครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุน วงเงินงบประมาณที่ได้รับ  
60,000.-บาท บัดนี้ได้ดำเนินงานวิจัยเรียบร้อยแล้ว มีความประสงค์จะขออนุมัติเบิกเงินรายได้เพื่อเป็น  
ค่าใช้จ่ายในโครงการวิจัยดังกล่าวข้างต้นเป็นเงินทั้งสิ้น 60,000.-บาท (หกหมื่นบาทถ้วน) ดังรายละเอียดที่  
แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อขออนุมัติเบิกจ่ายเงินจำนวนดังกล่าว จากเงินรายได้ หมวดเงินอุดหนุน  
จักขอขอบคุณยิ่ง

  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชินรักษ์ เขียรพงษ์)  
หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งบหน้าใบสำคัญจ่าย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอเบิกเงิน รายได้ หมวด เงินอุดหนุน

รวมใบสำคัญ

1

ฉบับ

| ลำดับที่ | รายการ   | ชื่อผู้ถูกหักภาษี | จำนวน<br>ใบสำคัญ | จำนวนที่<br>หักภาษี | จำนวนเงิน<br>ที่ขอเบิก |
|----------|--|-------------------|------------------|---------------------|------------------------|
| 1        | งานวิจัย พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี<br>ค่าใช้จ่ายในโครงการวิจัย ของ รองศาสตราจารย์ ดร.ชินรักษ์ เขียรพงษ์<br>เรื่อง ผลของรูปร่างแผ่นกั้นต่อการกระจายตัวของ<br>ชีวมวลในเครื่องอบแห้งชนิดท่อหมุน<br><br>งบดำเนินงาน (ค่าวัสดุ)<br>ใบเสร็จรับเงิน เลขที่ INV.57-07-001 |                   | 1                |                     | 60,000.00              |
|          | (ทกลมึ่นบาทถ้วน)   |                   |                  | เงินสด              | 60,000.00              |

ผู้เบิกเงิน



(รองศาสตราจารย์ ดร.ชินรักษ์ เขียรพงษ์)

หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายชินรักษ์ เรียรพงษ์

ตำแหน่งปัจจุบัน รศ. ดร.

ประวัติการศึกษา

| ชื่อย่อปริญญา       | สาขา                   | สถาบันที่จบ                                    | ปีที่จบ |
|---------------------|------------------------|--|---------|
| Ph.D.               | Mechanical Engineering | University of Manchester, U.K.                 | 2540    |
| M.Sc.               | Mechanical Engineering | University of Manchester (UMIST), U.K.         | 2536    |
| วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต | วิศวกรรมเครื่องกล      | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง | 2534    |

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. S. Eiamsa-ard, Y. Kaewkohkiat, C. Tianpong and P. Promvonge “Combustion behavior in a dual-staging vortex rice husk combustor with snail entry” International Communications in Heat and Mass Transfer 35, Pg. 1134 – 1140, 2008.
2. C. Tianpong, P. Eiamsa-ard, K. Wongcharee and S. Eiamsa-ard “Compound heat transfer enhancement of a dimpled tube with a twisted tape swirl generator” ” International Communications in Heat and Mass Transfer 36, Pg. 698 – 704, 2009.
3. BP. Axcell and C. Tianpong “Heat Transfer to a Rotating Disk” Experimental Thermal and Fluid Science 25 Pg. 3-11, 2011.
4. S. Eiamsa-ard, C. Tianpong, P. Eiamsa-ard and P. Promvonge, “Convective heat transfer in a circular tube with short-length twisted tape insert” ” International Communications in Heat and Mass Transfer 36, Pg. 365 – 371, 2009.
5. P. Promvonge, T. Chompookham, S. Kwankaomeng and C. Tianpong, “Enhanced heat transfer in a triangular ribbed channel with longitudinal vortex generators” Energy Conversion and Management 51, Pg. 1242-1249, 2010.
6. S. Eiamsa-ard, Y. Kaewkohkiat, W. Lelaphatikul, C. Tianpong and P. Promvonge, “Experimental investigation of combustion characteristics in a multi-staging vortex combustor firing rice husk” International Communications in Heat and Mass Transfer 35, Pg. 139 -148, 2008.
7. S. Eiamsa-ard, C. Tianpong and P. Promvonge, “Experimental investigation of heat transfer and flow friction in a circular tube fitted with regularly spaced twisted tape elements” International Communications in Heat and Mass Transfer 33, Pg. 1225 - 1233, 2006.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. T. Chompookham, C. Tianpong, S. Kwankaomeng and P. Promvonge, "Heat transfer augmentation in a wedge-ribbed channel using winglet vortex generators" International Communications in Heat and Mass Transfer 37, Pg. 163 -169, 2010.
9. S. Eiamsa-ard, K. Wongcharee, P. Eiamsa-ard and C. Tianpong, "Heat transfer enhancement in a tube using delta-winglet twisted tape inserts" Applied Thermal Engineering 30, Pg. 310-318, 2010.
10. P. Promvonge, S. Sripattanapipat, S. Tamna, S. Kwankaomeng and C. Tianpong, "Numerical investigation of laminar heat transfer in a square channel with 45° inclined baffles" International Communications in Heat and Mass Transfer 37, Pg. 170 -177, 2010.
11. S. Eiamsa-ard, C. Tianpong, P. Eiamsa-ard and P. Promvonge, "Thermal characteristics in a heat exchanger tube fitted with dual twisted tape elements in tandem" International Communications in Heat and Mass Transfer 37, Pg. 39 -46, 2010.
12. C. Tianpong, T. Chompookkham, S. Skullong and P. Promvonge, "Thermal characterization of turbulent flow in a channel with isosceles triangular ribs" International Communications in Heat and Mass Transfer 36, Pg. 712 -717, 2009.
13. P. Promvonge and C. Tianpong, "Thermal performance assessment of turbulent channel flows over different shaped ribs" International Communications in Heat and Mass Transfer 35, Pg. 1327 -1334, 2008.
14. S. Eiamsa-ard, K. Wongcharee, P. Eiamsa-ard and C. Tianpong, "Thermohydraulic investigation of turbulent flow through a round tube equipped with twisted tapes consisting of centre wings and alternate-axes" Experimental Thermal and Fluid Science 34, Pg. 1151-1161, 2010.
15. S. Eiamsa-ard, S. Pethkool, C. Tianpong and P. Promvonge, "Turbulent flow heat transfer and pressure loss in a double pipe heat exchanger with louvered strip inserts" International Communications in Heat and Mass Transfer 35, Pg. 120 -129, 2008.
16. S. Eiamsa-ard, C. Tianpong and P. Eiamsa-ard, "Turbulent heat transfer enhancement by counter/co-swirling flow in a tube fitted with twin twisted tapes" Experimental Thermal and Fluid Science 34, Pg. 53-62, 2010.

## ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นางสาวณัฏวิภา เจียรระโนวชิระ

ตำแหน่งปัจจุบัน ผศ. ดร.

## ประวัติการศึกษา

| ชื่อย่อปริญญา       | สาขา  | สถาบันที่จบ  | ปีที่จบ |
|---------------------|---|--|---------|
| Ph.D.               | Chemical Engineering<br>(Environmental<br>Technology) | University of Manchester<br>(UMIST), U.K.          | 2543    |
| M.Phil.             | Chemical Engineering<br>(Environmental<br>Technology) | University of Manchester<br>(UMIST), U.K.          | 2540    |
| วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต | วิศวกรรมเกษตรและอาหาร                                 | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า<br>เจ้าคุณทหารลาดกระบัง | 2534    |

## ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- การออกแบบและสร้างโรงเรือนสาริทธิระบบปรับอากาศแบบ Evaporative Cooling
- การศึกษาการลดอุณหภูมิของดอกกล้วยไม้หลังการตัดด้วยระบบ Evaporative Cooling เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา
- การออกแบบระบบเติมอากาศแบบเหนี่ยวนำด้วยหัวเจ็ท
- การศึกษารูปแบบการผสมของของเหลวแบบ Non-Newtonian ในถังผสม
- แบบจำลองการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพภายใต้สภาวะ Anaerobic-Aerobic
- เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นภายใต้ความดันสุญญากาศ
- การเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทออกซิเจนของเครื่องเติมอากาศแบบเหนี่ยวนำอากาศด้วยหัวฉีดพ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายยุทธนา ศรีผา

ตำแหน่งปัจจุบัน -

ประวัติการศึกษา

| ชื่อย่อปริญญา          | สาขา              | สถาบันที่จบ  | ปีที่จบ |
|------------------------|-------------------|--|---------|
| วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต | วิศวกรรมเครื่องกล | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า<br>เจ้าคุณทหารลาดกระบัง | 2552    |
| วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต    | วิศวกรรมเครื่องกล | มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี                             | 2543    |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้