

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการอบแห้งเม็ดพลาสติกโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชัน



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 62075  
วัน,เดือน,ปี 27 ก.ค. 2549

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาเคมี  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Study on Drying Plastics Resin by Fluidization Technique



Mr. Patchaya Sitthichoke

Mr. Somsak Khongdee

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement**

**for the Degree of Bachelor of Science**

**Department of Chemistry**

**Faculty of Science**

**King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**

**Academic Year 2004**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษเรื่อง

การศึกษาการอบแห้งเม็ดพลาสติกโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชัน

นักศึกษา

นายปรัชญา ลีทธิโชค

นายสมศักดิ์ คงดี

ภาควิชา

เคมี

สาขาวิชา

เคมีอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา

2547

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย

อาจารย์มนตรี ทองคำ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้  
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ.ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร	
กรรมการ ดร.สามารถ คงทวีเลิศ	
กรรมการ รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย	

(ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ	การศึกษาการอบแห้งเม็ดพลาสติกโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชัน
นักศึกษา	นาย ปรัชญา สิริโชค นาย สมศักดิ์ กงดี
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ มนตรี ทองคำ

### บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการอบแห้งเม็ดพลาสติก โดยอาศัยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชัน พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งของเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดกับการอบแห้งด้วยเตาอบที่สถานะเดียวกัน ปัจจัยที่ศึกษาคือ อุณหภูมิ (90-120 องศาเซลเซียส) เวลา (1-5 ชั่วโมง) และความเร็วลมที่ทำให้เกิดสถานะฟลูอิดไดซ์เซชัน (150 - 440 ลิตร/นาท) เนื่องจากพอลิคาร์บอเนต (PC) และพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET) เป็นเม็ดพลาสติกที่ดูดความชื้นได้จึงต้องหาปริมาณความชื้นในเม็ดพลาสติกด้วยเครื่องคูตอมบ์มิเตอร์

ผลจากการศึกษาการอบแห้งเม็ดพลาสติกด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด และการอบแห้งด้วยเตาอบพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งเพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิที่ใช้ออบแห้งถูกจำกัดโดยต้องไม่ทำให้เม็ดพลาสติกที่อบแห้งเกิดการเสียดสภาพและเมื่อเวลาในการอบแห้งนานขึ้นประสิทธิภาพในการอบก็เพิ่มขึ้นด้วยสำหรับการศึกษาปัจจัยความเร็วลมของเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด พบว่าการเพิ่มความเร็วลมมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งเม็ดพลาสติกมาก จนเมื่อความเร็วลมสูงพอที่ทำให้เกิดสถานะฟลูอิดไดซ์เซชันแล้วการเพิ่มความเร็วลมขึ้นอีกมีผลต่อการอบแห้งเพียงเล็กน้อย และจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งระหว่างเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดกับเตาอบที่สถานะเดียวกัน พบว่าการอบแห้งเม็ดพลาสติกด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดมีประสิทธิภาพสูงกว่าการอบแห้งด้วยเตาอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Special Project Title</b>	Study on Drying Plastics Resin by Fluidization Technique
<b>Student</b>	Mr. Patchaya Sitthichoke Mr. Somsak Khongdee
<b>Department</b>	Chemistry Faculty of Science
<b>Academic Year</b>	2004
<b>Special Project Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Somsak Woramongkolchai
<b>Special Project Co-Advisor</b>	Mr. Montri Thongkam

### ABSTRACT

This special project was study of drying of plastics by using fluidization technique and comparing the efficiency of fluidization drying to oven drying at the same condition. The investigated parameters were temperature (90-120 °C), time (1-5 Hr) and air flow rate at fluidization condition (150-440 liter/min). The PET and PC were hygroscopic materials, therefore, they were measured moisture content before and after drying by Coulometer.

The results of drying by fluidization and oven techniques was found that the increasing temperature would be increased the efficiency of drying ,however, the higher temperature could be affect to degradation of plastics ,it should be limited in value. The higher the drying time, the greater the efficiency. For investigate of fluidization technique, the air flow rate was more effect to drying efficiency in the beginning, but when fluidization condition was occurred, the air flow was less efficiency.

When comparing the efficiency of fluidization and oven technique at the same condition , The fluidization technique is better than oven technique.

## กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือตลอดทั้งคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัยแก่คณะผู้จัดทำทั้งจากบุคคลและหน่วยงานหรือองค์กรต่างๆ ดังนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สมศักดิ์ วรรณมงคลชัย ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษาในงานวิจัยและให้คำปรึกษารวมถึงความช่วยเหลือต่างๆในระหว่างที่ดำเนินงานวิจัยตลอดมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ มนตรี ทองคำ ที่คำปรึกษาคำอธิบายและความช่วยเหลือต่างๆตลอดงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล อาจารย์ประจำภาควิชาเคมีที่เป็นที่ปรึกษาและให้คำอธิบายในการทดลองเรื่องการวัดปริมาณความชื้นด้วยเครื่องคลอรมัมมิเตอร์

ขอขอบพระคุณ คุณสุชาติ สอนสะอาด และ คุณกฤษณะ เกษประดิษฐ์ เจ้าหน้าที่อาคารฝึกงานทางอุตสาหกรรมเคมีและพอลิเมอร์ที่คอยอำนวยความสะดวกคำปรึกษาการใช้เครื่องมือและแก้ไขปัญหาให้ตลอดการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ธุรการภาคเคมีทุกท่าน ที่ช่วยเหลือในการติดต่อขอใช้เครื่องมือและอาคารปฏิบัติการตลอดงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณสุภัทรา และคุณ สุรินทร์ นักวิทยาศาสตร์ประจำดีกรีที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมี ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัยนี้มาตลอด

ขอขอบคุณ พ่อ แม่ พี่น้อง และเพื่อนๆ นักศึกษาทุกท่านที่เป็นกำลังใจให้ตลอดการวิจัยนี้

นอกจากนี้ยังมีบุคคลท่านอื่นอีกมากมาย ที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความกรุณาช่วยเหลือต่างๆ แก่คณะผู้จัดทำ ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงขอกล่าวขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

นายปรัชญา สิทธิโชค

นายสมศักดิ์ คงดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย.....	1
1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	3
2.1 พอลิเมอร์ที่นำมาทำการอบแห้ง.....	3
2.1.1 พอลิคาร์บอเนต (PC).....	3
2.1.2 พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET).....	4
2.2 ฟลูอิดไดซ์เซชัน.....	5
2.2.1 ฟลูอิดไดซ์เซชัน.....	5
2.2.2 ประเภทของฟลูอิดไดซ์เซชัน.....	5
2.2.3 ลักษณะของฟลูอิดไดซ์เซชัน.....	5
2.2.4 ลักษณะคล้ายกับของไหลฟลูอิดไดซ์เบด.....	6
2.2.5 เบดนิ่ง (Fixed Bed).....	6
2.2.6 การไหลของไหลในเบดนิ่ง.....	8
2.2.7 การคำนวณหาความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชัน.....	8
2.2.8 ลักษณะของฟลูอิดไดซ์เบดแบบเรียบและแบบขุลมุน.....	10
2.2.9 หลักการทำฟลูอิดไดซ์เซชันของอนุภาคของแข็ง.....	10
2.2.10 ข้อดีและข้อเสียของการทำฟลูอิดไดซ์เซชัน.....	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 ท่อ (Pipe).....	12
2.3.1 ท่อเหล็ก.....	12
2.3.2 การต่อท่อและข้อต่อ.....	12
2.4 วาล์ว (Valve).....	13
2.4.1 องค์ประกอบของวาล์ว.....	13
2.4.2 ชนิดของวาล์ว.....	14
2.5 ฉนวน (Insulating materials).....	14
2.6 การวัดอัตราการไหล.....	15
2.7 การหาปริมาณน้ำในเม็ดพลาสติก.....	19
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3 การทดลองและการดำเนินงาน.....	24
3.1 แผนการศึกษา.....	24
3.2 แผนการดำเนินงาน.....	24
3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	24
3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	24
3.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	26
ตอนที่ 1 การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด.....	26
การสอบเทียบมาตรฐานวัดอุณหภูมิ.....	26
การสอบเทียบมาตรฐานวัดอัตราการไหล.....	26
ตอนที่ 2 ขั้นตอนการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต (PC).....	26
การศึกษาปัจจัยอุณหภูมิที่มีผลต่อการอบแห้งโดยเครื่องฟลูอิดไดซ์.....	26
การศึกษาปัจจัยเวลาที่มีผลต่อการอบแห้งโดยเครื่องฟลูอิดไดซ์.....	27
การศึกษาปัจจัยอัตราการไหลของอากาศ.....	28
การศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยเตาอบของ (PC).....	28
ตอนที่ 3 ขั้นตอนการอบแห้งเม็ดพลาสติก(PET) .....	29
การศึกษาปัจจัยอุณหภูมิที่มีผลต่อการอบแห้งโดยเครื่องฟลูอิดไดซ์.....	29
การศึกษาปัจจัยเวลาที่มีผลต่อการอบแห้งโดยเครื่องฟลูอิดไดซ์.....	29
การศึกษาปัจจัยอัตราการไหลของอากาศ.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยเตาอบของ (PET) .....	31
ตอนที่ 4 การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณน้ำด้วยเครื่องคลอไมเตอร์.....	31
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	32
4.1 การประกอบเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด.....	32
4.2 ผลการสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิ.....	35
4.2.1 การสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส.....	35
4.2.2 การสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส.....	36
4.2.3 การสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิที่ 110 องศาเซลเซียส.....	37
4.2.4 การสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิที่ 120 องศาเซลเซียส.....	38
4.3 ผลการสอบเทียบมาตรฐานวัดอัตราการไหลของอากาศ.....	39
4.4 ผลของปัจจัยในการอบแห้งเม็ดพลาสติก.....	40
4.4.1 การอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต (PC).....	40
4.4.1.1 ผลของปัจจัยอุณหภูมิ.....	40
4.4.1.2 ผลของปัจจัยเวลา.....	41
4.4.1.3 ผลของปัจจัยอัตราการไหลของอากาศ.....	42
4.4.2 การอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET).....	44
4.4.2.1 ผลของปัจจัยอุณหภูมิ.....	44
4.4.2.2 ผลของปัจจัยเวลา.....	45
4.4.2.3 ผลของปัจจัยอัตราการไหลของอากาศ.....	46
4.5 การดูความชื้น.....	48
4.5.1 พอลิคาร์บอเนต (PC).....	48
4.5.2 พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET).....	48
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	49
5.1.1 สรุปผลการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด.....	49
5.1.2 สรุปผลของปัจจัยการอบแห้ง.....	49
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	50
เอกสารอ้างอิง.....	51
ภาคผนวก.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สมบัติของพอลิคาร์บอเนต.....	3
ตารางที่ 2.2 สมบัติของพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท.....	4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของพอลิคาร์บอเนต (PC).....	3
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET).....	4
รูปที่ 2.3 ลักษณะของฟลูอิดไดซ์เบดตามชนิดของของไหล.....	6
รูปที่ 2.4 อิทธิพลของชนิดและความเร็วของของไหลต่อลักษณะของฟลูอิดไดซ์เซชัน.....	7
รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันลด กับความเร็วของของไหล.....	9
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างของเครื่องมือฟลูอิดไดซ์เซชัน.....	10
รูปที่ 2.7 ข้อต่อแบบเกลียว (screwed pipe fitting).....	13
รูปที่ 2.8 ระบบการไหลที่มีสิ่งกีดขวาง.....	16
รูปที่ 2.9 การวัดความดันแตกต่างโดยใช้मानอมิเตอร์.....	16
รูปที่ 2.10 แบบต่างๆของออริฟิสที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน.....	17
รูปที่ 2.11 แผ่นออริฟิสแบบศูนย์กลางร่วม.....	17
รูปที่ 2.12 ลักษณะการใช้งานแบบออริฟิส.....	17
รูปที่ 2.13 เครื่องคลอมบ์มิเตอร์.....	20
รูปที่ 4.1 เครื่องฟลูอิดไดซ์.....	32
รูปที่ 4.2 मानอมิเตอร์.....	33
รูปที่ 4.3 แผงวงจรควบคุม.....	33
รูปที่ 4.4 เทอร์โมสแตท.....	33
รูปที่ 4.5 โรตاميเตอร์.....	34
รูปที่ 4.6 ออริฟิสชนิดศูนย์กลางร่วม.....	34
รูปที่ 4.7 บีมลมขนาด 5 แรงม้า.....	34
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ 80 องศาเซลเซียส.....	35
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ 100 องศาเซลเซียส.....	36
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ 110 องศาเซลเซียส.....	37
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ 120 องศาเซลเซียส.....	38
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันลดกับอัตราการไหล.....	39
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอบแห้งเม็ดพลาสติก PC กับอุณหภูมิ.....	40
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอบแห้งกับเวลา.....	41
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการอบแห้งกับความดันลด.....	42
รูปที่ 4.16 แสดงการกระจายตัวของเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนตที่อัตราการไหลของอากาศต่างๆ.....	43
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอบแห้งเม็ดพลาสติก PET กับอุณหภูมิ.....	44

## สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอบแห้งกับเวลา.....	45
รูปที่ 4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการอบแห้งกับความดันลด.....	46
รูปที่ 4.20	การกระจายตัวของเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทที่อัตราการไหลของอากาศต่างๆ.....	47
รูปที่ 4.21	การดูความชื้นของเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต (PC).....	48
รูปที่ 4.22	การดูความชื้นของเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET).....	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ปัจจุบันนี้พลาสติกถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การนำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ต่างๆ โดยนำเม็ดพลาสติกมาผ่านกระบวนการขึ้นรูป เช่น กระบวนการการอัดรีด (Extrusion) กระบวนการฉีดขึ้นรูป (Injection) การขึ้นรูปรีดร้อน (Thermoforming) และกระบวนการเป่าขึ้นรูป (Blow molding) เป็นต้น โดยเม็ดพลาสติกที่ใช้มีทั้งพวกที่ไม่ดูดความชื้นและพวกที่ดูดความชื้นสูงๆ เช่น พอลิคาร์บอเนต (PC) ซึ่งมีอัตราการดูดความชื้นเท่ากับ 0.16 % พอลิเอทิลีนเทอเรพทาเลท (PET) มีอัตราการดูดความชื้น 0.15 % พบว่าพลาสติกที่ดูดความชื้นมากๆ นั้นส่งผลให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิต เช่น ชิ้นงานอาจจะเกิดรูพรุน เกิดการตกลึกของน้ำภายในเครื่องทำให้ไม่สามารถทำกระบวนการแปรรูปได้ เป็นต้น ทำให้ต้องมีการอบแห้งเม็ดพลาสติกก่อนที่จะนำมาป้อนลงในเครื่องมือ ในงานวิจัยนี้ใช้เม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนตและพอลิเอทิลีนเทอเรพทาเลท เนื่องจากเป็นเม็ดพลาสติกที่ดูดความชื้นสูงและใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม

การอบแห้งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การอบในเตาอบขนาดใหญ่ที่มีอากาศหมุนวน โดยการวางถาดเรียงซ้อนกันและใช้เวลาในการอบนานประมาณ 2-8 ชั่วโมง ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนามาใช้ระบบสายพานในการลำเลียงเม็ดพลาสติกผ่านเข้าไปในบริเวณที่จะอบแห้ง ซึ่งทำให้กระบวนการในการอบแห้งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

การอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบดเป็นการอบแห้งที่น่าสนใจวิธีหนึ่ง เนื่องจากการที่ใช้ลมร้อนเป่าทำให้เม็ดพลาสติกลอยและเคลื่อนที่ไปตามที่ว่างในเบด (Bed) อย่างอิสระทำให้พื้นที่ในการสัมผัสลมร้อนมีมากส่งผลให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพดีขึ้น และมีความสม่ำเสมอทั่วทุกบริเวณภายในเบด

โครงการนี้เป็นการศึกษาการอบแห้งเม็ดพลาสติกด้วยเทคนิคฟลูอิด ไคซ์เบดและการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งเม็ดพลาสติกและหาสภาวะในการอบแห้งที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบด นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบดกับการอบแห้งด้วยเตาอบที่ใช้กันทั่วไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อทำการอบแห้งเม็ดพลาสติก PC และ PET ด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด และตรวจหาปริมาณน้ำที่เหลือจากการอบแห้งด้วยเครื่องคลออมบ์มิเตอร์รุ่น KF 737
- 1.2.2 เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการอบแห้งเม็ดพลาสติกด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด ได้แก่เวลา อุณหภูมิ และอัตราการไหลของอากาศ
- 1.2.3 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต (PC) พอลิเอทิลีนเทอเรพทาเลท (PET) ด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด
- 1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งระหว่างการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด กับการอบแห้งด้วยเตาอบแบบอากาศหมุนวนที่ใช้กันทั่วไป

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชันที่ทำให้ของแข็งอยู่ในสภาวะคล้ายของไหลในลมร้อน ด้วยการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง อุณหภูมิของลมร้อน และ อัตราการไหลของอากาศ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการอบแห้ง
- 1.3.2 ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งระหว่างเตาอบแบบอากาศหมุนวนกับเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด โดยอาศัยเครื่องคลออมบ์มิเตอร์วัดปริมาณความชื้น

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้
- 1.4.2 หาสภาวะที่เหมาะสมต่อการอบแห้งเม็ดพลาสติกด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด
- 1.4.3 เปรียบเทียบความสามารถในการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดกับการอบแห้งด้วยเตาอบทั้งในแง่ของประสิทธิภาพในการอบแห้งและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

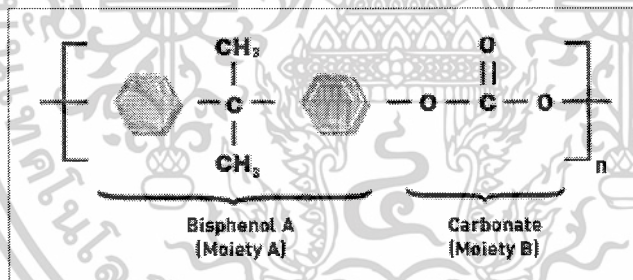
## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 พอลิเมอร์ที่ใช้ในการทดลอง

##### 2.1.1. พอลิคาร์บอเนต (PC)

พอลิคาร์บอเนต [1] เป็นพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันระหว่างพื้นผิว (Interfacial Polymerization) โดยใช้มอนอเมอร์คือบิสฟีนอลเอ (Bisphenol A) และอีพิกลอโรไฮดริน (Epichlorohydrin) ทำปฏิกิริยากัน โดยพอลิคาร์บอเนตเป็นพอลิเมอร์อสัณฐาน (Amorphous) มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว ( $T_g$ ) เท่ากับ  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  [2] มีสมบัติการทนแรงกระแทกสูง แข็งและเหนียว มีสมบัติโปร่งแสงโดยแสงสามารถส่องผ่านได้ถึง 85–90 % ป้องกันรังสียูวีได้ดี แต่เมื่อใช้ไปนานๆ จะมีสีเหลืองสามารถย้อมติดสีได้ไม่ละลายในน้ำมัน และแอลกอฮอล์นิยมใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความใส และทนแรงกระแทกได้ เช่น Cylinder model , CD Compact Disc , Cylinder head ,Water container และ Oxidation flask เป็นต้น โครงสร้างของพอลิคาร์บอเนตแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของพอลิคาร์บอเนต (PC) [3]

พอลิคาร์บอเนตจัดเป็นพอลิเมอร์ที่ดูดความชื้นสูง (Hygroscopic polymer)[4] โดยมีอัตราการดูดความชื้น (Water Absorption Rate) เท่ากับ 0.16เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นก่อนการนำไปขึ้นรูปจึงต้องมีการอบแห้งดังตารางที่ 2.1

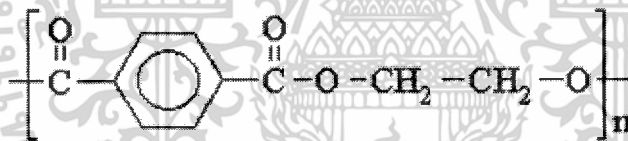
ตารางที่ 2.1 สมบัติของพอลิคาร์บอเนต [4]

สมบัติ	ค่า
1. โครงสร้าง	อสัณฐาน
2. อัตราการดูดซับน้ำ (%)	0.16
3. จุดหลอมเหลว ( $^{\circ}\text{C}$ )	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET)

พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท [5] เตรียมได้จากกระบวนการ ทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Tranesterification polymerisation) โดยเกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกกระบวนการจะเกิดเป็นสารประกอบโพลิโกเมอร์ ซึ่งได้จากการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันโดยตรงของกรดเทอเรฟทาลิก (Terephthalic acid :TPA) กับ เอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol) หลังจากนั้นโพลิโกเมอร์จะเกิดปฏิกิริยาการควบแน่น (Condensation) กันเองเกิดเป็นพอลิเมอร์สายโซ่ยาวขึ้นซึ่งมีการปลดปล่อยโมเลกุลขนาดเล็ก เช่นน้ำออกมาพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET) เป็นพอลิเมอร์กึ่งผลึก (Semicrystalline) ที่มีความเป็นผลึกสูงมาก แต่ผลึกมีขนาดเล็กจึงทำให้โปร่งใสอุณหภูมิหลอมเหลวผลึกของพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทเท่ากับ 265 °C และมีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วเท่ากับ 74 °C [6] พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทมีลักษณะแข็ง เหนียวมีเสถียรภาพของรูปร่างดีมีค่าไดอิเล็กทริกส์สูง ทนต่อสารเคมีแต่ไม่ทนกรด พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทนิยมใช้ในอุตสาหกรรมทำขวดใส่ม้วนวิดีโอ ม้วนเทป เป็นต้น [7] ซึ่งใช้อยู่ในรูปของเส้นใยซึ่งรู้จักกันในชื่อ Dacron ในรูปของฟิล์มที่เรียกว่า Mylar โครงสร้างของพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET) แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET) [8]

พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทจัดเป็นพอลิเมอร์ที่ดูดความชื้นได้ดี (Hygroscopic polymer) [7] โดยมีค่าอัตราการดูดความชื้น (Water absorption rate) เท่ากับ 0.15 เปอร์เซ็นต์ การขึ้นรูป เช่น การฉีดขึ้นรูป การอัดรีด และวิธีอื่นๆถ้าเม็ดพลาสติกที่นำมาป้อนมีความชื้นอยู่จะทำให้ชิ้นงานมีตำหนิและเครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปเกิดการเสียหายได้ จึงต้องมีการอบแห้งก่อนดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สมบัติของพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท [9]

สมบัติ	ค่า
1. โครงสร้าง	ผลึก
2. อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	0.15
3. จุดหลอมเหลว (°C)	250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ฟลูอิดไดซ์เซชัน [10]

2.2.1 ฟลูอิดไดซ์เซชัน หมายถึง อนุภาคหรือกลุ่มของอนุภาคที่ลอยตัวอยู่ในของไหลที่ไหลผ่าน โดยไม่หลุดลอยไปกับของไหลและไม่กองอยู่เหนือแผ่นกระจายของไหล

### 2.2.2 ประเภทของฟลูอิดไดซ์เซชัน

ฟลูอิดไดซ์เซชันแบ่งออกได้เป็นฟลูอิดไดซ์เซชันแบบ 2 สถานะ (Two - phase Fluidization) และฟลูอิดไดซ์เซชันแบบ 3 สถานะ (Three-phase Fluidization)

#### 2.2.2.1 ฟลูอิดไดซ์เซชันแบบ 2 สถานะ

หมายความว่าภายในหอทดลองหรือเบดจะประกอบด้วย 2 วัฏภาค คือ วัฏภาคของแข็งกับวัฏภาคของไหล ดังรูปที่ 2.3 ดังนั้นจึงแบ่งฟลูอิดไดซ์เซชันแบบ 2 สถานะที่ได้ดังนี้

- ก๊าซฟลูอิดไดซ์เซชัน (Gas Fluidization) คือ ก๊าซเป็นตัวพาวัฏภาคของแข็งเคลื่อนที่
- ฟลูอิดไดซ์เซชันแบบของเหลว (Liquid Fluidization) คือ ของเหลวเป็นตัวพาวัฏภาคของแข็งเคลื่อนที่

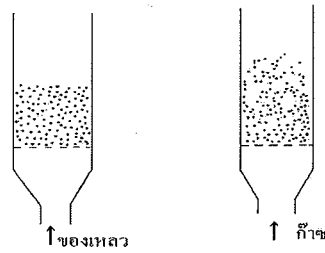
#### 2.2.2.2 ฟลูอิดไดซ์เซชันแบบ 3 สถานะ

หมายความว่าภายในหอทดลองหรือเบดประกอบด้วย 3 วัฏภาค คือ วัฏภาคของแข็งของเหลว และก๊าซ

### 2.2.3 ลักษณะของฟลูอิดไดซ์เซชัน

เบด(Bed) หมายถึงอาณาเขตในหอทดลองที่มีเม็ดของแข็งบรรจุอยู่โดยมีแผ่นตะแกรงรองรับทำหน้าที่เป็นตัวกระจายของไหล (Distributor) เมื่อเริ่มแรกเบดของแข็งภายในยังไม่ยับตัวเนื่องจากแรงความเร็วของของไหลยังไม่พอเรียกเบดลักษณะนี้ว่า เบดนิ่ง (Fixed bed) ในช่วงนี้การเปลี่ยนแปลงของความดันหรือความดันลด (Pressure Drop) นั้นเพิ่มขึ้นตามความเร็วของของไหลที่เพิ่มขึ้น และเมื่อให้ความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนของแข็งเริ่มยับตัวเรียกลักษณะนี้ว่า จุดเริ่มต้นของการเปลี่ยนสภาพเสมือนของไหล (Bed at Minimum Fluidization หรือ Fluidizing Point) ที่ช่วงนี้ความดันลดจะลดลงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มความเร็วของของไหลขึ้นอีกความดันลดจะคงที่พร้อมกับของแข็งยับตัวได้เป็นลักษณะกลุ่มๆแบบนี้ เรียกว่า เบดหนาแน่น ถ้าความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้นอีกจนของแข็งนั้นมิลักษณะฟุ้งกระจาย เรียกเบดลักษณะนี้ว่าเบดเจือจาง ดังรูปที่ 2.4 สำหรับเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดที่ใช้ของไหลเป็นก๊าซพบว่าที่ความเร็วสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เซชันก๊าซส่วนหนึ่ง ทำหน้าที่ให้เกิดการลอยตัวของเม็ดของแข็งในขณะที่ก๊าซอีกส่วนหนึ่งรวมตัวเกิดเป็นฟองแทรกตัวออกไปยังผิวหน้าของเบดทำให้เม็ดของแข็งจากส่วนบนของก๊าซตกลงมายังส่วนล่าง พร้อมกับมีบางส่วนลอยติดไปกับฟองก๊าซ ดังนั้นภายในเบดจะเกิดการเคลื่อนที่ของเม็ดของแข็งแบบซุกมุนวุ่นวาย

เรียกลักษณะนี้ว่า ฟลูอิดไดซ์เบควุ่นวาย



รูปที่ 2.3 ลักษณะของฟลูอิดไดซ์เบดตามชนิดของการไหล [11]

### 2.2.4 ลักษณะคล้ายกับของไหลฟลูอิดไดซ์เบด

ขณะที่เม็ดของแข็งเกิดการลอยตัวอยู่ในลักษณะการเกิดฟลูอิดไดซ์แบบหนาแน่นที่ผิวหน้าของเบดจะมีลักษณะที่ราบเรียบสม่ำเสมอเหมือนกับผิวหน้าของของไหลที่ใสอยู่ในภาชนะ ซึ่งไม่ว่าจะเอียงหรือทดลองไปอย่างไรก็ตามที่ผิวของเบดก็ยังคงเรียบอยู่อย่างเดิม โดยที่เม็ดของแข็งที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าอยู่ที่บริเวณผิวและต่ำลงไปตามลำดับ ตามความถ่วงจำเพาะที่เพิ่มขึ้นและถ้าเปิดรูทางด้านข้างของหอคอยเม็ดของแข็งนั้นจะไหลออกมาเหมือนของเหลวหรือถ้ามีการนำเบด 2 เบดที่มีความสูงของเบดต่างกันมาต่อกันเม็ดของแข็งในเบดที่สูงกว่าจะไหลไปยังหอคอยที่มีเบดต่ำกว่าจนได้ระดับที่สมดุล คือ ความสูงทั้งสองเบดจะเท่ากัน ด้วยสมบัติเหล่านี้เองจึงสามารถนำระบบฟลูอิดไดซ์มาประยุกต์ให้เป็นระบบที่ทำงานอย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการบางอย่างในโรงงานอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น การอบแห้งเม็ดธัญพืชต่างๆ

### 2.2.5 เบดนิ่ง (Fixed Bed)

เบดนิ่ง คือ สภาพก่อนที่เม็ดของแข็งเริ่มขยับตัวหรือเกิดเป็นฟลูอิดไดซ์ชั้นของแข็งที่อยู่บนตะแกรงจะปล่อยให้ของไหลไหลคดเคี้ยวผ่านไปตามช่องว่างที่มีอยู่ในเบดและความเร็วของของไหลก็จะเปลี่ยนไปตลอดทั้งเบด สิ่งที่ต้องพิจารณาสำหรับเบดนิ่งคือ

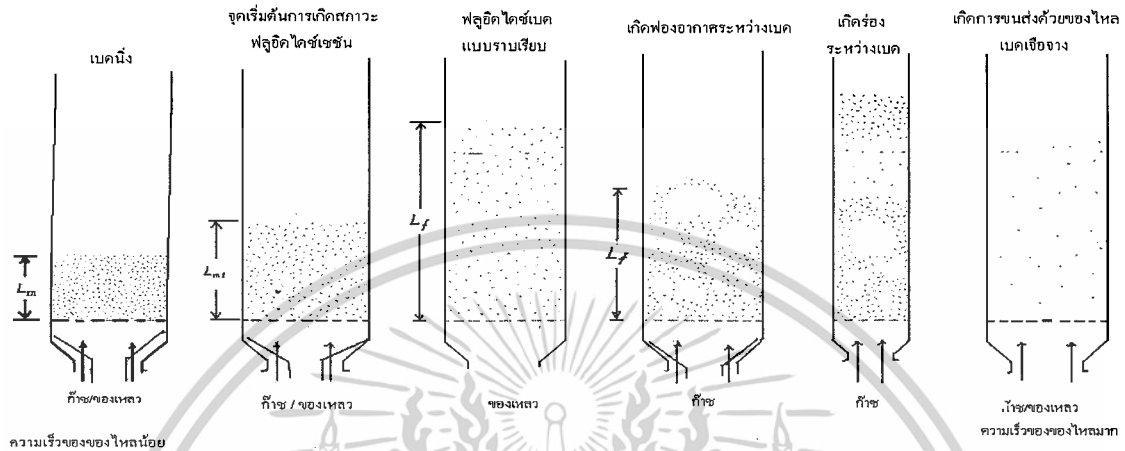
#### 2.2.5.1 ช่องว่างภายในเบด (Voidage)

เม็ดของแข็งที่บรรจุในเบดนั้นย่อมเกิดช่องว่างระหว่างเม็ดของแข็งนั้นเสมอจะมีขนาดมากหรือน้อยขึ้นกับความเป็นระเบียบของพื้นผิวและขนาดของเม็ดของแข็ง โดยเม็ดของแข็งที่ผิวราบเรียบจะไม่มีปัญหามากนัก แต่ถ้าเม็ดของแข็งนั้นมีรูพรุนการหาปริมาณช่องว่างที่แท้จริงนั้นทำได้ยากเพราะรูพรุนมีขนาดเล็กมาก

การคำนวณหาช่องว่างภายในเบดนั้นถ้าเป็นกรณีที่เม็ดของแข็งมีรูปร่างเป็นทรงกลมและขนาดสม่ำเสมอโดยตลอด สามารถคำนวณหาช่องว่างระหว่างทรงกลมได้โดยคิดเป็นสัดส่วนช่องว่าง (Void Fraction) ซึ่งก็คือสัดส่วนของปริมาตรของช่องว่างต่อปริมาตรทั้งหมดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา สำหรับของแข็งที่ไม่เป็นทรงกลมการหาสัดส่วนของช่องว่างจะเปลี่ยนแปลงไปตามรูปร่างขนาดของเม็ดของแข็งและความเป็นระเบียบในการบรรจุเม็ดของแข็งลงในเบค



รูปที่ 2.4 อิทธิพลของชนิดและความเร็วของของไหลต่อลักษณะของฟลูอิดไดซ์เซชัน [10]

#### 2.2.5.2 ความหนาแน่น ( $\rho$ )

ความหนาแน่นของอนุภาคหรือของไหลส่วนใหญ่หาได้จากหนังสือทางวิศวกรรมเคมีหรือหนังสืออ้างอิงต่างๆ ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่านี้ได้จะใช้วิธีการหาปริมาตรและชั่งน้ำหนัก

#### 2.2.5.3 สัดส่วนรูปร่าง ( $\phi_s$ , shape Factor)

คือ อัตราส่วนของพื้นที่ผิวของทรงกลมที่มีปริมาตรเท่าเม็ดของแข็งต่อพื้นที่ผิวของเม็ดของแข็งใดๆ ดังสมการที่ 2.1

$$\phi_s = \frac{\text{พื้นที่ผิวของทรงกลมที่มีปริมาตรเท่าเม็ดของแข็ง}}{\text{พื้นที่ผิวของเม็ดของแข็งใดๆ}} \quad (2.1)$$

สำหรับเม็ดของแข็งที่เป็นทรงกลมสัดส่วนรูปร่างมีค่าเป็นหนึ่งและเม็ดของแข็งที่มีรูปร่างต่างๆ สัดส่วนรูปร่างจะมีค่าน้อยกว่าหนึ่งเสมอ

#### 2.2.5.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค ( $d_p$ )

ในเชิงปฏิบัตินั้นไม่สามารถใช้หรือกำหนดขนาดของอนุภาคให้เท่ากันหรือให้เป็นไปตามที่ต้องการจริงๆ ได้อนุภาคก็มีขนาดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับธรรมชาติหรือกรรมวิธีการเตรียมอนุภาคนั้นๆ ดังนั้นสิ่งสำคัญ คือ ต้องทราบขนาดเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคเหล่านั้นเพื่อประโยชน์ในการออกแบบและกำหนดความเร็วในการทำให้อนุภาคเหล่านั้นอยู่ในสถานะเสมือนของไหลและเพื่อใช้ออกแบบแผ่นกระจายของไหลให้เหมาะกับขนาดของอนุภาค โดยที่อนุภาคไม่หลุดลงข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.6 การไหลของของไหลในเบตนิ่ง

จากหอคดลองที่ว่างเปล่าปราศจากเม็ดของแข็งบรรจุอยู่เมื่อปล่อยให้ของไหลไหลผ่านเข้าหอดด้วยอัตราปริมาณการไหล  $Q$  หน่วยปริมาตรต่อเวลา ความเร็วปรากฏของของไหล  $U_0$  ที่เกิดขึ้นภายในหอคดลองคำนวณได้จากอัตราปริมาณการไหลต่อพื้นที่ภาคตัดขวางของหอคดลองดังสมการที่ 2.2

$$U_0 = Q/A \quad (2.2)$$

เมื่อบรรจุเม็ดของแข็งแล้วปล่อยให้ของไหลไหลผ่านด้วยอัตราปริมาณการไหลเท่าเดิม ความเร็วของของไหลย่อมเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการที่พื้นที่ภาคตัดขวางของช่องภายในเบตเปลี่ยนไปความเร็วเฉลี่ย ( $U_s$ ) ของของไหลภายในเบตย่อมสูงกว่าความเร็วปรากฏดังสมการ 2.3

$$U_s = U_0/\varepsilon \quad (2.3)$$

### 2.2.7 การคำนวณหาความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดสถานะฟลูอิดไดซ์เซชัน

ขณะเมื่อเริ่มปรากฏการณ์ฟลูอิดไดซ์เซชัน พบว่าอนุภาคของแข็งลอยตัวเป็นอิสระ การที่อนุภาคของแข็งลอยตัวอยู่ได้ในกระแสของของไหลนั้น เพราะแรงที่กระทำอยู่บนอนุภาคของแข็งที่สมดุล นั่นคือแรงที่เกิดจากน้ำหนักอนุภาคของแข็งกับแรงพยุงของของไหลซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามมีค่าเท่ากัน ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{แรงพยุง (แรงเสียดทาน + แรงต้าน)} = \text{น้ำหนักของอนุภาค}$$

หรืออาจเขียนความสัมพันธ์จากสมบัติของอนุภาคกับความดันลุดที่เกิดขึ้น ดังนั้นผลคูณของความดันลุดกับพื้นที่ภาคตัดขวางของเบตเท่ากับผลคูณของปริมาตรของเบตกับพื้นที่ภาคตัดขวางของเบตกับสัดส่วนอนุภาคในเบตและความถ่วงจำเพาะของอนุภาคเป็นไปตามสมการ 2.4

$$\Delta P * A = W = (AL_{mf})(1-\varepsilon_{mf})(\rho_s - \rho_g)(g_c/g) \quad (2.4)$$

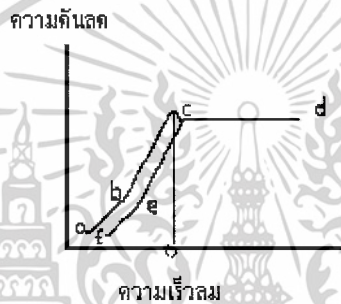
; จัดรูปสมการใหม่จะได้

$$\Delta P/AL_{mf} = (AL_{mf})(1-\varepsilon_{mf})(\rho_s - \rho_g)(g_c/g) \quad (2.5)$$

เนื่องจากขณะของไหลผ่านเบตนั้นจะเกิดแรงเสียดทานส่งผลให้พลังงานของของไหลลดลงเมื่อวัดความดันของเบตพบว่าความดันลุดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเร็วของไหลเพิ่มมากขึ้น Ergum ได้ศึกษากลไกของความดันลุดในเบตที่ใช้ในของแข็งขนาดสม่ำเสมอเขาพบว่าความดันลุดนี้เป็นสัดส่วนของปัจจัย 2 ปัจจัย โดยได้แสดงความสัมพันธ์ของความดันลุดในขณะเบตนิ่งดังสมการ 2.6

$$(\Delta P/L)g_c \cong 150[(1-\varepsilon_m)^2/\varepsilon_m^3] I[(\mu v_0)/(\Phi_s d_p)^2] + 1.75[(1-\varepsilon_m)/\varepsilon_m^3] I[(\rho v_0^2)/(\Phi_s d_p)] \quad (2.6)$$

การคำนวณหาความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชันนั้นทำได้อีกวิธี คือ การศึกษาจากผลที่ได้จากการปฏิบัติการของฟลูอิดไดซ์เซชันดังนี้ คือ เมื่อของแข็งที่บรรจุในเบตนั้นเป็นลักษณะที่ไม่เป็นระเบียบทำให้เกิดช่องว่างมากกว่าช่องว่างต่ำสุดที่ควรจะเป็น เมื่อเพิ่มความเร็วของของไหลที่ละน้อยความดันลดจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นไปพร้อมกันจนถึงจุดจุดหนึ่งความดันลดจะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นอยู่กับความเร็วของของไหลดังนั้นในช่วงที่ความดันลดเริ่มคงที่ก็คือช่วงที่เปลี่ยนจากสถานะเบตหนึ่งเป็นสถานะเสมือนของไหลถ้าแสดงความสัมพันธ์ในรูปของกราฟระหว่างความดันลดและความเร็วของของไหลก็สามารถหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดสภาพฟลูอิดไดซ์เซชันได้



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันลดกับความเร็วของของไหล [10]

ในขณะที่ค่อยๆเพิ่มความเร็วของของไหลนั้นของไหลจะแทรกตัวผ่านไปตามช่องว่างระหว่างอนุภาคซึ่งความเร็วของของไหลจากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าเส้นของ abc ที่แสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วของของไหลจะมีส่วนที่โค้งและลงมาตามแนวเส้น ac บริเวณดังกล่าวนี้จะต้องใช้แรงดันมากเป็นพิเศษเพื่อกระจายหรือแยกอนุภาคของของแข็งที่จัดเรียงตัวเรียบร้อยแล้วความดันลดจึงค่อยๆลดลงและคงที่โดยไม่ขึ้นกับความเร็วของของไหล เมื่อผ่านจุดนี้แล้วนั้นคือความดันลดที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามเส้น cd หลังจากนั้นถ้าค่อยๆลดความเร็วของของไหลความดันลดจะเป็นไปตามเส้น dce ซึ่งมีค่าที่ไม่ขึ้นกับความเร็วของของไหลและถ้าลดความเร็วของของไหลต่อไปพบว่า ความดันลดที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามเส้น ef ซึ่งขนานกับเส้นกราฟขณะเพิ่มความเร็วเส้น bc แต่ความเร็วที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าทั้งนี้เป็นเพราะเบตเปลี่ยนจากสถานะเสมือนของไหลเป็นเบตหนึ่งอนุภาคได้จัดเรียงตัวอยู่ก่อนแล้ว จึงไม่ต้องสูญเสียพลังงานในการจัดช่องว่างให้เป็นระเบียบอีก และถ้าทำการทดลองซ้ำในเบตเดิมอีกก็จะได้กราฟในลักษณะเดิม

## 2.2.8 ลักษณะของฟลูอิดไดซ์เซชันแบบเรียบและแบบขุกลมุน

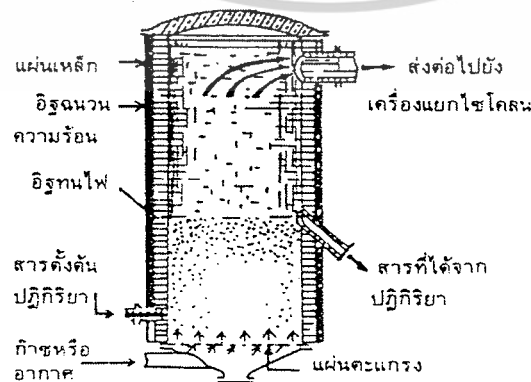
WILHELM และ KWANG กล่าวว่า ฟลูอิดไดซ์เซชันแบบเรียบเป็นลักษณะที่เม็ดของแข็งแยกจากกันอย่างอิสระ ระยะห่างระหว่างเม็ดของแข็งมีค่าใกล้เคียงกันมากและเพิ่มขึ้นตามความเร็วของของไหลในเบดที่มีความหนาแน่นของเม็ดของแข็งอยู่เสมอ ในก๊าซ ฟลูอิดไดซ์เซชันจะเกิดยากแต่ก็เกิดขึ้นในฟลูอิดไดซ์เซชันของเหลว ส่วนเบดขุกลมุนเม็ดของแข็งจะเกิดการเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นอิสระและมีแนวโน้มที่รวมอยู่ด้วยกันเป็นก้อนใหญ่ การเคลื่อนไหวของกลุ่มเป็นไปอย่างขุกลมุนและนอกจากนี้บางส่วนของของไหลยังก่อตัวเป็นฟองที่ส่วนล่างของเบด และฟองนี้ไปทำให้เม็ดของแข็งลอยตามขึ้นไปจนถึงผิวหน้าของเบด ถ้าชนิดของของไหลเป็นของเหลวการก่อตัวเป็นฟองมีส่วนคล้ายการเกิดฟองก๊าซเบดจึงไม่สม่ำเสมอ ภายในเบดประกอบด้วย 2 สถานะคือ เบดหนาแน่นและเบดเจือจางอยู่พร้อมกัน

## 2.2.9 หลักการทำฟลูอิดไดซ์เซชันของอนุภาคของแข็ง

เครื่องมือที่ใช้หลักการของฟลูอิดไดซ์เซชัน มีลักษณะคล้ายกับอุปกรณ์ตัวอย่างที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.6 กล่าวคือ มีลักษณะเป็นหอหรือถังซึ่งภายในบรรจุด้วยอนุภาคหรือเม็ดของแข็งที่พื้นของถังมีแผ่นรองรับที่เจาะรูพรุนเอาไว้เพื่อเป่าอากาศหรือก๊าซผ่านชั้นเม็ดของแข็งโดยเป่าขึ้นจากด้านล่างถ้าความเร็วของก๊าซเพิ่มมากขึ้นถึงระดับหนึ่งเม็ดของของแข็งจะเกิดการเคลื่อนไหว(ความเร็วของก๊าซนี้อาจจะน้อยกว่าความเร็วบั้นปลาย(Terminal velocity) ของเม็ดของแข็งที่ตกโดยอิสระในอากาศก็ได้)การเคลื่อนไหวของเม็ดของแข็งนี้มีลักษณะเหมือนกำลังแขวน

ลอยอยู่ในก๊าซที่ไหลผ่าน (Dynamic suspension) การที่ชั้นของเม็ดของแข็งที่บรรจุอยู่ภายในเปลี่ยนสภาพจากอยู่นิ่งมาเป็นสภาพแขวนลอยนี้ เรียกว่า เกิดการเปลี่ยนเป็นสภาวะฟลูอิดไดซ์เบด (fluidize bed) ขึ้น

สภาพของฟลูอิดไดซ์เซชันนี้เป็นสภาพซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างสภาพชั้นนิ่ง (Fixed bed) และสภาพการถูกพัดพาด้วยอากาศ(Pneumatic conveyor)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ **รูปที่ 2.6 ตัวอย่างของเครื่องมือฟลูอิดไดซ์เซชัน [11]** ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุที่ใช้คำว่าฟลูอิด ไคซ์เซชันกับปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้นนี้เพราะว่าในขณะที่เกิดฟลูอิด ไคซ์เซชันนั้นเม็ดของแข็งที่บรรจุอยู่มีการเคลื่อนไหวย่างกระจัดกระจายในลักษณะแขวนลอยและมีสมบัติในการไหลคล้ายของเหลวเมื่อมองจากภายนอกจะเห็นว่าที่ผิวของฟลูอิด ไคซ์เบดนั้นมีลักษณะคล้ายของเหลวที่กำลังเดือด เนื่องจากการเคลื่อนไหวของเม็ดของแข็งมีลักษณะคล้ายของเหลวนั่นเอง ถ้าต่อท่อไว้กับถังบรรจุที่ระดับผิวของฟลูอิด ไคซ์เบดเม็ดของแข็งที่อยู่สูงเกินกว่าระดับนี้จะล้นไหลออกได้เช่นเดียวกับของเหลวถ้าหากเพิ่มความเร็วของก๊าซซึ่งเป่าผ่านชั้นเม็ดของแข็งให้สูงขึ้นจนเกินความเร็วบั้นปลาย (Terminal velocity) ของการตกโดยอิสระของเม็ดของแข็งเม็ดเดียว เม็ดของแข็งที่บรรจุอยู่ทั้งหมดก็จะถูกเป่าลอยปลิวไปกับก๊าซจนหมดฟลูอิด ไคซ์เบดนั้นปกติเป็นระบบก๊าซหรืออากาศกับของแข็งมากกว่าที่จะเป็นระบบของเหลวกับของแข็ง หลังจากความสำเร็จในการนำฟลูอิด ไคซ์เบดมาใช้ในกระบวนการที่แยกสลายน้ำมันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic cracking) ในสหรัฐอเมริกาในปี 1941 ปัจจุบันนอกจากจะประยุกต์ใช้ประโยชน์ฟลูอิด ไคซ์เบดกับปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแล้ว ยังใช้กับปฏิกิริยาเคมีทั่วไป เช่น การเผาอย่างแรม (Roast) หรือ ปฏิกิริยาการดูดซึม (Absorption) และ การอบแห้งเป็นต้นในบางกรณีอาจมีการป้อนเม็ดของแข็งเข้าหอฟลูอิด ไคซ์เบดและดึงส่วนที่ถูกใช้งานแล้วออกอย่างต่อเนื่อง

### 2.2.10 ข้อดีและข้อเสียของการทำฟลูอิด ไคซ์เซชัน

#### ข้อดี

1. เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิในฟลูอิด ไคซ์เบดได้อย่างละเอียดและทั่วถึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีและสม่ำเสมอ
2. เนื่องจากการใช้ลมร้อนเป่าให้อุณหภูมิของของแข็งร้อนสัมผัสอากาศได้มาก ทำให้ประสิทธิภาพการอบแห้งดีขึ้น
3. เวลาที่ใช้ในการอบแห้งน้อยทำให้อบแห้งได้หลายรอบ

#### ข้อเสีย

1. เนื่องจากเม็ดของแข็งที่บรรจุอยู่มีการเคลื่อนที่เสียดสีกันอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเครื่องมือและท่อบางส่วนอาจเกิดการสึกหรอได้ง่ายจึงต้องระมัดระวังทั้งในการออกแบบและการใช้งาน
2. มีข้อจำกัดในเรื่องของขนาดกล่าวคือถ้าขนาดอนุภาคมีขนาดเล็กเกินไปอาจทำให้ต้องมีการออกแบบเครื่องมือที่ซับซ้อนขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคฟุ้งกระจายออกนอกเบด
3. ใช้อุปกรณ์เยอะและมีเสียงดังในระหว่างการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่ใช้ทำท่อนั้นมีมากมายหลายชนิดตั้งแต่เหล็กกล้า เหล็กกล้าผสมไปจนถึงวัสดุอื่น การคัดเลือกวัสดุทำท่อนั้นขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานและราคาโดยใช้หลักการเดียวกันกับการคัดเลือกวัสดุสร้างเครื่องอุปกรณ์ในการผลิต

**2.3.1 ท่อเหล็ก (Ferrous pipe)** เหล็กและเหล็กผสมเป็นวัสดุที่นำมาใช้ทำท่อน้อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะอย่างยิ่งเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel) นอกจากนี้ยังมีการใช้เหล็กผสม โครเมียม นิกเกิล และเหล็กผสม โครเมียมสูงท่อเหล็กกล้าหรือเหล็กดำ (Black iron) เป็นเหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำ (ASTM 53) เป็นเหล็กชุบสังกะสีสำหรับงานที่อุณหภูมิสูง A 106 มี Mn 1%

ในกรณีเหล็กกล้าผสมที่ต้องใช้งานที่อุณหภูมิสูงและการยึดติดช้า (Creep) บางประเภทก็มีการทนต่อการเกิดออกไซด์ โมลิบดีนัม หรือ โมลิบดีนัมกับโครเมียมผสมอยู่ การผสมโครเมียมเพื่อเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อน มักมีซิลิกอนผสมอยู่ด้วย เช่น A 335 ส่วน A 333 มีนิกเกิล ผสมอยู่ด้วยเพื่อนำไปใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้

ท่อเหล็กหล่อมีทั้งแบบหล่อหลุมและหล่อเหวียง (Pit and centrifugal casting) การหล่อเหวียงจะมีความหนาแน่นและแข็งแรงกว่าโดยลดรูพรุนและสารเจือปนใช้เป็นท่อน้ำ ท่อก๊าซมีทั้งชนิดที่มีขนาดภายนอกเท่ากับเหล็กกล้ามาตรฐานตั้งแต่ 1.5 ถึง 1.2 นิ้ว (40 ถึง 300 mm.) รับความดันได้ที่ 125 และ 250 psi (0.86 - 1.7 MPa) เหล็กหล่อพิเศษที่มีซิลิกอนสูงเช่น Duriron และ Durichlor มีความแข็งแรงสูงมากซึ่งใช้การกลึงไม่ได้ต้องใช้วิธีหล่อ

ส่วนของงานวิจัยนี้ใช้ท่อเหล็ก (Ferrous pipe) มาใช้ในการสร้างบริเวณส่วนของท่อเพื่อใช้สำหรับส่งต่ออากาศไปยังบริเวณของส่วนคอลัมน์เนื่องจากท่อเหล็กมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางและสามารถทนอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองนี้ได้

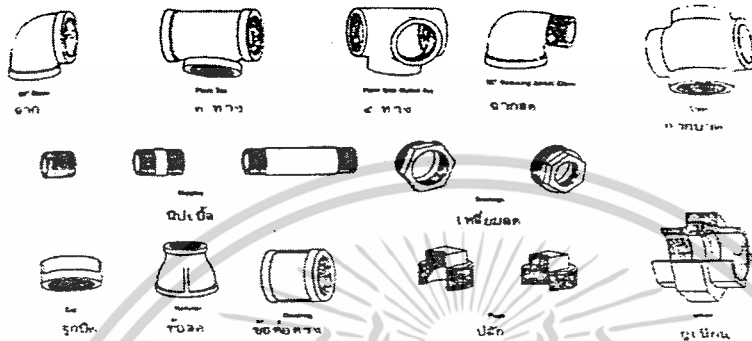
**2.3.2 การต่อท่อและข้อต่อ (Pipe joints and fitting)** ก่อนอื่นต้องทำความเข้าใจกับสองคำคือ Joint และ Fitting การ Joint คือ การเอาท่อสองท่อมาต่อเข้าด้วยกันจะใช้วิธีใดก็ได้แล้วแต่ส่วน Fitting คือ ชิ้นส่วนที่นำมาใช้ในการเชื่อมต่อท่อสองท่อหรือมากกว่าเข้าด้วยกันส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนทิศทาง มีการแยกแขนงได้ การต่อท่อมียู้อยู่ด้วยกัน 3 วิธีหลักคือ การต่อใช้ข้อต่อแบบมีเกลียว ซึ่งใช้ได้กับท่อที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนักและการต่อแบบใช้ทรงกลม หรือ หน้าแปลน (แฟลน หรือ Flange joint) ใช้สำหรับท่อที่มีขนาดใหญ่และการต่อแบบใช้การเชื่อมซึ่งกันรั่วได้อย่างสนิท

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้การต่อท่อแบบใช้เกลียวเนื่องจากใช้กับงานต่างๆ ได้ดีและข้อต่อมีมากมายหลายชนิดและสามารถทำงานในที่ที่มีวัตถุไวไฟ โดยมีอันตรายน้อยกว่าการเชื่อม

**การต่อท่อแบบใช้เกลียว (Screwed or threaded joint)** การต่อท่อโดยใช้ข้อต่อมีเกลียวนี้ใช้กับ

ท่อขนาดเล็ก มีข้อดีตรงที่ทำงานในสนามได้เนื่องด้วยขณะทำการต่อไม่ต้องเชื่อมจึงทำให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำงานได้ในบริเวณที่มีก๊าซ หรือของเหลวที่มีความไวไฟโดยมีอันตรายน้อยสำหรับ  
ข้อเสียคือใช้ในงานที่มีการผุกร่อน (Corrosion) การกัดกร่อนตามที่ยับ (Crevice corrosion) การ  
ล้นสะเทือนมากๆไม่ได้ รวมทั้งงานที่อุณหภูมิสูงกว่า 496°C อาจมีการรั่วไหลตรงรอยต่อได้  
ความแข็งแรงของท่อลดลงตรงบริเวณที่ใช้ทำเกลียวเพราะความหนาลดลงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ข้อต่อแบบเกลียว (Screwed pipe fitting) [12]

## 2.4 วาล์ว (Valve) [12]

2.4.1 องค์ประกอบของวาล์ว เนื่องด้วยวาล์วมีหลายแบบการแยกประเภทของวาล์ว  
จำเป็นต้องพิจารณาชิ้นส่วนดังนี้

1. แผ่นปิดการไหลหรือประตูหรือลิ้น (Disc) ที่นั่ง (Seat) เป็นส่วนของวาล์วที่รองรับ  
แผ่นปิดการไหล

2. ก้านวาล์ว (Stem) มีหน้าที่เคลื่อนแผ่นปิดกั้นการไหลหรือลิ้น (Disc) ในบางวาล์ว  
ของไหลเองจะเป็นผู้ทำหน้าที่นี้ วาล์วประตูกับวาล์วลูกโลก (Gate and globe valve) มีก้านวาล์ว  
ที่ยกขึ้น (Rising stem) โดยสกรูภายในหรือภายนอก ส่วนก้านวาล์วแบบไม่ยก (Non rising  
stem) ของ Gate valve บางชนิดมีการปิดเปิดที่เกิดขึ้นภายในตัววาล์ว

3. ตัววาล์ว (Body) และฝาครอบตัววาล์ว (Bonnet) ภายในตัววาล์วก็มีแผ่นปิดกั้น  
การไหลหรือลิ้น (Disc) อยู่ทั้งสองปลายใช้สำหรับต่อเข้ากับท่ออาจมีเกลียวหรือแฟลนก็ได้บาง  
ทีก็เตรียมไว้สำหรับเชื่อมก็มี การเลือกวัสดุตัววาล์วมีความสำคัญเพราะของไหลสัมผัสกับส่วน  
นี้ของวาล์วมาก ฝาครอบวาล์วอาจเป็นแบบเกลียวซึ่งมีราคาถูกแต่เชื่อถือได้ไม่มั่นคงหรือเป็น  
แบบยึดด้วยโบลท์ (Bolted) ซึ่งมีความแข็งแรงเหมาะสมกับวาล์วขนาดใหญ่ แบบ Breechlok มี  
น้ำหนักมากและมีราคาแพง ใช้สำหรับงานความดันสูง

4. ตัวเคลื่อนก้านวาล์วให้เปิดปิด (Operator) คือมือหมุนสำหรับยกประตูขึ้นลงหรือ  
ความดันของของไหลที่ไปผลักดันก้านให้ยกประตูหรือลิ้นวาล์วให้ขึ้นลง

### 2.4.2 ชนิดของวาล์ว (Valve classification)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์ว อาจแบ่งกลุ่มออกได้เป็นวาล์วประตูน้ำ (Gate valve) วาล์วลูกโลก (Globe valve) วาล์วปลั๊กหรือหมุนรอบ (Plug or Rotary) วาล์วแผ่น (Diaphragm) วาล์วทางเดียว (Check) วาล์วควบคุม (Control or Regulating) วาล์วสองกลุ่มสุดท้ายเป็นวาล์วที่ทำงานด้วยตัวเองโดยอาศัยแรงจากของไหลส่วนวาล์วอื่นๆ ที่เหลือต้องมีมือหมุนสำหรับการควบคุม

งานวิจัยนี้ได้ใช้วาล์วประตูน้ำ (Gate valve) มาใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของอากาศและใช้วาล์วลูกโลกมาใช้เป็นตัวเปิดและปิดบริเวณก่อนเข้าสู่คอลัมน์ เนื่องจากว่าทนอุณหภูมิสูงได้ดี

## 2.5 ฉนวน (Insulating materials) [12]

ฉนวนเป็นวัสดุที่มีหุ้มกักอากาศหรือก๊าซไว้ และมีช่องว่างที่ทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนช้าลงวัสดุที่นำมาทำฉนวนนี้อาจเป็นแบบอนุภาค (Particulate) หรือเป็นแบบเส้นใย (Fiber) อาจมีหรือไม่มีวัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรืออาจถูกประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้มีพื้นที่ผิวสะท้อนความร้อนซึ่งมีช่องว่างที่มีอากาศขังอยู่

### วัสดุที่เป็นฉนวน (Insulating materials)

วัสดุที่เป็นฉนวนอาจแบ่งกลุ่มได้เป็น 4 กลุ่มคือ 1.เส้นใย (Fiber) 2. ก้อน (Granular) 3. เซลล์ (Cellular) 4. สะท้อน (Reflective) ในทางปฏิบัตินั้นการแบ่งกลุ่มเช่นนี้ไม่มีประโยชน์มากนักเพราะฉนวนมักเกิดการผสมเข้าด้วยกันกับวัสดุเหล่านั้นเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่เหมาะสมต่องานมากที่สุด

### วัสดุที่ใช้ทำฉนวน

- กลุ่มที่เป็นเส้นใยหรือเซลล์ หรือก้อนที่เป็นแร่ก็มีอะลูมินา ไยหิน (Asbestos) แก้ว เพอร์ไลท์ (Perlite) หิน ซิลิกา ตะกรัน (Slag) และเวอร์มิคิวไลท์ (Vermiculite)
- ที่เป็นวัสดุอินทรีย์ก็มี ฝ้าย เปลือกไม้
- ที่เป็นเซลล์อินทรีย์วัสดุก็มียาง (Elastomer), polystyrene, Polyisocyanate และ Polyvinyl acetate
- กลุ่มที่เป็นผิวสะท้อน เช่น อะลูมินัม นิกเกิล สเตนเลส เป็นต้น
- ที่เป็นผ้าห่ม (Blanket) ก็เกิดจากการเอาเส้นใยไปทอเป็นผืน

**ไยหิน** เป็นแร่ที่มีส่วนประกอบดังนี้  $3Mg \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$  (Hydrated magnesium silicate) มีลักษณะเป็นหินตามธรรมชาติแต่เมื่ออบจะมีลักษณะอ่อน เป็นเส้นใยคล้ายขนแกะไม่ไหม้ไฟ การเติมสารช่วยประสานจะสามารถเปลี่ยนไยหินให้กลายเป็นแผ่นคล้ายกระดาษได้หรือทำเป็นแผ่นมีหลายชั้นซึ่งมีช่องว่างสำหรับอากาศแต่ละชั้นสามารถใช้งานได้ถึง 150 องศาเซลเซียส

**ดินฉนวน (Diatomaceous earth)** เป็นซิลิกาชนิดหนึ่งซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่สูงถึง

1610 องศาเซลเซียส  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แมกนีเซียม** 85 % นิยมใช้กันมากสำหรับการใช้งานในช่วงอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ส่วนอีก 15 % เป็นใยหินซึ่งมีหน้าที่เสริมแรงและทำให้เป็นรูปร่างได้เช่นทำเป็นท่อแมกนีเซียมก็คือแมกนีเซียมคาร์บอเนตซึ่งทำจาก Dolomitic Limestone โดยให้คาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับ Slate dolomite ซึ่งเป็นแร่เมื่อติดตั้งอย่างถูกต้องแล้วทำให้ใช้งานได้นานจนคุ้มค่าใช้จ่าย คือรับน้ำหนักไม่ได้

**ฉนวนใยแก้ว (Glass insulation)** แก้วอาจหลอมทำเป็นเส้นใยได้และทำเป็นแผ่นผ้าห่มหรือเป็นท่อสำหรับคลุมท่อหรือเป็นแท่งก็ได้ นำความร้อนได้ต่ำไม่ไหม้ไฟและเฉื่อยใช้งานได้ประมาณ 300 องศาเซลเซียสแบบพิเศษใช้ได้ถึง 540 องศาเซลเซียส

งานวิจัยนี้ใช้ใยหินและฉนวนใยแก้วหุ้มคอลัมน์ชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สองตามลำดับ เนื่องจากใยหินทนอุณหภูมิได้สูงจึงนำมาหุ้มบริเวณที่ติดกับคอลัมน์แต่ใยหินมีละอองฝุ่นมากจึงนำฉนวนใยแก้วที่มีแผ่นอลูมิเนียมมาหุ้มทับอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันฝุ่นละออง

## 2.6 การวัดอัตราการไหล [13]

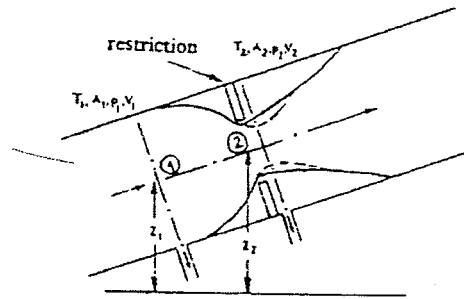
เครื่องมือวัดอัตราการไหลที่อาศัยหลักการทางกลแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบใช้การวัดความดันแตกต่างได้แก่ออริฟิส (Orifices) เวนตูรี (Venturi) เป็นต้น ส่วนอีกแบบหนึ่งจะใช้การวัดความแตกต่างของพื้นที่ทางด้านเข้าและด้านออกมาเป็นตัวเปรียบเทียบความดันแตกต่างซึ่งกันและกันอีกทีหนึ่งได้แก่ Rotameter เป็นต้น นอกจากนี้เครื่องมือวัดอัตราการไหลซึ่งใช้หลักการทางไฟฟ้าก็มีหลายแบบเช่นเดียวกันและปัจจุบันก็เป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะง่ายต่อการใช้งานร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติ เครื่องมือวัดที่ใช้หลักการทางไฟฟ้าที่สำคัญได้แก่แบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic flowmeter) แบบอัลตราโซนิก (Ultrasonic) หรือแบบแอนนิโมมิเตอร์ชนิดเส้นลวดร้อน (Hot wire anemometer) เป็นต้น ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงเพียงแบบใช้ความดันแตกต่างเนื่องจากเป็นแบบที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัย

### แบบใช้ความดันแตกต่าง

เครื่องมือวัดที่ใช้หลักการของความดันแตกต่างนั้นใช้หลักการที่นำวัตถุมาติดตั้งวางทางไหลของของไหลนั้นคือทำให้ความดันทางด้านเข้าและออกไม่เท่ากันแต่การกระทำดังกล่าวมีผลต่อความเร็วในการไหลของวัตถุเหล่านั้น

หลักการทำงานของเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบใช้ความดันแตกต่างนี้ จะอาศัยทฤษฎีของแบร์นูลลี (Bernoulli's theorem) ที่กล่าวว่า “ของไหลที่มีอัตราการไหลสม่ำเสมอ (Steady) หรือมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆที่ปราศจากแรงเสียดทานแล้วผลบวกของความเร็ว ความดันและระดับความแตกต่างของของเหลวในทุกจุดของท่อจะเป็นค่าคงที่” ดังแสดงได้ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

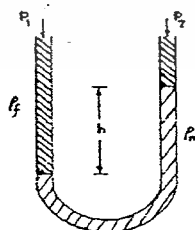


รูปที่ 2.8 ระบบการไหลที่มีสิ่งกีดขวาง [13]

- ถ้ากำหนดให้  $V_1$  = ความเร็วของของไหลที่จุดทางเข้า  
 $V_2$  = ความเร็วของของไหลที่จุดที่มีสิ่งกีดขวาง  
 $P_1$  = ความดันที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลาในทางเข้า  
 $P_2$  = ความดันที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลาที่จุดที่มีสิ่งกีดขวาง  
 $A_1$  = พื้นที่หน้าตัดของท่อในทางเข้า  
 $A_2$  = พื้นที่หน้าตัดของท่อที่มีสิ่งกีดขวาง  
 $Z_1$  = ระดับความสูง ณ จุดศูนย์กลางของท่อที่ช่องทางเข้า  
 $Z_2$  = ระดับความสูง ณ จุดศูนย์กลางของท่อที่มีสิ่งกีดขวาง  
 $T$  = อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมขณะนั้น  
 $g$  = ความเร่งอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก

พิจารณาการวัดความแตกต่างของความดันโดยใช้นานอิมิตอร์รูปตัวยู ตามรูปที่ 2.9 ถ้าให้  $\rho_m$  เป็นความหนาแน่นของของไหลภายในนานอิมิตอร์และ  $\rho_f$  เป็นความหนาแน่นของของไหลที่อยู่เหนือของไหลในนานอิมิตอร์อาจเขียนความสัมพันธ์ของความแตกต่างของความดันที่เกิดขึ้นได้เป็นไปตามสมการที่ 2.7

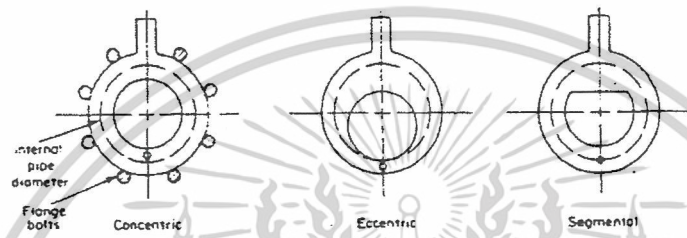
$$P_2 - P_1 = (\rho_m - \rho_f)h \quad (2.7)$$



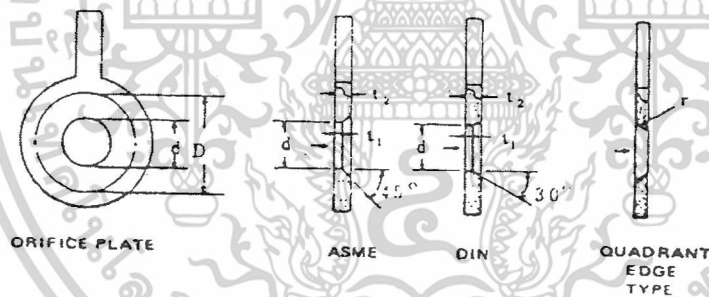
รูปที่ 2.9 การวัดความดันแตกต่างโดยใช้นานอิมิตอร์ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

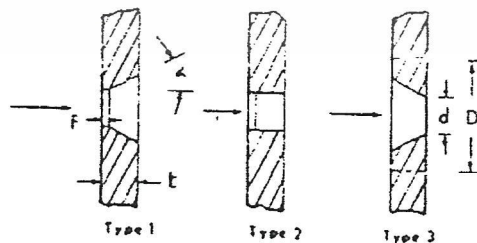
ในส่วนของออริฟิส (Orifices) เป็นแผ่นโลหะบางที่ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลซึ่งในทางอุตสาหกรรมนิยมใช้มานานแล้วแผ่นออริฟิสมาตรฐานทำด้วยเหล็กสแตนเลสตีล (Stainless steel) มีความหนาตั้งแต่ 1/8 ถึง 1/2 นิ้ว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของท่อส่งของไหล สำหรับออริฟิสที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะมี 3 ลักษณะคือ แบบศูนย์กลางร่วม (Concentric type) แบบศูนย์กลางเอียง (Eccentric type) และแบบเป็นส่วนหนึ่งของวงกลม (Segmental type) ดังแสดงได้ดังรูป 2.10



รูปที่ 2.10 แบบต่างๆของออริฟิสที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน [13]



รูปที่ 2.11 แผ่นออริฟิสแบบศูนย์กลางร่วม[13]



รูปที่ 2.12 ลักษณะการใช้งานแบบออริฟิส [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ต้นฉบับถูกทำลายและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### แบบศูนย์กลางร่วม

แผ่นออริฟิสแบบนี้เป็นแบบที่ง่ายในการสร้างและใช้กันอย่างมาคลักษณะแผ่นออริฟิสเป็นแผ่นโลหะที่มีรูกลมอยู่ตรงกลาง ผิวหน้าด้านหนึ่งจะเรียบตั้งฉากกับแกนของท่อส่วนอีกด้านหนึ่งจะผายออกเฉียงทำมุมกับผิวหน้า ดังรูปที่ 2.11

การติดตั้งแผ่นออริฟิสเพื่อใช้วัดอัตราการไหลของของไหลนั้น จะนำแผ่นออริฟิสไปวางกั้นทางเดินของของไหลและการวัดอัตราการไหลในรูปของความแตกต่างของความดันดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น โดยจากรูปเห็นว่าความดันลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากไหลผ่านแผ่นออริฟิสซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงความดันนี้เองทำให้ของไหลไหลด้วยความเร็วที่สูงขึ้นสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการในการติดตั้งแผ่นออริฟิส คือ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องออริฟิส ( $d$ ) และขนาดของท่อ ( $D$ ) อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางต่อท่อ ( $d/D$ ) ที่เหมาะสมที่ทำให้การวัดมีความแม่นยำมากขึ้นคือถ้าเป็นของเหลวจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.15 - 0.75 หรือถ้าเป็นก๊าซและไอจะอยู่ที่ประมาณ 0.2-0.7 (ปกติค่าที่ดีที่สุดคือ 0.4 ถึง 0.6) นอกจากนี้ตำแหน่งการวัดความดันก็มีผลเช่นกัน โดยการต่อท่อมี 2 แบบคือ แบบ Flange taps ซึ่งเป็นการต่อจุดที่วัดความดันที่หน้าแปลนที่ยึดออริฟิสไว้และแบบ Pipe taps เป็นการต่อที่จุดที่วัดความดันที่ท่อส่งของไหล นั่นคือการต่อท่อการวัดดังกล่าวมีผลต่ออัตราส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นออริฟิสและท่อ

### แบบศูนย์กลางเยื้อง

แผ่นออริฟิสแบบนี้ช่องออริฟิสเป็นรูวงกลมแต่จุดศูนย์กลางของรูจะเยื้องกับเส้นผ่านศูนย์กลางของออริฟิส โดยรูอยู่ก่อนมาทางด้านล่างของแผ่นประมาณ 98% ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ โดยทั่วไปแล้วปลายด้านล่างมักมีระดับเสมอกับผนังท่อและที่จุดที่เสมอกับผนังท่อมักจะอยู่ตรงข้ามกับแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดต่อความดัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาเกี่ยวกับสารแขวนลอยหรือตะกอนที่ปะปนมากับของไหล อย่างไรก็ตามการวัดอัตราการไหลด้วยออริฟิสแบบนี้จะมีความผิดพลาดสูงกว่าแบบจุดศูนย์กลางร่วม

### แบบเป็นส่วนหนึ่งของวงกลม

แผ่นออริฟิสแบบนี้ช่องทางไหลเข้าของของไหลจะถูกเจาะเป็นส่วนหนึ่งของวงกลม (Segment) และช่องออริฟิสอาจตัดทั้งด้านบนหรือด้านล่างก็ได้จุดที่คอดที่สุดของลำของไหล (Venacontracta) จะอยู่ห่างออกไปมากกว่าแบบศูนย์กลางร่วม

ในงานวิจัยนี้ใช้ออริฟิสแบบศูนย์กลางร่วม (ดังรูปที่ 2.11) เพราะเป็นแบบที่สร้างง่ายให้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำและใช้กันอย่างแพร่หลาย

## 2.7 การหาปริมาณน้ำในเม็ดพลาสติก [14]

โดยปกติแล้วการหาปริมาณน้ำที่มีปริมาณน้อยมาก ๆ ในของแข็งหรือของเหลว นั้นสามารถหาได้จากวิธีโวลแทมเมทรีโคตรอน โดยใช้หลักการโคตรอนของคาร์ลพิชเชอร์ซึ่งจะต้องมีการทำการเทียบมาตรฐาน (Standardied) ก่อนและปริมาณน้ำสามารถหาได้โดยวิธีอ้อมโดยการคำนวณจากผลต่างของปริมาณน้ำในสารละลายที่สกัดน้ำจากสารตัวอย่างกับปริมาณน้ำในตัวทำละลายบริสุทธิ์ซึ่งเห็นว่าวิธีนี้ค่อนข้างยุ่งยากจึงได้มีการพัฒนามาใช้เทคนิคการวัดกระแสไฟฟ้าแทนคือเทคนิคคูลอมบ์เมตริกโคตรอนซึ่งยังคงใช้หลักการของคาร์ลพิชเชอร์ เหมือนเดิม

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคคูลอมบ์เมตริกโคตรอนในการหาปริมาณน้ำในเม็ดพลาสติก โดยใช้เครื่องรุ่น KF 737 Coulometer เซลล์เป็นแบบไม่มีไดอะแฟรม (Diaphragm less)

### คูลอมบ์เมตริกโคตรอน (Coulometric Titration)

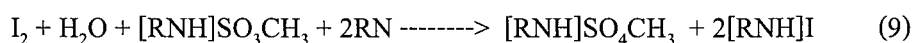
การหาปริมาณน้ำที่มีปริมาณน้อยมาก ๆ สามารถทำได้โดยใช้วิธีคูลอมบ์เมตริกโคตรอนนี้สามารถใช้หาปริมาณน้ำได้ในช่วงระหว่าง 10  $\mu\text{g}$  ถึง 10 mg ขึ้นอยู่กับขนาดของสารตัวอย่าง

### ทฤษฎีและหลักการ

หลักการทำงาน คือ ภายในเซลล์ (Cell) ที่เกิดปฏิกิริยาประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นขั้วแอโนด (Anode) และส่วนของขั้วแคโทด (Cathode) ซึ่งในแคโทดและแอโนดจะมีขั้วแพลททินัม (Platinum) ที่สามารถนำไฟฟ้าผ่านเซลล์ได้ น้ำที่ทำการวัดจะอยู่ในส่วนของขั้วแอโนดซึ่งเมื่อเปิดเครื่องกวนและให้กระแสไฟฟ้าเข้าไปสารที่อยู่ในขั้วแอโนดเกิดปฏิกิริยาแอโนดิกออกซิเดชัน (Anodic Oxidation) และได้ไอโอดีน ( $\text{I}_2$ ) ดังสมการที่ 8

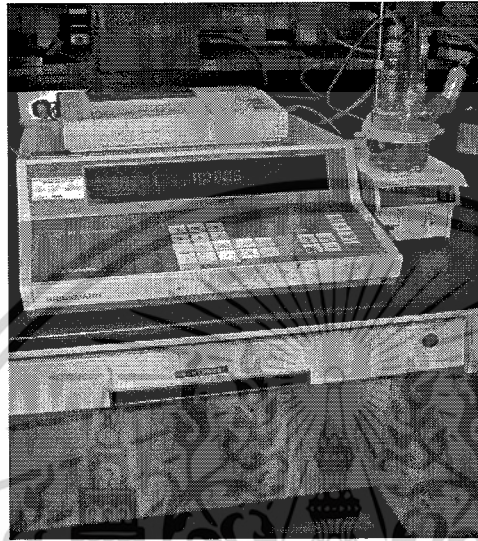


ไอโอดีนที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับน้ำที่จนถึงจุดยุติ (End point) คือ น้ำทำปฏิกิริยาหมดพอดี ไอโอดีนที่เกิดขึ้นก็จะถูกตรวจจับแล้วสั่งให้หยุดการจ่ายกระแสไฟฟ้า ปริมาณน้ำที่มีอยู่จะสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าที่ใช้ไป ทำให้สามารถหาปริมาณน้ำได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องคูลอมบ์มิเตอร์ (Coulometer) มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่มีไดอะแฟรม (Diaphragm) และแบบไม่มีไดอะแฟรม (Diaphragmless) โดยไดอะแฟรมมีหน้าที่ในการป้องกันสารที่เกิดขึ้นในขั้วแอโนดไปทำปฏิกิริยากับสารในขั้วแคโทดดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 เครื่องคูลอมบ์มิเตอร์รุ่น KF 737 [15]

หาเปอร์เซ็นต์น้ำในสารตัวอย่างได้โดยใช้สมการที่ 10

$$W_s(\text{H}_2\text{O}) = [w_{s+m}(\text{H}_2\text{O}) \cdot (m_s + m_M) - w_M(\text{H}_2\text{O}) \cdot m_M] / m_s \quad (10)$$

เมื่อ S = สารตัวอย่าง

M = เมทานอล

$W_s(\text{H}_2\text{O})$  = ปริมาณน้ำในสารตัวอย่าง

$w_{s+m}(\text{H}_2\text{O})$  = ปริมาณน้ำในสารตัวอย่าง+เมทานอล

$w_M(\text{H}_2\text{O})$  = ปริมาณน้ำในเมทานอล

$m_s$  = น้ำหนักของสารตัวอย่างที่ชั่ง

$m_M$  = น้ำหนักของเมทานอลที่ชั่ง

$$\text{ประสิทธิภาพในการอบแห้ง} = \frac{\text{ความชื้นก่อนอบแห้ง} - \text{ความชื้นหลังอบแห้ง}}{\text{ความชื้นก่อนอบแห้ง}} * 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Niamny Chalida และ Devahastin Sakamon 2005 [16] ได้ศึกษาการอบแห้งมะพร้าว สับด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดแบบไม่ต่อเนื่องในระดับอุตสาหกรรม โดยศึกษาปัจจัยในการอบแห้ง คือความเร็วของลมและอุณหภูมิของลมที่ทางเข้าโดยศึกษาในช่วงอุณหภูมิ 65-120 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่ทางเข้ามีผลต่อสีของมะพร้าวที่ผ่านการอบแห้งและความเร็วลมที่ทางเข้ามีผลต่อพื้นที่ผิวบริเวณที่มีน้ำมันของมะพร้าว ซึ่งจากการทดลองพบว่าความเร็วลมและอุณหภูมิสูงสุดที่ทำให้มีอัตราการอบแห้งสูงคือ 5.94 m/s และ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับ นอกจากนี้อาจมีการใช้เทคนิคการอบแห้งแบบสุญญากาศมาใช้ก็ได้.

M. Fang และคณะ 2004 [17] ได้ทำการศึกษารอบแห้งของเกลบโดยใช้เครื่องฟลูอิดไดซ์เบดแบบลมหมุนวนและศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสถานะฟลูอิดไดซ์ พบว่าเกลบทำให้เกิดสภาพฟลูอิดไดซ์ได้ยาก ดังนั้นจึงทดลองเติมเม็ดทรายและถ่านหินลงไปพร้อมกับเกลบ และศึกษาผลของการเติมเม็ดทรายและถ่านหินที่มีต่อการเผาไหม้ ศึกษาผลของความเร็วมวลอากาศจากผลการทดลองพบว่าเมื่อมีการเติมเม็ดทรายหรือถ่านหินลงไปแล้วทำให้เกิดสภาพฟลูอิดไดซ์ได้ง่ายขึ้น โดยพบว่าเกลบจะเกิดสภาพฟลูอิดไดซ์ได้เป็นอย่างดีเมื่อมีการเติมเม็ดทราย ขนาดอยู่ในช่วง 0.3 – 0.8 mm. และใช้ความเร็วของลมในช่วง 0.8 – 2 m/s และพบว่ากรณีที่เผาไหม้ช้าลงเปลือยอย่างเดียวความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดสภาพฟลูอิดไดซ์คือ 0.6 m/s แต่ถ้ามมีการผสมเม็ดทรายลงไปจะทำให้ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดสภาพฟลูอิดไดซ์ลดลงเหลือ 0.42 m/s.

P.I.Alvarez และ R.Blasco 2004 [18] ได้ศึกษาการอบแห้งโดยเครื่องดาวเนอร์ฟลูอิดไดซ์เบด(Downer fluidized bed reactor) โดยอบเมล็ดหัวผักกาดแล้วศึกษาลักษณะการอบแห้งของเครื่อง เปรียบเทียบผลกับการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยสมการอนุพันธ์และคำนวณสมการอนุพันธ์โดยวิธี Runge – Kutta ในโปรแกรม matlab ผลการทดลองพบว่าได้ผลที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง.

B.B Abraham 2004 [19] และคณะได้ศึกษาผลของการอบแห้ง Microcrystalline cellulose (MCC) ที่มีลักษณะเป็นเม็ดกลม ซึ่งภายในมีน้ำเป็นองค์ประกอบโดยใช้เทคนิคต่างๆ ดังนี้ คือ เทคนิคการอบแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze drying) เทคนิคอบแห้งโดยใช้ฟลูอิดไดซ์เบดใช้เตาอบและใช้เดซิเคเตอร์ พบว่าการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดซึ่งเป็นการทำให้มีการเคลื่อนที่แบบปั่นป่วนมีความสามารถในการกำจัดน้ำออกมาได้มากกว่าการใช้เตาอบซึ่งวัตถุนำมาอบมีลักษณะอยู่กับที่ และนอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งโดยเทคนิคต่างๆพบว่าปริมาณน้ำที่เหลืออยู่จะแปรผันตรงกับสมบัติเชิงกล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นว่าเป็นประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P.L Piotr และ J. Ewa 2004 [20] ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิของลมร้อนและปริมาณน้ำในแอปเปิ้ลที่มีต่อสมบัติเชิงกลของแอปเปิ้ลอบแห้ง โดยศึกษาอุณหภูมิของลมร้อนในช่วง 50–80 องศาเซลเซียส แล้วศึกษาสมบัติการกดอัดที่อุณหภูมิ 50 , 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับทำให้สามารถออกแบบการอบแห้งให้มีสมบัติเชิงกลตามที่ต้องการได้.

T.Chaiyong และคณะ 2300 [21] ได้ศึกษาการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกโดยใช้เครื่องฟลูอิดไดซ์ที่ใช้แก๊สพาเป็นไอน้ำยิ่งยวดแทนการใช้ลมร้อน โดยทำการศึกษารอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นระหว่าง 25 % - 44.5% Db โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม คือ Two-series exponential equation พบว่ามีอัตราการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกที่สูงกว่าการใช้ลมร้อนแบบปกติและได้เมล็ดข้าวที่มีคุณภาพที่ดีกว่าการใช้ลมร้อนแบบทั่วไป

M.H. Shi และคณะ 2000 [22] ได้ศึกษาการถ่ายโอนมวลและถ่ายโอนความร้อนของวัสดุที่เปียกโดยงานวิจัยนี้ใช้ทราย เม็ดแก้ว และ มันฝรั่งที่ฉีกเป็นแผ่นโดยทำการอบแห้งด้วยกระบวนการ Centrifugal Fluidized Bed (CFB) ความเร็วที่ใช้ในการหมุนอยู่ในช่วง 300 – 500 รอบ/นาที โดยทำการวัดอุณหภูมิที่ทางเข้า ทางออก และ ภายในเบด เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำโดยวิธีการคลุมวล และทำการศึกษาอิทธิพลที่มีต่อการอบแห้ง เช่น ความเร็วของอากาศ ขนาดและรูปร่างของอนุภาค ความหนาของเบด ความเร็วที่ใช้ในการหมุนเบดและความชื้นเริ่มต้นของวัสดุที่จะนำมาอบแห้งจากการทดลองได้ความสัมพันธ์ซึ่งสามารถใช้ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนของอนุภาคของอากาศภายใน CFB ได้และจากผลการทดลองพบว่าอัตราการการอบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศและเพิ่มขนาดของอนุภาคเพราะเมื่อขนาดของอนุภาคใหญ่ขึ้นจะทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลและถ่ายโอนความร้อนได้ดีขึ้นแต่ถ้าขนาดอนุภาคใหญ่เกินไปจะทำให้ความต้านทานการถ่ายโอนมวลเพิ่มขึ้นด้วยและส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลง นอกจากนี้เมื่อเพิ่มความหนาของเบดก็จะทำให้อัตราการอบแห้งลดลงด้วย.

S.J Temple และ Van Boxtel 1999 [23] การทดลองนี้เป็นการศึกษาการอบแห้งชาโดยใช้เทคนิคฟลูอิด ไดซ์เซชันศึกษาลักษณะการอบแห้งและปัจจัยการอบแห้งเพื่อคำนวณหาความเร็วต่ำสุดของการเกิดสภาพฟลูอิดไดซ์เซชันและความดันลดเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการออกแบบเบด แผ่นกระจายตัวและการขยายตัวของเบด โดยผลการทดลองที่ได้นั้นสามารถนำไปใช้ในการควบคุมการใช้งานและคำนวณหาปริมาณในการอบแห้งในแต่ละครั้งได้ด้วย.

ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล [24] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ของขบเคี้ยว สำหรับสุนัขเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องอบแห้งโดยใช้ลมร้อนแบบต่อเนื่อง และศึกษาถึงตัวแปรในการอบแห้งที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง ได้แก่ ชนิดของผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิของลมร้อน และความเร็วของลมที่ใช้ในการอบแห้ง พร้อมทั้งนำข้อมูลของอัตราการอบแห้งที่ได้ไปคำนวณหาขนาดของเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่าชิ้นขบเคี้ยว สำหรับสุนัขชนิดกระดุกอัดขนาด 12 นิ้ว ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานที่สุด และถ้าอุณหภูมิของลมร้อนเพิ่มขึ้นจะมีผลให้อัตราการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นแต่อุณหภูมิถูกกำหนดโดยคุณภาพของวัสดุซึ่งต้องไม่มีการเสื่อมสภาพไป สำหรับความเร็วลมพบว่าอัตราการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าความเร็วลมที่ค่าหนึ่งจากนั้นถ้าเพิ่มความเร็วลมขึ้นอีกมีผลทำให้อัตราการอบแห้งกลับช้าลงและในการทดลองพบว่าความเร็วลมที่ให้อัตราการอบแห้งสูงสุด คือ ที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.0 เมตร/วินาที สำหรับกระดุกอัดขนาด 4 – 12 นิ้ว และ จากการทดลองพบว่า เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการอบแห้งชิ้นขบเคี้ยวสำหรับสุนัข และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน พบว่าเครื่องอบแห้งที่ใช้ก๊าซเป็นแหล่งจ่ายพลังงาน ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าเครื่องอบแห้งแบบวงจที่ใช้ไฟฟ้า.

ศ.ดร. สมชาติ โสภณธรรณฤทธิ์[25] ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อประยุกต์ใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือกที่เพิ่งจะเก็บเกี่ยวมา โดยพบว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวมาจะมี ความชื้นอยู่ประมาณ 22% ถ้าเก็บไว้ 1 - 2 วันโดยไม่มีการลดความชื้นอาจเสียหายได้โดย ส่วนมากการลดความชื้นของชวานาที่ทำกันอยู่คือ การตากแดดแต่วิธีนี้ใช้เวลานาน ดังนั้นจึงมีการพัฒนามาใช้เครื่องฟลูอิดไดซ์เบด โดยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดนี้ใช้กระแสลมร้อนที่มีความเร็วมากกว่า 2 เมตร/ วินาที ซึ่งทำให้ข้าวเปลือกกลอยตัวอยู่ในอากาศได้ (ทำตัวเสมือนของไหล) และ จากการทดลองพบว่า ภายในเวลา 2 นาที ความชื้นในข้าวเปลือกลดลงจาก 22 % เป็น 18% ซึ่งแตกต่างจากวิธีเดิมที่ใช้เวลาหลายชั่วโมง และยังพบอีกว่าการใช้เครื่องฟลูอิดไดซ์เบดนี้ช่วยทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวลดลงสม่ำเสมอเท่ากันหมดและไม่ทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวเปลือกอีกด้วย.

## บทที่ 3

### การทดลองและการดำเนินงาน

#### 3.1 แผนการศึกษา

โครงการพิเศษนี้เป็นโครงการที่ศึกษาการอบแห้งเม็ดพลาสติกด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด โดยศึกษาปัจจัยการอบแห้งคือ อุณหภูมิ เวลา และอัตราการไหลของอากาศ ที่มีผลต่อการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดและศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเม็ดพลาสติกแต่ละชนิดโดยคำนึงถึงปริมาณน้ำที่หายไปและผลทางเศรษฐกิจเป็นหลัก นอกจากนี้ยังทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดกับเตาอบแบบลมหมุนวน

#### 3.2 แผนการดำเนินงาน

**ตอนที่ 1** การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด  
ทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องฟลูอิดไดซ์โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส

**ตอนที่ 2** การอบแห้งเม็ดพลาสติกด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด  
ทำการอบแห้งเม็ดพลาสติกโดยมีการเปลี่ยนแปลง เวลาที่อบแห้ง อัตราการไหลของอากาศและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งให้ได้ประสิทธิภาพดีและดูผลการทดลองของปริมาณน้ำเมื่อเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่ศึกษา

**ตอนที่ 3** การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นหลังการอบแห้ง  
ทำการตรวจหาปริมาณน้ำก่อนและหลังการอบแห้งเม็ดพลาสติก โดยใช้เครื่องคูลอมบ์มิเตอร์รุ่น KF 737 Coulometer

#### 3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. พอลิคาร์บอเนต (PC) ผลิตโดยบริษัท BUYER
2. พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET) ห.จ.ก. เค. วี ทรัพย์พลาย (1994)
3. เมทานอล (Methanol) Analytical grade
4. คาร์ล ฟิชเชอร์รีเอเจนท์ (Karl Fisher Reagent) Analytical grade

#### 3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidize bed)
2. เครื่องวัดปริมาณน้ำคูลอมบ์มิเตอร์ (KF 737 Coulometer)
3. ตู้อบแห้งชนิดอากาศหมุนวน (Circular oven)
4. เดซิเคเตอร์ (Desicator)
5. เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง
6. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เครื่องสอบเทียบวัดอัตราการไหล รุ่น GEC-Elliott Process Instruments Ltd  
England Free Litres / minute air 25 °C 760 mmHg abs TM-35X FM-K
8. ป้อนลมขนาด 5 แรงม้า
9. มานอิมิตเตอร์
10. เข็มฉีดยา (1x5 ml Disposable syringes)
11. บีกเกอร์ขนาด 25 ml 50 ml และ 250 ml
12. ถาดอะลูมิเนียม
13. นาฬิกาจับเวลา
14. ขวดใส่เม็ดพลาสติก
15. ไฟฉาย
16. ถุงมือกันความร้อน
17. เทอร์โมมิเตอร์
18. เครื่องคูดฝุ่น
19. เครื่องเขย่า (Shaking apparatus)
20. เครื่องวัดความชื้นในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

#### ตอนที่ 1. การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด

##### การสอบเทียบมาตรฐานวัดอุณหภูมิ

ทำโดยการเปิดอุณหภูมิของเครื่องที่อุณหภูมิต่างๆจากนั้นทำการวัดอุณหภูมิภายในคอลัมน์ 3 ตำแหน่ง (ด้านบน ตรงกลาง และด้านล่างของคอลัมน์) โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสและทำการวัดอุณหภูมิทุก 5 นาที เป็นเวลารวม 30 นาที จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสอบเทียบมาตรฐานวัดอุณหภูมิมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา เพื่อแสดงความแม่นยำของอุณหภูมิของเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด ว่ามีค่าเบี่ยงเบนจากค่าที่ตั้งไว้เท่าไร

##### การสอบเทียบมาตรฐานวัดอัตราการไหลของอากาศ

ทำโดยการใช้เครื่องวัดอัตราการไหลแบบออริฟิสที่ประกอบด้วยแผ่นออริฟิส เส้นผ่านศูนย์กลางของรูเปิด  $D_0$  (m) ซึ่งสอดอยู่ในท่อเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน  $D$ (m) เพื่อหาอัตราการไหล  $Q$  (ลิตร/นาท) โดยต่อเข้ากับมานอมิเตอร์เพื่อวัดผลต่างของความดันลด (psi) ระหว่างด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นออริฟิสจากนั้นทำการสอบเทียบมาตรฐานวัดอัตราการไหล โดยใช้เครื่องโรตاميเตอร์ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสอบเทียบไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันลด (psi) กับอัตราการไหล (ลิตร/นาท)

#### ตอนที่ 2. ขั้นตอนการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต (PC)

##### การศึกษาปัจจัยอุณหภูมิที่มีผลต่อการอบแห้งโดยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด

1. ชั่งพอลิคาร์บอเนต 200 กรัม เพื่อใช้อบแห้ง
2. เปิดเครื่องฟลูอิดไดซ์เพื่ออุ่นเครื่องและเปิดปั๊มลมตั้งอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส รอจนกว่า Thermostat ตัดซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิของลมร้อนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ
3. นำพอลิคาร์บอเนตที่ชั่งมา 200 กรัม ใส่ลงในเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด
4. ปรับอัตราการไหลของลมเพื่อให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เซชันแล้วบันทึกค่าความดันลด
5. จับเวลาหลังจากที่ปรับอัตราเร็วลมจนได้สภาวะฟลูอิดไดซ์เซชันที่เหมาะสมแล้ว
6. เก็บเม็ดพลาสติกที่อบแห้งโดยการเปิดวาล์วเพื่อเก็บสารเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง แล้วใส่ขวดที่ปิดสนิท ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
7. นำเม็ดพลาสติกที่อบแล้วไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยเครื่องคูอมบ์มิเตอร์ แล้วบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. นำเม็ดพลาสติกที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้งมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ด้วยเครื่องคูลอมบ์มิเตอร์ แล้วบันทึกไว้เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนอบ
9. เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเม็ดพลาสติกที่ผ่านการอบแห้งแล้วกับเม็ดพลาสติกที่ยังไม่อบแห้งแล้วบันทึกค่า
10. ทำเหมือนข้อ 1-9 แต่เปลี่ยนอุณหภูมิที่ทดลองเป็น 100 , 110 , และ 120 องศาเซลเซียสตามลำดับ
11. บันทึกค่าอุณหภูมิที่ทำให้ความชื้นหายไปมากที่สุด

การศึกษาปัจจัยเวลาที่มีผลต่อการอบแห้งโดยเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบด

1. ชั่งพอลิคาร์บอเนต 300 กรัม เพื่อใช้ในการอบแห้ง
2. เปิดเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบดเพื่ออุ่นเครื่อง และเปิดปั๊มลมตั้งอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองปัจจัยอุณหภูมิรอกจนกว่า Thermostat จะตัดซึ่งแสดงว่า อุณหภูมิของลมร้อนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว
3. นำพอลิคาร์บอเนตที่ชั่งมา 200 กรัม ใส่ลงในเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบด
4. ปรับอัตราการไหลของลมร้อนเพื่อให้เกิดสถานะฟลูอิด ไคซ์เซชัน และบันทึกค่าความดันลด
5. จับเวลาหลังจากที่ปรับอัตราเร็วลมจนได้สถานะฟลูอิด ไคซ์เซชันที่เหมาะสมแล้ว
6. เก็บเม็ดพลาสติกที่อบแห้งโดยการเปิดวาล์วเพื่อเก็บสารเมื่อเวลาผ่านไป 1 , 2 , 3, และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับเก็บใส่ขวดที่ปิดสนิททิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
7. นำเม็ดพลาสติกที่อบที่เวลาต่างๆ ไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยเครื่องคูลอมบ์มิเตอร์ แล้วบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น
8. นำเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการอบแห้งไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ด้วยเครื่องคูลอมบ์มิเตอร์ แล้วบันทึกไว้เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนอบ
9. เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเม็ดพลาสติกที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้งกับเม็ดพลาสติกที่ผ่านการอบแห้งแล้ว
10. บันทึกค่าเวลาที่ทำให้ความชื้นหายไปมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การศึกษาปัจจัยอัตราการไหลของอากาศที่มีผลต่อการอบแห้งโดยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด

1. ชั่งพอลิคาร์บอเนต 200 กรัม เพื่อใช้ในการอบแห้ง
2. เปิดเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดเพื่ออุ่นเครื่องและเปิดปั๊มลมตั้งอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองปัจจัยอุณหภูมิหรือจนกว่า Thermostat จะตัดซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิของลมร้อนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว
3. นำพอลิคาร์บอเนตที่ชั่งมา 200 กรัม ใส่ลงในเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด
4. ปรับอัตราการไหลของลมที่ความดันลดต่างๆ (0.071, 0.142 , 0.213 ,0.284 psi)
5. จับเวลาหลังจากที่ปรับอัตราเร็วลมจน ได้สภาวะฟลูอิดไดซ์ที่เหมาะสมแล้ว
6. บันทึกค่าความดันลด (Pressure Drop) ที่ทำการทดลอง
7. เก็บเม็ดพลาสติกที่อบแห้ง โดยการเปิดวาล์วเพื่อเก็บสารเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง เก็บใส่ไว้ในขวดที่ปิดสนิทและทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
8. นำเม็ดพลาสติกที่อบแห้งแล้วไปวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยเครื่องคูลอมบ์มิเตอร์ แล้วบันทึกค่าปริมาณความชื้น
9. นำเม็ดพลาสติกที่ยังไม่ได้อบแห้งไปวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยเครื่องคูลอมบ์มิเตอร์ แล้วบันทึกไว้เป็นค่าปริมาณความชื้นก่อนอบ
10. เปรียบเทียบปริมาณความชื้นในเม็ดพลาสติกที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้งกับเม็ดพลาสติกที่อบแห้ง แล้วบันทึกค่า

### การอบแห้งโดยตู้อบชนิดอากาศหมุนวนของ (PC)

1. ชั่งพอลิคาร์บอเนตมา 200 กรัม ใส่ในถาดแล้วเกลี่ยให้ทั่วถาด นำไปอบด้วยเตาอบ
2. ทำการทดลองศึกษา ปัจจัยอุณหภูมิ ปัจจัยเวลา เหมือนกับการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด
3. นำเม็ดพลาสติกไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยเครื่องคูลอมบ์มิเตอร์แล้วบันทึกค่าเปรียบเทียบกับปริมาณความ ชื้นในเม็ดพลาสติกที่ไม่ได้อบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตอนที่ 3 ขั้นตอนการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอร์ฟทาเลท (PET)

#### การศึกษาปัจจัยอุณหภูมิที่มีผลต่อการอบแห้ง โดยเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบค

1. ชั่งพอลิเอทิลีนเทอร์ฟทาเลทมา 200 กรัม เพื่อใช้ในการอบแห้ง
2. เปิดเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบคเพื่ออุ่นเครื่องและเปิดปุ่มลมตั้งอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส รอจนกว่า Thermostat แสดงว่าอุณหภูมิของลมร้อนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว
3. นำพอลิเอทิลีนเทอร์ฟทาเลทที่ชั่ง 200 กรัม มาใส่ลงในเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบคแล้ว ปรับอัตราการไหลของลมเพื่อให้เกิดสภาวะฟลูอิด ไคซ์เบคเซชันที่เหมาะสมแล้ว บันทึกค่าความดันลด
4. จับเวลาหลังจากที่ปรับอัตราเร็วลมจนได้สภาวะฟลูอิด ไคซ์เบคเซชันที่เหมาะสมแล้ว
5. เก็บเม็ดพลาสติกที่อบแห้งโดยการเปิดวาล์วเพื่อเก็บสารเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง
6. นำเม็ดพลาสติกที่อบแห้งแล้ว ไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ด้วยเครื่องคูอมมิเตอร์ แล้วบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น
7. นำเม็ดพลาสติกที่ไม่ได้ผ่านการอบมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำด้วยเครื่องคูอมมิเตอร์ แล้วบันทึกไว้เป็นปริมาณความชื้นก่อนอบ
8. เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเม็ดพลาสติกที่ผ่านการอบแห้งแล้วกับ เม็ดพลาสติกที่ยังไม่อบแห้ง แล้วบันทึกค่า
9. ทำเหมือนข้อ 1-8 แต่เปลี่ยนอุณหภูมิที่จะทดลองเป็น 100 ,110 และ 120 องศาเซลเซียสตามลำดับ
10. บันทึกอุณหภูมิที่ทำให้ความชื้นหายไปมากที่สุด

#### การศึกษาปัจจัยเวลาที่ผลต่อการอบแห้ง โดยเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบค

1. ชั่งพอลิเอทิลีนเทอร์ฟทาเลทมา 300 กรัม เพื่อใช้ในการอบแห้ง
2. เปิดเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบคเพื่ออุ่นเครื่องและเปิดปุ่มลมตั้งอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองปัจจัยอุณหภูมিরอจนกว่า Thermostat จะตัดซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิของลมร้อนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว
3. นำพอลิเอทิลีนเทอร์ฟทาเลทที่ชั่งมา 300 กรัม ใส่ลงในเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบค
4. ปรับอัตราการไหลของลมร้อนเพื่อให้เกิดสภาวะฟลูอิด ไคซ์เบคเซชันที่และบันทึกค่าความดันลดไว้
5. จับเวลาหลังจากที่ปรับอัตราเร็วลมจนได้สภาวะฟลูอิด ไคซ์เบคเซชันที่เหมาะสมแล้ว
6. เก็บเม็ดพลาสติกที่อบแห้งโดยการเปิดวาล์วเพื่อเก็บสารเมื่อเวลาผ่านไป 1 , 2 , 3 และ 4 ชั่วโมงตามลำดับ เก็บในซองที่ปิดสนิทและทิ้งให้เย็นในเคชิกเคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำเม็ดพลาสติกที่อบที่เวลาต่างๆ ไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยเครื่องกลูโอมบีมิเตอร์แล้วบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น
8. นำเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการอบแห้งที่เก็บไว้ในเดซิเคเตอร์ไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยเครื่องกลูโอมบีมิเตอร์แล้วบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น
9. เปรียบเทียบปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเม็ดพลาสติกที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้งกับเม็ดพลาสติกที่อบแห้งแล้ว
10. บันทึกเวลาที่ความชื้นหายไปมากที่สุด

การศึกษาปัจจัยอัตราการไหลของอากาศที่มีผลต่อการอบแห้งโดยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด

1. ชั่งพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทมา 200 กรัม ใช้ในการอบแห้ง
2. เปิดเครื่องฟลูอิดไดซ์เพื่ออุ่นเครื่องและเปิดปั๊มลมตั้งอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองปัจจัยอุณหภูมิรอกกว่าThermostatจะตัดซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิของลมร้อนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว
3. นำพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทที่ชั่งมา 200 กรัม ใส่ลงในเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด
4. ปรับอัตราการไหลของลมที่ความดันลดต่างๆ (0.057, 0.144, 0.171, 0.228 psi)
5. จับเวลาหลังจากที่ปรับอัตราเร็วลมจนได้สถานะฟลูอิดไดซ์ที่เหมาะสมแล้ว
6. บันทึกค่าความดันลด (Pressure drop) ที่ทำการทดลอง
7. เก็บเม็ดพลาสติกที่อบแห้งโดยการเปิดวาล์วเพื่อเก็บสารเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมงแล้วใส่ขวดที่ปิดสนิทและทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
8. นำเม็ดพลาสติกที่อบแห้งแล้วไปวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยเครื่องกลูโอมบีมิเตอร์ แล้วบันทึกค่าความชื้นที่วัดได้
9. นำเม็ดพลาสติกที่ยังไม่ได้อบแห้งไปวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยเครื่องกลูโอมบีมิเตอร์ แล้วบันทึกค่าปริมาณความชื้น
- 10 เปรียบเทียบปริมาณความชื้นในเม็ดพลาสติกที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้งกับที่ผ่านการอบแห้งแล้วบันทึกค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยเตาอบชนิดอากาศหมุนวนของ (PET)

1. ชั่งพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท 200 กรัม ใส่ในถาดแล้วเกลี่ยให้ทั่วแผ่นถาด
2. ทำการทดลองศึกษาปัจจัยอุณหภูมิและปัจจัยเวลาเหมือนกับการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบค
3. นำเม็ดพลาสติกไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยเครื่องคูลอมมิเตอร์แล้วบันทึกค่าเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นในเม็ดพลาสติกที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้ง

**ตอนที่ 4. การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นหลังการอบด้วยเครื่องคูลอมมิเตอร์**

1. ชั่งเม็ดพลาสติกที่ต้องการวัดปริมาณความชื้น 1 กรัม โดยชั่งอย่างละเอียด
2. ชั่งเมทานอลอย่างละเอียด 30 กรัม ใส่ไว้ในขวดสุญญากาศ
3. นำเม็ดพลาสติกใส่ลงในขวดในเมทานอลปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 15 นาที
4. ใช้เข็มดูดสารในข้อ 3 ชั่งน้ำหนักเข็มก่อนฉีดอย่างละเอียด แล้วจึงฉีดสารลงไป  
ในเครื่องคูลอมมิเตอร์
5. ชั่งน้ำหนักเข็มหลังฉีดเพื่อหาปริมาณของสารที่ฉีด
6. อ่านค่าที่วัดได้เพื่อไปคำนวณหาปริมาณความชื้นในสารตัวอย่างโดยใช้สมการดังนี้

$$W_s(H_2O) = [w_{s+m}(H_2O) * (m_s + m_M) - w_M(H_2O) * m_M] / m_s$$

เมื่อ

S = Sample

M = เมทานอล

$m_s$  = น้ำหนักสารตัวอย่าง

$m_M$  = น้ำหนักเมทานอล

$W_s(H_2O)$  = ปริมาณความชื้นในสารตัวอย่าง

$w_{s+m}(H_2O)$  = ปริมาณความชื้นในตัวอย่างและเมทานอล

$w_M(H_2O)$  = ปริมาณความชื้นในเมทานอล

$$\text{ประสิทธิภาพในการอบแห้ง} = \frac{\text{ความชื้นก่อนอบแห้ง} - \text{ความชื้นหลังอบแห้ง}}{\text{ความชื้นก่อนอบแห้ง}} * 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 4.1 การประกอบเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด

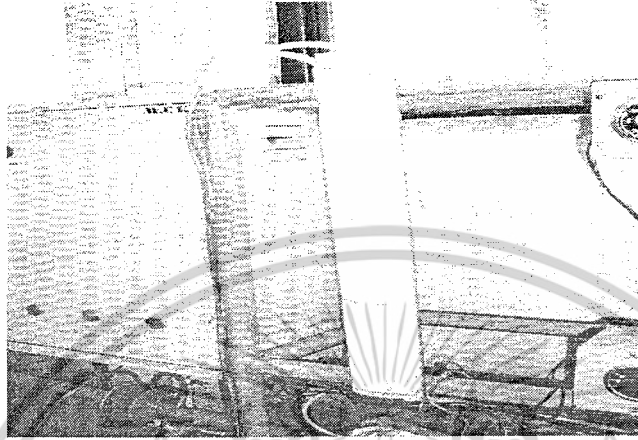
ในงานวิจัยนี้ได้นำเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดที่อาศัยหลักการให้ความร้อน และทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เซชันมาใช้ในการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต(PC) และ พอลิเอทิลีน เทอเรฟทาเลท (PET) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการอบแห้ง และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการอบแห้งเม็ดพลาสติกกับเตาอบ โดยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดประกอบด้วยคอลัมน์ที่ทำจากท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3 นิ้ว สูง 30 นิ้ว หุ้มคอลัมน์ชั้นในด้วยฉนวนใยแก้ว และหุ้มชั้นนอกด้วยกระดาษฟอยล์ ด้านล่างของคอลัมน์นี้ต่อเข้ากับท่ออากาศเพื่อให้ลมเป่าขึ้นจากด้านล่างของคอลัมน์ โดยส่วนของท่อลมนี้ต่ออยู่กับสายยางที่มาจากปั๊มลม (Blower) การให้อากาศร้อนจะอาศัยขดลวดความร้อน (Heating coil) ที่พันอยู่กับท่อลมวัดความดันลดด้วยมานอมิเตอร์และใช้โรตารีมิเตอร์ในการสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 เนื่องจากเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นเองจึงต้องมีการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องก่อน โดยสอบเทียบมาตรฐานวัดอัตราการไหลของอากาศ และสอบเทียบมาตรฐานวัดอุณหภูมิ เพื่อความถูกต้องของข้อมูลการทดลอง



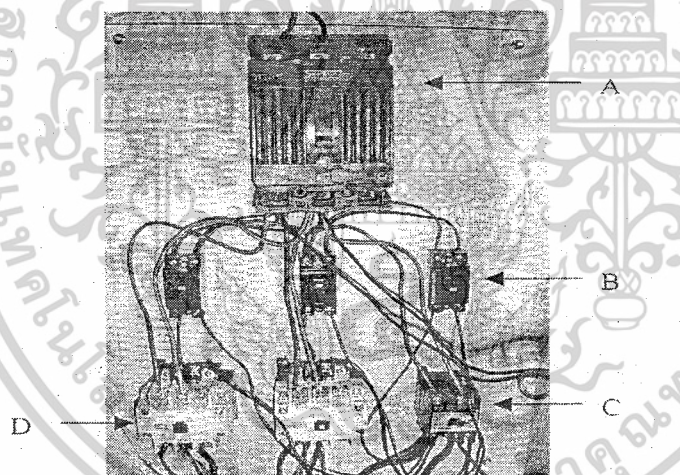
รูปที่ 4.1 เครื่องฟลูอิดไดซ์เบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

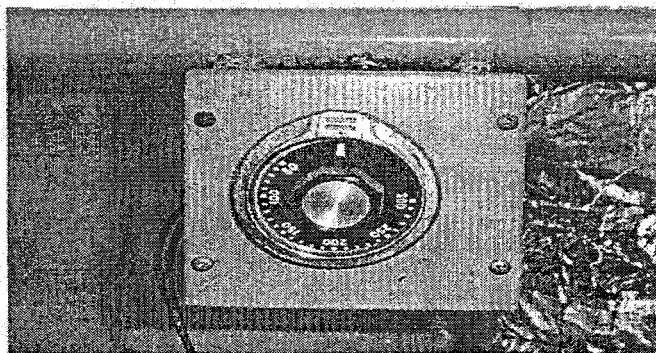
## ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด



รูปที่ 4.2 มานอมิเตอร์

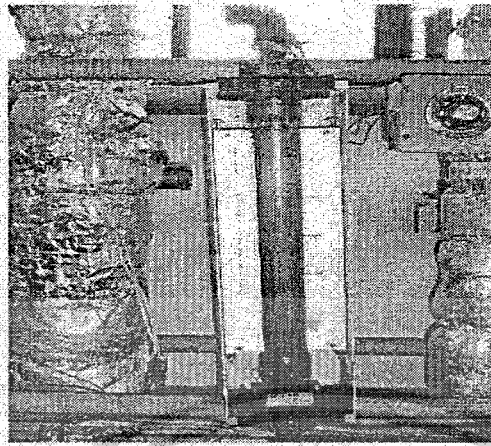


รูปที่ 4.3 แผงวงจรควบคุม

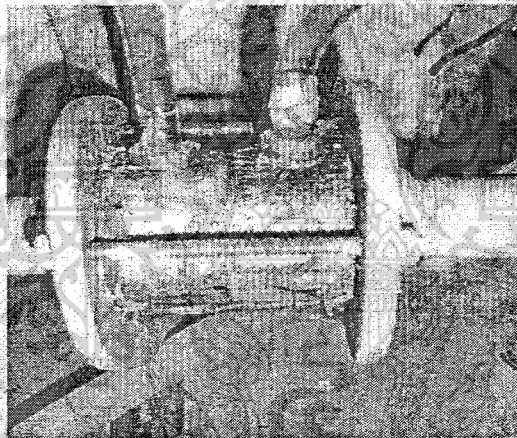


รูปที่ 4.4 เทอร์โมสตัท

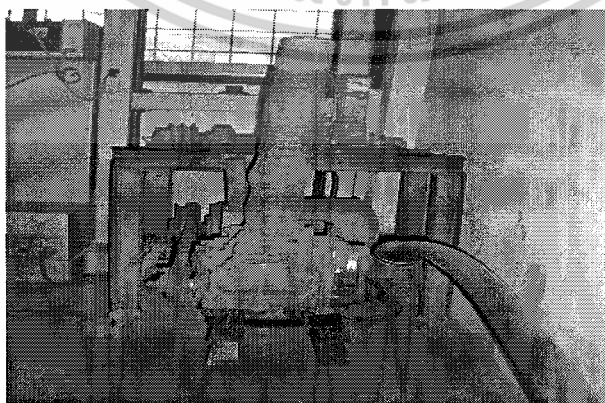
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 โรตามิเตอร์



รูปที่ 4.6 ออร์พิชชนิดศูนย์กลางร่วม



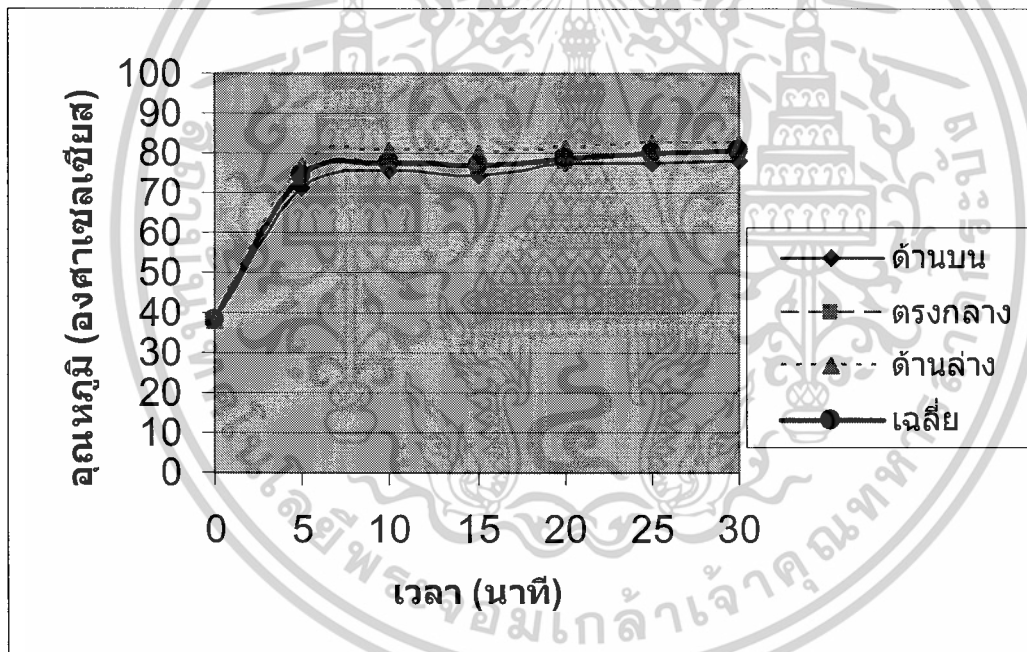
รูปที่ 4.7 ป้อมขนาด 5 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิ

### 4.2.1 การสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส

จากการสอบเทียบมาตรฐานวัดอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสทั้ง 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งบน ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งล่างของคอลัมน์นาน 30 นาที แสดงดังรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าในช่วง 5 นาทีแรกอุณหภูมิ จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาที อุณหภูมิจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ทั้ง 3 ตำแหน่งโดยแต่ละตำแหน่ง จะมีค่าความเบี่ยงเบนของอุณหภูมิ  $\pm 5$  องศาเซลเซียส แสดงว่าอุณหภูมิของคอลัมน์มีค่าเท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้จริง

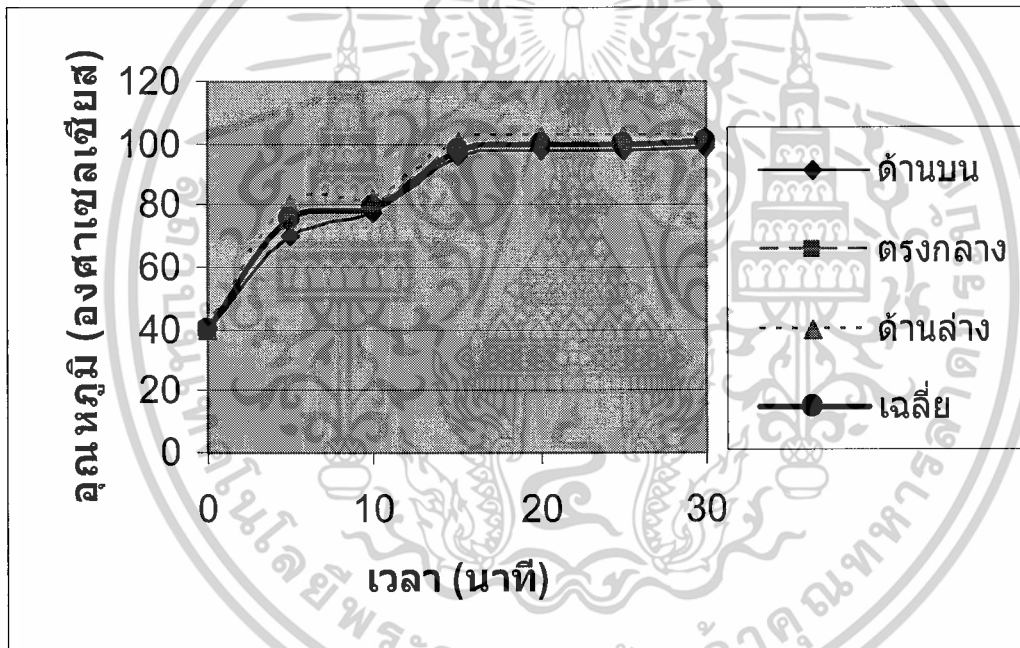


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ 80 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 การสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส

จากการสอบเทียบมาตรฐานวัดอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสทั้ง 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งบน ตำแหน่งกลาง และ ตำแหน่งล่างของคอลัมน์นาน 30 นาทีแสดงดังรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าในช่วง 10 นาทีแรกอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 15 นาทีอุณหภูมิจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ทั้ง 3 ตำแหน่งโดยแต่ละตำแหน่งจะมีค่าความเบี่ยงเบนของอุณหภูมิ  $\pm 3$  องศาเซลเซียส แสดงว่าอุณหภูมิของคอลัมน์มีค่าเท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้จริง

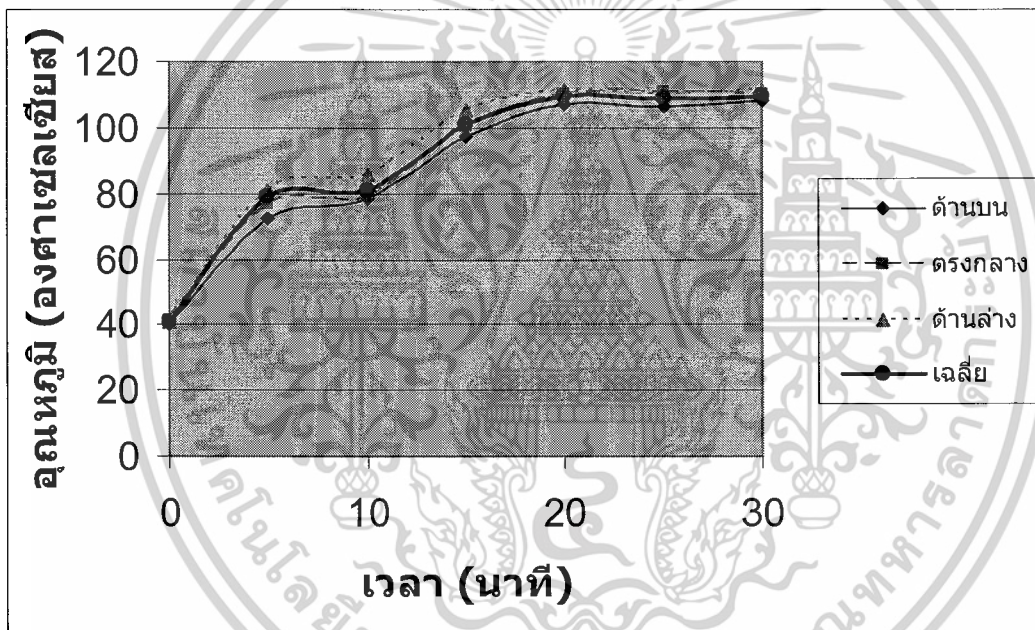


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ 100 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3 การสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิที่ 110 องศาเซลเซียส

จากการสอบเทียบมาตรฐานวัดอุณหภูมิที่ 110 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสทั้ง 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งบน ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งล่างของคอลัมน์ นาน 30 นาที แสดงดังรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าในช่วง 15 นาทีแรกอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาทีอุณหภูมิจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ทั้ง 3 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งจะมีค่าความเบี่ยงเบนของอุณหภูมิ  $\pm 3$  องศาเซลเซียส แสดงว่าที่อุณหภูมิของคอลัมน์เท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้จริง

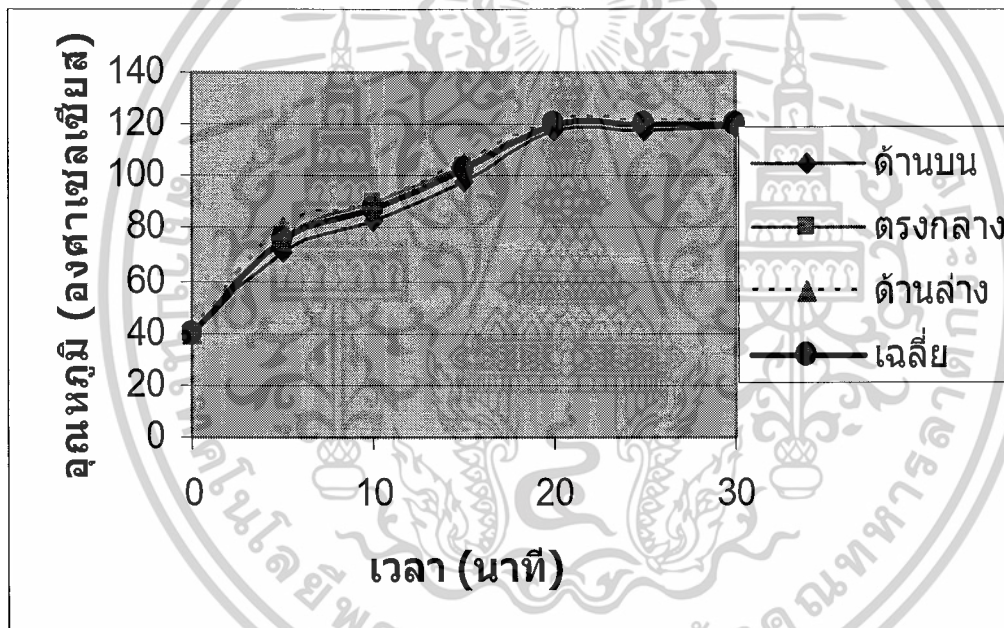


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ 110 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.4 การสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิที่ 120 องศาเซลเซียส

จากการสอบเทียบมาตรฐานวัดอุณหภูมิที่ 120 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสทั้ง 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งบน ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งล่างของคอลัมน์ นาน 30 นาทีแสดงดังรูปที่ 4.11 จะเห็นว่าในช่วง 20 นาทีแรกอุณหภูมิ จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาทีอุณหภูมิจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ทั้ง 3 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งจะมีค่าความเบี่ยงเบนของอุณหภูมิ  $\pm 3$  องศาเซลเซียส แสดงว่าที่อุณหภูมิของคอลัมน์เท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้จริง

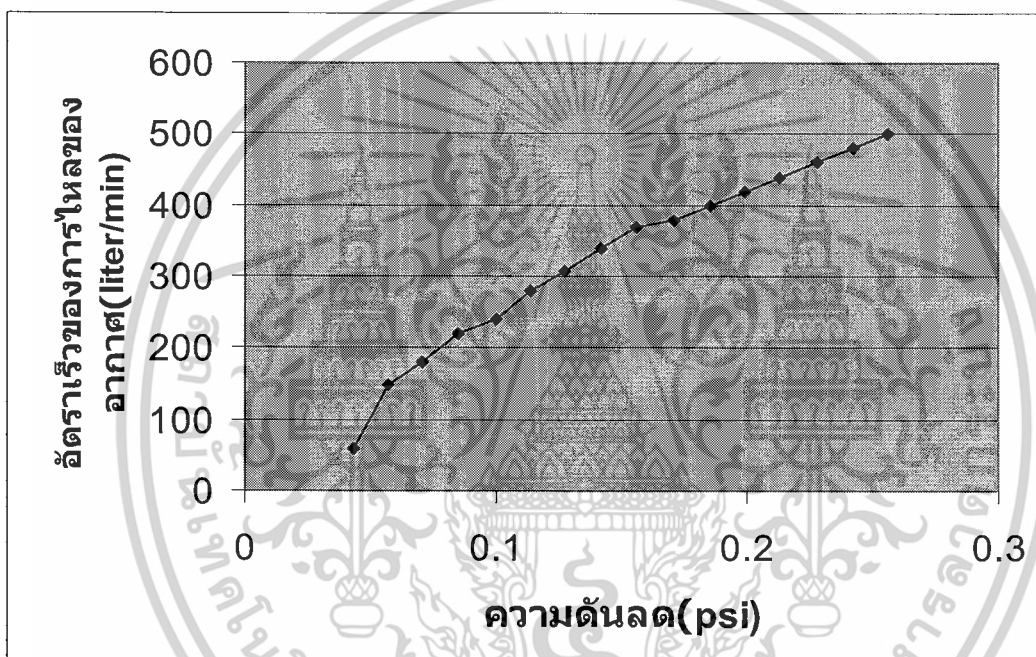


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ 120 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลการสอบเทียบมาตรฐานวัดอัตราการไหลของอากาศ

การสอบเทียบมาตรฐานวัดอัตราการไหลของอากาศโดยอ่านค่าความดันลดจากมานอมิเตอร์ และอ่านค่าอัตราการไหลของอากาศจากโรตاميเตอร์แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับความดันลด จากกราฟจะเห็นว่าความดันลดจะแปรผันตามอัตราการไหลของอากาศ และจากกราฟนี้สามารถนำมาใช้หาอัตราการไหลของอากาศที่ค่าความดันลดอื่นๆ ได้



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันลดกับอัตราการไหล

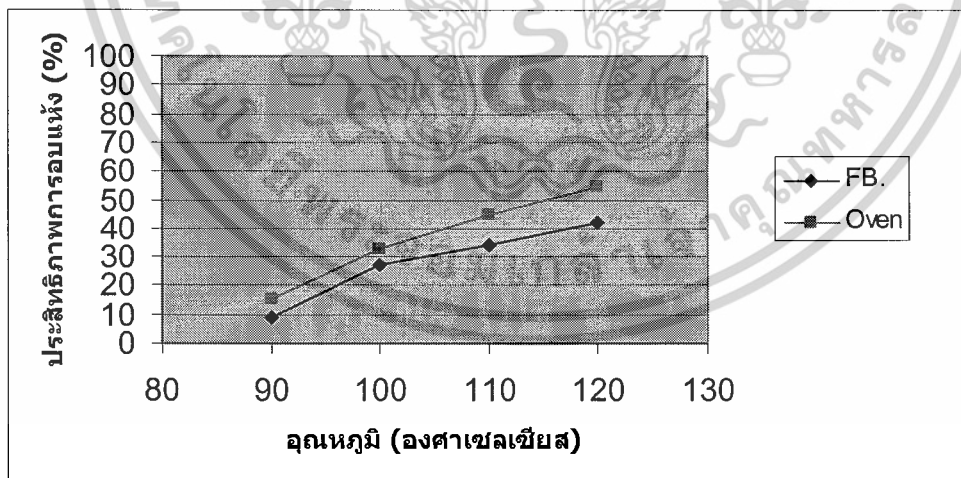
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 ผลของปัจจัยในการอบแห้งเม็ดพลาสติก

##### 4.4.1 การอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต (PC)

##### 4.4.1.1 ผลของปัจจัยอุณหภูมิ

เมื่อทำการทดลองโดยกำหนดให้เวลาในการอบแห้งคงที่ 1 ชั่วโมง ความดันลด 0.142 psi โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 90 100 110 และ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับพบว่า ทั้งการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดและการอบแห้งด้วยเตาอบมีแนวโน้มประสิทธิภาพในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเดียวกันจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการอบแห้งของเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดจะสูงกว่าการอบแห้งด้วยเตาอบ ดังรูปที่ 4.13 อธิบายได้ว่าการทำให้เกิดสถานะฟลูอิดไดซ์เซชันจะทำให้บริเวณพื้นผิวของเม็ดพลาสติกสัมผัสกับอากาศร้อน ได้มากขึ้นทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนได้ดีกว่าการปล่อยให้เม็ดพลาสติกอยู่นิ่งๆ [26] และการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดจะให้ความสม่ำเสมอในการอบแห้งที่ดีกว่าเนื่องจากเม็ดพลาสติกทุกเม็ดได้รับการถ่ายโอนความร้อนได้เท่าๆ กัน ทำให้การอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดจะระเหยความชื้นออกมาจากเม็ดพลาสติกได้ดีกว่าการอบแห้งด้วยเตาอบ [26] จึงทำให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าการอบแห้งด้วยเตาอบ และจากกราฟจะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการอบแห้งสูงสุดดังรูปที่ 4.13



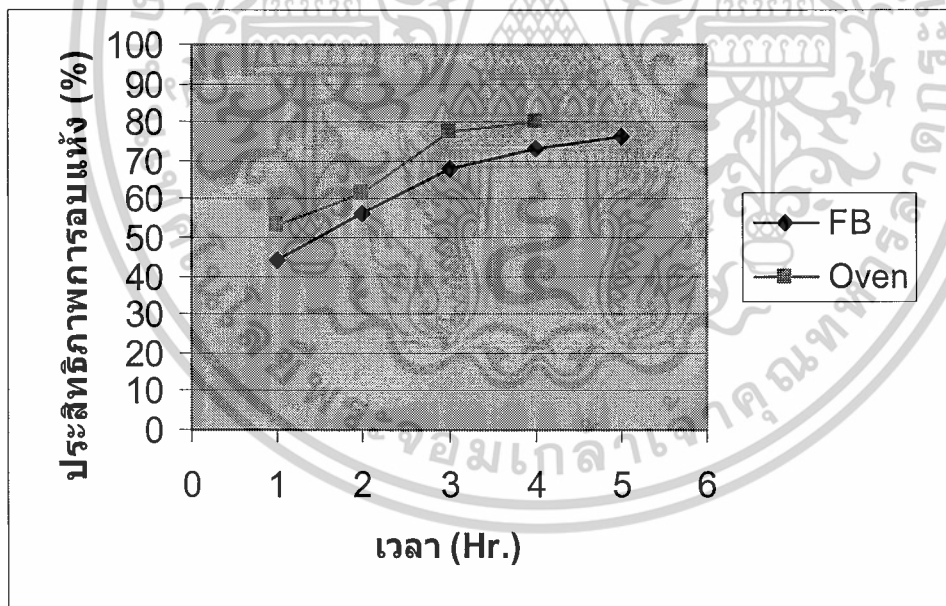
FB = Fluidize bed

รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอบแห้งเม็ดพลาสติก PC กับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.1.2 ผลของปัจจัยเวลา

เมื่อทดลองโดยกำหนดให้อุณหภูมิในการอบแห้งเท่ากับ 120 องศาเซลเซียส ความดันลดคงที่ 0.142 psi พบว่าเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้นเป็นเวลา 1 2 3 4 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ ทำให้ประสิทธิภาพการอบแห้งของทั้งฟลูอิดไดซ์เบด และ เตอบดขึ้น เพราะเม็ดพลาสติกมีเวลาที่รับความร้อนและระเหยความชื้นออกมาได้มากขึ้น เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด พบว่าประสิทธิภาพการอบแห้งเริ่มคงที่เมื่อใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 3 ชั่วโมงในขณะที่การอบแห้งด้วยเตอบจะใช้เวลานานกว่า นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเท่ากัน พบว่าการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด มีประสิทธิภาพในการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งด้วยเตอบ เนื่องจากสามารถเกิดสถานะฟลูอิดไดซ์เซชัน ได้จึงทำให้ลมร้อนได้สัมผัสเม็ดพลาสติกอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ เกิดการถ่ายโอนความร้อนระหว่างเม็ดพลาสติกกับอากาศร้อนได้ดีขึ้นจึงทำให้ประสิทธิภาพการอบแห้งดีขึ้น [26] ดังแสดงในรูปที่ 4.14



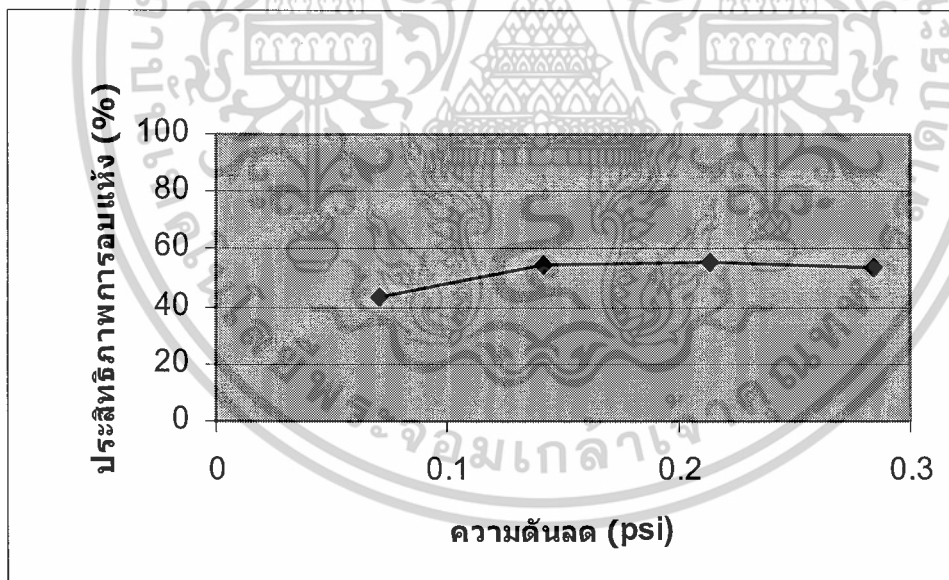
FB = Fluidize bed

รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอบแห้งกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

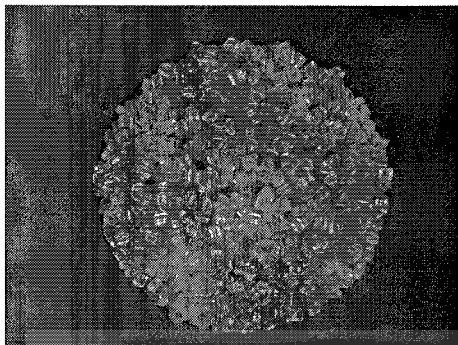
#### 4.4.1.3 ผลของปัจจัยอัตราการไหลของอากาศ

เมื่อทำการทดลองโดยให้อุณหภูมิในการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนตคงที่ 120 องศาเซลเซียสใช้เวลาในการอบแห้ง 1 ชั่วโมงเพิ่มความดันลดเป็น 0.071 0.142 0.213 และ 0.284 psi ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการอบแห้งเพิ่มขึ้น จนถึงความดันลดประมาณ 0.213 psi และเมื่อความดันลดเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 0.284 psi ประสิทธิภาพการอบแห้งเริ่มคงที่และลดลง สามารถอธิบายได้ว่าเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นทำให้เม็ดพลาสติกเกิดการกระจายตัวได้ดีขึ้น และพื้นผิวของเม็ดพลาสติกมีโอกาสสัมผัสกับลมร้อนได้มากขึ้นทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนระหว่างเม็ดพลาสติกกับลมร้อนได้ดีส่งผลให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งสูงขึ้น [26] แต่ถ้าอัตราการไหลของอากาศมากเกินไปเม็ดพลาสติกจะเกิดการถ่ายโอนความร้อนและการถ่ายโอนมวลระหว่างอากาศร้อนกับเม็ดพลาสติกไม่ทันทำให้ประสิทธิภาพการอบแห้งลดลง [26] ดังรูปที่ 4.15

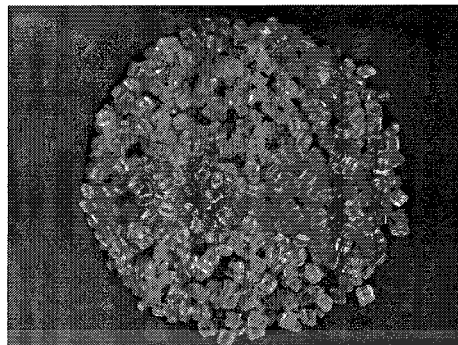


รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการอบแห้งกับความดันลด

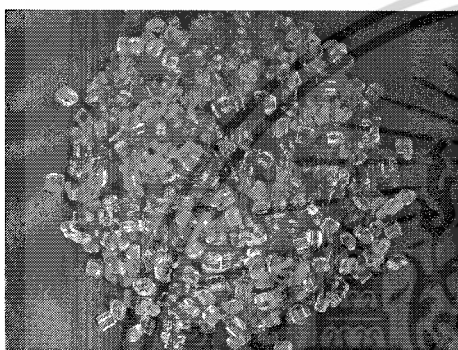
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



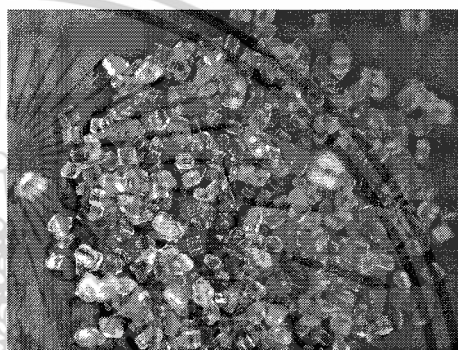
ความดันลด 0.071 psi



ความดันลด 0.142 psi



ความดันลด 0.213 psi



ความดันลด 0.284 psi

**รูปที่ 4.16** แสดงการกระจายตัวของเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนตที่อัตราการไหลของอากาศต่างๆ (ภาพถ่ายจากด้านบน)

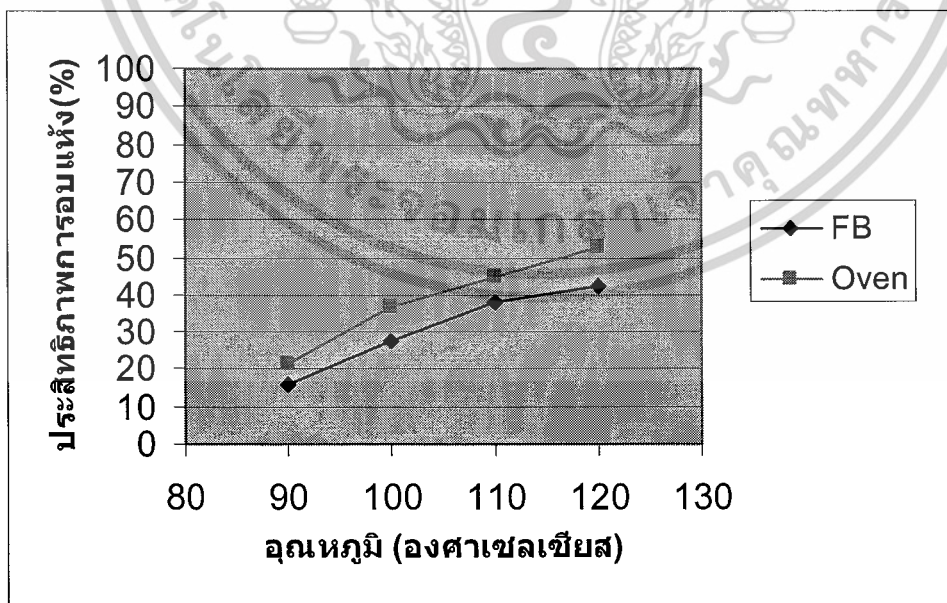
จากรูปที่ 4.16 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นส่งผลให้เม็ดพลาสติกกระจายตัวและอยู่ห่างกันมากขึ้น โดยจะเห็นว่าอัตราการไหลของอากาศที่ความดันลด 0.071 psi เม็ดพลาสติกยังมีการกระจายตัวน้อยและอยู่กันอย่างหนาแน่นส่งผลให้การอบแห้งไม่ดี แต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศมากขึ้นเป็นที่ความดันเท่ากับ 0.142 psi พบว่าเม็ดพลาสติกมีการกระจายตัวที่ดีขึ้นและประสิทธิภาพการอบแห้งดีขึ้นด้วย และเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศอีกพบว่าเม็ดพลาสติกก็จะกระจายตัวอยู่ห่างกันมากขึ้นแต่ประสิทธิภาพการอบแห้งจะเริ่มคงที่และไม่ขึ้นกับอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.2 การอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET)

##### 4.4.2.1 ผลของปัจจัยอุณหภูมิ

เมื่อกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการอบแห้งคงที่ 1 ชั่วโมง ความดันลด 0.114 psi และใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 90 100 110 และ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่าทั้งการอบแห้งด้วยเตาอบและการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดมีแนวโน้มประสิทธิภาพในการอบแห้งเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเดียวกัน จะเห็นว่าประสิทธิภาพในการอบแห้งของเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดสูงกว่าการอบแห้งด้วยเตาอบ ดังรูปที่ 4.17 อธิบายได้ว่าการทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เซชันจะทำให้พื้นผิวของเม็ดพลาสติกมีโอกาสสัมผัสกับอากาศร้อนได้มากขึ้นทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนได้ดีกว่าการปล่อยให้เม็ดพลาสติกอยู่นิ่ง [26] และการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดจะให้ความสม่ำเสมอในการอบแห้งดีกว่าเนื่องจากเม็ดพลาสติกทุกเม็ดได้รับการถ่ายโอนความร้อนได้เท่าๆ กันทำให้การอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดระเหยความชื้นออกมาจากเม็ดพลาสติกได้ดีกว่าการอบแห้งด้วยเตาอบ จึงทำให้มีประสิทธิภาพการอบแห้งสูงกว่า [26] ดังแสดงดังรูปที่ 4.17

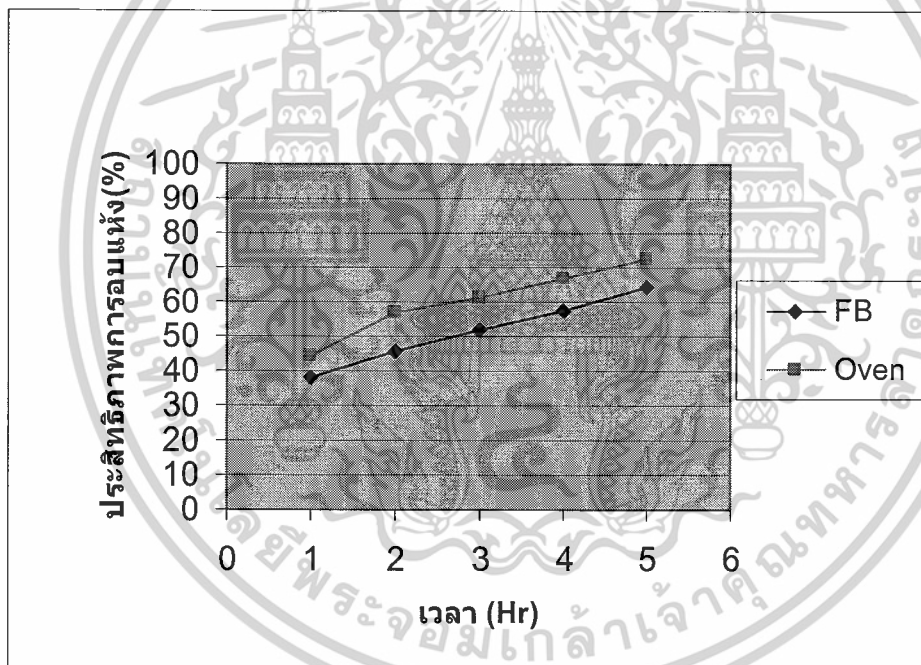


FB = Fluidize bed

**รูปที่ 4.17** ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอบแห้งเม็ดพลาสติก PET กับอุณหภูมิ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.2.2 ผลของปัจจัยเวลา

เมื่อทดลองโดยกำหนดให้อุณหภูมิในการอบแห้งเท่ากับ 110 องศาเซลเซียส ความดันลดคงที่ 0.114 psi พบว่าเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้นเป็นเวลา 1 2 3 4 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ จะทำให้ประสิทธิภาพการอบแห้งของทั้งฟลูอิดไดซ์เบดและเตาอบดีขึ้นเพราะเม็ดพลาสติกมีเวลาที่จะรับความร้อนและระเหยความชื้นออกมาได้มากขึ้น และเมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเท่ากัน พบว่าการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด จะมีประสิทธิภาพในการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งด้วยเตาอบ เนื่องจากสามารถเกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เซชันได้จึงทำให้ลมร้อนได้สัมผัสเม็ดพลาสติกอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอเกิดการถ่ายโอนความร้อนดีขึ้น ประสิทธิภาพการอบแห้งจึงดีขึ้น [26] ดังแสดงในรูปที่ 4.18



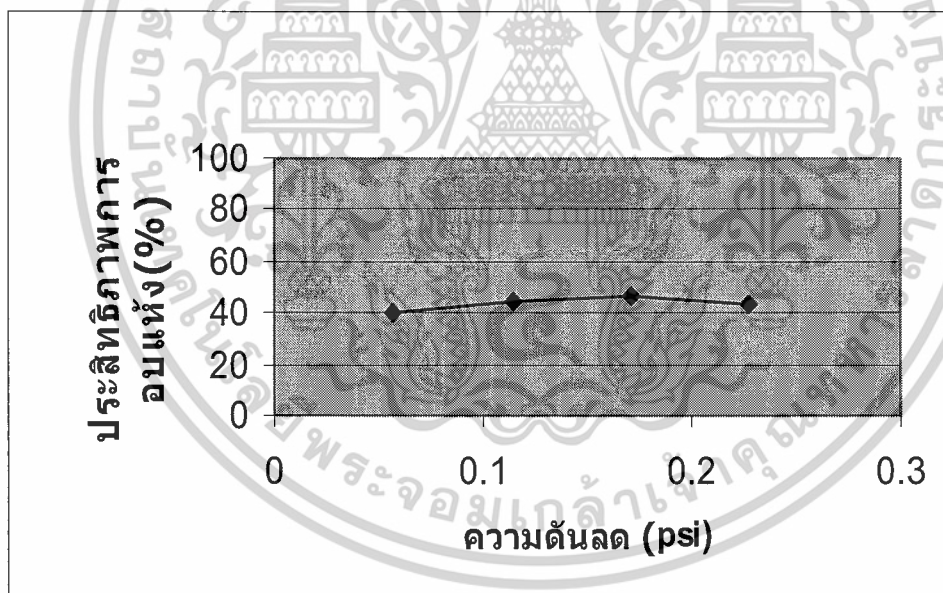
FB = Fluidize bed

รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอบแห้งกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

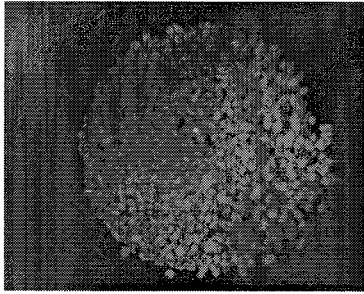
#### 4.4.2.3 ผลของปัจจัยอัตราการไหลของอากาศ

เมื่อทดลองโดยให้อุณหภูมิในการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอเรพทาเลทอยู่ที่ 120 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้ง 1 ชั่วโมงเพิ่มความดันลดเป็น 0.057 0.114 0.171 และ 0.228 psi ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นจนถึงความดันลดประมาณ 0.171 psi และเมื่อความดันลดเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 0.228 psi ประสิทธิภาพการอบแห้งจะเริ่มคงที่และลดลง สามารถอธิบายได้ว่าเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นจะทำให้เม็ดพลาสติกเกิดการกระจายตัวได้ดีขึ้นและพื้นผิวของเม็ดพลาสติกมีโอกาสสัมผัสกับลมร้อนได้มากขึ้นทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนได้ดีส่งผลให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งสูงขึ้น และเมื่ออัตราการไหลของอากาศมากเกินไปทำให้เม็ดพลาสติกเกิดการถ่ายโอนความร้อนและถ่ายโอนมวลระหว่างอากาศร้อนกับเม็ดพลาสติกไม่ทันทำให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งลดลงเล็กน้อย[23] ดังรูปที่ 4.19

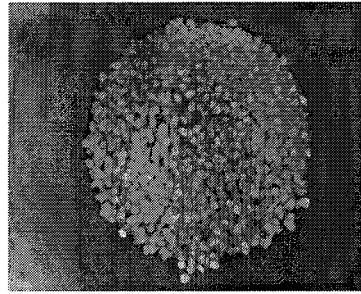


รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการอบแห้งกับความดันลด

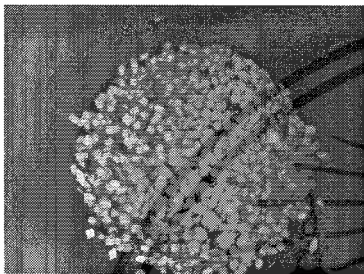
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



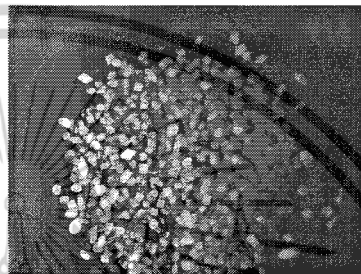
ความดันลด 0.057 psi



ความดันลด 0.114 psi



ความดันลด 0.171 psi



ความดันลด 0.228 psi

**รูปที่ 4.20** แสดงการกระจายตัวของเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทที่อัตราการไหลของอากาศต่างๆ (ภาพถ่ายจากด้านบน )

จากรูปที่ 4.20 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นส่งผลให้เม็ดพลาสติกกระจายตัวและอยู่ห่างกันมากขึ้น โดยจะเห็นว่าอัตราการไหลของอากาศที่ความดันลด 0.057 psi เม็ดพลาสติกยังมีการกระจายตัวน้อยและอยู่กันอย่างหนาแน่นส่งผลให้การอบแห้งไม่ดี แต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศมากขึ้นเป็นที่ความดันเท่ากับ 0.114 psi พบว่าเม็ดพลาสติกมีการกระจายตัวที่ดีขึ้นและประสิทธิภาพการอบแห้งดีขึ้นด้วย และเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศอีกพบว่าเม็ดพลาสติกก็จะกระจายตัวอยู่ห่างกันมากขึ้นแต่ประสิทธิภาพการอบแห้งจะเริ่มคงที่และไม่ขึ้นกับอัตราการไหล และเมื่อพิจารณาอัตราการไหลของอากาศที่ใช้พบว่าพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทใช้อัตราการไหลอากาศในการเกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เซชันน้อยกว่าเนื่องจากเม็ดพลาสติกมีขนาดเล็ก และ เบากว่าเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.5 การดูความชื้น

### 4.5.1 พอลิคาร์บอเนต (PC)

เมื่อนำพอลิคาร์บอเนต (PC) ที่มีความชื้น 0.20005 % มาอบแห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงเมื่อนำมาวิเคราะห์ความชื้น พบว่ามีความชื้นเหลืออยู่ 0.05265 % หลังจากนั้นนำเม็ดพลาสติกที่อบแห้งแล้วไปตั้งไว้ในสภาวะบรรยากาศ 5 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์หาความชื้นพบว่าความชื้นในเม็ดพลาสติกมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.1978 %

สรุปได้ว่าเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนตมีการดูความชื้นจริง [4]



รูปที่ 4.21 การดูความชื้นของเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต (PC)

### 4.5.2 พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET)

เมื่อนำพอลิคาร์บอเนต (PET) ที่มีความชื้น 0.2567 % มาอบแห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อนำมาวิเคราะห์ความชื้น พบว่ามีความชื้นเหลืออยู่ 0.09218% หลังจากนั้นนำเม็ดพลาสติกที่อบแห้งแล้วไปตั้งไว้ในสภาวะบรรยากาศ 5 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์หาความชื้นพบว่าความชื้นในเม็ดพลาสติกมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.2481%

สรุปได้ว่าเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET) มีการดูความชื้นจริง [27]



รูปที่ 4.22 การดูความชื้นของเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

##### 5.1.1 การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด

เนื่องจากเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นเองจึงต้องมี การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องก่อนการนำมาทดลองในงานวิจัยเพื่อความถูกต้อง โดยสอบเทียบมาตรฐานวัดอัตราการไหลของอากาศ และสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิ

จากการสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิพบว่าเมื่ออุณหภูมิเข้าใกล้ค่าที่ตั้งไว้แล้ว อุณหภูมิที่วัด ณ ตำแหน่งบน ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งล่างของคอลัมน์ มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีความเบี่ยงเบนอยู่ในช่วง  $\pm 3$  องศาเซลเซียส และจากกราฟสอบเทียบมาตรฐานวัดอัตราการไหลของอากาศกับความดันลดทำให้สามารถหาอัตราการไหลของอากาศได้โดยอาศัยความสัมพันธ์กับความดันลด

##### 5.1.2 สรุปผลของปัจจัยการอบแห้ง

จากการทดลองศึกษาปัจจัยการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท และพอลิคาร์บอเนต โดยใช้การอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดและเตาอบ พบว่าทั้งพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทและพอลิคาร์บอเนต มีแนวโน้มที่ขึ้นกับปัจจัยอุณหภูมิและปัจจัยเวลาในการอบแห้งไปในทิศทางเดียวกัน โดยประสิทธิภาพในการอบแห้งจะขึ้นกับปัจจัยอุณหภูมิมากที่สุด โดยสังเกตได้จากประสิทธิภาพในการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นมากเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง ดังนั้นในการอบแห้งเม็ดพลาสติกให้มีประสิทธิภาพดีจึงต้องเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมและไม่สูงเกินไปจนเม็ดพลาสติกเกิดการเสียหายหรือหลอมเหลวในขณะทำการอบแห้ง ส่วนปัจจัยที่มีผลรองลงมาคือระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง สำหรับเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพียงพอที่จะทำให้เม็ดพลาสติกเกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เซชันแล้ว การเพิ่มอัตราการไหลของอากาศจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการอบแห้งเพียงเล็กน้อยและเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งระหว่างเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดกับเตาอบที่สภาวะเดียวกันพบว่าเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดมีประสิทธิภาพในการอบแห้งดีกว่า และใช้เวลาอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งด้วยเตาอบ

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปัจจัยขนาด และรูปร่างของเม็ดพลาสติกที่มีผลต่อการอบแห้ง
2. ควรมีการนำเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชันไปใช้ในการอบแห้งอย่างอื่น เช่น ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เป็นต้น
3. ควรมีการดัดแปลงใช้คอลัมน์ที่โปร่งแสงเพื่อให้สังเกตสภาพฟลูอิดไดซ์เซชันได้สะดวกขึ้น
4. ควรมีการนำคอลัมน์มาต่อกันเพื่อให้เป็นระบบต่อเนื่อง
5. ควรมีการศึกษาปัจจัยความเป็นผลึกของเม็ดพลาสติกต่อผลการอบแห้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. MRG Development team. “**The macrogalleria a cyberwonderland of polymer fun**”.  
[online] Available : <http://www.psrc.usm.edu/macrog/pc.htm>. 1995,1996
2. Torben Lenau “**Design insite**”.[online] Available :  
<http://www.designinsite.dk/htmsider/m0010.htm>
3. Studio Systems.[online] Available :  
<http://www.opticaldisc-systems.com/Jan-Feb2004/Makrolon70.htm>
4. Eastpoint oltean. “**Online database for the plastics industry**” .[online] Available :  
<http://www.plasticsusa.com/pc.html>
5. MRG Development team. “**The macrogalleria a cyberwonderland of polymer fun**”.  
[online] Available : <http://www.psrc.usm.edu/macrog/pet.htm>. 1995,2002
6. Tangnam Technology Ltd. “**Quick polymer information**”.[online] Available :  
[http://www.tangram.co.uk/TI-Polymer-IntroQuick\\_Polymer.html](http://www.tangram.co.uk/TI-Polymer-IntroQuick_Polymer.html)
7. ชลารชร จันทร์ทัต และธีรวัฒน์ เฉลิมสุขศรี, “การรีไซเคิลของพอลิเอทิลีนเทอร์พทาเลทโดยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบปิดวงและเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวง”, โครงการพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต,ภาควิชาเคมี,คณะวิทยาศาสตร์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
8. SKS Bottle & Packaging, Inc. “**Chemistry of Plastics**” . [online] Available:  
[http://www.sks-bottle.com/Chem\\_Plastic.html](http://www.sks-bottle.com/Chem_Plastic.html)
9. Eastpoint oltean. “**Online database for the plastics industry**” .[online] Available  
<http://www.plasticsusa.com/pet.html>
10. พล สาเททอง, “ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับฟลูอิดไดซ์เซชัน ” , ภาควิชาเคมี , คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2528
11. รศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, “ คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี ” , โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2536,86-88
12. จาตุรงค์ บุญทันใจ , “ การออกแบบโรงงานทางวิศวกรรมเคมี ” , ภาควิชาวิศวกรรมเคมี , คณะวิศวกรรมศาสตร์ , มหาวิทยาลัยขอนแก่น , 2531
13. บุญยงค์ ภูพิณฑพงษ์ , “ หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ” , กรุงเทพฯ , 2531,250-263.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

14. EMD Chemicals Inc. [online] Available :  
www.emdchemicals.com/analytics/ literature/KF\_Titration\_Basics.pdf
15. Dovebid business Auctions & valuations worldwide. [online] Available :  
http://www.dovebid.com/Auctions/Auction2739/alb/imagepages/image92.asp
16. Niamnuy. C and Devahastin. S. “Drying kinetics and quality of coconut dried in a fluidized bed dryer” . **Journal of Food Engineering** , January 2005, vol 66 Issue 2, pp.267-271
17. Fang. M, and Yang L. “Experimental study on rice husk combustion in a circulating fluidized ”. **Fuel Processing Technology**, 15 August 2004, vol 85 Issue 11, pp. 1273-1282
18. Alvarez P.I. , Vega R. “Downer Fluidized Bed Reactors: An Application to Drying Operation ”. **Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Drying Symposium(ID2004)** Sao Paulo, Brazil, 22-25 August 2004, vol. A, pp. 656-663.
19. Abraham B. , Podczcek F and Newton J.M. “A Study on the effect of drying techniques on the mechanical properties of pellets and compacted pellets ”. **European Journal of Phamaceutical Sciences**, February 2004,vol 21 Issue 2-3 , pp. 119-129.
20. Piotr. P. Lewicki, Jakubezyk E. “Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples ”. **Journal of Food Engineering**, September 2004, vol 64 Issue 3, pp. 307-314.
21. Taechapiroj C., Dhuchakallaya I., Sophonronnarit S., Wetchacama S. and Prachayawarakorn S. “Superheated steam fluidized bed paddy drying ”. **Journal of Food Engineering**, June 2003, vol.58 Issue 1, pp.67-73.
22. Shi M.H. , Wang H. and Hao Y.L. “Experimental investigation of the heat and mass transfer in a centrifugal fluidized bed dryer”. **Chemical Engineering Journal**, 1 August 2000, vol 78 Issue 2-3, pp. 107-113.
23. Temple S.J and Van Boxtel. “Fluidization of tea”. **Journal of Agricultural Engineering Research**, September 1999, vol 74 Issue 1, pp. 5-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

24. ศ. ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล. “การวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ของขบเคี้ยว สำหรับสุนัขแบบต่อเนื่อง”. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [online] Available : <http://www.trf.or.th>.
25. ศ. ดร. สมชาติ โสภณธรรมฤทธิ. “เทคโนโลยีการอบแห้ง” สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [online] Available : <http://www.trf.or.th>
26. ERPT Educational Resources for Particle Technology. [online] Available : [www.erpt.org/012Q/rhod-07.htm](http://www.erpt.org/012Q/rhod-07.htm).
27. Reliance Industries Limited PET Business Groupe. [online] Available <http://www.ril.com/cmshtml/drying.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. การอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต (PC)

การอบแห้งโดยใช้เครื่องฟลูอิดไดซ์เบด (ปีจจัยอุณหภูมิ)

ตาราง ก-1 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90° C ความดันลด 0.142 psi เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	533.2	520.3	479.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04869 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.2312 กรัม
2	523.0	532.8	493.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04551 กรัม
3	562.5	537.7	487.0	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.2370 กรัม
4	574.2	575.7	531.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.2326 กรัม
5	580.7	553.5	531.7	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 60 %
เฉลี่ย	554.74	544.0	504.58	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 15.69 %
SD	22.73	19.08	22.62	

ตาราง ก-2 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100° C ความดันลด 0.142 psi เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	525.7	491.2	486.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04665 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.6585 กรัม
2	537.8	505.7	499.6	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04505 กรัม
3	542.4	520.5	496.2	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.6014 กรัม
4	558.4	553.0	510.5	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.6060 กรัม
5	577.1	567.5	504.3	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 59 %
เฉลี่ย	548.28	527.58	499.32	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 32.604 %
SD	17.81	28.60	8.21	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-3 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 110° C ความดันลด 0.142 psi เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	525.7	483	486.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04665 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.6585 กรัม
2	537.8	503.5	499.6	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04371 กรัม
3	542.4	535.5	496.2	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.5716 กรัม
4	558.4	521.9	510.5	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.6060 กรัม
5	577.1	555.1	504.3	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 60 %
เฉลี่ย	548.28	519.88	499.32	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 44.923 %
SD	17.81	24.96	8.21	

ตาราง ก-4 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120° C ความดันลด 0.142 psi เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	540	483.7	463.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.05472 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 31.1788 กรัม
2	551	490.3	494.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04670 กรัม
3	543.7	515.3	505.2	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 31.1614 กรัม
4	570.3	546.8	507.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 31.3386 กรัม
5	575	554.7	531.2	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 64 %
เฉลี่ย	556.0	518.16	500.28	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 54.63 %
SD	14.12	28.73	22.14	

## การอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด(ปัจจัยเวลา)

ตาราง ก-5 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 1 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิ 120° C ความดันลด 0.142 psi

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	253.1	227.5	206.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.02312 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 32.4771 กรัม
2	267.8	243.2	220.7	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.02891 กรัม
3	275.0	250.3	226.8	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 32.4573 กรัม
4	292.1	245.4	233.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 32.4736 กรัม
5	298.4	257.8	226.4	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 53 %
เฉลี่ย	277.28	244.84	222.78	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 53.325 %
SD	16.40	10.01	9.27	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-6 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 120° C ความดันลด 0.142 psi

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	253.1	234.4	206.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.02312 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 32.4771 กรัม
2	267.8	233.1	220.7	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.02672 กรัม
3	275.0	246.8	226.8	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 32.4242 กรัม
4	292.1	253.4	233.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 32.4736 กรัม
5	298.4	230.1	226.4	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 53 %
เฉลี่ย	227.28	239.56	222.78	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 61.561 %
SD	16.40	8.96	9.27	

ตาราง ก-7 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 3 ชั่วโมง อุณหภูมิ 120° C ความดันลด 0.142 psi

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	253.1	222.6	206.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.02312 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 32.4771 กรัม
2	267.8	226.5	220.7	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.02580 กรัม
3	275.0	231.9	226.8	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 32.4309 กรัม
4	292.1	243.0	233.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 32.4736 กรัม
5	298.4	227.0	226.4	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 53 %
เฉลี่ย	227.28	230.2	222.78	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 77.312 %
SD	16.40	7.04	9.27	

ตาราง ก-8 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 4 ชั่วโมง อุณหภูมิ 120° C ความดันลด 0.142 psi

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	253.1	211.8	206.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.02312 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 32.4771 กรัม
2	267.8	221.5	220.7	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.02122 กรัม
3	275.0	225.3	226.8	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 32.4513 กรัม
4	292.1	235.6	233.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 32.4736 กรัม
5	298.4	248.0	226.4	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 53 %
เฉลี่ย	227.28	228.44	222.78	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 79.907 %
SD	16.40	12.39	9.27	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ 9.27 ศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด (ปัจจัยความเร็วลม)

ตาราง ก-9 ข้อมูลการอบแห้งที่ความดันลด 0.071 psi อุณหภูมิ 120° C อบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	269.2	263.2	237.1	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.03336 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.3740 กรัม
2	264.4	250.0	231.3	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04696 กรัม
3	299.9	255.9	251.7	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.3500 กรัม
4	309.3	274.9	242.4	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.3809 กรัม
5	341	299.9	233.2	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 55 %
เฉลี่ย	296.76	268.78	239.14	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 43.638 %
SD	28.03	17.63	7.33	

ตาราง ก-10 ข้อมูลการอบแห้งที่ความดันลด 0.142 psi อุณหภูมิ 120° C อบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	279.9	256.4	236.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04041 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.1713 กรัม
2	288.1	263.1	251.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.0335 กรัม
3	312.6	260.6	237.8	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.1959 กรัม
4	320.5	273.2	240.1	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.1928 กรัม
5	319.4	278.4	250.7	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 57 %
เฉลี่ย	304.1	266.34	243.12	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 54.767 %
SD	16.83	8.18	6.44	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-11 ข้อมูลการอบแห้งที่ความดันลด 0.213 psi อุณหภูมิ 120° C อบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	279.9	247.4	236.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04041 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.1713 กรัม
2	288.1	253.2	251.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03620 กรัม
3	312.6	269.8	237.8	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.1943 กรัม
4	320.5	274.5	240.1	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.1928 กรัม
5	319.4	283.0	250.7	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 53 %
เฉลี่ย	304.1	265.58	243.12	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 55.482 %
SD	16.38	13.301	6.44	

ตาราง ก-12 ข้อมูลการอบแห้งที่ความดันลด 0.284 psi อุณหภูมิ 120° C อบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	282.2	250.0	224.6	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.03398 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.3223 กรัม
2	297.6	261.1	231.4	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03822 กรัม
3	297.8	258.5	235.4	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4627 กรัม
4	303.3	269.0	250.6	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.5885 กรัม
5	310.8	278.1	256.0	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 55 %
เฉลี่ย	298.34	263.34	239.62	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 53.863 %
SD	9.39	9.55	11.83	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การอบแห้งด้วยเตาอบ (ปัจจัยอุณหภูมิ)

ตาราง ก-13 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90° C ใช้เวลาอบแห้ง 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	533.2	524.4	479.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04869 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.2312 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04725 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.2409 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.2326 กรัม ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 63 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 9.44 %
2	523.0	533.2	493.2	
3	562.5	548.7	487.0	
4	574.2	559.3	531.8	
5	580.7	575.3	531.7	
เฉลี่ย	554.74	548.18	504.58	
SD	22.73	18.16	22.69	

ตาราง ก-14 แสดงข้อมูลในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100° C ใช้เวลาเวลาอบแห้ง 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	525.7	492.0	486.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04665 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.6585 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04291 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.6381 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.6060 กรัม ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 58 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 27.513 %
2	537.8	508.1	499.6	
3	542.4	531.4	496.2	
4	558.4	562.9	510.5	
5	577.1	557.0	504.3	
เฉลี่ย	548.28	530.28	499.32	
SD	17.81	27.33	8.21	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก- 15 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 110° C ใช้เวลาอบแห้ง 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	525.7	489.1	486.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04665 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.6585 กรัม
2	537.8	517.7	499.6	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03782 กรัม
3	542.4	535.4	496.2	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.5967 กรัม
4	558.4	538.0	510.5	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.6060 กรัม
5	577.1	550.7	504.3	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 58 %
เฉลี่ย	548.28	526.18	499.32	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 34.56 %
SD	17.81	21.32	8.21	

ตาราง ก- 16 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120° C ใช้เวลาอบแห้ง 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	540.0	503.5	463.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.05472 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 31.1788 กรัม
2	551	523.2	464.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03662 กรัม
3	543.7	528.3	505.2	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 31.1816 กรัม
4	570.3	535.4	507.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 31.3386 กรัม
5	575.0	541.7	531.2	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 62 %
เฉลี่ย	556.0	526.42	500.28	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 41.88 %
SD	14.12	13.06	22.14	

อบแห้งด้วยเตาอบ (ปีจัยเวลา)

ตาราง ก- 17 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 1 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิ 120° C

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	298.4	280.8	250.5	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.01233 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.2782 กรัม
2	318.8	289.9	261.3	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03908 กรัม
3	328.1	298.1	268.2	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.2103 กรัม
4	331.2	292.8	271.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.2831 กรัม
5	342.7	318.6	278.4	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 52 %
เฉลี่ย	323.84	296.04	266.04	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 43.95 %
SD	14.83	12.59	9.27	

ตาราง ก-18 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 2 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิ 120 °C

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	298.4	275.3	250.5	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.01233 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.2782 กรัม
2	318.8	285.7	261.3	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03401 กรัม
3	328.1	277.4	268.2	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4359 กรัม
4	331.2	289.7	271.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.2831 กรัม
5	342.7	298.7	278.4	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 52 %
เฉลี่ย	323.84	285.36	266.04	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 56.45 %
SD	14.83	8.50	9.27	

ตาราง ก-19 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 3 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิ 120 °C

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	298.4	270.4	250.5	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.01233 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.2782 กรัม
2	318.8	274.1	261.3	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03981 กรัม
3	328.1	278.2	268.2	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4032 กรัม
4	331.2	282.5	271.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.2831 กรัม
5	342.7	285.1	278.4	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 52 %
เฉลี่ย	323.84	278.06	266.04	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 67.82 %
SD	14.83	5.36	9.27	

ตาราง ก-20 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 4 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิ 120 °C

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	298.4	268.1	250.5	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.01233 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.2782 กรัม
2	318.8	279.2	261.3	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03720 กรัม
3	328.1	276.9	268.2	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.3520 กรัม
4	331.2	278.1	271.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.2831 กรัม
5	342.7	272.8	278.4	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 52 %
เฉลี่ย	323.84	275.02	266.04	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 72.92 %
SD	14.83	4.08	9.27	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-21 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 5 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิ 120 °C

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	298.4	267.9	250.5	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.01233 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.2782 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03130 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4423 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.2831 กรัม
2	318.8	273.1	261.3	
3	328.1	275.2	268.2	
4	331.2	267.2	271.8	
5	342.7	276.0	278.4	
เฉลี่ย	323.84	271.88	266.04	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 52 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 76.34 %
SD	14.83	3.67	9.27	

#### ปัจจัยการดูดความชื้นของเม็ดพลาสติก (PC)

เมื่อนำเม็ดพลาสติกที่มีความชื้น 0.05265% (ซึ่งผ่านการอบแห้งด้วยเตาอบเป็นเวลา 5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 120 °C) มาตั้งทิ้งไว้ที่บรรยากาศภายนอกเป็นเวลา 5 วัน แล้วนำมาวัดความชื้นได้ผลดังตาราง

ตาราง ก-22 ข้อมูลการดูดความชื้นของพอลิคาร์บอเนต (PC)

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)		หมายเหตุ
	หลังทิ้งไว้ 5 วัน	BLANK	
1	295	248.1	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ทิ้งไว้ 5 วัน) = 1.06385 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ทิ้งไว้ 5 วัน) = 31.2630 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 31.2369 กรัม ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 63 %
2	311.4	257.2	
3	338.4	288.4	
4	342.7	292.2	
5	357.9	301.4	
เฉลี่ย	329.08	277.42	
SD	22.70	20.89	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข. การอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET)

## การอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิด ไคซ์เบค (ปัจจัยอุณหภูมิ)

ตาราง ข-1 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 °C ความดันลด 0.114 psi เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	358.2	352.7	285.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.03889 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.4268 กรัม
2	353.2	348.5	297.1	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.06063 กรัม
3	370.6	354.8	293.6	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.1810 กรัม
4	379.6	363.0	288.3	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.5008 กรัม
5	390.0	374.6	315.0	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 54 %
เฉลี่ย	370.2	358.72	295.84	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 21.65 %
SD	13.51	9.23	10.42	

ตาราง ข-2 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 °C ความดันลด 0.114 psi เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	367.4	320.1	280.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.02596 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.2331 กรัม
2	378.2	362.2	294.4	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04407 กรัม
3	380.0	347.5	321.4	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4554 กรัม
4	392.1	353.6	317.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.3036 กรัม
5	390.4	360.8	321.2	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 55 %
เฉลี่ย	381.62	348.84	306.96	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 36.91 %
SD	8.98	15.31	16.81	

ตาราง ข-3 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 °C ความดันลด 0.114 psi เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	367.4	319.9	280.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.02596 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.2331 กรัม
2	378.2	323.2	294.4	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04944 กรัม
3	380.0	352.2	321.4	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4318 กรัม
4	392.1	356.3	317.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.3036 กรัม
5	390.4	362.0	321.2	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 55 %
เฉลี่ย	381.62	342.72	306.96	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 44.747 %
SD	8.98	17.59	16.81	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-4 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120° C ความดันลด 0.114 psi เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	358.2	317.9	285.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.03889 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.4268 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03883 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4898 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.5008 กรัม
2	353.2	320.4	297.1	
3	370.6	334.5	293.6	
4	379.6	340.0	288.3	
5	390.0	350.1	315	
เฉลี่ย	370.2	332.56	295.84	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 54 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 52.90 %
SD	13.51	12.07	10.42	

อบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดด์เบด (ปัจจัยเวลา)

ตาราง ข-5 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ 110° C ความดันลด 0.114 psi

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	302.8	255.1	228.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04320 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.1281 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04176 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.1011 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.1308 กรัม
2	305.9	271.8	236.2	
3	316.4	276.2	235.6	
4	328.6	289.0	242.2	
5	336.9	305.6	252.7	
เฉลี่ย	318.12	279.54	238.98	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 55 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 44.502 %
SD	13.03	16.95	8.17	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-6 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 110° C ความดันลด 0.114 psi

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	302.8	255.0	228.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04320 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.1281 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04574 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.1032 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.1308 กรัม
2	305.9	268.3	236.2	
3	316.4	270.5	235.6	
4	328.6	271.5	242.2	
5	336.9	280.0	252.7	
เฉลี่ย	318.12	269.06	238.98	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 54 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 56.673 %
SD	13.03	8.07	8.17	

ตาราง ข-7 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 3 ชั่วโมง อุณหภูมิ 110° C ความดันลด 0.114 psi

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	302.8	250.0	228.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04320 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.1281 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04882 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.1006 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.1308 กรัม
2	305.9	256.5	236.2	
3	316.4	268.4	235.6	
4	328.6	270.3	242.2	
5	336.9	279.9	252.7	
เฉลี่ย	318.12	265.02	238.98	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 54 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 61.37 %
SD	13.03	10.57	8.17	

ตาราง ข-8 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 4 ชั่วโมง อุณหภูมิ 110° C ความดันลด 0.114 psi

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	302.8	248.1	228.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04320 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.1281 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04047 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.1088 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.1308 กรัม
2	305.9	255.5	236.2	
3	316.4	258.4	235.6	
4	328.6	264.0	242.2	
5	336.9	273.0	252.7	
เฉลี่ย	318.12	259.8	238.98	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 55 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 67.078 %
SD	13.03	8.35	8.17	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-9 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 5 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิ 110° C ความดันลด 0.114 psi

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	302.8	243.1	228.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04320 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.1281 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04508 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.1811 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.1308 กรัม ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 56 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 72.45 %
2	305.9	249.2	236.2	
3	316.4	254.7	235.6	
4	328.6	260.9	242.2	
5	336.9	265.1	252.7	
เฉลี่ย	318.12	254.6	238.98	
SD	13.03	7.89	8.17	

## อบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด (ปัจจัยความเร็วลม)

ตาราง ข-10 ข้อมูลในการอบแห้งที่ความดันลด 0.057 psi อุณหภูมิ 110° C เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	358.6	323.9	269.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04683 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.4048 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04647 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4116 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.4068 กรัม ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 60 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 39.72 %
2	393.7	329.8	282.6	
3	362.9	348	318.7	
4	375.8	360.2	324.4	
5	398.2	358.9	321.9	
เฉลี่ย	377.84	344.16	303.36	
SD	15.89	14.98	22.89	

ตาราง ข-11 ข้อมูลการอบแห้งที่ความดันลด 0.114 psi อุณหภูมิ 110° C เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	358.6	315.7	269.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04683 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.4048 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04601 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.3605 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.4068 กรัม ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 63 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 45.089 %
2	393.7	319.4	282.6	
3	362.9	348.8	318.7	
4	375.8	357.0	324.4	
5	398.2	360.0	321.9	
เฉลี่ย	377.84	340.18	303.36	
SD	15.89	18.87	22.89	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-12 ข้อมูลการอบแห้งที่ความดันลด 0.171 psi อุณหภูมิ 110° C เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	358.6	328.2	269.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04683 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.4048 กรัม
2	393.7	352.8	282.6	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04503 กรัม
3	362.9	356.2	318.7	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.3683 กรัม
4	375.8	310.1	324.4	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.4068 กรัม
5	398.2	345.8	321.9	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 58 %
เฉลี่ย	377.84	338.62	303.36	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 46.77 %
SD	15.89	17.22	22.89	

ตาราง ข-13 ข้อมูลการอบแห้งที่ความดันลด 0.228 psi อุณหภูมิ 110° C เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	358.6	318.5	269.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04683 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.4048 กรัม
2	393.7	320.8	282.6	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04601 กรัม
3	362.9	356.7	318.7	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.3986 กรัม
4	375.8	357.6	324.4	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.4068 กรัม
5	398.2	350.9	321.9	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 56 %
เฉลี่ย	377.84	340.9	303.36	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 43.73 %
SD	15.89	17.51	22.89	

## การอบแห้งด้วยเตาอบ (ปัจจัยอุณหภูมิ)

ตาราง ข-14 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90° C เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	361.0	351.6	273.5	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.06826 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.5749 กรัม
2	370.5	359.5	283.7	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03764 กรัม
3	394.8	376.6	306.8	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.3654 กรัม
4	383.1	386.1	328.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.5823 กรัม
5	411.3	380.0	339.5	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 58 %
เฉลี่ย	384.14	370.76	306.46	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 15.99 %
SD	17.74	13.03	25.27	

ตาราง ข-15 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	360.0	336.1	280.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.03594 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.4262 กรัม
2	378.0	345.1	287.3	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03018 กรัม
3	388.4	346.9	312.2	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4478 กรัม
4	390.0	372.8	305.1	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.4883 กรัม
5	400.7	388.1	338.4	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 60 %
เฉลี่ย	383.42	357.8	304.6	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 27.73 %
SD	13.74	19.46	20.51	

ตาราง ข-16 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 110°C เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	360.0	335.7	280.0	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.03594 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.4262 กรัม
2	378.0	342.5	287.3	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03397 กรัม
3	388.4	341.5	312.2	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.5101 กรัม
4	390.0	359.3	305.1	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.4883 กรัม
5	400.7	362.7	338.4	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 58 %
เฉลี่ย	383.42	348.34	304.6	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 38.003 %
SD	13.74	10.64	20.51	

ตาราง ข-17 ข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120°C เวลา 1 ชั่วโมง

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	361.0	328.2	273.5	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.06826 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.5749 กรัม
2	370.5	338.4	283.7	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.05423 กรัม
3	394.8	348.8	306.8	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.6908 กรัม
4	383.1	350	328.8	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.5823 กรัม
5	411.3	360.2	339.5	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 60 %
เฉลี่ย	384.14	345.12	306.46	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 42.33 %
SD	17.74	10.91	25.27	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การอบแห้งด้วยเตาอบ (ปัจจัยเวลา)

ตาราง ข-18 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ 110° C

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	280.0	250.3	225.8	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04927 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.3964 กรัม
2	300	258.3	227.8	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04372 กรัม
3	306.2	270.0	229.5	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4201 กรัม
4	320.0	286.0	230.9	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.3978 กรัม
5	333.8	309.1	236.0	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 53 %
เฉลี่ย	308.0	274.74	230.0	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 38.31 %
SD	18.22	20.96	3.45	

ตาราง ข-19 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 110° C

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	280.0	248.2	225.8	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04927 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.3964 กรัม
2	300.0	258.8	227.8	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04659 กรัม
3	306.2	265.1	229.5	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4107 กรัม
4	320.0	272.4	230.9	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.3978 กรัม
5	333.8	299.0	236.0	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 52 %
เฉลี่ย	308.0	268.7	230.0	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 45.62 %
SD	18.22	17.10	3.45	

ตาราง ข-20 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 3 ชั่วโมง อุณหภูมิ 110° C

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	280.0	247	225.8	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04927 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.3964 กรัม
2	300	253.1	227.8	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04704 กรัม
3	306.2	269.9	229.5	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.3645 กรัม
4	320.0	269.5	230.9	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.3978 กรัม
5	333.8	279.5	236.0	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 52 %
เฉลี่ย	308.0	263.8	230.0	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 51.828 %
SD	18.22	11.94	3.45	

ตาราง ข-21 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 4 ชั่วโมง อุณหภูมิ 110° C

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	280.0	245.1	225.8	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04927 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.3964 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.04318 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.4511 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.3978 กรัม ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 53 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 57.727 %
2	300	251.4	227.8	
3	306.2	255.0	229.5	
4	320.0	266.3	230.9	
5	333.8	271.9	236.0	
เฉลี่ย	308.0	257.94	230.0	
SD	18.22	9.80	3.45	

ตาราง ข-22 ข้อมูลการอบแห้งที่เวลา 5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 110° C

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	280.0	239.5	225.8	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.04927 กรัม น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 30.3964 กรัม น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.03616 กรัม น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 30.38116 กรัม น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.3978 กรัม ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 52 % ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 64.0945 %
2	300	245.7	227.8	
3	306.2	258.3	229.5	
4	320.0	261.2	230.9	
5	333.8	260.0	236.0	
เฉลี่ย	308.0	252.94	230.0	
SD	18.22	8.71	3.45	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ปัจจัยการดูดความชื้นของเม็ดพลาสติก (PET)

เมื่อนำเม็ดพลาสติกที่มีความชื้น 0.09218 % ( ซึ่งผ่านการอบแห้งด้วยเตาอบเป็นเวลา 5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 110° C ) มาตั้งทิ้งไว้ที่บรรยากาศภายนอกเป็นเวลา 5 วัน แล้วนำมาวัดความชื้น ได้ข้อมูลดังตาราง

ตาราง ข-23 ข้อมูลการดูดความชื้นของ (PET)

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)		หมายเหตุ
	หลังทิ้งไว้ 5 วัน	BLANK	
1	296.4	228.4	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ทิ้งไว้ 5 วัน) = 1.03503 กรัม
2	309.1	239.3	น้ำหนักเมทานอล (ทิ้งไว้ 5 วัน) = 30.2633 กรัม
3	310.5	230.5	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 30.2317 กรัม
4	316.2	238.4	ความชื้นในอากาศ (ขณะวัด) = 55 %
5	320.0	243.2	
เฉลี่ย	310.44	236.452	
SD	12.8	7.5	

### ภาคผนวก ค. ตัวอย่างการคำนวณหาความชื้นในเม็ดพลาสติก

สามารถหาเปอร์เซ็นต์น้ำในสารตัวอย่างได้โดยใช้สมการดังนี้

$$W_s(H_2O) = [w_{s+m}(H_2O) \cdot (m_s + m_M) - w_M(H_2O) \cdot m_M] / m_s$$

เมื่อ S = สารตัวอย่าง

M = เมทานอล

$W_s(H_2O)$  = ปริมาณน้ำในสารตัวอย่าง

$w_{s+m}(H_2O)$  = ปริมาณน้ำในสารตัวอย่าง + เมทานอล

$w_M(H_2O)$  = ปริมาณน้ำในเมทานอล

$m_s$  = น้ำหนักของสารตัวอย่างที่ชั่ง

$m_M$  = น้ำหนักของเมทานอลที่ชั่ง (BLANK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตัวอย่างการคำนวณ

ตารางแสดงข้อมูลในการอบแห้งเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต (PC) ที่เวลา 4 ชั่วโมง อุณหภูมิ 120° C

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้ (ppm)			หมายเหตุ
	ก่อนอบ	สารตัวอย่าง	blank	
1	253.1	211.8	206.2	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (ก่อนอบ) = 1.02312 กรัม
2	267.8	221.5	220.7	น้ำหนักเมทานอล (ก่อนอบ) = 32.4771 กรัม
3	275.0	225.3	226.8	น้ำหนักเม็ดพลาสติก (หลังอบ) = 1.02122 กรัม
4	292.1	235.6	233.8	น้ำหนักเมทานอล (หลังอบ) = 32.4513 กรัม
5	298.4	248.0	226.4	น้ำหนักเมทานอล (BLANK) = 32.4736 กรัม
เฉลี่ย	277.28	228.44	222.78	ประสิทธิภาพการอบแห้ง = 79.907 %
SD	16.40	12.39	9.27	

$$\begin{aligned} \text{ความชื้นของเม็ดพลาสติก (PC)} &= [(228.44) \cdot (1.02122 + 32.4513) - (222.78 \cdot 32.4736)] / 1.02122 \\ &= 7646.4624 - 7234.4686 / 1.02122 \\ &= 403.43 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\text{ความชื้นที่วัดได้} = 0.04343 \%$$

$$\text{ประสิทธิภาพในการอบแห้ง} = \frac{\text{ความชื้นก่อนอบแห้ง} - \text{ความชื้นหลังอบแห้ง}}{\text{ความชื้นก่อนอบแห้ง}} \cdot 100$$

$$\begin{aligned} * \text{โดยความชื้นของเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนตก่อนอบแห้งคำนวณได้} &= 0.20080 \% \\ &= [(0.020080 - 0.04343) / 0.20080] \cdot 100 \end{aligned}$$

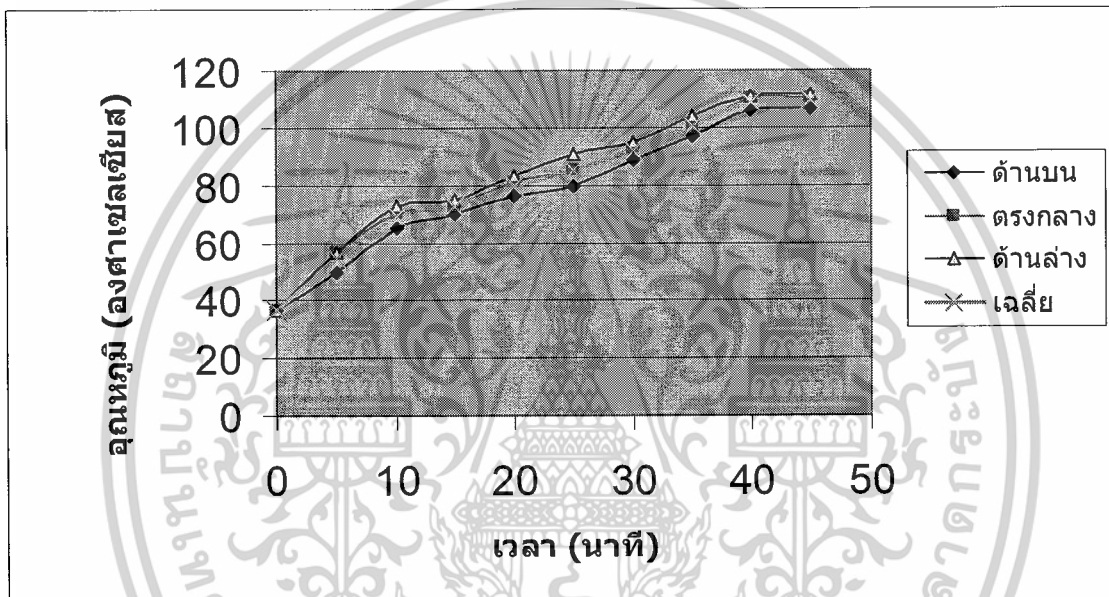
$$\text{ประสิทธิภาพการอบแห้ง} = 79.906 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**\*\*หมายเหตุ** ขาดความร้อนเสียจึงต้องสอบเทียบมาตรฐานใหม่

### การสอบเทียบมาตรฐานอุณหภูมิที่ 110 องศาเซลเซียส

จากการสอบเทียบมาตรฐานวัดอุณหภูมิที่ 110 องศาเซลเซียส โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ ทั้ง 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งบน ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งล่างของคอลัมน์ นาน 45 นาทีแสดงดังรูปที่ 4.15 จะเห็นว่าอุณหภูมิจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนคงที่เท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ทั้ง 3 ตำแหน่งเมื่อเวลาผ่านไป ประมาณ 40 นาทีโดยแต่ละตำแหน่งจะมีค่าความเบี่ยงเบนของอุณหภูมิ  $\pm 3$  องศาเซลเซียส แสดงว่าที่อุณหภูมิของคอลัมน์เท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้จริง



การสอบเทียบอุณหภูมิที่ 110 องศาเซลเซียสสำหรับขาดความร้อนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้