

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ และ ความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศ
ผ่านเมล็ดธัญพืชและถั่วต่างๆ

**AIRFLOW APPARATUS FOR DETERMINATION OF SPECIFIC SURFACE
AREA AND AIR PERMEABILITY OF CEREALS AND BEANS**



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

๒๗.

๗๙๙๔๙

๒๕๔๙

ปีการศึกษา ๒๕๔๙

เลขหมู่.....

82979

เลขทะเบียน.....

วัน,เดือน,ปี 30 ก.ค. 2551

b. 11๙ 5๘ ๖๘ ๖
i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ และ ความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศ
ผ่านเมล็ดธัญพืชและถั่วต่างๆ

**AIRFLOW APPARATUS FOR DETERMINATION OF SPECIFIC SURFACE
AREA AND AIR PERMEABILITY OF CEREALS AND BEANS**



นายไพวัลย์ นาคสีสุก
นายสมชาย รอบคอบ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ และ ความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศผ่านเมล็ดธัญพืช และถั่วต่างๆ

AIRFLOW APPARATUS FOR DETERMINATION OF SPECIFIC SURFACE AREA AND AIR PERMEABILITY OF CEREALS AND BEANS

ผู้จัดทำ

1.นาย ไพวัลย์

นาคสีสุก รหัสนักศึกษา 47015494

2.นาย สมชาย

รอบคอบ รหัสนักศึกษา 47015510



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร. ปานมนัส ศิริสมบุรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ และ ความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศผ่านเมล็ดธัญพืชและถั่วต่างๆ

นาย ไพวัลย์ นาคสีสุก รหัสนักศึกษา 47015494
 นาย สมชาย รอบคอบ รหัสนักศึกษา 47015510
 รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบุญ อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

เครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะและความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศผ่านเมล็ดธัญพืชและถั่วต่างๆ ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (S) และความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศ (K) ผ่านเมล็ดธัญพืชและถั่วต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องขับเคลื่อนขนาด 220/380 โวลต์, 860 วัตต์, 50 เฮิร์ต, 1 แอมป์, 2800 รอบ ต่อ นาที, เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้า, กรวยลดขนาด, ท่อนำอากาศ, ท่องอ 90 องศา, ชุดท่อบรรจุเมล็ดวัสดุและแผ่นคระแกรง, สายขายนำอากาศ, แท่นรองต่างๆ การทดลองเบื้องต้นศึกษาผลของขนาดวัสดุและระดับความเร็วลมต่อค่า S และ K โดยใช้ลูกแก้ว 3 ขนาด (10.35, 15.75, และ 24.58 mm) และความเร็วลม 3 ระดับ (6.27, 12.30, และ 15.03 m/s) และลูกแก้ว 3 ขนาดผสมกัน โดยมีปริมาตรของลูกแก้วทั้ง 3 ขนาดเท่ากัน พบว่าขนาด ระดับความเร็วลม และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดและระดับความเร็วลมมีผลต่อค่า S อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha \leq 0.05$ แต่ไม่มีผลต่อค่า K และการทดลองวัดค่า S และ K ของเมล็ดธัญพืชและถั่วต่างๆ 11 ชนิด ได้แก่ ข้าวเปลือก, ข้าวเหนียวดำ, ถั่วแดงเล็ก, ถั่วแดงหลวง, ถั่วลิสง, ถั่วเขียว, ถั่วเหลือง, ถั่วดำ, ลูกเดือย, งาขาว, งาดำ ทำที่ระดับความเร็วลม 3 ระดับ ซึ่ง ได้แสดงผลในรายงานแล้ว

AIRFLOW APPARATUS FOR DETERMINATION OF SPECIFIC SURFACE AREA AND AIR PERMEABILITY OF CEREALS AND BEANS

Phaiwan Nakscasuk

Somchai Robkob

Assoc. Prof. Dr. Panmanas Sirisomboon Advisor

Abstract

The air flow apparatus for determination of specific surface area (S) and air permeability (K) of cereals and beans was designed, fabricated and tested. It was consisted of a blower of 2800 rpm, a voltage regulator, a reduction cone, an air flow duct, a 90 angle duct, a grain chamber with perforated screen, two rubber hoses, and a supporting structure. The first experiment was conducted to evaluate the effect of grain size and air velocity on the two parameter, using 3 sizes of glass balls (10.35,15.75 and 24.58 mm) and 3 levels of air velocity (6.27,12.30 and 15.03 m/s). It was found that size, air velocity, and interaction between size and air velocity had an effect on (S) but not on (K) significantly at $\alpha \leq 0.05$. The experiments were also done on 11 kinds of cereals and beans including paddy, black sticky rice, small red bean, royal red bean, pea nut, mung bean, soybean, black bean, Job's tears, white sesame, and black sesame, at 3 different levels of air velocity and the S and K were reported.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการกรุณาในความช่วยเหลือจากบุคคลหลายๆท่าน ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ในหลายด้านไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้ ด้านอุปกรณ์หรือแม้แต่การอำนวยความสะดวกในการทดลองซึ่ง บุคคลที่ต้องขอขอบคุณเป็นอันดับแรกคือ รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ และรวมทั้ง บุคคลากรที่ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรที่ให้คำปรึกษาและคอยดูแลเอาใจใส่ ซึ่งต้องขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อนๆภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สำหรับความช่วยเหลือที่ดีเสมอมา และต้องขอขอบคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาต่ออย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจดูแลเอาใจใส่เสมอมาในทุกๆ ด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าจะขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นาย ไพวัลย์ นาคสีสุก

นาย สมชาย รอบคอบ

สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การไหลผ่านชั้นเมื่อดัวัสดุ	3
2.2 การวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ และความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศ	9
2.3 การวัดอัตราการไหลของลมในท่อ	10
2.3.1 อัตราการไหลและความเร็วเฉลี่ย	10
2.3.2 ตำแหน่งการวัดความเร็วลมในท่อ	14
บทที่ 3 การออกแบบ และการสร้าง	
3.1 การออกแบบ	15
3.2 อุปกรณ์ในการสร้าง	28
3.2.1 Blower แบบปรับความเร็วรอบได้	29
3.2.2 ท่อ PVC	30
3.2.3 ท่อบรรจุเมื่อดัวัสดุ	30
3.2.4 เครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้า (voltage regulator)	31
3.2.5 สายลม	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
3.2.6 กรวยลดขนาด	33
3.2.7 แผ่นรองท่อ	34
3.2.8 ข้องยาว 90 องศา	35
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การทดสอบกับลูกแก้ว 3 ขนาดเพื่อหาค่า air permeability(K), specific surface area(S)	35
4.1.1 วัตถุประสงค์	35
4.1.2 วัสดุและอุปกรณ์	35
4.1.3 วิธีการทดลอง	35
4.1.4 ผลการทดลองลูกแก้ว 3 ขนาด	40
4.1.5 ผลการทดลองลูกแก้ว 3 ขนาดผสมรวมกัน	42
4.2 การทดลองเพื่อหาค่า Air permeability (K) และspecific surface area (S) ของเมล็ดธัญพืช	43
4.2.1 วัสดุ	43
4.2.2 วิธีการทดลองเพื่อหาค่า GMD	44
4.2.2.1 อุปกรณ์	44
4.2.2.2 วิธีการทดลอง	44
4.2.3 วิธีการทดลองเพื่อหาค่าความชื้น	44
4.2.3.2 วิธีการทดลอง	44
4.2.4 วิธีการทดลองเพื่อหาค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density)	46
4.2.4 วิธีการทดลองเพื่อหาค่าความหนาแน่นเนื้อ (Solid density)	48
4.2.5 การทดลองหาค่า Air permeability (K) และ specific surface area (S) ของเมล็ดธัญพืช	49
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	63
5.1 สรุปผลการทดลอง	63
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
ภาคผนวก	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2.1 ความเป็นทรงกลมของวัสดุอื่นๆ	4
ตารางที่ 2.2 สัดส่วนช่องว่างสำหรับการบรรจุแบบเท	9
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของข้อมูล และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของ Load และ Speed	39
ตารางที่ 4.2 ทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนของ Load	42
ตารางที่ 4.3 ทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนของ Speed	43
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเพื่อหาค่า GMD	45
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น	46
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการหาค่า Bulk density	47
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการหาค่า Solid density	49
ตารางที่ 4.8 ข้อมูลและความแตกต่างของ ถั่วดำ	52
ตารางที่ 4.9 ข้อมูลและความแตกต่างของถั่วเขียว	53
ตารางที่ 4.10 ข้อมูลและความแตกต่างของถั่วเคี้ยว	54
ตารางที่ 4.11 ข้อมูลและความแตกต่างของข้าวเปลือก	55
ตารางที่ 4.12 ข้อมูลและความแตกต่างของงาขาว	56
ตารางที่ 4.13 ข้อมูลและความแตกต่างของงาดำ	57
ตารางที่ 4.14 ข้อมูลและความแตกต่างของข้าวเหนียวดำ	58
ตารางที่ 4.15 ข้อมูลและความแตกต่างของถั่วลิสง	59
ตารางที่ 4.16 ข้อมูลและความแตกต่างของถั่วแดงหลวง	60
ตารางที่ 4.17 ข้อมูลและความแตกต่างของถั่วแดงเล็ก	61
ตารางที่ 4.18 ข้อมูลและความแตกต่างของถั่วเหลือง	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 สตรีมไลน์ของของไหล	11
รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของแต่ละจุด	12
รูปที่ 2.3 ตำแหน่งการวัดความเร็วลมในท่อ	14
รูปที่ 3.1 ชิ้นงานสำเร็จรูป	17
รูปที่ 3.2 กรวยลดขนาด	18
รูปที่ 3.3 ท่อ PVC	19
รูปที่ 3.4 ข้อต่อ 90 องศา	20
รูปที่ 3.5 ท่อ PVC	21
รูปที่ 3.6 ท่อ PVC พร้อมตะแกรง	22
รูปที่ 3.7 แผ่นรอง	23
รูปที่ 3.8 แท่นรอง	24
รูปที่ 3.9 แท่นรองท่อ	25
รูปที่ 3.10 แท่นรอง Blower	26
รูปที่ 3.11 แท่งยึด Blower	27
รูปที่ 3.12 Blower แบบปรับความเร็วรอบได้	28
รูปที่ 3.13 ท่อ PVC ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว	29
รูปที่ 3.14 ท่อบรรจุเมล็ดวัสดุ	30
รูปที่ 3.15 เครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้า (Voltage Regulator)	31
รูปที่ 3.16 สายลม	32
รูปที่ 3.17 กรวยลดขนาด	33
รูปที่ 3.18 แผ่นรองท่อ	34
รูปที่ 3.19 ข้อต่อยาว 90 องศา	35
รูปที่ 3.20 เป็นภาพประกอบของเครื่อง Air flow apparatus	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ [1]

ประเทศไทยมีพืชเศรษฐกิจเช่น ข้าว, ข้าวโพด, ข้าวเหนียว, ถั่วต่างๆ เป็นต้น ซึ่งพืชเหล่านี้เป็นพืชที่สำคัญของประเทศซึ่งเป็นสินค้าส่งออกและเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อบริโภคภายในประเทศและเพื่อการส่งออก เช่น อาหารเพื่อสุขภาพ นมถั่วเหลือง เป็นต้น เพราะฉะนั้น ข้อมูลที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ด (ผลผลิต) นั้นมีความสำคัญมาก โดยจะนำไปใช้ในด้านการออกแบบเครื่องจักร กระบวนการแปรรูปขนถ่ายวัสดุ และกระบวนการเก็บรักษา ซึ่งพื้นที่ผิวจำเพาะ และความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศของเมล็ดธัญพืชและถั่วต่างๆ เป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญต่อกระบวนการที่เกี่ยวข้องระหว่างแก๊สกับของแข็งหรือของเหลวกับของแข็ง เช่น การหายใจ การสักรัด การรมควัน การแช่น้ำเกลือ และการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและยังมีความสำคัญในเชิงเศรษฐกิจ โดยสัดส่วนระหว่างเปลือกหุ้มเมล็ดและเนื้อในเมล็ดบ่งบอกมูลค่าการปอกเปลือกหรือการทำความสะอาด คุณสมบัติเชิงพื้นที่ผิวของอาหารที่มีลักษณะเป็นเมล็ดเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับของไหล เช่น การป้อน การเก็บรักษา การทำความสะอาด การถ่ายเทพลังงานและในกระบวนการทางอากาศพลศาสตร์และชลพลศาสตร์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศของเมล็ดธัญพืชและถั่วต่างๆเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการสมบัติทางกายภาพของวัสดุของภาควิชาวิศวกรรมเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.2.2 เพื่อหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศของเมล็ดธัญพืชและถั่วชนิดต่างๆจำนวน 11 ชนิด ได้แก่ ข้าวเปลือก ข้าวเหนียวดำ ลูกเดือย งาขาว งาดำ ถั่วดำ ถั่วแดงเล็ก ถั่วแดงหลวง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ที่ระดับอัตราการไหลของลมที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 การศึกษาเครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะและความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศของเม็ลล์คัณฟูซและถั่วต่างๆนั้น จะศึกษาวิจัยกับวัดอุทกิตที่มีในประเทศไทยเท่านั้น และทดลองที่ 3 ระดับอัตราการไหลของลม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เมื่อศึกษาทฤษฎีเครื่องมือวัดและสร้างเสร็จสมบูรณ์แล้วเครื่องมือวัดนี้สามารถนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการสมบัติทางกายภาพของชีววัสดุของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อทดสอบหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศของเม็ลล์คัณฟูซและถั่วต่างๆ ได้จริง

1.4.2 ทราบถึงผลของระดับอัตราการไหลของลมมีต่อค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศของเม็ลล์คัณฟูซและถั่วต่างๆ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. สืบค้นทฤษฎีและข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ผิวจำเพาะของคัณฟูซและถั่วต่างๆ
2. ออกแบบเครื่องมือวัด 1 ขนาดและเขียนแบบ
3. สร้างเครื่องมือวัด
4. ทดลองกับลูกแก้ว 1 ขนาดเพื่อทดสอบเครื่อง
5. แก้ไขและปรับปรุงเครื่องมือวัด
6. ทดลองกับลูกแก้วอีก 2 ขนาด ลูกแก้วขนาดผสมและเม็ลล์คัณฟูซและถั่วต่างๆอีก 11 ชนิด
7. สรุปผลและเขียนรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การไหลผ่านชั้นเม็ดวัสดุ [2]

ในหลายกระบวนการทางเทคนิคของของเหลวหรือก๊าซที่ไหลผ่านเม็ดวัสดุ อย่างที่สำคัญ คือ การกรอง และการไหลสวนกันของของเหลว หรือก๊าซผ่านชั้นเม็ดวัสดุ ในการกรองของชั้นเม็ดวัสดุประกอบด้วยแผ่นกรอง หรือตะแกรงกรองละเอียดในอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ในถังปฏิกรณ์แลกเปลี่ยนประจุจะมีของไหลไหลผ่านชั้นของเม็ดวัสดุเรื่องที่จะได้อธิบายต่อไปนี้จะอธิบายถึงของไหลสถานะเดียวผ่านชั้นของเม็ดวัสดุที่อยู่นิ่ง การต้านทานการไหลของของไหลที่ผ่านช่องว่างของชั้นของเม็ดวัสดุคือผลลัพธ์ของแรงเสียดทานหรือความต้านทานทั้งหมดของอนุภาคในชั้นเม็ดวัสดุนั้น การเกิดการไหลแบบราบเรียบ หรือแบบปั่นป่วน หรือเกิดกระแสหมุนกลับ (wake) ขึ้นอยู่กับค่า Reynolds number ในความต้านทานของอนุภาคหนึ่งอนุภาคนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงการไหลแบบราบเรียบเป็นการไหลแบบปั่นป่วนอย่างทันทีทันใดเหมือนกับที่เกิดขึ้นในการไหลผ่านท่อและช่องว่างของพื้นที่หน้าตัดคงที่

วิธีที่นิยมใช้ในการคำนวณหาค่าความดันที่ลดลง (Pressure drop) เมื่ออากาศหรือของเหลวผ่านชั้นเม็ดวัสดุก็คือการประมาณค่าความต้านทานรวมของชั้นวัสดุในช่องทางที่คดเคี้ยวระหว่างชั้นวัสดุ ช่องทางผ่านของอากาศในชั้นเม็ดวัสดุมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ ไม่แน่นอน และมีช่องเชื่อมต่อกันจำนวนมาก อย่างไรก็ตามการคำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลของช่องทางการไหล จะสมมุติว่าชั้นเม็ดวัสดุมีชุดของช่องว่างรูปทรงกระบอกขนาดสม่ำเสมอซึ่งพื้นที่ผิวรวมและปริมาตรช่องว่างสอดคล้องกับค่าของชั้นวัสดุ พื้นที่ผิวรวมคือพื้นที่ผิวของอนุภาค 1 อนุภาคคูณด้วยจำนวนของอนุภาคทั้งหมด แต่จะสะดวกในการหาหาโดยคำนวณสัดส่วนเชิงปริมาตร (volume fraction) ของอนุภาคในชั้นวัสดุและอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวกับปริมาตร (surface-volume ratio) สำหรับอนุภาคทั้งหมด อัตราส่วนนี้เท่ากับ $6/D_p$ สำหรับทรงกลม. พื้นที่ผิว $s_p = \pi D_p^2$ และ ปริมาตร $vp = \frac{1}{6} \pi D_p^3$ เมื่อ D_p เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม สำหรับรูปร่างอื่นๆหรืออนุภาคที่ไม่ปกติ สมการของอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวและปริมาตรรวมค่าความเป็นทรงกลม Φ_s ซึ่งเท่ากับอัตราส่วนระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ผิวกับปริมาตรสำหรับทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง D_p หาด้วยอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวกับปริมาตรของอนุภาคมีขนาดเท่ากับ D_p ดังนี้

$$\Phi_s = \frac{6/D_p}{s_p/v_p} \quad (2.1)$$

$$\frac{s_p}{v_p} = \frac{6}{\Phi_s D_p} \quad (2.2)$$

แม้ว่ารูปทรงรูปลูกบาศก์ และทรงกระบอกสั้นมีค่าความเป็นทรงกลมเท่ากับ 1.0 มีพื้นที่ผิวที่มากกว่าทรงกลมที่มีปริมาตรเท่ากัน ทรงกระบอกสั้นที่มีปริมาตรเท่ากับทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง D จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ $0.874 D$ และพื้นที่ผิวเท่ากับ $3.60 D^2$ เทียบกับทรงกลมมีพื้นที่ผิวเท่ากับ $3.14 D^2$

สัดส่วนเชิงปริมาตรของเมล็ดวัสดุในชั้นเท่ากับ $1-\varepsilon$ ซึ่ง ε คือ ค่าความพรุน หรือสัดส่วนของช่องว่างถ้าอนุภาคมีรูพรุน วัสดุโดยทั่วไปจะเล็กมาก เพื่ออนุญาตให้มีการไหลผ่านไปได้ ดังนั้น ε จะใช้เป็นสัดส่วนของช่องว่างภายนอกของชั้นซึ่งไม่ใช่ค่าความพรุนทั้งหมด

ตารางที่ 2.1 ความเป็นทรงกลมของวัสดุอื่น

วัสดุ	ค่าความเป็นทรงกลม
ทรงกลม, ลูกบาศก์, ทรงกระบอกสั้น ($L = D_p$)	1.0
Raschig ring ($L = D_p$)	
$L = D_0, D_i = 0.5D_0$	0.58
$L = D_0, D_i = 0.75D_0$	0.33
Berl saddles	0.3
Ottawa sand	0.95
Round sand	0.83
Coal dust	0.73
Flint sand	0.65
Crushed glass	0.65
Mica flakes	0.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลของช่องทางผ่านอากาศ D_{eq} จะมีพื้นที่ผิวของช่องทางผ่าน n ช่องที่ขนานกัน และมีความยาว L เท่ากับค่าของอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวกับปริมาตรคูณปริมาตรของอนุภาคทั้งชั้น $S_0 L(1-\varepsilon)$ เมื่อ S_0 คือพื้นที่หน้าตัดของชั้น

$$n\pi D_{eq} L = S_0 L(1-\varepsilon) \frac{6}{\Phi_s D_p} \quad (2.3)$$

ปริมาตรของช่องว่างในชั้นเท่ากับปริมาตรทั้งหมด ของช่อง n ช่อง

$$S_0 L \varepsilon = \frac{1}{4} n\pi D_{eq}^2 L \quad (2.4)$$

รวมสมการที่ 3 และ 4 จะได้สมการที่ 2.5 ดังนั้น D_{eq}

$$D_{eq} = \frac{2}{3} \Phi_s D_p \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \quad (2.5)$$

สัดส่วนของช่องว่าง (ε) โดยทั่วไป เท่ากับ 0.4 และ $D_{eq} = 0.44\Phi_s D_p$ หรือเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลโดยประมาณเป็นครึ่งหนึ่งของขนาดอนุภาค

Pressure drop ขึ้นอยู่กับค่าความเร็วเฉลี่ยในช่อง \bar{V} ซึ่งแปรผันตามความเร็วของลมในชั้นที่ไม่มีวัสดุ \bar{V}_0 และแปรผกผันกับค่าความพรุน

$$\bar{V} = \frac{\bar{V}_0}{\varepsilon} \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามค่าความเร็วเฉลี่ยและขนาดของช่องจะแสดงในรูปของค่า \bar{V}_0 , D_p และ ε โมเดลของช่องทางไหลของอากาศสามารถใช้ในการทำนาย Pressure drop สำหรับการไหลที่มีค่า Reynolds number ที่ต่ำมากๆ Pressure drop จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วลม และแปรผกผันกับขนาดช่องทางยกกำลังสอง ตามสมการของ Hagen – Poiseuille สำหรับการไหลแบบราบเรียบในท่อตรง และ correction factor λ_1 ถูกนำมาใช้เพื่อชดเชยความจริงที่ว่าท่อคดเคี้ยวไม่ตรงและไม่ขนานกัน

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{32\bar{V}_0\mu}{D^2} = \frac{32\lambda_1\bar{V}_0\mu}{\frac{4}{9}\varepsilon\Phi_s^2 D_p^2} \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^2} \quad (2.7)$$

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{72\lambda_1\bar{V}_0\mu}{\Phi_s^2 D_p^2} \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \quad (2.8)$$

การศึกษามากมายแสดงให้เห็นว่าสมการที่ 2.8 นี้ถูกต้องและมีการทดลองที่ยืนยันว่าค่า 72 λ_1 มีค่าเท่ากับ 150

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{150\bar{V}_0\mu}{\Phi_s^2 D_p^2} \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \quad (2.9)$$

สมการที่ 2.9 เรียกว่าสมการ Kozeny-Carman ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้กับการไหลผ่านชั้นวัสดุที่เป็นเม็ด ซึ่งมีค่า Reynolds number ของการไหลถึง 1.0 ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงการไหลแบบราบเรียบเป็นแบบปั่นป่วน แต่การเปลี่ยนแปลงรูปร่างและทิศทางการไหลในชั้นวัสดุขรุขระของช่องในชั้น ทำให้การสูญเสียอย่างมีนัยสำคัญของพลังงานจลน์เกิดขึ้นที่ Reynolds number สูงขึ้น ค่าคงที่ 150 สอดคล้องกับ $\lambda_1 = 2.1$ ซึ่งเป็นค่าที่สมเหตุสมผล สำหรับ factor ความคดเคี้ยว ตามสมการ 2.9 แสดงว่าการไหลแปรตาม pressure drop และ แปรผกผันกับค่าความหนืดกับของไหล ดังกฎของ Darcy's law ซึ่งใช้บ่อยๆ ในการอธิบายการไหลของของเหลวผ่านชั้นเม็ดวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่ออัตราการไหลผ่านชั้นเม็ดวัสดุเพิ่มขึ้น ค่าความชันของกราฟระหว่าง Δp กับ \bar{V}_0 จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น และที่ Reynolds number สูงขึ้นมากๆ ค่า Δp เปลี่ยนแปลงตามความเร็วของลมในชั้นที่ไม่มีวัสดุ \bar{V}_0 ยกกำลัง 1.9 หรือ 2.0 ถ้าสมการโดยปกติสำหรับการไหลแบบปั่นป่วนในท่อ นำมาใช้กับชั้นวัสดุที่เป็นเม็ดโดยใช้ค่า correction factor λ_2 เพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อน ดังนั้นจะได้สมการ

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{2f\rho\bar{V}^2}{D_{eq}} = 2f\lambda_2\rho\left(\frac{\bar{V}_0}{\varepsilon}\right)^2 \frac{3(1-\varepsilon)}{2\Phi_s D_p \varepsilon} \quad (2.10)$$

หรือ

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{3f\lambda_2\rho\bar{V}_0^2(1-\varepsilon)}{\Phi_s D_p \varepsilon^3} \quad (2.11)$$

ค่าของ Pressure drop ในชั้นวัสดุที่มีค่า Reynolds number สูง ($Re_p > 1000$) เราจะใช้สมการ Burke-Plummer

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{1.75\rho\bar{V}_0^2(1-\varepsilon)}{\Phi_s D_p \varepsilon^3} \quad (2.12)$$

ถึงแม้ว่าสมการนี้จะมีรูปแบบเหมือนสมการที่ 2.11 แต่ค่าคงที่เท่ากับ 1.75 สูงกว่าค่าที่คาดหวังไว้โดยคำนึงถึง factor แรงเสียดทานของการไหลในท่อ ถ้า Re_p เป็น 10^4 และ Re ที่มีพื้นฐานมาจาก D_{eq} จะมีค่าประมาณ 4000 แล้ว factor ความเสียดทานสำหรับท่อเรียบจะได้ $f \approx 0.01$ ค่า factor ของแรงเสียดทานหมายความว่า correction factor λ_2 เท่ากับ $1.75/0.03 = 58$ ซึ่งมากเกินไปที่จะอธิบายโดยความคลาดเคลื่อนของช่อง หรือ ความขรุขระของผิวของอนุภาค สิ่งที่ทำให้เกิด Pressure drop คือ พลังงานจลน์ที่สูญเสียเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดของช่องและทิศทางการไหลเมื่อของไหลไหลผ่านระหว่างอนุภาค

ช่องทางการไหลก็จะเล็กลงหรือใหญ่ขึ้นและความเร็วสูงสุดจะมากกว่าความเร็วเฉลี่ยมาก เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของช่องทางเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้พลังงานจลน์ของของไหลสูญเสียไปเนื่องจากการขยายตัวของของไหล เพื่อนั้นปริมาณการสูญเสียปริมาณพลังงานจลน์ Pressure drop

จากสมการที่ 2.12 สามารถหารด้วย $\rho \bar{V}^2 / 2$ เพื่อให้ได้ความดันที่สูญเสียที่เรียกว่า velocity head. การใช้ความเร็วเฉลี่ย \bar{V}_0 / ε สำหรับ \bar{V} จะได้

$$\frac{\Delta p}{(\rho/2)(\bar{V}_0/\varepsilon)^2} = 2 \times 1.75 \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right) \frac{L}{\Phi_s D_p} \quad (2.13)$$

สำหรับสัดส่วนช่องว่าง ε โดยทั่วไปเท่ากับ 0.4 และชั้นของวัสดุทรงกลม Pressure drop จะสอดคล้องกับการสูญเสีย 5.25 เท่าของ velocity head สำหรับแต่ละชั้นของอนุภาค ($2 \times 1.75 \times 0.6 / 0.4$) = 5.25 ค่านี้จะมากกว่า 1 เพราะค่าความเร็วการไหลในช่องว่างที่แคบๆ เป็น 2-3 เท่าของความเร็วเฉลี่ย \bar{V} ที่ไหลผ่านชั้นเม็ดวัสดุ และ ค่าพลังงานจลน์จะสูญเสียมากในการไหลผ่านแต่ละชั้นของวัสดุ สมการที่ครอบคลุมช่วงทั้งหมดของอัตราการไหลสามารถหาได้จาก การสมมุติว่าได้รวมการสูญเสียเนื่องจากความหนืดและการสูญเสียพลังงานจลน์ ไว้ด้วยผลลัพธ์คือได้สมการของ Ergun

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{150 \bar{V}_0 \mu (1-\varepsilon)^2}{\Phi_s^2 D_p^2 \varepsilon^3} + \frac{1.75 \rho \bar{V}_0^2 (1-\varepsilon)}{\Phi_s D_p \varepsilon^3} \quad (2.14)$$

Ergun แสดงให้เห็นว่าสมการที่ 2.14 เหมาะสมกับข้อมูลของทรงกลม ทรงกระบอก และ เมล็ดของแข็งที่แตก ครอบคลุมช่วงที่กว้างของอัตราการไหลกำลังสอง เขาได้เปลี่ยนความหนาแน่นของชั้นวัสดุให้มีค่าต่างๆสำหรับวัสดุบางชนิดเพื่อตรวจสอบเทอมของ $(1-\varepsilon)^2 / \varepsilon^3$ สำหรับส่วนที่สูญเสียเนื่องจากความหนืดของสมการและเทอม $(1-\varepsilon) / \varepsilon^3$ สำหรับส่วนที่สูญเสียเนื่องจากพลังงานจลน์ สังเกตได้ว่าการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของ ε มีผลกระทบมากต่อ Δp ซึ่งทำให้ทำนายค่า Δp ให้แม่นยำได้ยากและทำให้ได้ค่าจากการทดลองที่ไม่เหมือนเดิมเมื่อใส่วัสดุลงไปใหม่

ค่าสัดส่วนช่องว่างของทรงกลมของทรงกระบอก และเม็ดวัสดุ ε โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 0.3-0.6 ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขนาดอนุภาคและขนาดถังบรรจุ และวิธีการของการบรรจุ ข้อมูล Leva และ Grummer สำหรับการบรรจุแบบเทแสดงอยู่ในตารางที่ 2.2 การสั่นชั้นวัสดุส่งผลให้สัดส่วนของช่องว่างลดลงสองถึงสามเปอร์เซ็นต์กว่าแบบการเท อนุภาคที่มีผิวหยาบมีสัดส่วนช่องว่างที่มากกว่าอนุภาคที่มีผิวเรียบสองถึงสามเปอร์เซ็นต์ สำหรับชั้นวัสดุที่มีอนุภาคหลายขนาดจะมีสัดส่วนช่องว่างที่ต่ำกว่าชั้นวัสดุที่มีขนาดอนุภาคเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 สัดส่วนช่องว่างสำหรับการบรรจุแบบเท

D_p/D_1	ϵ ของทรงกลม	ϵ ของทรงกระบอก
0	0.34	0.3
0.1	0.38	0.35
0.2	0.42	0.39
0.3	0.46	0.45
0.4	0.50	0.53

หมายเหตุ D_p = เส้นผ่านศูนย์กลางสมมูล D_1 = เส้นผ่านศูนย์กลาง ϵ = ค่าความพรุน

2.2 การวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ และ ความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศ โดยใช้ Air flow apparatus [3]

จากการศึกษาของ Carmen-Kozeny การใช้ air flow apparatus ในการหาค่าการแทรกซึมผ่านของอากาศผ่านชั้น Mucuna bean ทำโดยใช้เม็กลีดลงในท่อ PVC ที่รู้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางแล้ววางท่อในตำแหน่งที่อากาศไหลผ่านไปได้ ซึ่งวัดอัตราการไหลของอากาศโดยใช้ Inclined oil manometer และ annubar เมื่ออากาศไหลผ่านชั้นวัสดุจะบันทึกค่าความดันที่ลดลงโดย annubar แล้วนำมาคำนวณ Airflow rate และ ค่าความดันที่ลดลงระหว่างตัวอย่างเม็กลีด ค่าการแทรกซึมผ่านของอากาศผ่านชั้น (K) หาได้จากสมการของ Darcy ในสมการที่ 2.15 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะหาได้จากสมการที่ 16 สมการของ Carmen-Kozeny

$$K = (q \times \eta \times L) / (A \times \Delta p) \quad (2.15)$$

$$K = p^3 / [5 \times S^2 \times (1 - p)^2] \quad (2.16)$$

เมื่อ K = ค่าการแทรกซึมผ่านของอากาศผ่านชั้นวัสดุ (m^2), q = อัตราการไหลของอากาศ (m^3/s), η = ความหนืดของอากาศ ($1.82E^{-5}$ Pa.s), L = ความยาวของชั้นเม็กลีดที่อยู่ภายในท่อ (m).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A = พื้นที่หน้าตัดของชั้นเมล็ดที่อยู่ในท่อ (m), Δp , - ความดันที่ลดลงเมื่ออากาศผ่านชั้นเมล็ดตัวอย่าง (Pa), p = ค่าความพรุน, S = พื้นที่ผิวจำเพาะ (m^2/m^3)

นอกจากนี้ยังมีอีกวิธีหนึ่งซึ่งใช้คำนวณหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของมวลของเมล็ดเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูล และความหนาแน่นรวม พื้นที่ผิวจำเพาะ คือพื้นที่ผิวของถั่ว 1 เมล็ด คูณด้วยจำนวนเมล็ดแล้วหารด้วยปริมาตรรวม ซึ่งปริมาตรรวมหาได้โดยคูณมวล 1 เมล็ด ด้วยจำนวนเมล็ดแล้วหารด้วยความหนาแน่นรวม ถ้าสมมุติว่าถั่วมีรูปร่างทรงกลม สามารถคำนวณหาค่า พื้นที่ผิวจำเพาะจากสูตร

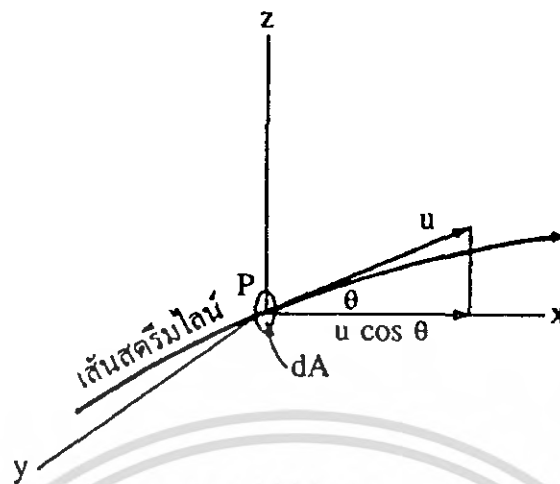
$$\text{Specific surface area } S = 4 \times \pi \times (d/2)^2 \times \text{bulk density} / \text{มวลของเมล็ด 1 เมล็ด} \quad (2.17)$$

เมื่อ Specific surface area $S = 4 \times \pi \times (d/2)^2 \times \text{bulk density} / \text{มวลของเมล็ด 1 เมล็ด}$ เมื่อ d เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูล

2.3 การวัดอัตราการไหลของลมในท่อ[4]

2.3.1 อัตราการไหลและความเร็วเฉลี่ย (Rate of discharge and mean velocity)

ปริมาณของไหลไหลผ่านหน้าตัดใด ๆ ในหนึ่งหน่วยเวลานั้นเรียกว่า อัตราการไหล แต่มักนิยมเรียกกันสั้น ๆ ว่า Discharge หรือ Flow อัตราการไหลนี้มีหน่วยเป็น m^3/s , N/s . ลิตร/นาทึ หรือหน่วยอื่นๆ ตามลักษณะการงานเฉพาะอย่าง อัตราการไหลในระบบเอสไอนั้นจะมีหน่วยเป็น m^3/s แต่ถ้าหากเป็นของไหลที่อัดตัวได้ก็จะบอกอัตราการไหลเป็น N/s หรือ KN/s หรือ Kg/s



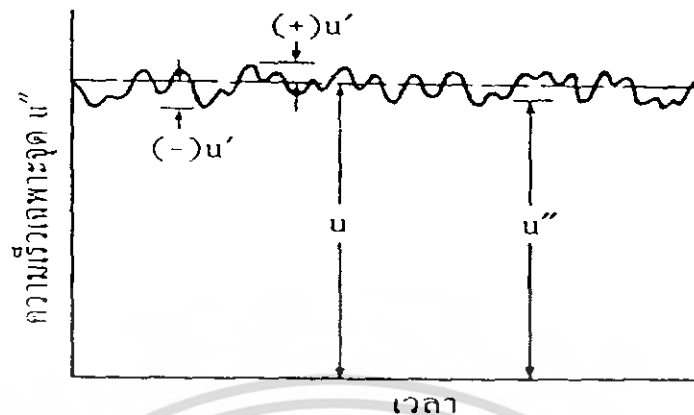
รูปที่ 2.1 สตรีมไลน์ของของไหล

รูปที่ 2.1 เป็นรูปของเส้นสตรีมไลน์ของการไหลแบบ steady flow ที่กำลังไหลในระนาบ xz ผ่าน พื้นที่ dA เล็ก ๆ ที่อยู่บนระนาบ yz ของไหลที่ไหลมาถึงจุด P นี้จะมีความเร็วเฉลี่ยเป็น u ในกรณีนี้ อัตราการไหลโดยปริมาตรที่ไหลผ่านพื้นที่ dA เล็ก ๆ ก็จะมีค่าเป็น

$$dQ = \vec{u} \cdot d\vec{A} = (u \cos \theta) dA = u (\cos \theta) dA = u dA' \quad (2.17)$$

เมื่อ dA' เป็นพื้นที่ของภาพฉายที่เกิดจากการฉายพื้นที่ dA ไปตกบนฉากที่จึงตั้งฉากกับทิศทางของ u นั่นก็หมายความว่าอัตราการไหลโดยปริมาตรมีค่าเท่ากับความเร็วคูณกับ พื้นที่สำหรับการไหลที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลนั้นสำหรับอัตราการไหลโดยมวลและอัตราการไหลโดยน้ำหนักก็สามารถหาได้ด้วยการคูณอัตราการไหลโดยปริมาตรด้วยความหนาแน่นและน้ำหนักจำเพาะตามลำดับ

ถ้าหากการไหลนับเป็นการไหลแบบเทอร์บีเวนท์แล้วความเร็วย่อย u' ที่ขณะใดขณะหนึ่งของของไหลที่ไหลตาม เส้นสตรีมไลน์ จะเปลี่ยนแปลงตามเวลา แม้ว่าของไหลนั้นจะได้ชื่อว่าเป็นการไหลที่ไม่แปรตามเวลาแล้ว (steady flow) ก็ตาม ในรูปที่ 2.2 เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วย่อย u' กับ เวลา และความเร็วเฉลี่ย u ที่ขณะใดขณะหนึ่งของของไหลที่จุด P



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของแต่ละจุด

ความแตกต่างระหว่าง u'' และ u ซึ่งแสดงด้วย u' นี้ เรียกว่าค่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วย่อยจากการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ (turbulent fluctuation) ค่าเฉลี่ยที่ขณะใดขณะหนึ่งของ u' นี้จะต้องมีค่าเป็นศูนย์เช่นเดียวกับค่าเฉลี่ยที่ขณะใดขณะหนึ่งของความเร็วย่อยตลอดทั้งหน้าตัดของเส้นทางการไหลดังเช่นเวกเตอร์ BD ดังนั้นความเร็วย่อย u'' ที่ขณะใดขณะหนึ่งนั้นก็จะมีค่าเป็น

$$u' = u + u' \tag{2.18}$$

สำหรับความเร็วเฉลี่ย u ของช่วงเวลา t นั้นสามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$u = \frac{1}{t} \int_0^t u'' . dt$$

ในของไหลจริงนั้น ความเร็วเฉลี่ย u นี้จะแปรค่าตลอดพื้นที่หน้าตัดในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ผลรวมของอัตราการไหลที่ไหลผ่านพื้นที่ dA เล็ก ๆ นั้นจะมีค่าเป็น

$$Q = \int_A u dA = AV \quad (2.19)$$

$$G = \gamma \int_A u dA = \gamma AV \quad (2.20)$$

$$\dot{m} = \rho \int_A u dA = \rho AV \quad (2.21)$$

เมื่อ $u =$ ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่ dA เล็ก ๆ

$V =$ ความเร็วเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่หน้าตัด A

ถ้าหากรู้ว่าความเร็ว u เป็นฟังก์ชันของพื้นที่ A แล้วก็จะสามารถ อินทิเกรตหาอัตราการไหล Q ได้ แต่ถ้าหากรู้แต่เพียงความเร็วเฉลี่ย V ของพื้นที่ที่ถูกแบ่งออกมาจากพื้นที่รวมแล้วก็จะได้อัตราการไหลเป็น

$$Q = A_a V_a + A_b V_b + \dots + A_n V_n = A \cdot V \quad (2.22)$$

สำหรับอัตราการไหล โดยนำหน้าและอัตราการไหลโดยมวลก็สามารถหาได้ในลักษณะเดียวกัน ในทางตรงกันข้ามถ้าหากรู้อัตราการไหลซึ่งอาจจะหาโดยตรงจากวิธีการใดวิธีหนึ่งแล้ว ก็สามารถจะหาความเร็วเฉลี่ยได้จากความสัมพันธ์

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{G}{\gamma A} = \frac{\dot{m}}{\rho A} \quad (2.23)$$

เมื่อ

Q = อัตราการไหลโดยปริมาตร, m^3/s

G = อัตราการไหลโดยน้ำหนัก, N/s

m_i = อัตราการไหลโดยมวล, kg/s

2.3.2 ตำแหน่งการวัดความเร็วลมในท่อ [5]

เพื่อหาความเร็วลมเฉลี่ยจะวัดความเร็วลมที่จุดต่างๆที่หน้าตัดของท่อดังรูปที่ 2.1 ซึ่งแต่ละจุดเป็นจุดศูนย์กลางของพื้นที่วงกลมหรือวงแหวนที่มีพื้นที่เท่ากัน



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งการวัดความเร็วลมในท่อ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ และการสร้าง

3.1 การออกแบบ

เครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะและความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศของเมล็ดธัญพืช และถั่วต่างๆประกอบด้วย blower กรวยลดขนาด ท่อ PVC ข้องอแบบยาว 90 องศา ตะแกรง แผ่นรอง แท่นรองท่อ แท่นรองblower แท่งยึด blower เครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้า แสดงดังรูปต่อไปนี้ ตามลำดับ

รูปที่ 3.1 เป็นภาพประกอบของเครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะและความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศของเมล็ดธัญพืช และถั่วต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย blower กรวยลดขนาด ท่อ PVC ข้องอ ยาว 90 องศา ท่อตรง ขอต่ตรง และ ตะแกรง

รูปที่ 3.2 กรวยลดขนาด ทำจากสังกะสีพับเป็นกรวยสี่เหลี่ยมลดขนาดมาเป็นท่อกลม

รูปที่ 3.3 ท่อ PVC ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ยาว 1.6 เมตร เจาะรูที่ตรงกลางท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร ซึ่งจะใช้วัด ความเร็วลมในท่อ

รูปที่ 3.4 ข้องอยาว 90 องศา ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว

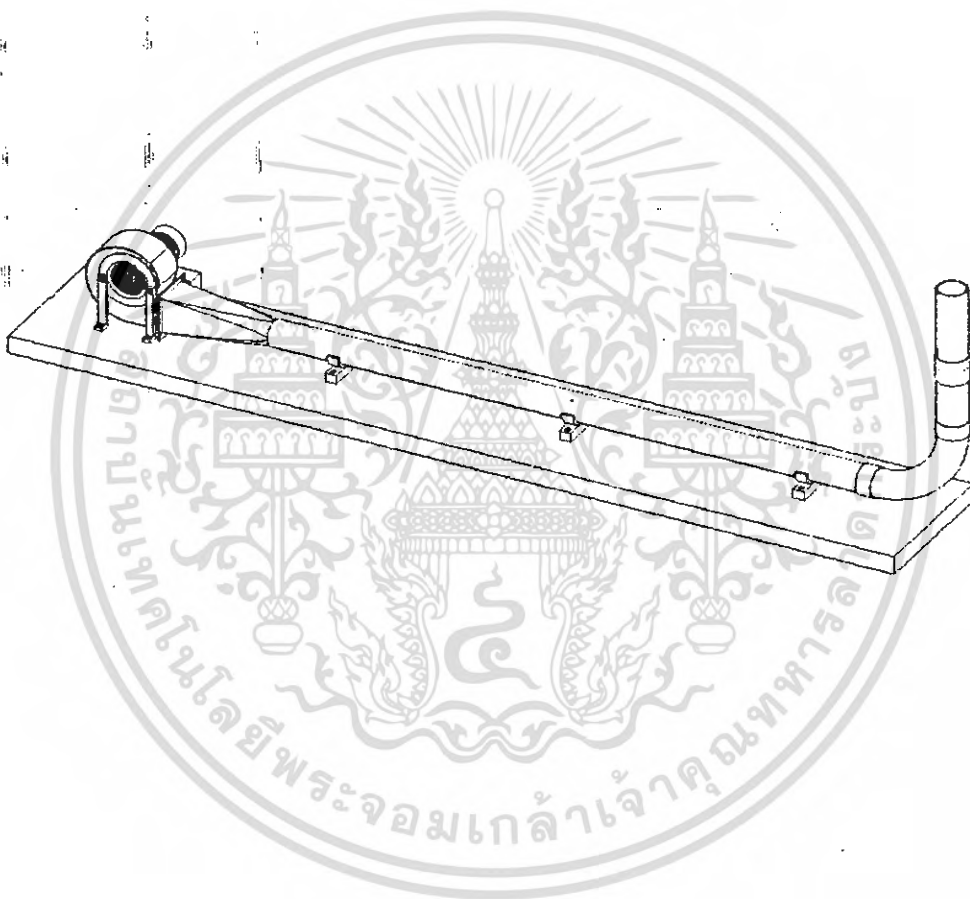
รูปที่ 3.5 ท่อ PVC ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ยาว 150 มิลลิเมตร เจาะรูท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร จากปลายท่อลงมา 70 มิลลิเมตร

รูปที่ 3.6 ขอต่ตรง PVC ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ยาว 10 มิลลิเมตร ภายในมี ตะแกรงและมีท่อ PVC สวมต่อโดยท่อมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ยาว 230 มิลลิเมตร เจาะรูท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร จากปลายท่อลงมา 40 มิลลิเมตร

รูปที่ 3.7 แผ่นรองท่อใช้ยึด blower และ แท่นรองท่อดังรูป

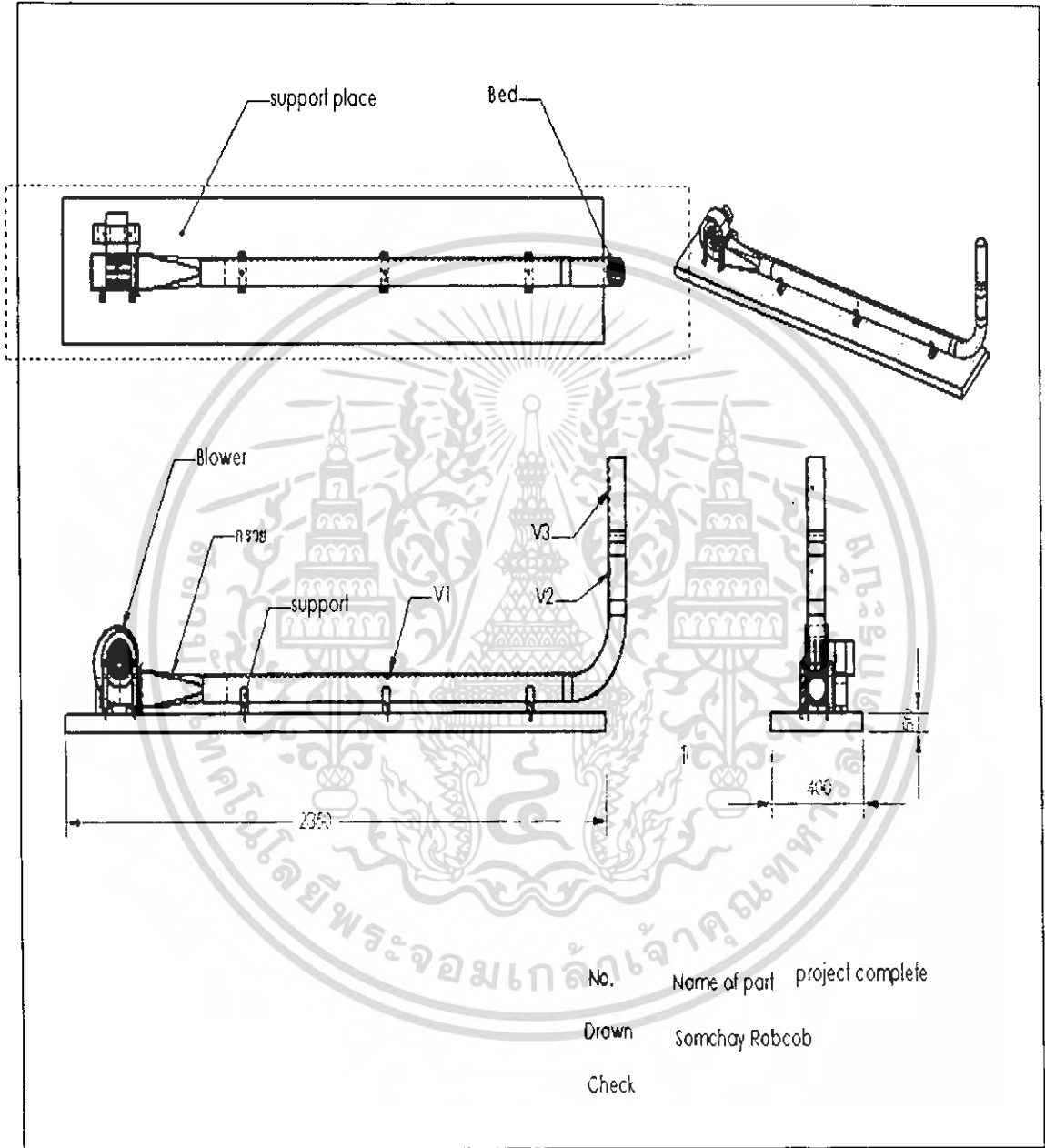
รูปที่ 3.8 รูปที่ 3.9 เป็นแท่นรองเพื่อล็อกท่อดังรูป

รูปที่ 3.10 รูปที่ 3.11 ใช้ยึดตัว blower ดังรูป



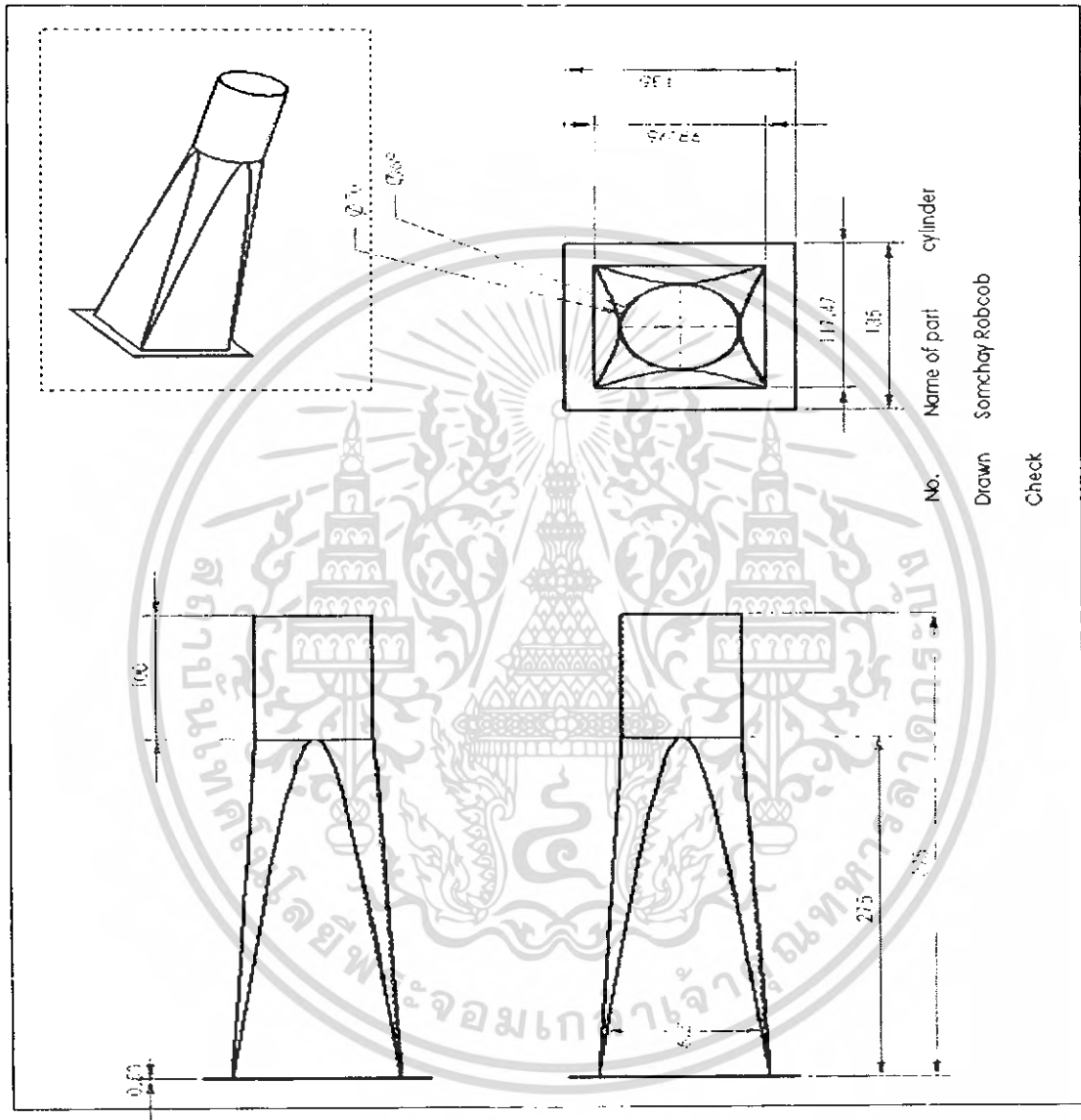
เป็นภาพประกอบของเครื่อง air flow apparatus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



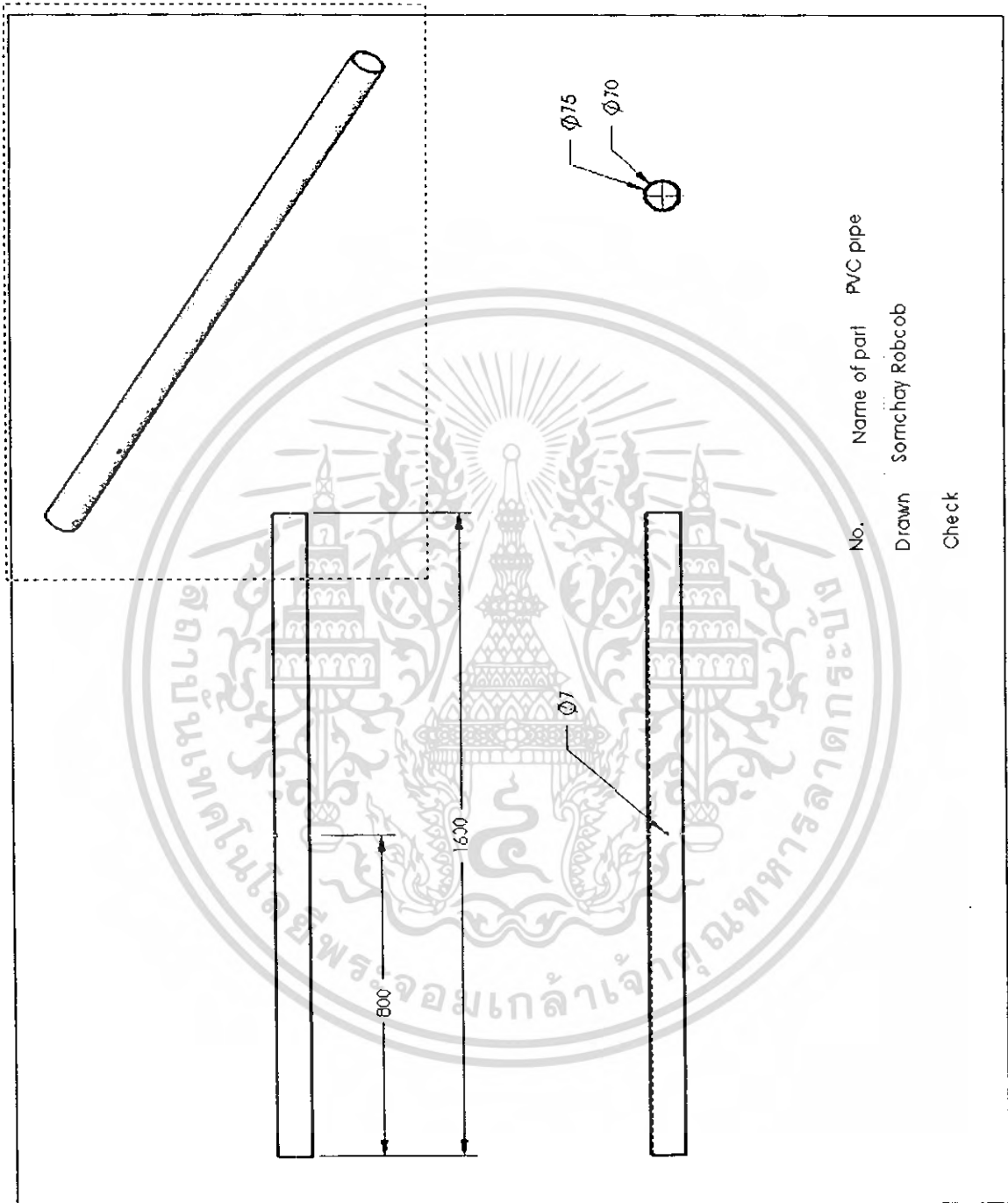
รูปที่ 3.1 ชิ้นงานสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในสถานศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 82979
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 กรวยลดขนาด

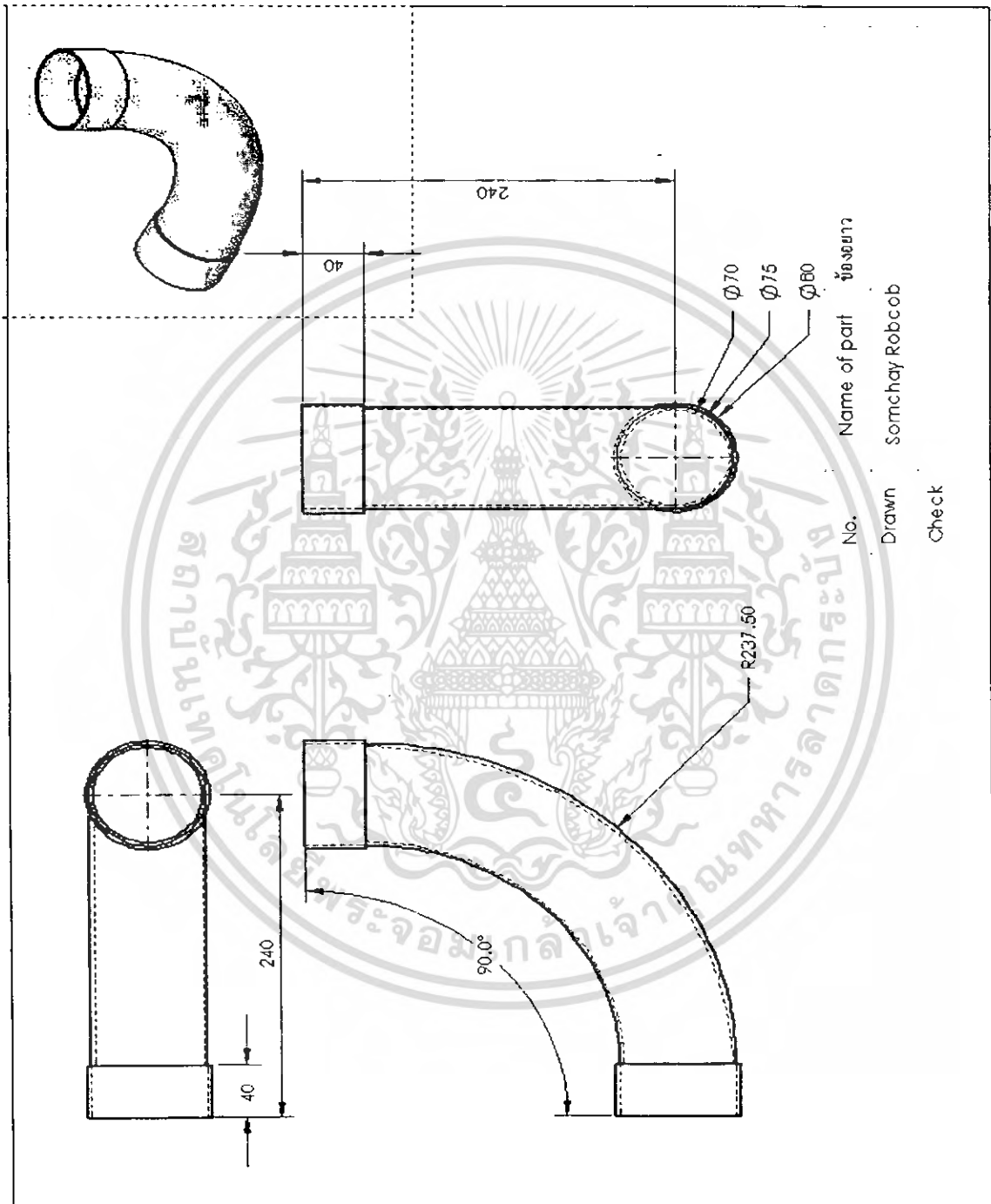
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



No.	Name of part	PVC pipe
Drawn	Somchay Robcob	
Check		

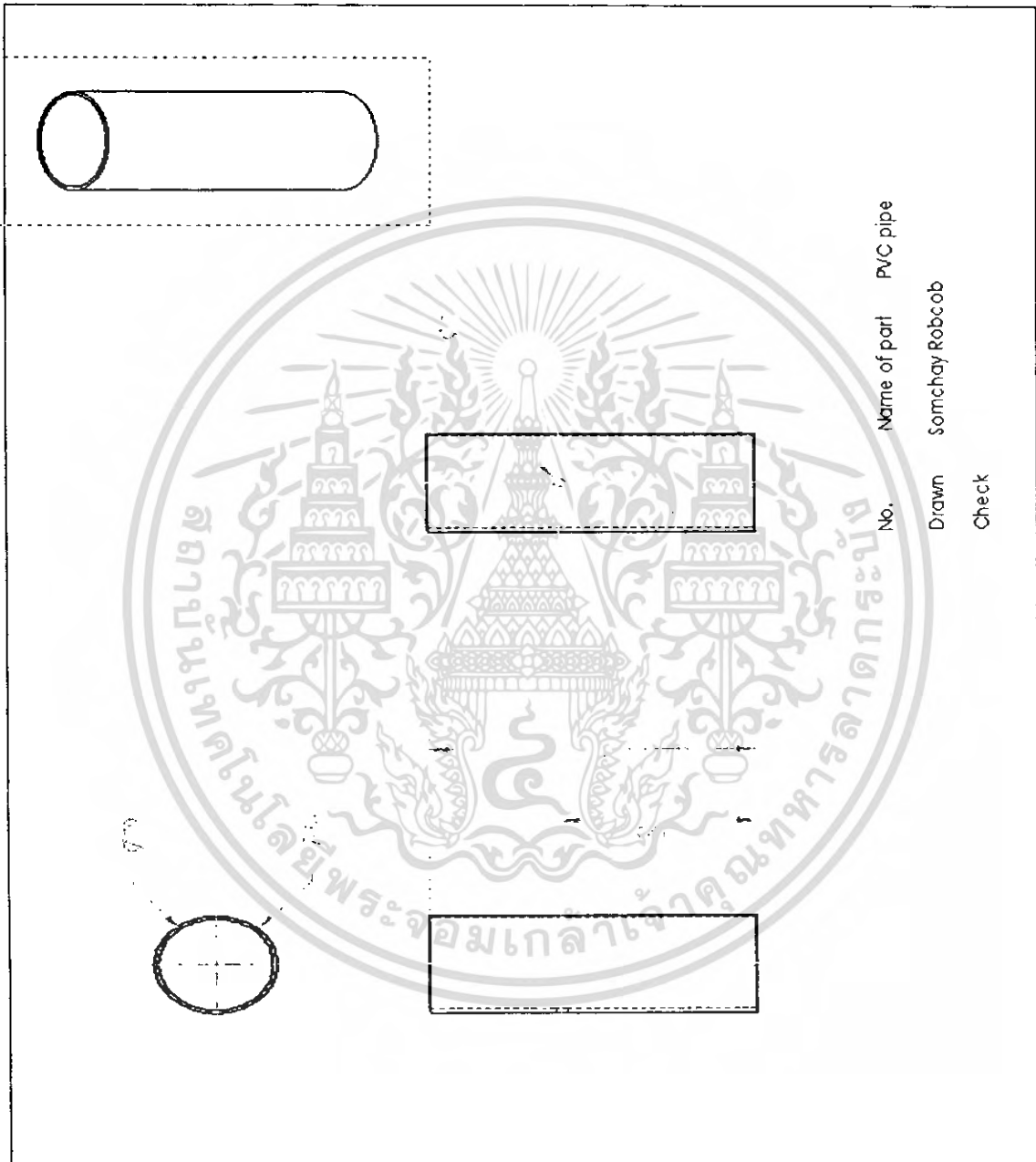
รูปที่ 3.3 ท่อ PVC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ข้องอแบบยาว 90 องศา

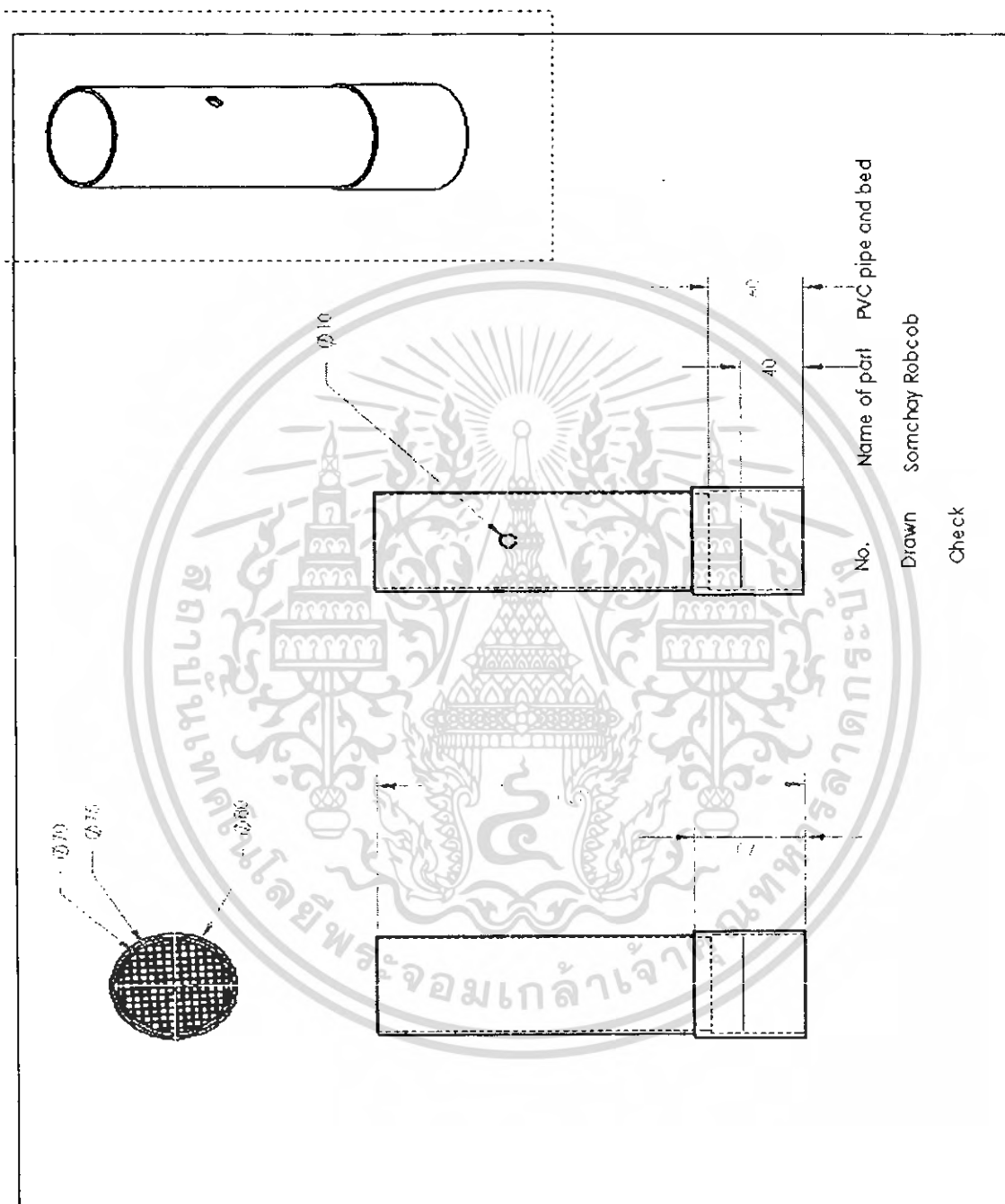
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



No. Name of part PVC pipe
 Drawn Somchay Robcob
 Check

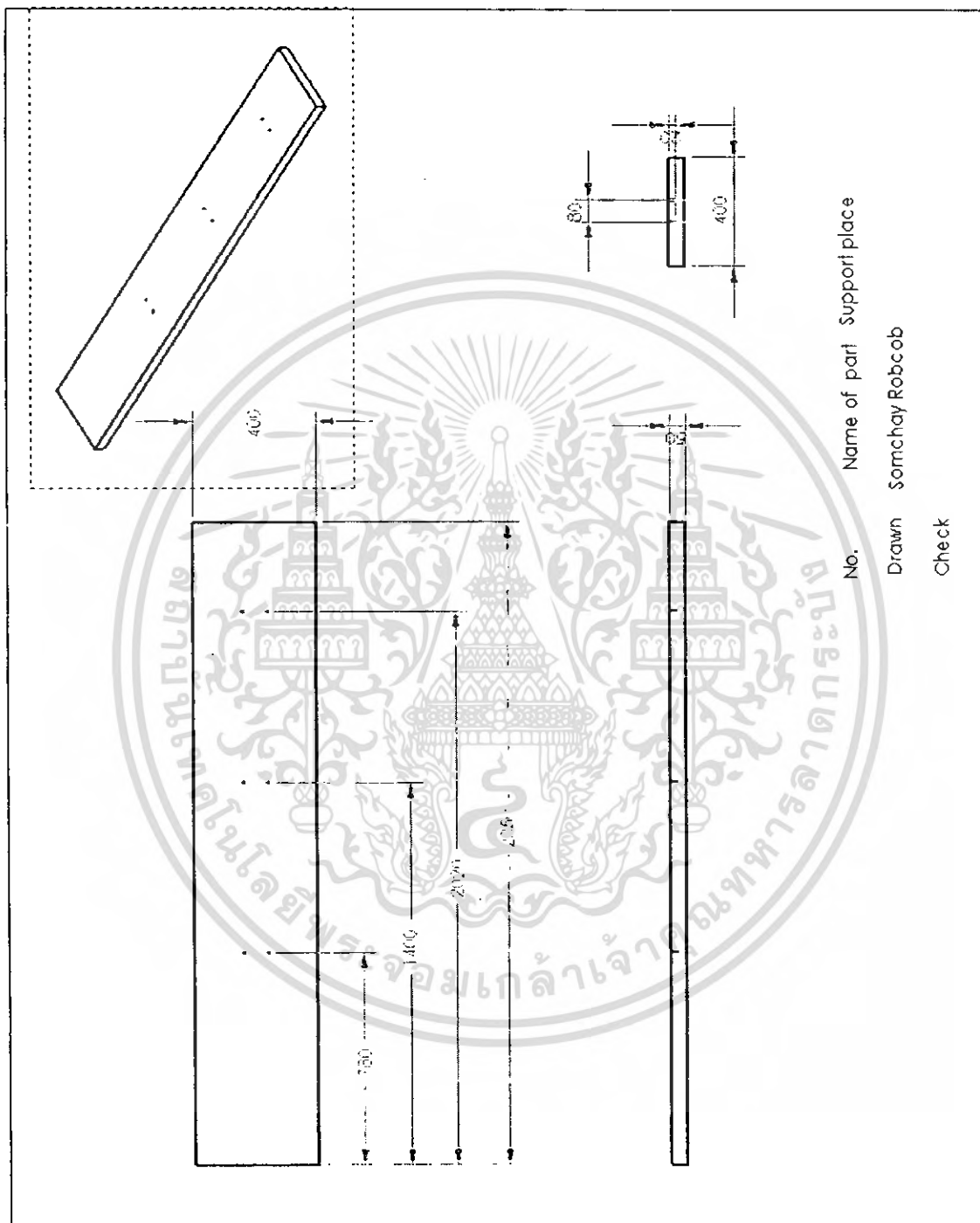
รูปที่ 3.5 ท่อ PVC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



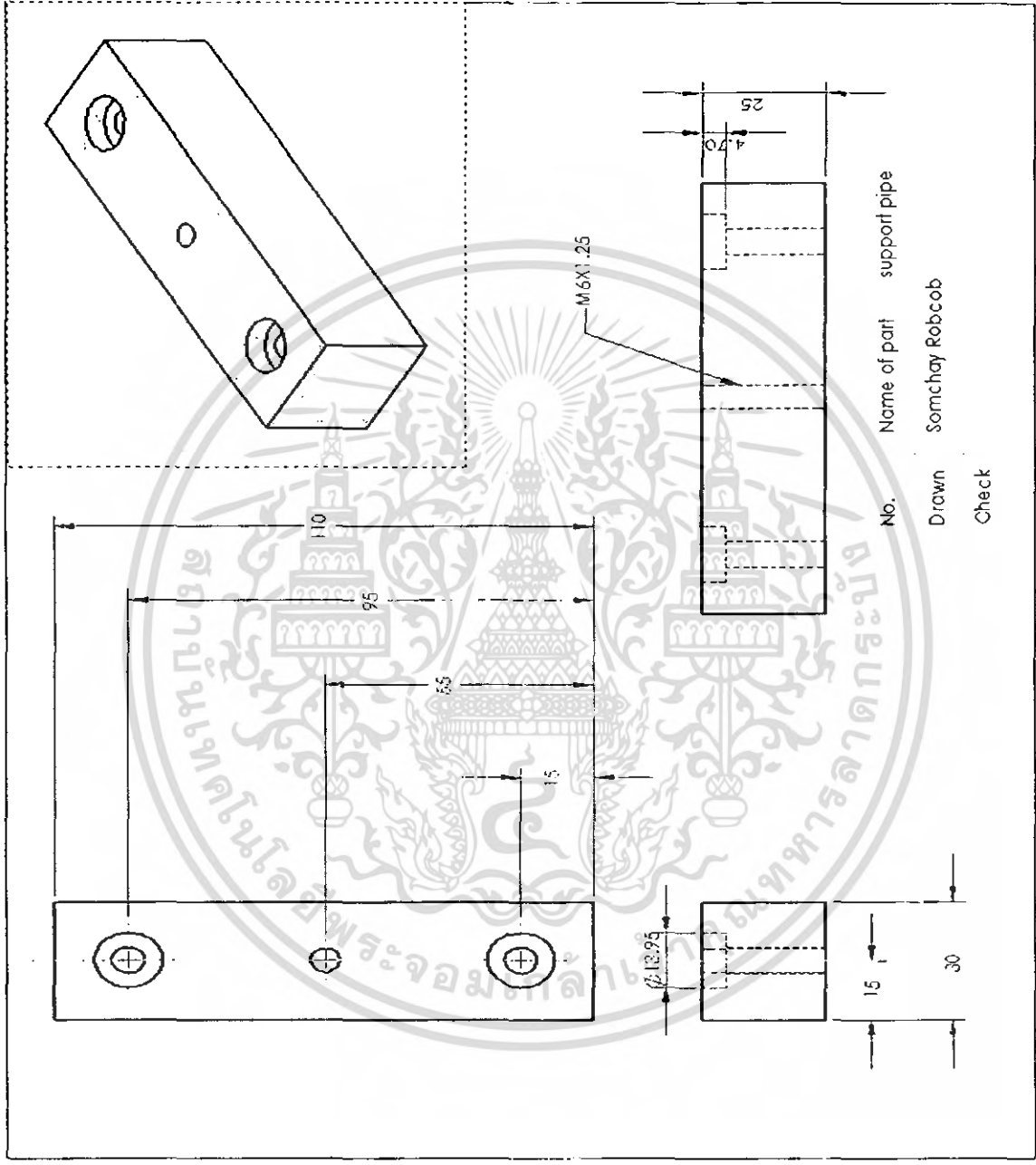
รูปที่ 3.6 ท่อ PVC พร้อมตะแกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



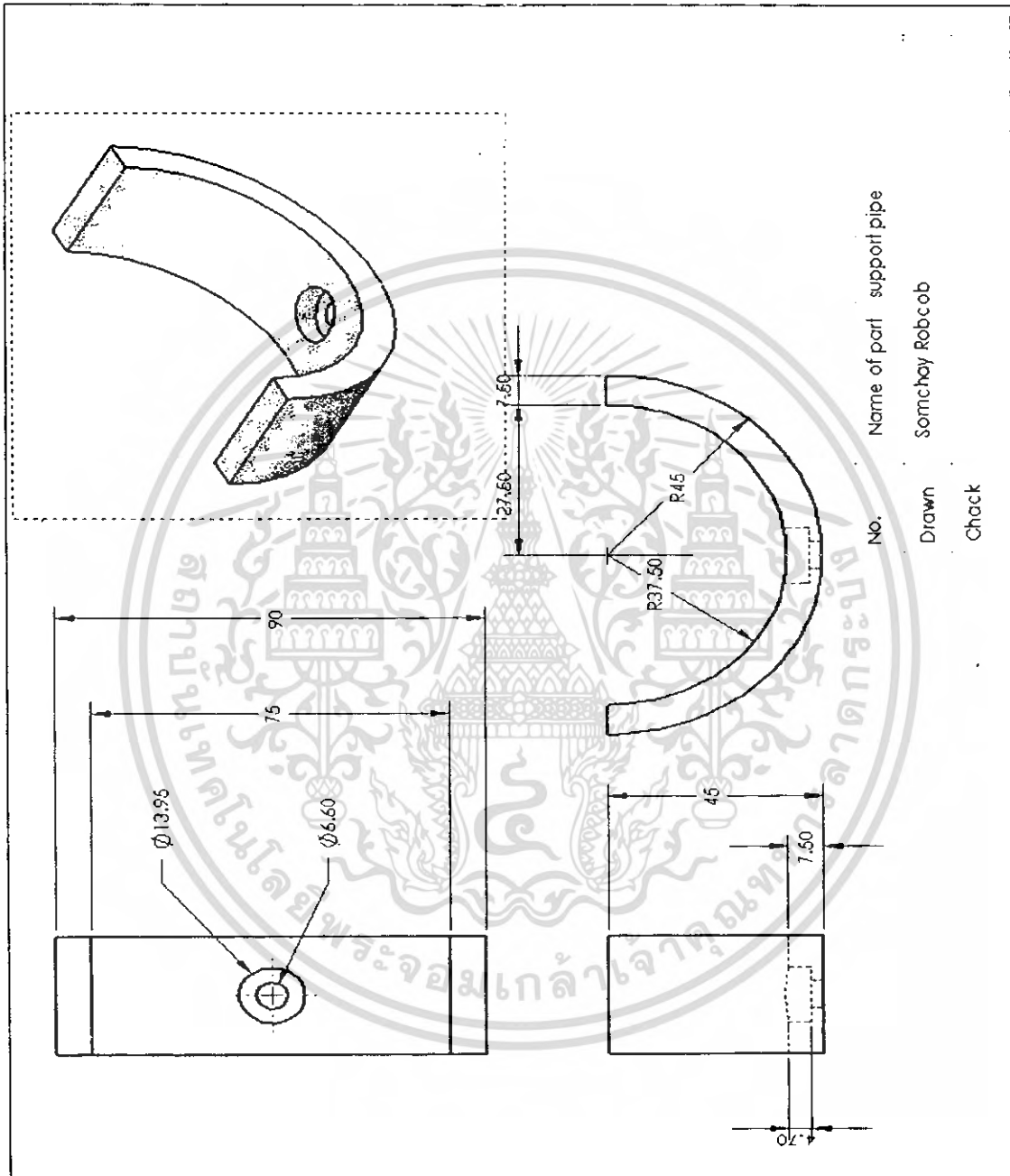
รูปที่ 3.7 แผ่นรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



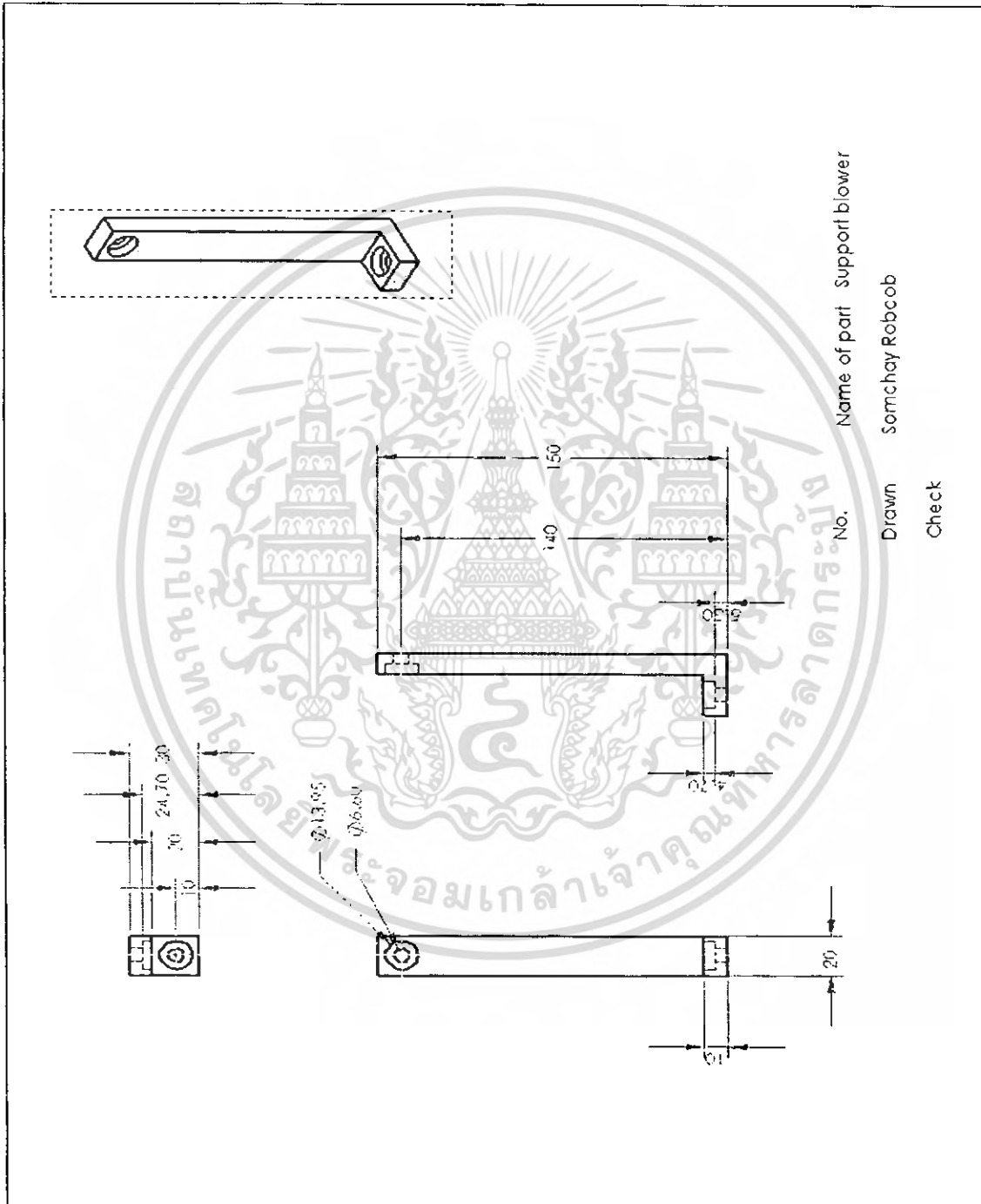
รูปที่ 3.8 แท่นรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แท่นรองท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แท่งยึด blower

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์ในการสร้าง

3.2.1 เครื่องขับเคลื่อนลม (Blower) แบบปรับความเร็วรอบได้ (รูปที่ 3.12)

Blower ขนาด 220 v/380v, 860 Pa, 50 Hz, 0.25 Kw, 2800 rpm, 500 m^3 /h.

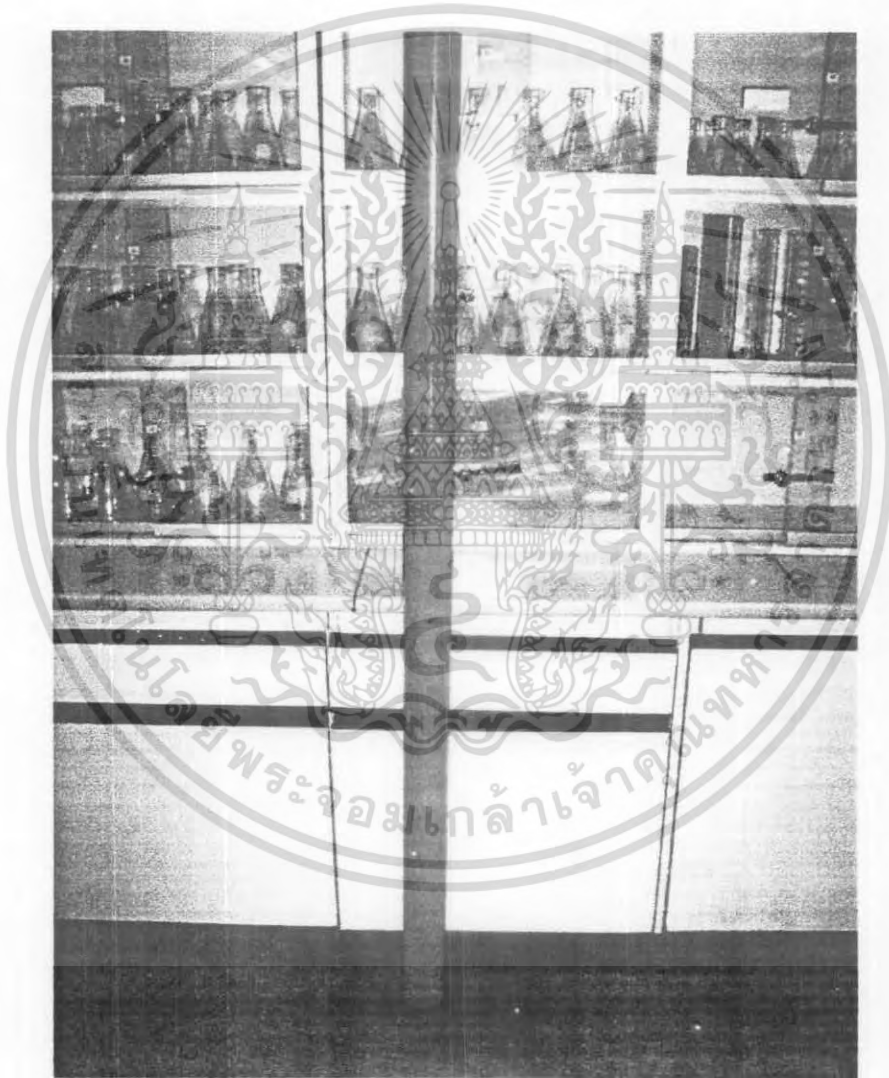


รูปที่ 3.12 Blower แบบปรับความเร็วรอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ท่อนำลม (PVC) (รูปที่ 3.13)

ท่อ PVC ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางกลาง 2.5 นิ้ว ยาว 1.6 เมตร เจาะรูที่ตรงกลางท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร ซึ่งจะใช้วัด ความเร็วลมในท่อ



รูปที่ 3.13 ท่อ PVC ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ท่อบรรจุเมล็ดวัสดุ (รูปที่ 3.14)

ข้อต่อตรง PVC ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ยาว 10 มิลลิเมตร ภายในมี ตะแกรงและมีท่อ PVC สวมต่อ โดยท่อมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ยาว 230 มิลลิเมตร เจาะรูท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร จากปลายท่อลงมา 40 มิลลิเมตร

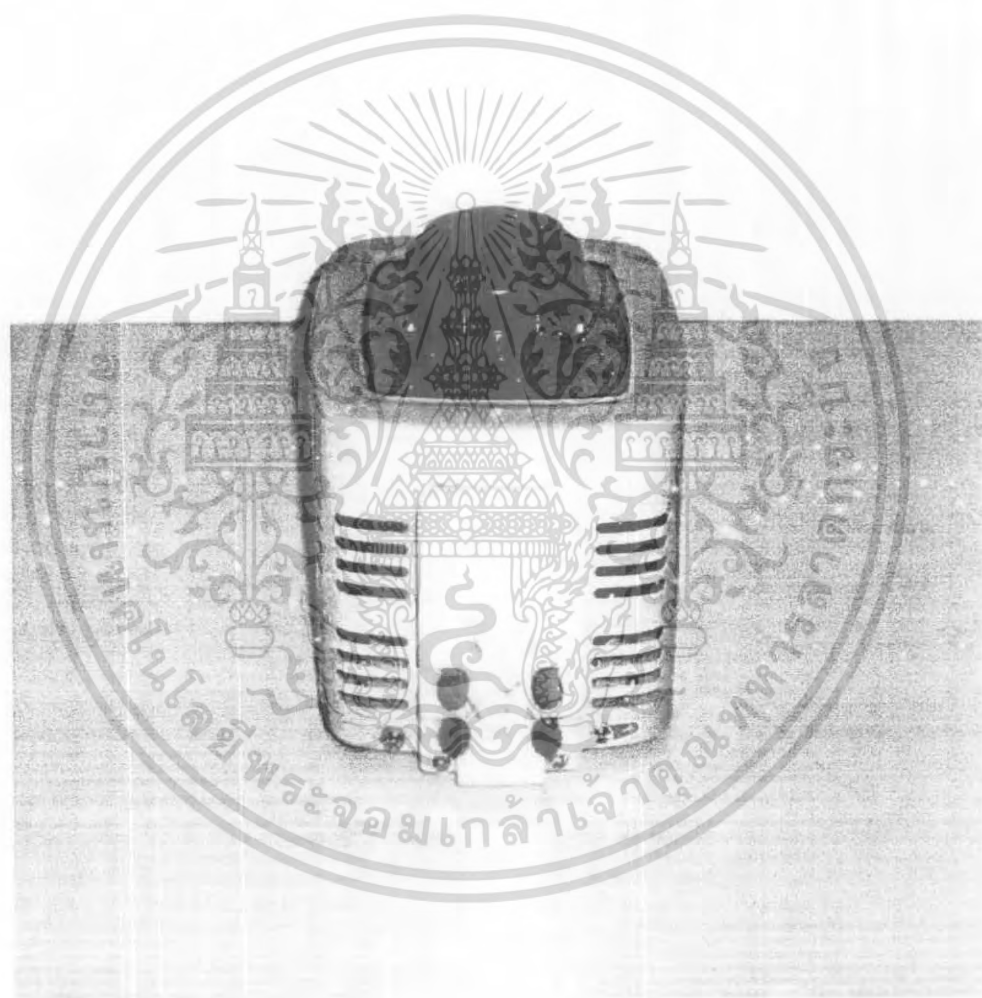


รูปที่ 3.14 ท่อบรรจุเมล็ดวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 เครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้า (voltage regulator) (รูปที่ 3.15)

1. ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบให้คงที่โดยใช้เครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้า (voltage regulator) เพื่อให้ความเร็วลมสม่ำเสมอ

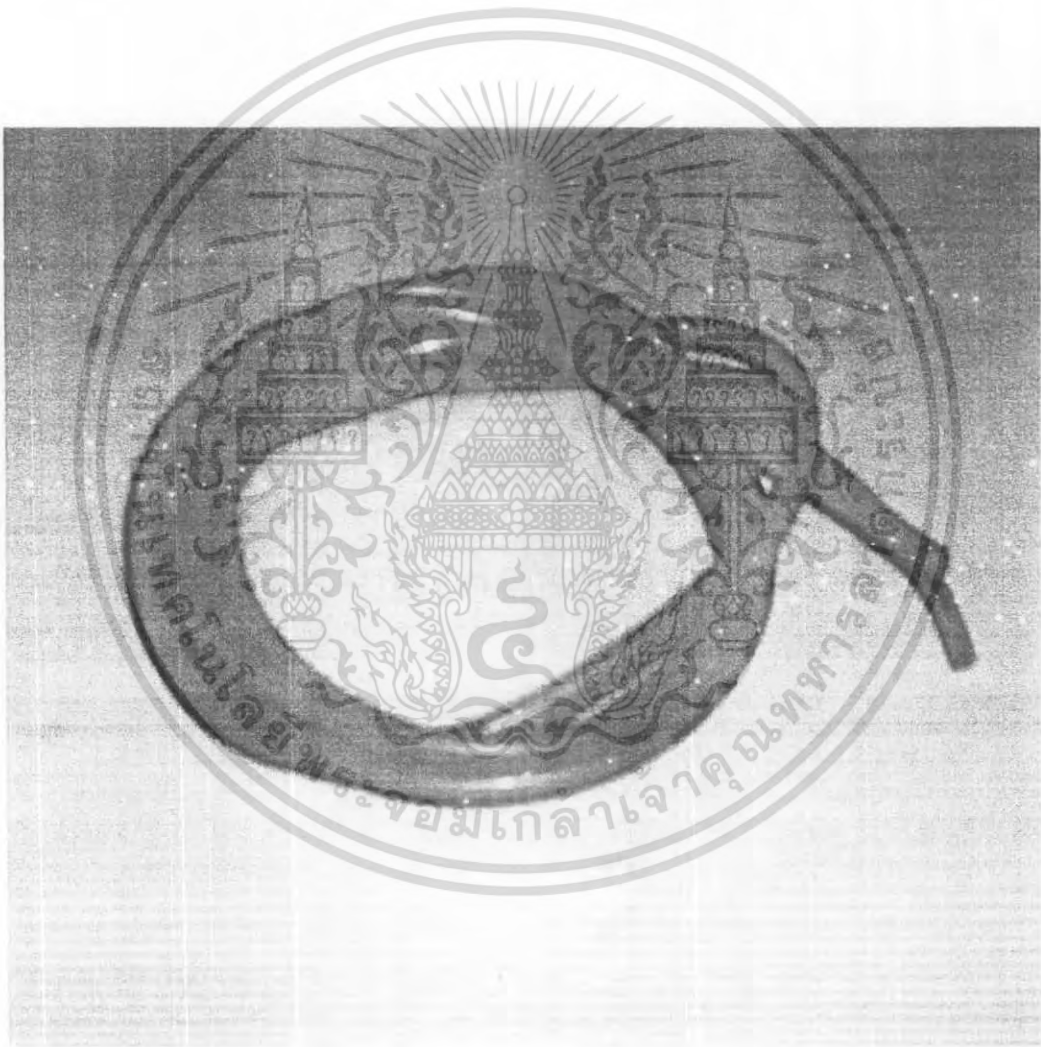


รูปที่ 3.15 เครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้า (voltage regulator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 สายลม (รูปที่ 3.16)

ใช้ทำหน้าที่ต่อจากท่อระหว่างชั้นเมล็ดวัสดุเข้ากับเครื่องมือวัด

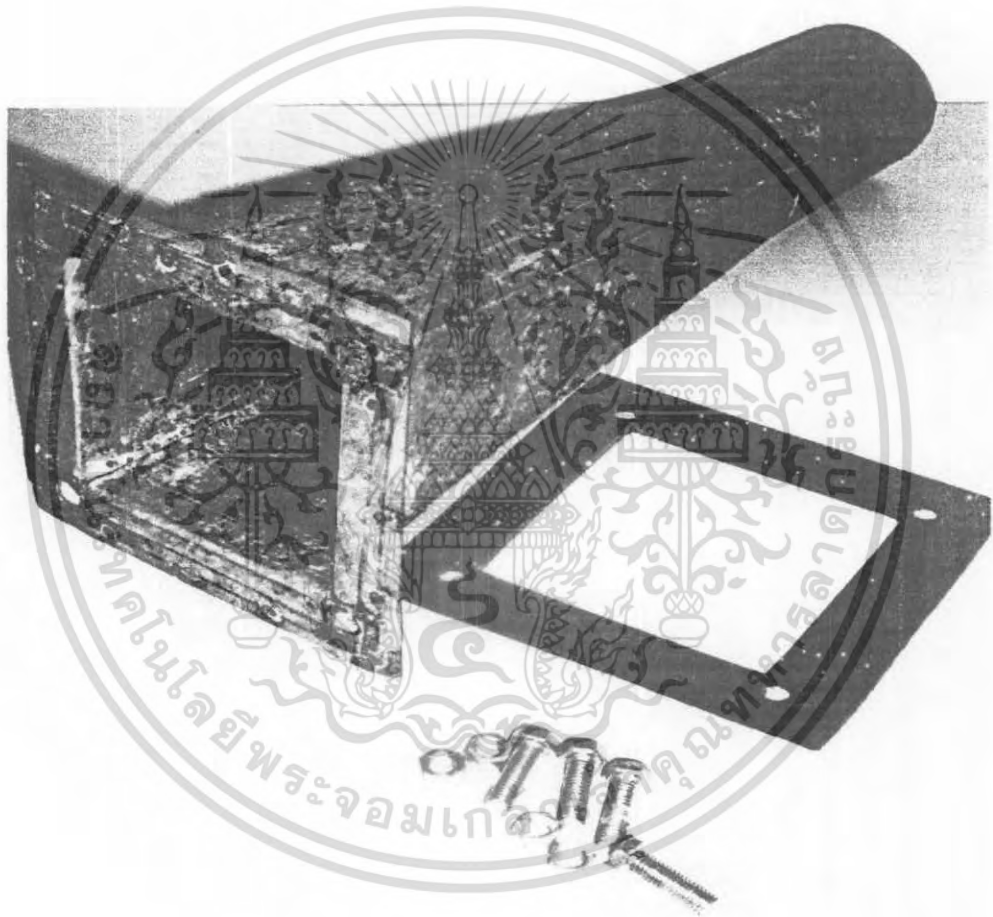


รูปที่ 3.16 สายลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 กรวยลดขนาด (รูปที่ 3.17)

ทำหน้าที่ให้ลมไหลผ่านไปอย่างสม่ำเสมอ

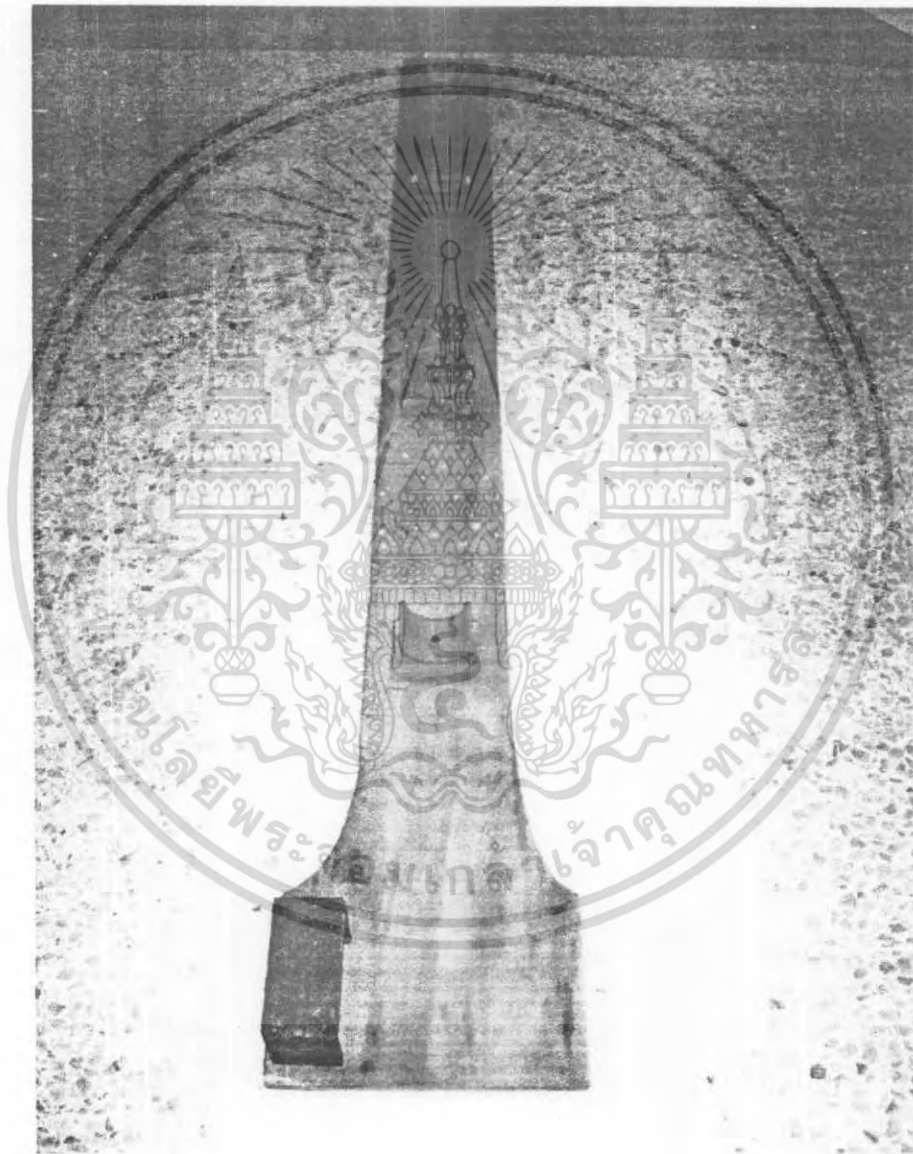


รูปที่ 3.17 กรวยลดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 แผ่นรองท่อ (รูปที่ 3.18)

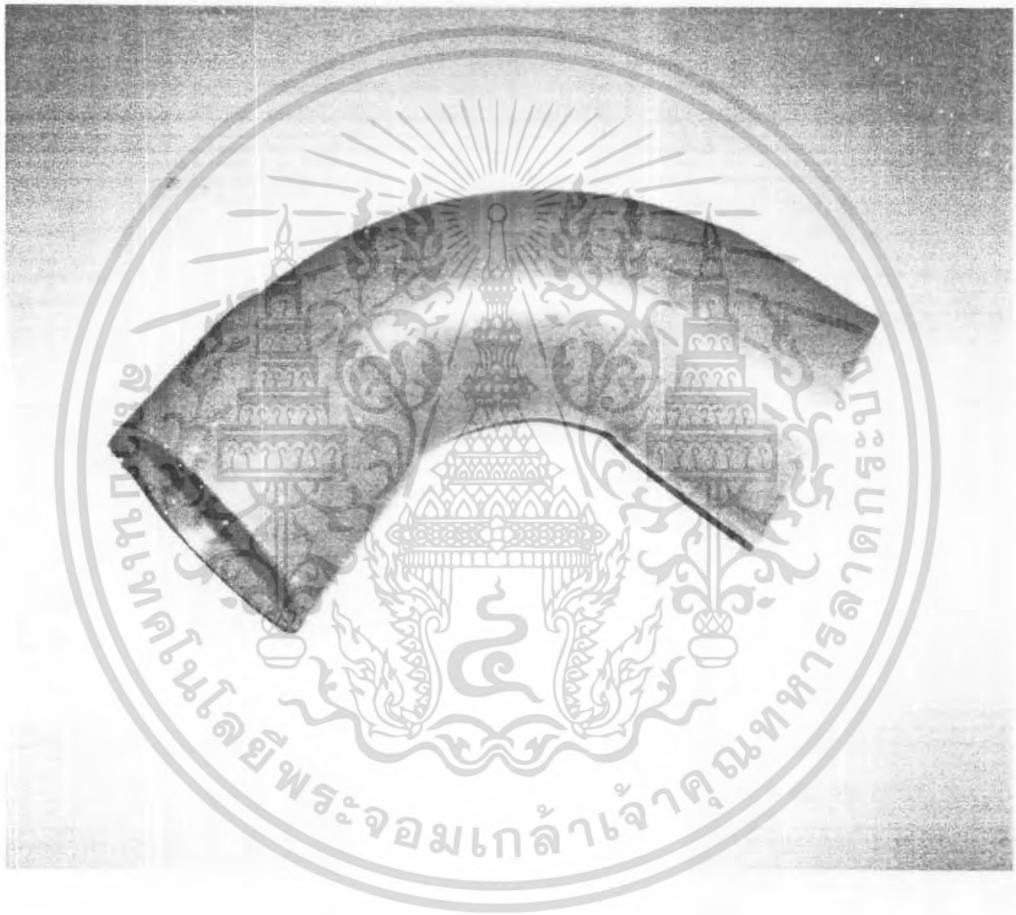
ทำหน้าที่ยึดท่อและยึดขาตั้ง Blower



รูปที่ 3.18 แผ่นรองท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

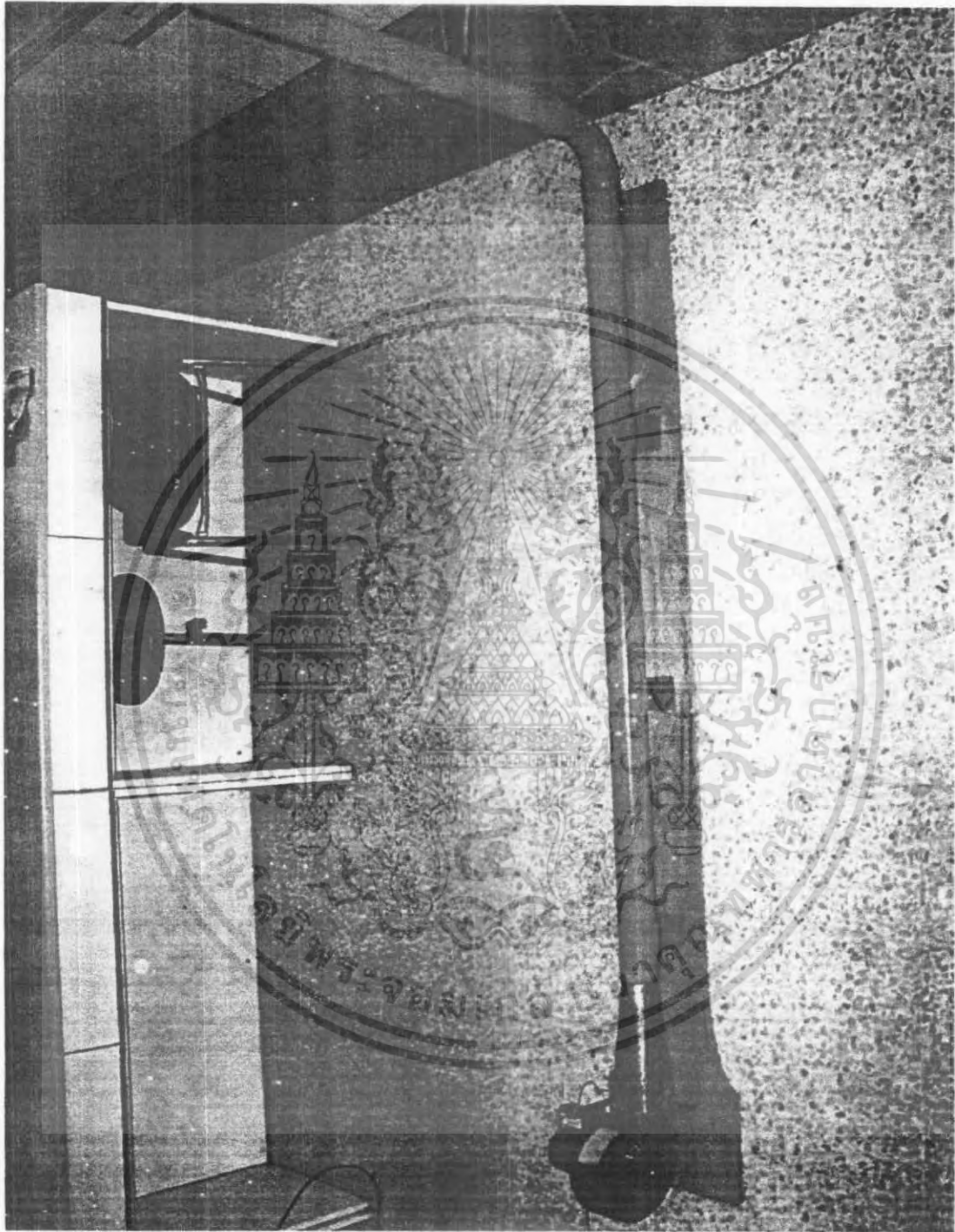
3.2.8 ซ็องฮยาว 90 องศา (รูปที่ 3.19)



รูปที่ 3.19 ซ็องฮยาว 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 นำอุปกรณ์ทั้งหมดมากอบจะได้ดังรูป



รูปที่ 3.20 เป็นภาพประกอบของ เครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะและความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศผ่านเมล็ดชัยุฑ์และถั่วต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดสอบกับลูกแก้ว 3 ขนาดเพื่อหาค่าผลกระทบของขนาด และระดับอัตราการไหลของลมต่อค่า ความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศ air permeability (K) และ พื้นที่ผิวจำเพาะ specific surface area (S)

4.1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของขนาดวัสดุและอัตราการไหลของลมต่อค่า air permeability (K) และ specific surface area (S) ของวัสดุ

4.1.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ และ ความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศ
2. Blower Specification: 220 v/380v, 860 Pa, 50 Hz, 0.25 Kw, 2800 rpm, 500 m^3/h .
3. เวอร์เนียคาลิเปอร์แบบดิจิตอล ยี่ห้อ Mitutoyo (รุ่น Absolute digimatic) ความละเอียด 0.01 mm
4. เครื่องมือวัดความเร็วลม (Festo-435)
5. เครื่องมือวัด Pressure drop (Festo-435)
6. เครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้า (voltage regulator)
7. ท่อลมที่ต่อกับเครื่องมือวัด
8. วัสดุทดสอบเม็ด ลูกแก้ว 3 ขนาด ได้แก่ ลูกแก้วขนาดเล็ก(10.35mm), ลูกแก้วขนาดกลาง (15.75mm) และลูกแก้วขนาดใหญ่ (24.58mm) จำนวนขนาดละ 5 kg
9. เครื่องชั่งยี่ห้อ Shimadzu รุ่น Bx 300 ความละเอียด 0.001 g
10. กระจ่างดวงที่รู้ปริมาตร 1000 cm^3

4.1.3 หาขนาดของลูกแก้ว

วิธีการทดลอง

1. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกแก้วทั้ง 3 ขนาด จำนวน 20 ซ้ำแล้วทำการหาค่าเฉลี่ย

4.1.4 หา Solid density ของลูกแก้ว

วิธีการทดลอง

1. ชั่งมวลลูกแก้ว 1 ลูก ทั้ง 3 ขนาดทำทั้งหมด 20 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย
2. หาปริมาตรของลูกแก้ว จากสูตร $\pi d^3 / 6$
3. นำมวลของลูกแก้วที่เฉลี่ยมาหารด้วยปริมาตรของลูกแก้ว 1 ลูก

4.1.5 หา Bulk density ของลูกแก้ว

วิธีการทดลอง

1. ชั่งมวลลูกแก้วในภาชนะที่รู้ปริมาตร

4.1.6 วิธีการทดลองเพื่อศึกษาผลของขนาดวัสดุและอัตราการไหลของลมต่อค่า

Air permeability (K) และ specific surface area (S) ของวัสดุ

1. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์
2. ต่อเครื่องมือปรับความแรงดันไฟฟ้า เข้ากับ Blower จากนั้นก็เปิด Blower และเครื่องมือให้ทำงาน
3. ปรับความเร็วรอบให้คงที่โดยใช้เครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้า (voltage regulator) เพื่อให้ความเร็วลมสม่ำเสมอ
4. วัด ค่า Pressure drop ระหว่างจุดที่ 1 และ จุดที่ 2 (ท่อเปล่า) (รูปที่ 4.1)
5. ทดลองซ้ำข้อ 4- 5 อีก 10 ซ้ำ
6. นำเม็ดลูกแก้วใส่ในท่อวัดความเร็วลมในท่อที่ตำแหน่ง A โดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วลมในท่อที่ตำแหน่งต่างๆดัง (รูปที่ 2.1)
7. วัดค่า Pressure drop ระหว่างจุดที่ 1 และ จุดที่ 2
8. ทดลองซ้ำข้อ 5-6 อีก 10 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ทดลองซ้ำข้อ 5-7 โดยใช้เม็ดลูกแก้วขนาดอื่นๆอีก 2 ขนาด
10. ทดลองซ้ำข้อ 3-8 โดยปรับความเร็วรอบเพื่อให้ความเร็วลมที่สูงขึ้นอีก 2 ระดับ
11. ทดลองกับลูกแก้วแบบผสมกัน
12. การทดลองทำเหมือนกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้นข้อที่ 1-9
13. คำนวณหาค่า air permeability (K) และ specific surface area (S) ของวัสดุตาม

สูตร

$$K = (q \times \eta \times L) / (A \times \Delta p_s)$$

$$K = p^3 / [5 \times S^2 \times (1 - p)^2]$$

4.1.7 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ค่าทางสถิติของอัตราการไหล (q , m^3/s) ค่าความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศ (K) ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (S , m^2) ค่า Pressure Drop (Pa) ที่เปลี่ยนแปลงตามขนาดของลูกแก้วและความเร็วลม

Descriptive Statistics					
	ขนาด ลูกแก้ว	ความเร็วลม	Mean	Std. Deviation	N
Pd	1	1	306.510 c	1.871	10
		2	337.550 b	2.315	10
		3	339.810 a	2.967	10
	2	1	308.570 c	1.283	10
		2	331.280 b	2.714	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q	3	1	309.140	c	1.283	10	
		2	324.590	b	3.762	10	
		3	334.140	a	4.176	10	
	1	1	1	3.72E-03	b	1.49E-04	10
			2	4.13E-03	c	6.32E-05	10
			3	4.27E-03	a	6.75E-05	10
		2	1	5.42E-03	b	1.03E-04	10
			2	5.07E-03	c	1.15E-04	10
			3	5.70E-03	a	1.57E-04	10
3	1	6.88E-03	b	2.00E-04	10		
	2	7.56E-03	c	5.16E-05	10		
	3	7.90E-03	a	7.89E-05	10		

Descriptive Statistics						
	ขนาด ลูกแก้ว	ความเร็ว ลม	Mean	Std. Deviation	N	
K	1	1	1.99E-07	a	2.85E-09	10
		2	2.22E-07	a	5.14E-09	10
		3	2.53E-07	b	8.46E-09	10
	2	1	2.98E-07	a	1.39E-08	10
		2	3.11E-07	a	5.24E-09	10
		3	3.00E-07	b	5.90E-09	10
	3	1	4.07E-07	a	1.52E-08	10
		2	4.11E-07	a	3.29E-09	10
		3	4.43E-07	b	9.35E-09	10
S	1	1	823.045	c	5.682	10
		2	779.114	b	7.510	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	2	3	729.581	a	14.436	10
		1	405.232	c	3.488	10
		2	396.834	b	3.906	10
	3	3	404.527	a	8.982	10
		1	350.331	c	4.182	10
		2	363.536	b	5.944	10
		3	365.635	a	1.460	10

หมายเหตุ

ขนาดลูกแก้ว 1 หมายถึง ลูกแก้วเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.35 mm.

ขนาดลูกแก้ว 2 หมายถึง ลูกแก้วเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.75 mm.

ขนาดลูกแก้ว 3 หมายถึง ลูกแก้วเส้นผ่านศูนย์กลาง 24.58 mm.

ความเร็วลม 1. หมายถึงที่ความเร็วลม 6.27 m/s

ความเร็วลม 2. หมายถึงที่ความเร็วลม 12.30 m/s

ความเร็วลม 3. หมายถึงที่ความเร็วลม 15.03 m/s

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.2 ผลจากตัวแปรต่างๆต่อ อัตราการไหล (q , m^3/s) ค่าความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศ (K) ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (S , m^2) ค่า Pressure Drop (Pd)

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Pd	14470	8	1809	158.2	3.908E-46
	Q	0.0001855	8	2.3E-05	1626	4.527E-86
	K	6.045E-13	8	7.6E-14	982.8	2.732E-77
	S	3212000	8	401600	7854	1.121E-113
Intercept	Pd	9511000	1	9511000	831700	3.012E-164
	Q	0.00285	1	0.00285	199900	3.546E-139
	K	0	1	0	0	1
	S	23690000	1	2.4E+07	463400	5.816E-154
load	Pd	434.5	2	217.3	19	1.715E-07
	Q	0.0001765	2	8.8E-05	6188	2.681E-89
	K	0	2	0	0	1
	S	3167000	2	1583000	30970	1.568E-117
speed	Pd	13190	2	6594	576.7	1.232E-48
	Q	0.000002404	2	1.2E-06	84.3	1.602E-20
	K	0	2	0	0	1
	S	10370	2	5183	101.4	8.898E-23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.1.5 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ผลของอัตราการใช้ของลมต่อคุณสมบัติ (Pd), (K), (S) ของลูกแก้วผสม 3 ขนาด ได้แก่ ลูกแก้วขนาดเล็ก, ลูกแก้วขนาดกลาง, ลูกแก้วขนาดใหญ่

Descriptives Statistics

	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
	q (m ³ /s)	0.00252	1.398E-04	pd (Pa)	10	92.360 a
0.00494		8.433E-05	10		306.560 b	1.689
0.00494		8.433E-05	10		306.560 b	1.689
0.00252		1.398E-04	k (m ²)	10	1.820E-05 a	7.768E-22
0.00494		8.433E-05		10	1.820E-05 a	7.768E-22
0.00494		8.433E-05		10	1.820E-05 a	7.768E-22
0.00252		1.398E-04	s (m ² /m ³)	10	0.380 a	3.457E-17
0.00494		8.433E-05		10	0.380 a	3.457E-17
0.00494		8.433E-05		10	0.380 a	3.457E-17

- จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2 การทดลองเพื่อหาค่า air permeability (K) และ specific surface area (S) ของเมล็ดข้าวโพด

4.2.1 วัสดุ

1. งาดำ จำนวน 5 kg
2. งาขาว จำนวน 5 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ลูกเคียว จำนวน 5 kg
4. ถั่วดำ จำนวน 5 kg
5. ถั่วลิสง จำนวน 5 kg
6. ถั่วเขียว จำนวน 5 kg
7. ถั่วเหลือง จำนวน 5 kg
8. ถั่วแดงเล็ก จำนวน 5 kg
9. ถั่วแดงหลวง จำนวน 5 kg
10. ข้าวเปลือก จำนวน 5 kg
11. ข้าวเหนียวดำ จำนวน 5 kg

4.2.2 วิธีการทดลองเพื่อหาค่า GMD

4.2.2.1 อุปกรณ์

1. เวอร์เนียคาลิเปอร์แบบดิจิตอล ยี่ห้อ Mitutoyo (รุ่น Absolute digimatic) ความละเอียด 0.01 mm

4.2.2.2 วิธีการทดลอง

1. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุด (a)
2. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ a (b)
3. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ a และ b (c)
4. คำนวณหาค่า GMD

จากสูตร

$$GMD = (abc)^{1/3}$$

5. ทำซ้ำเมตริกซ์ 100 เมตริกซ์ จำนวน 100 เมตริกซ์

4.2.2.3 ผลการทดลองเพื่อหาค่าGMD

ตารางที่ 4.4ผลการทดลองเพื่อหาค่า GMD

ชนิดของ เมล็ดธัญพืช	GMD (mm.)	STDEV
ถั่วดำ	7.41	± 2.92
ข้าว	3.61	± 4.75
ลูกเดือย	5.66	± 1.14
ถั่วแดงเล็ก	5.30	± 1.27
ถั่วเขียว	4.40	± 0.81
งาขาว	1.60	± 1.26
ข้าวเหนียวดำ	3.36	± 3.36
งาดำ	1.73	± 1.20
ถั่วเหลือง	6.52	± 0.96
ถั่วแดงหลวง	9.47	± 0.78
ถั่วลิสง	10.34	± 0.67

4.2.3 วิธีการทดลองเพื่อหาค่าความชื้น

4.2.3.1 อุปกรณ์

1. งานแก้วพร้อมฝา
2. ตู้อบไฟฟ้า (Hot Air Oven)
3. โถดูดความชื้น (Desiccation)
4. เครื่องชั่ง ปีห้อ Shimadzu รุ่น Bx 300 ความละเอียด 0.001 g

4.2.3.2 วิธีการทดลอง

1. ชั่งมวลงานแก้วเปล่าพร้อมฝา
2. ใส่ตัวอย่างลงในงานแก้วและชั่งน้ำหนักบันทึกค่า
3. นำไปอบในตู้อบ (เปิดฝา)
4. นำออกจากตู้อบ (ปิดฝา) ทิ้งไว้ให้เย็นใน โถดูดความชื้นประมาณ 30-40 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จำนวนหาค่าความชื้น (M)

จากสูตร

$$M(\%wb) = \left(\frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \right)$$

m_w = มวลตัวอย่างก่อนอบ cm^3

m_d = มวลตัวอย่างหลังอบ cm^3

หมายเหตุ

- ถั่วต่างๆ อบที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และจำนวนที่ใส่ลงในจาน 15 กรัม
- ลูกเดือย อบที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และจำนวนที่ใส่ลงในจาน 15 กรัม
- ข้าวเปลือกอบที่อุณหภูมิ 130 °C เป็นเวลา 19 ชั่วโมง และจำนวนที่ใส่ลงในจาน 10 กรัม
- งา อบที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และจำนวนที่ใส่ลงในจาน 25 กรัม

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น M (% Wb)

ชนิดของ เมล็ดธัญพืช	M (% Wb)	STDEV
ถั่วดำ	14.47	± 1.582
ข้าว	11.45	± 0.813
ลูกเดือย	11.11	± 1.214
ถั่วแดงเล็ก	11.38	± 1.235
ถั่วเขียว	10.82	± 1.177
งาขาว	3.51	± 0.381
ข้าวเหนียวดำ	14.82	± 1.095
งาคั่ว	5.21	± 0.936
ถั่วเหลือง	11.61	± 1.265
ถั่วแดงหลวง	14.80	± 1.608
ถั่วลิสง	7.70	± 0.840

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 วิธีการทดลองเพื่อหาค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น Adventure ความละเอียด 0.01 g.
2. ส่วนของท่อที่บรรจุวัสดุ ซึ่งทราบปริมาตร (0.038 m^3)
3. ภาชนะสำหรับบรรจุวัสดุ

วิธีการทดลอง

1. นำเมล็ดจากเครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ และ ความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศไปชั่ง และบันทึกผล
2. ทำซ้ำ 15 ซ้ำ
3. หาค่าเฉลี่ย
4. คำนวณหาค่าความหนาแน่นรวม ($\rho_b, \text{Kg/m}^3$)

จากสูตร

$$\rho = \frac{m}{v}$$

m = มวลของเมล็ด (Kg)

v = ปริมาตรท่อบรรจุ (0.038 m^3)

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองเพื่อหาค่า Bulk density ($\rho_b, \text{Kg/m}^3$)

ชนิดของ เมล็ดธัญพืช	GMD (mm.)	STDEV
ถั่วดำ	7.41	± 2.92
ข้าว	3.61	± 4.75
ลูกเดือย	5.66	± 1.14
ถั่วแดงเล็ก	5.30	± 1.27
ถั่วเขียว	4.40	± 0.81
งาขาว	1.60	± 1.26
ข้าวเหนียวดำ	3.36	± 3.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาดำ	1.73	± 1.20
ถั่วเหลือง	6.52	± 0.96
ถั่วแดงหลวง	9.47	± 0.78
ถั่วลิสง	10.34	± 0.67

4.2.5 วิธีการทดลองเพื่อหาค่าความหนาแน่นเนื้อ (Solid density)

อุปกรณ์

1. ขวด pycnometer ปริมาตร 25.145 cm³
2. บีกเกอร์ขนาด 50 ml 1 ใบ
3. ขวด Volumetric flask ขนาด 100 cm³ 1 ใบ
4. น้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

1. ชั่งมวล pycnometer และบันทึกปริมาตรของ pycnometer
2. ใส่เมล็ดธัญพืชลงในขวด pycnometer เปล่าประมาณ 3 ใน 4 ของขวดชั่งมวลแล้วเทน้ำกลั่นลงในขวดช้าๆ โดยพยายามไล่อากาศออกให้หมดจากขวดจนน้ำเต็มขวดปิดฝาให้สนิทให้สะอาด ชั่งมวลอีกครั้ง บันทึกผล
3. คำนวณหาปริมาตรน้ำที่แทนที่วัสดุ จากสูตรที่ 1.
4. คำนวณหาปริมาตรของเมล็ดในขวด จากสูตรที่ 2.
5. คำนวณหาค่าความหนาแน่นเนื้อ จากสูตรที่ 3.
6. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1-4 จนครบ 10 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

หมายเหตุ สำหรับถั่วแดงและถั่วลิสง ใช้ Volumetric flask แทน Pycnometer

สูตร

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V = น้ำที่แทรกอยู่ระหว่างเมล็ด

m = น้ำที่แทรกระหว่างเมล็ด

ρ = น้ำ

เมล็ด - V pycnometer - V น้ำที่แทรกระหว่างเมล็ด (2)

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3)$$

ρ = ความหนาแน่นเนื้อเมล็ด (g/cm^3)

V = ปริมาตรของเมล็ด (cm^3)

m = มวลเมล็ด (g)

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองเพื่อหาค่าความหนาแน่นเนื้อ (Solid density) ($\rho s, g/cm^3$)

ชนิดของ เมล็ดธัญพืช	GMD (mm.)	STDEV
ถั่วดำ	7.41	± 2.92
ข้าว	3.61	± 4.75
ลูกเดือย	5.66	± 1.14
ถั่วแดงเล็ก	5.30	± 1.27
ถั่วเขียว	4.40	± 0.81
งาขาว	1.60	± 1.26
ข้าวเหนียวดำ	3.36	± 3.36
งาดำ	1.73	± 1.20
ถั่วเหลือง	6.52	± 0.96
ถั่วแดงหลวง	9.47	± 0.78
ถั่วลิสง	10.34	± 0.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 การทดลองหาค่า air permeability (K) และ specific surface area (S) ของเมล็ดธัญพืช

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาค่า air permeability (K) และ specific surface area (S) ของเมล็ดธัญพืช

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ และ ความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศ
2. Blower Specification: 220 v/380v, 860 Pa, 50 Hz, 0.25 Kw, 2800 rpm, 500 m^3 /h.
3. เวอร์เนียคาลิเปอร์แบบดิจิตอล ยี่ห้อ Mitutoyo (รุ่น Absolute digimatic) ความละเอียด 0.01 mm
4. เครื่องมือวัดความเร็วลม (Festo-435)
5. เครื่องมือวัด Pressure drop (Festo-435)
6. เครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้า (voltage regulator)
7. ท่อลมที่ต่อกับเครื่องมือวัด

วิธีการทดลอง

1. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์
2. ต่อเครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้า (voltage regulator) กับ Blower จากนั้นก็เปิด Blower และ เครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้า (voltage regulator) ให้ทำงาน
3. ปรับความเร็วรอบให้คงที่โดยใช้เครื่องมือปรับแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้ความเร็วลมสม่ำเสมอ
4. วัดค่า Pressure drop ระหว่างจุดที่ 1 และ จุดที่ 2 (ท่อเปล่า)
5. ทดลองซ้ำข้อ 4-ข้อ 5 อีก 15 ซ้ำ
6. นำเมล็ดธัญพืชชนิดหนึ่งใส่ในท่อที่ระดับความสูง 0.038 m แล้วใช้เครื่องมือวัดความเร็วลมในท่อที่ตำแหน่งต่างๆดัง รูปที่ 2.1
7. วัดค่า Pressure drop ระหว่างจุดที่ 1 และ จุดที่ 2 (รูปที่ 4.1)
8. ทดลองซ้ำข้อ 6-7 อีก 15 ซ้ำ
9. ทดลองซ้ำข้อ 6- 8 โดยใช้เมล็ดธัญพืชและถั่วต่างๆ จนครบ 11 ชนิด
10. ทดลองซ้ำข้อ 3- 9 โดยปรับความเร็วรอบเพื่อให้ความเร็วลมที่สูงขึ้นอีก 2 ระดับ
- 11.บันทึกผล
12. คำนวณหาค่า K air permeability S specific surface area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร

$$K = (q \times \eta \times L) / (A \times \Delta p_s)$$

$$K = p^3 / [5 \times S^2 \times (1 - p)^2]$$

K = ค่าการแทรกซึมผ่านของอากาศผ่านชั้นวัสดุ (m^2)

q = อัตราการไหลของอากาศ (m^3 / s)

η = ความหนืดของอากาศ ($1.82E^{-5}$ Pa. s)

L = ความยาวของเมล็ดที่อยู่ในท่อ ($0.38m$)

A = พื้นที่หน้าตัดของชั้นเมล็ดที่อยู่ในท่อ (m)

Δp_s = ความดันที่ลดลงเมื่ออากาศผ่านชั้นเมล็ดตัวอย่าง (Pa)

p = ค่าความพรุน

S = พื้นที่ผิวจำเพาะ (m^2/m^3)

ตัวค่า

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดของข้อมูลและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ยูพีซ

Descriptives Statistics

q (m ³ /s)	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
	0.00219 a	1.656E-04	pd (Pa)	15	316.220 a	1.351
0.00228 a	2.582E-05	345.489 b			2.118	
0.00230 b	0.00	373.056 b			2.751	
0.00219 a	1.656E-04	k (m ²)	15	1.067E-08 a	9.759E-11	
0.00228 a	2.582E-05			1.205E-08 b	1.598E-10	
0.00230 b	0.00			1.329E-08 c	8.348E-10	
0.00219 a	1.656E-04	s (m ² /m ³)	15	0.369 a	4.381E-17	
0.00228 a	2.582E-05			0.369 a	4.381E-17	
0.00230 b	0.00			0.369 a	4.381E-17	

- จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ฉัวเขียว

ตารางที่ 4.9 รายละเอียดของข้อมูลและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเมล็ดชัยพืษ

Descriptives Statistics

q (m^3/s)	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
0.00281 a	4.140E-05			15	295.667 a	0.837
0.00303 b	5.936E-05		pd (Pa)	15	335.873 b	10.404
0.00312 c	6.172E-05			15	373.716 c	33.179
0.00281 a	4.140E-05			15	1.05E-08 a	2.475E-10
0.00303 b	5.936E-05		k (m^2)	15	1.214E-08 a	5.305E-10
0.00312 c	6.172E-05			15	1.191E-08 c	1.608E-09
0.00281 a	4.140E-05			15	1224.236 a	10.368
0.00303 b	5.936E-05		s (m^2/m^3)	15	1326.116 b	26.946
0.00312 c	6.172E-05			15	1450.887 c	64.219

-จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ถูกเคื่อย

ตารางที่ 4.10 รายละเอียดของข้อมูลและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์อิทธิพล

Descriptives Statistics

	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
q (m ³ /s)	0.00240 a	3.780E-05		15	332.009 a	1.2151
	0.00241 a	2.017E-04	pd (Pa)	15	346.847 b	1.38
	0.00247 a	4.577E-05		15	373.864 b	1.437
	0.00240 a	3.780E-05		15	1.17E-08 a	1.521E-10
	0.00241 a	2.017E-04	k (m ²)	15	1.27E-08 b	1.807E-10
	0.00247 a	4.577E-05		15	1.35E-08 c	1.038E-09
	0.00240 a	3.780E-05		15	2076.802 a	12.399
	0.00241 a	2.017E-04	s (m ² /m ³)	15	2150.849 b	17.860
	0.00247 a	4.577E-05		15	2232.011 c	109.728

- จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเปลือก

ตารางที่ 4.11 รายละเอียดของข้อมูลและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเมล็ดข้าวพิษ

Descriptives Statistics

q (m ³ /s)	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
0.00148 a	4.140E-05			15	166.440 a	2.855
0.00197 b	5.606E-05		Pd (Pa)	15	362.453 b	4.142
0.00278 c	6.172E-05			15	414.964 c	13.050
0.00148 a	4.140E-05			15	1.62E-08 a	2.246E-10
0.00197 b	5.606E-05		K(m ²)	15	9.96E-09 b	3.295E-10
0.00278 c	6.172E-05			15	1.22E-08 c	3.826E-10
0.00148 a	4.140E-05			15	2327.714 a	24.183
0.00197 b	5.606E-05		S (m ² /m ³)	15	2683.570 b	34.293
0.00278 c	6.172E-05			15	2969.212 c	43.850

-จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาขาว

ตารางที่ 4.12 รายละเอียดของข้อมูลและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเมล็ดธัญพืช

Descriptives Statistics

q (m ³ /s)	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
	0.00121 a	1.506E-04		15	3.221 a	0.011
	0.00139 a	2.582E-05	pd (Pa)	15	3.843 a	0.458
	0.00139 a	4.224E-04		15	3.845 b	1.109
	0.00121 a	1.506E-04		15	6.44E-09 a	8.231E-11
	0.00139 a	2.582E-05	k (m ³)	15	6.04E-09 b	8.909E-10
	0.00139 a	4.224E-04		15	7.76E-09 c	1.209E-09
	0.00121 a	1.506E-04		15	184.314 c	0.972
	0.00139 a	2.582E-05	s (m ² /m ³)	15	203.301 b	11.007
	0.00139 a	4.224E-04		15	212.832 a	29.223

- จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาคำ

ตารางที่ 4.13 รายละเอียดของข้อมูลและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเมล็ดข้าวพิษ

Descriptives Statistics

q (m ³ /s)	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
	4.24733 a	1.387E-02			15	0.318 a
4.24800 a	2.077E-02	pd (Pa)		15	0.318 a	0.006
4.26933 b	2.120E-02			15	0.356 a	0.006
4.24733 a	1.387E-02			15	6.793E-09 a	8.295E-11
4.24800 a	2.077E-02	k (m ²)		15	6.817E-09 b	9.004E-11
4.26933 b	2.120E-02			15	6.963E-09 c	2.105E-10
4.24733 a	1.387E-02			15	465.597 a	2.894
4.24800 a	2.077E-02	s (m ³ /m ³)		15	470.405 a	3.178
4.26933 b	2.120E-02			15	471.290 b	7.050

- จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเหนียวดำ

ตารางที่ 4.14 รายละเอียดของข้อมูลและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเมล็ดพันธุ์พืช

Descriptives Statistics

q (m ³ /s)	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
0.00161 a		2.582E-05	pd (Pa)	15	312.440 a	2.424
0.00170 b		2.582E-05		15	355.167 b	7.368
0.00171 b		3.780E-05		15	377.613 c	47.272
0.00161 a		2.582E-05	k (m ²)	15	7.787E-09 a	1.031E-10
0.00170 b		2.582E-05		15	8.736E-09 a	1.230E-10
0.00171 b		3.780E-05		15	1.040E-08 b	3.106E-09
0.00161 a		2.582E-05	s (m ² /m ³)	15	1569.916 a	11.846
0.00170 b		2.582E-05		15	1682.973 a	11.968
0.00171 b		3.780E-05		15	1782.645 b	139.695

- จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉัวลิตง

ตารางที่4.15 รายละเอียดของข้อมูลและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเมล็ดธัญพืช

Descriptives Statistics

q (m ³ /s)	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
0.00281 a	4.140E-05		pd (Pa)	15	295.667 a	0.837
0.00303 b	5.936E-05			15	335.873 b	10.404
0.00312 c	6.172E-05			15	373.716 c	33.179
0.00281 a	4.140E-05		k (m ²)	15	1.370E-08 a	5.305E-10
0.00303 b	5.936E-05			15	1.641E-08 c	2.475E-10
0.00312 c	6.172E-05			15	1.935E-08 b	1.608E-09
0.00281 a	4.140E-05		s (m ² /m ³)	15	1224.236 b	10.368
0.00303 b	5.936E-05			15	1326.116 a	26.946
0.00312 c	6.172E-05			15	1450.887 a	64.219

- จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรทอวง

ตารางที่ 4.16 รายละเอียดของข้อมูลและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเมล็ดข้าวพิษ

Descriptives Statistics

q (m ³ /s)	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
0.00251	4.880E-05 a		pd (Pa)	15	339.480 a	1.150
0.00261	1.407E-04 a			15	353.840 b	1.717
0.00267	2.374E-04 b			15	376.200 c	1.189
0.00251	4.880E-05 a		k (m ²)	15	1.257E-08 a	2.669E-1
0.00261	1.407E-04 a			15	1.285E-08 a	06.352E-10
0.00267	2.374E-04 b			15	1.431E-08 b	1.181E-09
0.00251	4.880E-05 a		s (m ² /m ¹)	15	2026.060 a	18.140
0.00261	1.407E-04 a			15	2147.349 b	54.308
0.00267	2.374E-04 b			15	2163.559 b	124.099

- จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรเชิง

ตารางที่ 4.17 รายละเอียดของข้อมูลและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเมล็ดธัญพืช

Descriptives Statistics

q (m ³ /s)	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
	0.0000182 a	1.822E-21			15	317.473 a
0.0000182 a	1.822E-21		pd (Pa)	15	354.573 b	4.958
0.0000182 a	1.822E-21			15	372.767 c	17.061
0.0000182 a	1.822E-21			15	1.057E-08 a	2.563E-10
0.0000182 a	1.822E-21		k (m ²)	15	1.060E-08 a	5.154E-10
0.0000182 a	1.822E-21			15	1.303E-08 b	9.163E-10
0.0000182 a	1.822E-21			15	0.376 a	3.867E-17
0.0000182 a	1.822E-21		s (m ² /m ¹)	15	0.376 a	3.867E-17
0.0000182 a	1.822E-21			15	0.376 a	3.867E-17

- จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉั่วเหลือง

ตารางที่ 4.18 รายละเอียดของข้อมูลและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเมล็ดพันธุ์พืช

Descriptives Statistics

q (m ³ /s)	Mean	Std. Deviation	Properties	N	Mean	Std. Deviation
326.913 a	1.278			15	0.701 a	5.936E-03
357.380 b	1.310		pd (Pa)	15	0.717 b	5.071E-03
383.175 c	1.666			15	0.736 c	1.100E-02
326.913 a	1.278			15	0.003 b	1.889E-19
357.380 b	1.310		k (m ²)	15	0.003 a	5.071E-05
383.175 c	1.666			15	0.003 c	3.519E-05
326.913 a	1.278			15	1405.074 a	4.913
357.380 b	1.310		s (m ² /m ³)	15	1505.335 b	5.935
383.175 c	1.666			15	1539.766 c	9.784

- จากการทดสอบความแตกต่างที่ได้ของค่าตัวเลขข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ถ้าไม่ต่างกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

เครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะและความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศผ่านเมสตีค ธัญพืชและถั่วต่างๆ ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (S) และความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศ (K) ผ่านเมสตีคธัญพืชและถั่วต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องขับเคลื่อนขนาด 220/380 โวลต์, 860 วัตต์, 50 เฮิร์ต, 1 แอมป์, 2800 รอบ ต่อ นาที, เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้า, กรวยลดขนาด, ท่อนำอากาศ, ท่องอ 90 องศา, ชุดท่อบรรจุเม็ดวัสดุและแผ่นตระแกรง, สายยางนำอากาศ, แผ่นรองต่างๆ การทดลองเบื้องต้นศึกษาผลของขนาดวัสดุและระดับความเร็วลมต่อค่า S และ K โดยใช้ลูกแก้ว 3 ขนาด (10.35, 15.75, และ 24.58 mm) และความเร็วลม 3 ระดับ (6.27, 12.30, และ 15.03 m/s) และลูกแก้ว 3 ขนาดผสมกัน โดยมีปริมาตรของลูกแก้วทั้ง 3 ขนาดเท่ากัน พบว่าขนาด ระดับความเร็วลม และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดและระดับความเร็วลมมีผลต่อค่า S อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha \leq 0.05$ แต่ไม่มีผลต่อค่า K และการทดลองวัดค่า S และ K ของเมสตีคธัญพืชและถั่วต่างๆ 11 ชนิด ได้แก่ ข้าวเปลือก, ข้าวเหนียวดำ, ถั่วแดงเล็ก, ถั่วแดงหลวง, ถั่วลิสง, ถั่วเขียว, ถั่วเหลือง, ถั่วดำ, ลูกเดือย, งาขาว, งาดำ ทำที่ระดับความเร็วลม 3 ระดับ ซึ่ง ได้แสดงผลในรายงานแล้ว

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเครื่องเครื่องมือวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ และ ความสามารถในการแทรกซึมผ่านของอากาศผ่านเมสตีคธัญพืชและถั่วต่างๆ, มีดังนี้

1. ในการปรับตัวปรับแรงดันไฟฟ้า ในการกำหนดระดับอัตราการไหลอากาศควรปรับให้แต่ละช่วงห่างกันอย่างสม่ำเสมอ
2. ในการวัดอัตราการไหลอากาศโดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วลม (TESTO 435) ค่าที่วัดได้จะไม่สม่ำเสมอจึงต้องวัดหลายค่าแล้วนำค่ามาเฉลี่ย
3. ในการใช้เครื่องมือวัดควรระวังหัววัดความเร็วลม เพราะมีความบอบบางสูง อาจจะเสียหายได้ง่าย

ภาคผนวก

ข้อมูลรวบรวมไว้ในแผ่นซีดี ที่แนบมานี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิง

1. Brennan, J.G., Butters, J.R., Cowell, N.D. 1990. Food Engineering Operations. Third Edition. UK.
2. McCabe, W.L., Smith, J.C., Harriott, P. 2005 . Unit Operations of Chemical Engineering. Seventh Edition. Singapore.
3. Rich, E.C., Teixeira, A.A. 2005. “Physical Properties Of Mucuna (Velvet) Bean” Applied Engineering In Agriculture. 21(3) :438-439.
4. Moody, L. F., 1994. Friction factors for pipe flow. Transaction of the ASME, Vol. 66
5. Mohsenin, N. N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Material, pp.94-108

