

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการในการผลิตเพื่อให้ได้เมล็ดธัญพืชเพื่อใช้ในการบริโภคของมนุษย์ในโลกนับได้ว่าเป็นกระบวนการสำคัญ เพราะเป็นการผลิตอาหารที่มีการใช้ลมในการคัดแยกทำความสะอาดมาแต่โบราณ แม้ในปัจจุบันเครื่องจักรกลในการผลิตคัดแยกเมล็ดธัญพืชก็ต้องใช้กระแสลมเป็นส่วนประกอบสำคัญ แรงดันทางอากาศพลศาสตร์จะเป็นตัวบ่งชี้เพื่อใช้ประกอบการออกแบบพัฒนาเครื่องจักรเหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพที่สุด เนื่องด้วยในปัจจุบันพบว่าวัสดุบดในการผลิตพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติมีแนวโน้มที่จะหมดสิ้นไปในอนาคต และราคาพลังงานก็จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ในระยะยาว ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยกันประหยัดพลังงานในกระบวนการต่างๆ โดยจะต้องมีการวางแผนการใช้พลังงานอย่างประหยัดและใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

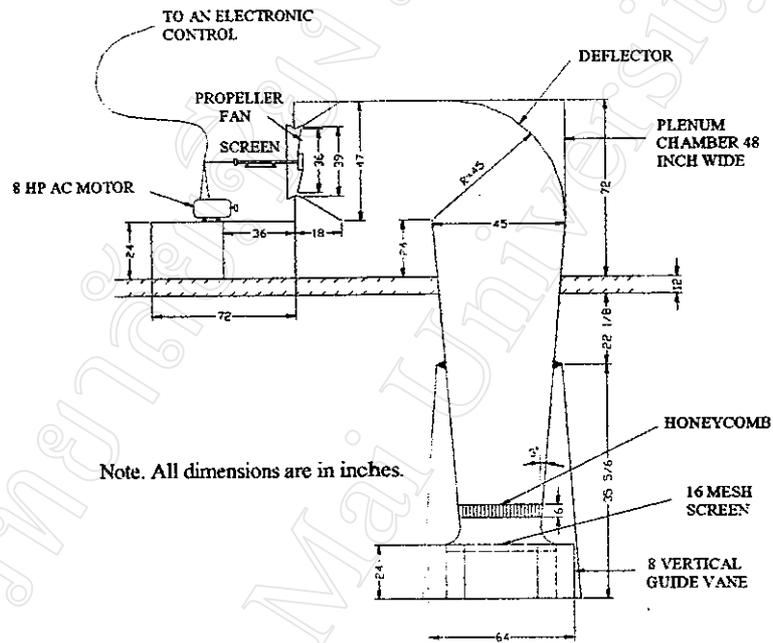
การวิเคราะห์การวัดแรงดันทางอากาศพลศาสตร์ของเมล็ดธัญพืชนี้จะใช้สเตรนเกจแบบเต็มบริดจ์เป็นตัววัดค่าของแรงดันทางอากาศพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นกับเมล็ดธัญพืช เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์แรงดันทางอากาศพลศาสตร์ของผลิตผลเกษตรนั้น เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการประดิษฐ์เครื่องคัดแยกเมล็ดธัญพืชออกจากเศษวัสดุต่างๆ ที่ใช้กระแสลมเป็นตัวคัดแยกหรือแม้แต่การขนส่งเมล็ดธัญพืชด้วยพลังงานลม ทำให้สามารถเลือกใช้ความเร็วของกระแสลมให้เหมาะสมกับชนิดของเมล็ดธัญพืชที่ทำการขนส่ง และยังสามารถนำค่าที่ได้จากการทดลองนี้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงและมีการสูญเสียน้อย

#### 1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

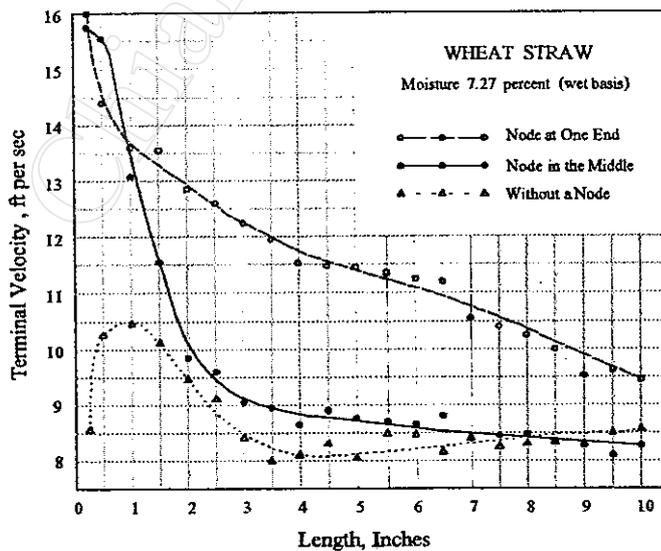
Garrett and Brooker (1965) ได้ใช้กล้องแบบพิเศษบันทึกการร่วงหล่นของเมล็ดธัญพืชภายใต้แรงดึงดูดของโลกโดยใช้รูปถ่ายมาหาความเร็วที่สัมพันธ์กับเวลา โดยจะใช้เมล็ดธัญพืชจำนวนสามชนิดด้วยกันคือ ข้าวโพด ข้าวสาลี และข้าวโอ๊ต ในการทดลองนี้จะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์แรงดันที่ขึ้นอยู่กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynolds number)

Bilanski and Lal (1965) ได้ออกแบบและสร้างอุโมงค์ลมแบบอากาศเข้าทางด้านล่าง โดยจะใช้พัดลมดูดอากาศจากบรรยากาศเข้าสู่อุโมงค์ลมโดยผ่านแผ่นบังค้ำทิศทางลม ตาข่าย และรังผึ้ง แล้วเข้าสู่ห้องทดสอบ ห้องทดสอบยาว 6 ฟุต โดยที่หน้าตัดของห้องทดสอบค่อยๆ ขยายขึ้น

โดยมีมุมของผนังขยายออกเทียบกับแนวตั้งเป็นมุม 3 องศา เป็นเหตุให้ความเร็วของอากาศลดลง 8 เปอร์เซ็นต์ต่อความยาวท่อ 1 ฟุต การทดลองนี้ได้ใช้ฟางข้าวสาลีที่มีขนาดความยาวต่างๆ กันจำนวน 3 ชนิด คือ พันธุ์คอร์เนลล์ (Cornell) พันธุ์เจนนี่ซี (Genesee) และ พันธุ์รอส (Ross) ซึ่งการทดลองนี้พบว่าฟางข้าวสาลีจะเกิดการหมุนรอบตัวเองอยู่ในอัตรา ระหว่าง 40-70 รอบต่อวินาที การหมุนรอบตัวเองของฟางข้าวสาลีนี้จะเพิ่มขึ้น เมื่อฟางข้าวสาลีอยู่ในตำแหน่งที่สมดุลในอุโมงค์ลม

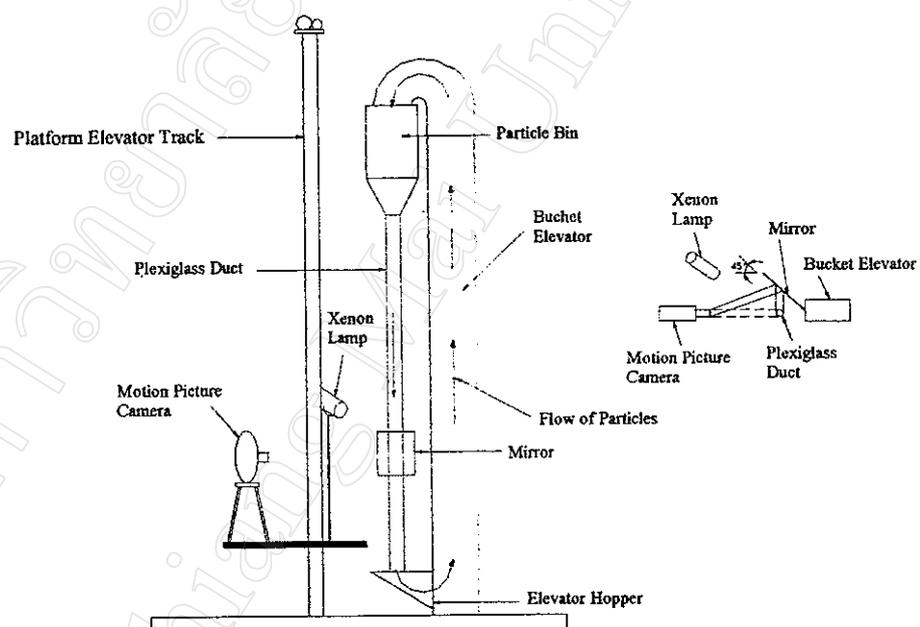


รูปที่ 1.1 อุปกรณ์ทดสอบของ Bilanski and Lal (1965)



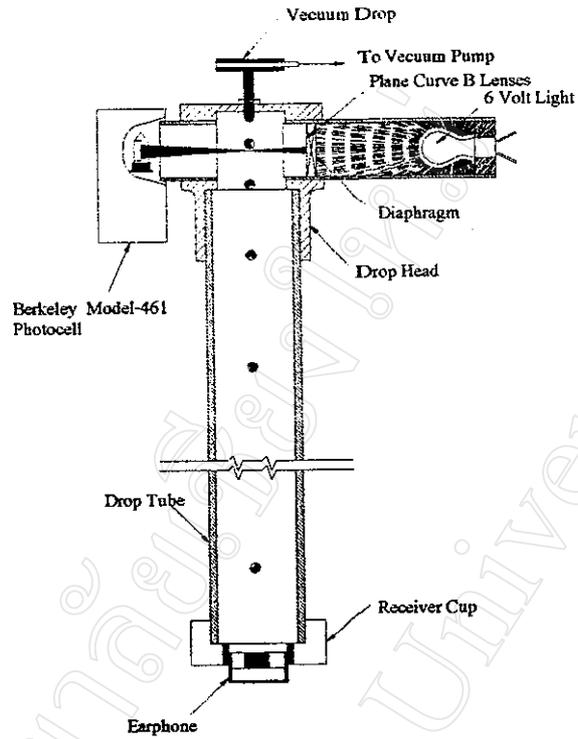
รูปที่ 1.2 ความยาวของฟางข้าวสาลีที่มีผลต่อความเร็วของอากาศ [Bilanski and Lal, 1965]

Kiker and Ross (1966) ออกแบบและสร้างเครื่องมือ ซึ่งประกอบด้วยท่อใสแนวตั้งมีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางกลาง 2 นิ้ว ยาว 20 ฟุต เพื่อวิจัยการร่วงหล่นของเมล็ดธัญพืชโดยแรงดึงดูดของโลกภายในท่อ การเคลื่อนที่ของอากาศและเมล็ดธัญพืชในท่อปิดเป็นการเคลื่อนที่ในแนวตั้งซึ่งค่าความเร็วของเมล็ดธัญพืชจะมีมากกว่าค่าความเร็วของอากาศ โดยสมมุติว่าอากาศที่ไหลภายในท่อเป็นการไหลแบบปั่นป่วน เพราะว่าการให้อากาศคลุกเคล้าไปกับเมล็ดธัญพืชโดยจะไม่คำนึงถึงตำแหน่งของเมล็ดธัญพืชและจะพิจารณาเฉพาะการเคลื่อนที่ในแนวตั้งเท่านั้น โดยเชื่อว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ตามขวางของท่อมีค่าน้อยมาก ความเร็วและตำแหน่งของเมล็ดธัญพืชที่ตกภายในท่อสามารถดูได้จากภาพถ่ายกราฟแรงดัน โดยเป็นการเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์แรงดันกับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ ซึ่งการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของลักษณะพิเศษจำเพาะของค่าสัมประสิทธิ์แรงดันกับกราฟสัมประสิทธิ์แรงดันมาตรฐานของรูปทรงต่างๆ ที่จมอยู่ในของไหล

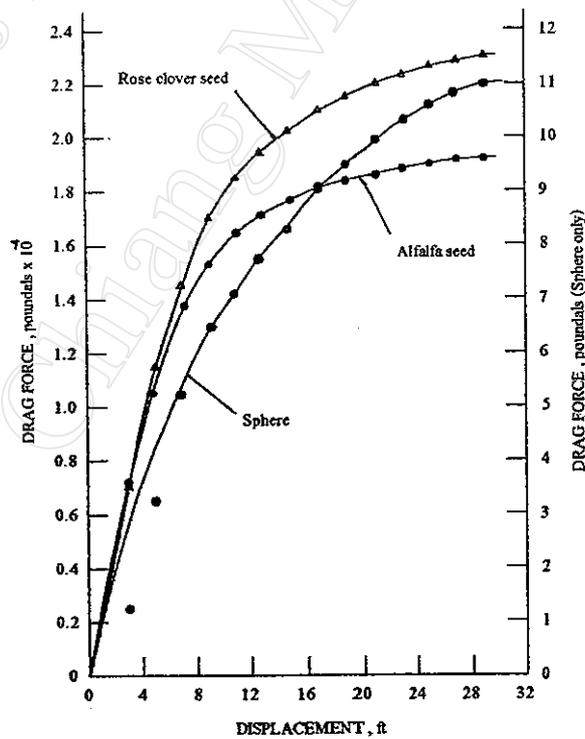


รูปที่ 1.3 อุปกรณ์ทดสอบของ Kiker and Ross (1966)

Keck and Goss (1965) ได้ทดลองดูการร่วงหล่นของเมล็ด Alfalfa เมล็ด Rose Clover และเมล็ดไนลอนทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง  $\frac{1}{8}$  นิ้ว ในท่อ 16 ท่อ ที่มีขนาดความยาวต่างๆ กัน โดยใส่ตัวอย่างทดสอบทางด้านบนที่เวลาเริ่มต้น เมื่อตัวอย่างทดสอบร่วงหล่นผ่านลำแสงของโฟโตอิเล็กทริกเซลล์ (Photo Electric Cell) เวลาที่จะเริ่มต้นนับและบันทึก ตัวอย่างทดสอบก็จะร่วงหล่นต่อไปจนถึงด้านล่างของท่อกระทบกับ Earphone ส่งสัญญาณเสียงตกกระทบนั่นไปทำให้เครื่องหยุดนับเวลาโดยกลุ่มผู้วิจัยให้เหตุผลถึงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาต่อระยะทาง ความเร็วของการตกต่อระยะทาง และค่าสัมประสิทธิ์แรงดันต่อระยะทาง แสดงผลดังรูปที่ 1.5



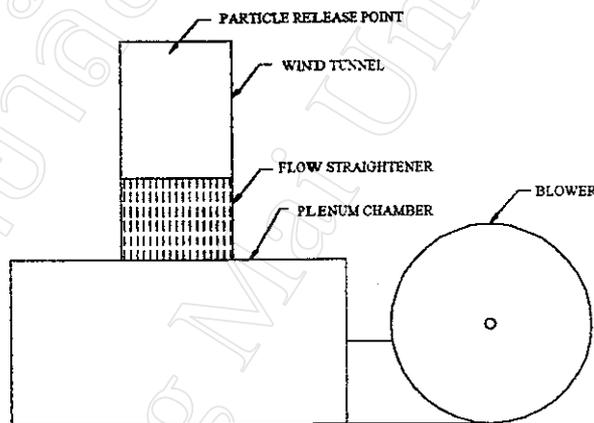
รูปที่ 1.4 อุปกรณ์ทดสอบของ Keck and Goss (1965)



รูปที่ 1.5 ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทางอากาศพลศาสตร์เทียบกับระยะทาง [Keck and Goss, 1965]

Uhl and Lamp (1966) ทำการออกแบบและสร้างอุโมงค์ลมโดยใช้พัดลมดูดอากาศจากภายนอกผ่านท่อเข้าไปภายในห้องทดสอบของอุโมงค์ลมแล้วอากาศก็จะถูกระบายทิ้งโดยใช้พัดลมดูดอีกตัวหนึ่ง โดยท่อที่อากาศไหลผ่านนี้จะทำหน้าที่เป็นห้องทดสอบด้วย ความเร็วของอากาศจะขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดธัญพืชที่ใช้ในการทดสอบ เช่น ข้าวสาลี ข้าวไรย์ ข้าวโอ๊ต และถั่วเหลือง ซึ่งนักวิจัยกลุ่มนี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของเมล็ดธัญพืชกับค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของทรงกลม

Wolfe and Tatepo (1972) ได้ทำการออกแบบและสร้างอุโมงค์ลมแบบดูดอากาศเข้าด้านล่างโดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของห้องทดสอบ 20 นิ้ว เพื่อทดสอบหาความเร็วของเศษวัสดุ ได้แก่ หลง้าและฟางข้าว โดยนักวิจัยกลุ่มนี้แสดงให้เห็นว่าความเร็วของอากาศที่ต้องการให้ตัวอย่างลอยตัวจะขึ้นอยู่กับขนาดความชื้นของตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

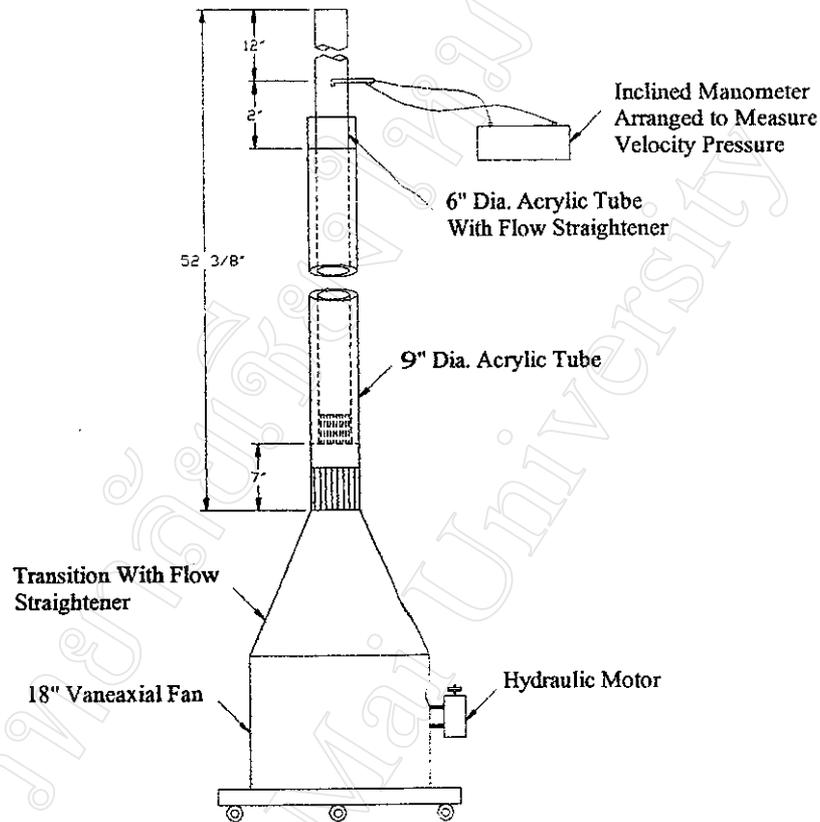


รูปที่ 1.6 อุปกรณ์ทดสอบของ Wolfe and Tatepo (1972)

Igbeka and Sagi (1971) ได้ใช้อุโมงค์ลมที่เป็นท่อสี่เหลี่ยมตั้งในแนวตั้งเพื่อศึกษาคุณสมบัติแรงต้านทางอากาศพลศาสตร์ของการร่วงหล่นของดอกส้ม ซึ่งได้ใส่ดอกส้มลงไปในห้องแล้วทำการปรับความเร็วของอากาศจนกระทั่งดอกส้มลอยค้างอยู่ตรงกลางหรือไม่มีการเคลื่อนที่ไปในทางด้านข้างของอุโมงค์ลม ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านและค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์สามารถที่จะคำนวณได้จากความเร็วสุดท้ายของอากาศ

Hallee (1972) ได้ออกแบบและสร้างอุโมงค์ลมแบบดูดอากาศเข้าทางด้านบน โดยมีห้องทดสอบที่ทำมาจากท่ออะคริลิก (Acrylic Tube) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 9 นิ้ว โดยทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทางอากาศพลศาสตร์ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์เพื่อนำไปทำการปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับมันฝรั่งพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ พันธุ์ Russett พันธุ์ Burbank และ พันธุ์ Kennebe รวมทั้งก้อนหินที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ซึ่งกลุ่มนักวิจัยแสดงให้เห็นว่าความเร็วของอากาศ

จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 1.7 อุปกรณ์ทดสอบของ Halle (1972)

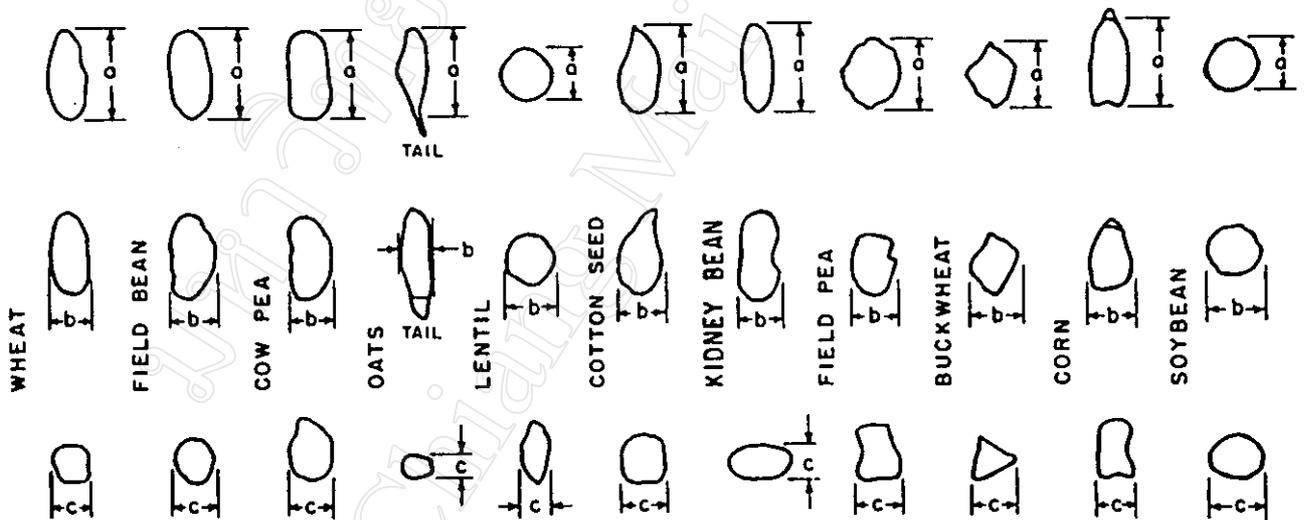
Gillfillan and Crowther (1959) ได้ออกแบบและทำการสร้างอุโมงค์ลมที่อากาศเข้าทางด้านบน ปากทางเข้าด้านบนเป็นรูปกรวยมีขนาด 12 นิ้ว  $\times$  12 นิ้ว ความเร็วของอากาศในอุโมงค์ลมจะถูกควบคุมที่ทางด้านล่างของอุโมงค์ เครื่องมือนี้ใช้สำหรับวิจัยความเร็วในการร่วนหล่นอย่างอิสระของมะเขือเทศ หิน และก้อนดิน เพื่อนำไปประยุกต์ในการออกแบบเครื่องจักร

Hawk et al. (1966) ได้ทำการออกแบบและสร้างอุโมงค์ลมแบบเป่าอากาศขึ้นด้านบน โดยให้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง  $7 \frac{11}{16}$  นิ้ว และยาว 4 ฟุต ใช้เมล็ดข้าวสาลีใส่เข้าไปภายในท่อ ความเร็วของอากาศภายในท่อจะถูกปรับให้จนกระทั่งเมล็ดข้าวสาลีลอยค้างอยู่ตรงกลางหรือไม่มี การเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง การทดลองนี้นอกจากจะใช้ข้าวสาลีแล้วยังใช้ข้าวโพคและถั่วเหลืองอีกด้วย เหตุที่ใช้ข้าวสาลีก็เพื่อที่จะเปรียบเทียบความเร็วของอากาศและขนาดของสัมประสิทธิ์แรงต้านทางอากาศพลศาสตร์กับนักวิจัยท่านอื่นๆ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 คุณสมบัติทางอากาศพลศาสตร์ของเมล็ดข้าวสาลี [Hawk et al., 1966]

นักวิจัย	ความเร็วของอากาศ ft/sec	ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน ทางอากาศพลศาสตร์ $C_D$	Resistance coefficient $\times 10^{-7} \text{ lb-sec}^2/\text{ft}^2$
Hawk et al.	21.3 - 26.1	0.63 - 0.86	1.08 (พันธุ์ Triumph)
Bilanski and Lal	28.8	-	1.12 (พันธุ์ Cornell)
	30.1	-	1.24 (พันธุ์ Genesee)
	32.4	-	1.18 (พันธุ์ Ross)

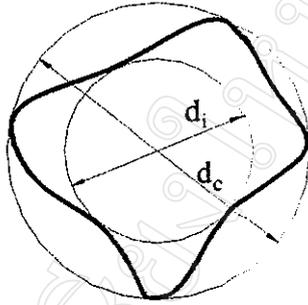
Mohsenin (1986) การวัดขนาดของเมล็ดธัญพืชที่มีขนาดเล็ก โดยใช้กล้องเพื่อถ่ายภาพ สำหรับที่จะวัดขนาดของเมล็ดธัญพืช ซึ่งจะติดตั้งตัวอย่างทดสอบไว้ในตำแหน่งสำหรับการถ่ายภาพ โดยภาพถ่ายที่ได้ออกมาจะมีตัววัดขนาดที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรติดออกมาด้วย โดยจะถ่ายภาพเป็นลักษณะสามแกนด้วยกัน



รูปที่ 1.8 การวัดขนาดของเมล็ดธัญพืชชนิดต่างๆ [Mohsenin, 1986]

เพื่อความถูกต้องของการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่าย จะใช้ไมโครมิเตอร์จำนวนสองอันมาวัดขนาดของเมล็ดธัญพืชโดยตรงอีกครั้งหนึ่งตามตำแหน่งต่างๆ ตามรูปที่ 1.8 ซึ่งสามารถบอกได้ว่าการหาขนาดโดยใช้ภาพถ่ายสามารถที่จะหาขนาดเมล็ดธัญพืชได้

จากทฤษฎีของเราคาดคิดว่าขั้นตอนในการหาความเป็นทรงกลม (Sphericity) จะขึ้นอยู่กับเส้นรอบรูปของทรงกลม การประมาณค่าความเป็นทรงกลม [Mohsenin, 1986] อธิบายได้โดย



รูปที่ 1.9 การประมาณค่าความเป็นทรงกลม [Mohsenin, 1986]

$$Sphericity = \frac{d_i}{d_c} \quad (1.1)$$

จากการทดลองการหาความเป็นทรงกลมจะมีความสัมพันธ์กับการหาปริมาตรของทรงกลม โดยสมมติว่าปริมาตรของทรงกลมมีค่าเท่ากับปริมาตรที่ได้จากขนาดตามแนวแกน X Y Z ที่มีขนาด  $a, b, c$  ตามลำดับ และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นรอบรูปทรงกลม [Mohsenin, 1986]

$$Sphericity = \left( \frac{\text{Volume of solid}}{\text{Volume of circumscribed sphere}} \right)^{1/3}$$

$$Sphericity = \left[ \frac{(\pi/6)abc}{(\pi/6)a^3} \right]^{1/3} = \left( \frac{bc}{a^2} \right)^{1/3} \quad (1.2)$$

$$Sphericity = \frac{\text{geometric mean diameter}}{\text{major diameter}} = \frac{(abc)^{1/3}}{a} \quad (1.3)$$

ตัวอย่างของผลไม้ที่หาค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นทรงกลมตามสมการที่ 1.2 สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 เปรอ์เซ็นต์ความเป็นทรงกลมของผลไม้ชนิดต่างๆ [Mohsenin, 1986]

Product	Sphericity	Product	Sphericity
Apples		Blueberries	90
McIntosh	90	Cherries	95
Melba	92	Peaches	
Golden Delicious	92	Red Haven	93
Red Delicious	92	Elberta	97
Stayman	90	Pears	
Rome	89	Maxine	89

### 1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทางอากาศพลศาสตร์ของเมล็ดข้าวเปลือกที่ตำแหน่งการติดตั้งลักษณะต่างๆ

1.3.2 ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทางอากาศพลศาสตร์ของเมล็ดข้าวเปลือกกับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์

### 1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงประยุกต์

1.4.1 เพื่อให้มีการใช้พลังงานขนาดที่เหมาะสม ในกรณีกระบวนการผลิตทางการเกษตรที่ใช้ลมทำความสะอาดเมล็ดธัญพืชหรือการขนส่งเมล็ดธัญพืชด้วยพลังงานลม

1.4.2 พยากรณ์การหว่านเมล็ดธัญพืชด้วยเครื่องจักรกลซึ่งเมล็ดธัญพืชต้องผ่านอากาศและการตกกระจายของเมล็ดธัญพืชลงสู่พื้นดิน

1.4.3 นำค่าที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์เพื่อใช้ประกอบในการออกแบบเครื่องจักรทางการเกษตรให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

### 1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.5.1 ศึกษาและหาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทางอากาศพลศาสตร์ของเมล็ดข้าวเปลือก (ข้าวในประเทศไทย) จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ข้าวเจ้า (พันธุ์หอมสุวรรณและพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105) ข้าวเหนียว (พันธุ์ กข.6 และพันธุ์เหนียวสันป่าดอง) และข้าวญี่ปุ่น (พันธุ์ ก.วก.1 หรือ ซาซานิซึกิ และพันธุ์ ก.วก.2 หรือ อคิตะ โคมาจิ) และเมล็ดพลาสติกทรงกลมจำนวน 5 เม็ด ที่อยู่ในของไหล (อากาศ)

1.5.2 การทดลองจะติดตั้งเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดพลาสติก แบบ Fixed position

1.5.3 การแสดงผลการทดลองจะแสดงในลักษณะ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทางอากาศพลศาสตร์เทียบกับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์