



10. Hinkel B.L. **Ph.D. Thesis**. Georgia Institute of Technology, Atlanta, Ga., 1953
11. Institute of Gas Technology, Dept. of Energy, **Contract FE 2286-32**, October 1978
12. Uhiherr, P.H.T. and Sinclair, C.G. **The Effect of Free-Stream Turbulence on the Drag Coefficient of Spheres**. Proceeding of Chemeca 70., Vol. I, pp. I-13. Melbourne: Butterworths, 1970.
13. Torobin, L.B. and Gauvin, W.H. **Fundamental Aspects of Solid-Gas Flow: parts I-V**. Can.J.Chem.Eng.37., 189-99,167-76, 224-36, 38, 142-53, 189-99, 1959,1960.
14. Wen C.Y. and Yu Y.H. **Chem. Eng. Prog. Symposium Series 62**. No. 62, 100-11, 1966.
15. Ergun, S. **Chem. Eng. Prog.** 48, 89-94, 1952.
16. Wen C.Y. **Proc. Bulk Handling Conference, Vol. I**. University of Pittsburgh. Pittsburgh. PA., 1971.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ก

### ตารางบันทึกผลการทดลองและการคำนวณ

การศึกษารายงานถ่ายวัสดุด้วยอากาศในที่นี้ ได้ทำการทดลองกับวัสดุ 3 ชนิดอันได้แก่ เมล็ดข้าวโพด เมล็ดถั่วเขียว และเม็ดพลาสติก ค่าตัวแปรที่วัดได้จากการทดลองได้แก่

- ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ  $\text{ton/hr}$  (ได้จากผลการปรับเทียบอุปกรณ์ถ่ายวัสดุแบบโรตารีสำหรับวัสดุแต่ละชนิด)
- ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ  $\text{m}^3/\text{hr}$
- ค่าความดันตกที่เกิดขึ้นในแนวการขนถ่าย ( $\text{mm.WG}$ )

จากค่าทั้งสามที่วัดได้จากการทดลอง จะถูกนำมาคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

#### 1. ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ

จากการทดสอบข้อมูลที่ได้จากการวัดนั้นจะเป็นค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ มีหน่วยเป็น  $\text{m}^3/\text{hr}$  ต้องนำมาแปลงเป็นค่าอัตราการไหลเชิงมวล โดยความสัมพันธ์

$$\dot{m}_a (\text{kg/s}) = \rho_a \dot{V} (\text{m}^3 / \text{hr}) / 60 \quad [ก-1]$$

เมื่อ  $\dot{m}_a$  = ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ

$\dot{V}$  = ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ

สำหรับค่าความหนาแน่นของอากาศ  $\rho_a$  นั้นจะมีหน่วยเป็น  $\text{kg/m}^3$  โดยจะขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิและความดันของอากาศ

- ขณะที่ทำการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าว อุณหภูมิของอากาศ ณ. ขณะนั้น มีค่า  $34^{\circ}\text{C}$  ดังนั้นค่าความหนาแน่นของอากาศมีค่า  $1.144 \text{ kg/m}^3$
- ขณะที่ทำการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวโพด อุณหภูมิของอากาศ ณ. ขณะนั้น มีค่า  $36^{\circ}\text{C}$  ดังนั้นค่าความหนาแน่นของอากาศมีค่า  $1.136 \text{ kg/m}^3$
- ขณะที่ทำการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดพลาสติก อุณหภูมิของอากาศ ณ. ขณะนั้น มีค่า  $30^{\circ}\text{C}$  ดังนั้นค่าความหนาแน่นของอากาศมีค่า  $1.16 \text{ kg/m}^3$

## 2. ค่าความหนาแน่นเฟสของการไหล

ค่าความหนาแน่นเฟสของการไหลสามารถคำนวณได้โดย

$$\phi = \frac{\dot{G}}{3.6\dot{m}_a}$$

[ก-2]

โดย  $\phi$  = ค่าความหนาแน่นเฟสในการไหล  
 $\dot{G}$  = ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ, ton/hr  
 $\dot{m}_a$  = ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, kg/s

## 3. ค่าความเร็วเฉลี่ยของอากาศ

ค่าความเร็วเฉลี่ยของอากาศสามารถคำนวณได้จาก

$$\bar{v} = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{\dot{V}}{\pi r^2}$$

[ก-3]

เมื่อ  $\bar{v}$  = ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)  
 $A$  = พื้นที่หน้าตัดของท่อ ( $\text{m}^2$ )  
 $r$  = รัศมีของท่อขนถ่าย = 0.0175 เมตร

#### 4. ค่าความดันตก

ค่าความดันตกที่อ่านได้จากการทดลองจะมีหน่วยเป็น มิลลิเมตรน้ำ ต้องนำมาแปลงเป็น บาร์

โดย

$$\text{ความดันตก (bar)} = \text{ความดันตก (mm.H}_2\text{O)} \times \rho_w \times g \times 10^{-7} \quad [\text{ก-4}]$$

โดยที่  $\rho_w$  = ความหนาแน่นของน้ำ =  $1000 \text{ kg/m}^3$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

#### 5. ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop)

$$\text{ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop)} \quad \alpha = \frac{\Delta P}{\Delta P_0} \quad [\text{ก-5}]$$

โดย  $\Delta P$  = ค่าความดันตกที่เกิดขึ้นในระบบขนถ่าย, bar

$\Delta P_0$  = ค่าความดันตกที่เกิดขึ้นในระบบขนถ่ายที่มีเพียงอากาศ, bar

ค่าความดันตกที่เกิดขึ้นในระบบท่อขนถ่ายที่ปราศจากชิ้นวัสดุได้จากผลการทดลอง โดยผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังตาราง ก4 ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวนี้สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศและค่าความดันตกที่เกิดขึ้นในแนวท่อขนถ่ายในรูป Log-Scale ดังรูป ก1

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียมนำ (d <sub>p</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากร้อนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น ผลของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ พื้นวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
97	0.031	0.509	750	0.07	0.03	2.49	4.6	28.0	0.04	59127
93	0.029	0.509	720	0.07	0.03	2.60	4.8	26.9	0.04	56688
88	0.028	0.509	680	0.07	0.02	2.74	5.1	25.4	0.04	53641
84	0.027	0.509	640	0.06	0.02	2.82	5.3	24.3	0.04	51202
81	0.026	0.509	620	0.06	0.02	2.94	5.5	23.4	0.04	49374
78	0.025	0.509	580	0.06	0.02	2.96	5.7	22.5	0.04	47545
75	0.024	0.509	550	0.05	0.02	3.04	6.0	21.7	0.04	45716

ตารางที่ 01 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวโพดในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 1

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (d <sub>v</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากชั้นวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ ชั้นวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขไรย์โนลด์ ของอากาศ
72	0.023	0.509	520	0.05	0.02	3.11	6.2	20.8	0.03	43888
69	0.022	0.509	500	0.05	0.02	3.26	6.5	19.9	0.03	42059
63	0.020	0.509	470	0.05	0.01	3.67	7.1	18.2	0.03	38402
58	0.018	0.509	450	0.04	0.01	4.14	7.7	16.8	0.03	35354
56	0.018	0.509	430	0.04	0.01	4.24	8.0	16.2	0.03	34135
54	0.017	0.509	420	0.04	0.01	4.45	8.3	15.6	0.03	32916
51	0.016	0.509	420	0.04	0.01	4.98	8.8	14.7	0.03	31087

ตารางที่ ก1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวโพดในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 2



**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทำ (d <sub>c</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ t/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนด้าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนด้าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรินวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ รินวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
49	0.015	0.509	440	0.04	0.01	5.65	9.1	14.2	0.04	29868
97	0.031	0.657	940	0.09	0.03	3.12	6.0	28.0	0.06	59127
92	0.029	0.657	900	0.09	0.03	3.32	6.3	26.6	0.06	56079
88	0.028	0.657	850	0.08	0.02	3.42	6.6	25.4	0.06	53641
84	0.027	0.657	800	0.08	0.02	3.53	6.9	24.3	0.06	51202
80	0.025	0.657	760	0.07	0.02	3.69	7.2	23.1	0.05	48764
77	0.024	0.657	720	0.07	0.02	3.78	7.5	22.2	0.05	46936

ตารางที่ 1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวโพดในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 3

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ล็ดข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (d <sub>c</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรื่นวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ รื่นวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
74	0.023	0.657	680	0.07	0.02	3.86	7.8	21.4	0.05	45107
73	0.023	0.657	650	0.06	0.02	3.79	7.9	21.1	0.05	44497
70	0.022	0.657	640	0.06	0.02	4.05	8.3	20.2	0.05	42669
67	0.021	0.657	590	0.06	0.01	4.08	8.6	19.4	0.04	40840
61	0.019	0.657	570	0.06	0.01	4.74	9.5	17.6	0.04	37183
58	0.018	0.657	560	0.05	0.01	5.15	10.0	16.8	0.04	35354
55	0.017	0.657	550	0.05	0.01	5.62	10.5	15.9	0.04	33525

ตารางที่ ก1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณค่าสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ล็ดข้าวโพดในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 4

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (d <sub>c</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรันวัสดุ bar	ค่า ความดันตกใน รูปเบแมนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ รันวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
52	0.016	0.657	550	0.05	0.01	6.28	11.1	15.0	0.05	31697
97	0.031	0.804	1120	0.11	0.03	3.72	7.3	28.0	0.08	59127
95	0.030	0.804	1070	0.10	0.03	3.70	7.4	27.4	0.08	57907
90	0.028	0.804	1030	0.10	0.03	3.97	7.9	26.0	0.08	54860
86	0.027	0.804	970	0.10	0.02	4.09	8.2	24.8	0.07	52422
84	0.027	0.804	920	0.09	0.02	4.06	8.4	24.3	0.07	51202
81	0.026	0.804	890	0.09	0.02	4.22	8.7	23.4	0.07	49374

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวโพดในจุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 5

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดสีขาวโพล
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ขอบท่า (d <sub>c</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
76	0.024	0.804	830	0.08	0.02	4.47	9.3	22.0	0.06	46326
72	0.023	0.804	790	0.08	0.02	4.73	9.8	20.8	0.06	43888
71	0.022	0.804	760	0.07	0.02	4.68	10.0	20.5	0.06	43278
68	0.021	0.804	730	0.07	0.01	4.90	10.4	19.6	0.06	41450
65	0.021	0.804	690	0.07	0.01	5.06	10.9	18.8	0.05	39621
61	0.019	0.804	680	0.07	0.01	5.66	11.6	17.6	0.05	37183
58	0.018	0.804	650	0.06	0.01	5.97	12.2	16.8	0.05	35354

ตารางที่ ก1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดสีขาว โพลในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 6

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (d <sub>c</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm. WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่า ความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
54	0.017	0.804	650	0.06	0.01	6.88	13.1	15.6	0.05	32916
97	0.031	0.952	1230	0.12	0.03	4.08	8.6	28.0	0.09	59127
95	0.030	0.952	1160	0.11	0.03	4.01	8.8	27.4	0.09	57907
91	0.029	0.952	1090	0.11	0.03	4.11	9.2	26.3	0.08	55469
85	0.027	0.952	1050	0.10	0.02	4.53	9.9	24.6	0.08	51812
80	0.025	0.952	1000	0.10	0.02	4.86	10.5	23.1	0.08	48764
78	0.025	0.952	960	0.09	0.02	4.91	10.7	22.5	0.07	47545

ตารางที่ ก1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวโพดในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 7

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกึ่งเทียบเท่า (d <sub>v</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น พัสของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขชย์ไนต์ ของอากาศ
74	0.023	0.952	920	0.09	0.02	5.22	11.3	21.4	0.07	45107
72	0.023	0.952	880	0.09	0.02	5.27	11.6	20.8	0.07	43888
70	0.022	0.952	840	0.08	0.02	5.32	12.0	20.2	0.07	42669
68	0.021	0.952	800	0.08	0.01	5.37	12.3	19.6	0.06	41450
66	0.021	0.952	760	0.07	0.01	5.41	12.7	19.1	0.06	40230
63	0.020	0.952	760	0.07	0.01	5.93	13.3	18.2	0.06	38402
60	0.019	0.952	750	0.07	0.01	6.45	14.0	17.3	0.06	36573

ตารางที่ ก๕ ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวโพดในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 8

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมสซีคิวไพล
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (d <sub>e</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรื่นวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบออร์นัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น ผลของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ รื่นวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขยีนส์ ของอากาศ
97	0.031	1.099	1400	0.14	0.03	4.65	10.0	28.0	0.11	59127
95	0.030	1.099	1350	0.13	0.03	4.67	10.2	27.4	0.10	57907
91	0.029	1.099	1290	0.13	0.03	4.86	10.6	26.3	0.10	55469
87	0.027	1.099	1240	0.12	0.02	5.11	11.1	25.1	0.10	53031
83	0.026	1.099	1200	0.12	0.02	5.42	11.7	24.0	0.10	50593
77	0.024	1.099	1120	0.11	0.02	5.87	12.6	22.2	0.09	46936
74	0.023	1.099	1070	0.10	0.02	6.07	13.1	21.4	0.09	45107

ตารางที่ ก1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมสซีคิวไพลในจุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 9

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (d <sub>c</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm. WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
71	0.022	1.099	1020	0.10	0.02	6.28	13.6	20.5	0.08	43278
69	0.022	1.099	980	0.10	0.02	6.39	14.0	19.9	0.08	42059
68	0.021	1.099	940	0.09	0.01	6.31	14.2	19.6	0.08	41450
67	0.021	1.099	930	0.09	0.01	6.42	14.4	19.4	0.08	40840
66	0.021	1.099	920	0.09	0.01	6.55	14.7	19.1	0.08	40230
64	0.020	1.099	930	0.09	0.01	7.03	15.1	18.5	0.08	39011
94	0.030	1.247	1570	0.15	0.03	5.55	11.7	27.2	0.13	57298

ตารางที่ ก1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวโพดในจุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อนล่างยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนล่าง 35 มิลลิเมตร - 10



**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมทิลดีซิวไฮโดร
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อลมทำ (d <sub>p</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขไรโนลด์ ของอากาศ
91	0.029	1.247	1520	0.15	0.03	5.72	12.1	26.3	0.12	55469
86	0.027	1.247	1450	0.14	0.02	6.11	12.8	24.8	0.12	52422
81	0.026	1.247	1380	0.14	0.02	6.55	13.6	23.4	0.11	49374
77	0.024	1.247	1320	0.13	0.02	6.92	14.3	22.2	0.11	46936
75	0.024	1.247	1250	0.12	0.02	6.91	14.6	21.7	0.10	45716
73	0.023	1.247	1220	0.12	0.02	7.11	15.0	21.1	0.10	44497
70	0.022	1.247	1160	0.11	0.02	7.35	15.7	20.2	0.10	42669

ตารางที่ ก1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมทิลดีซิวไฮโดร ในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 11

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อขนถ่าย (d <sub>p</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวีตดู bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวีตดู m/s	ค่าตัวหขเรย์โนลด์ ของอากาศ
68	0.021	1.247	1100	0.11	0.01	7.38	16.1	19.6	0.09	41450
67	0.021	1.247	1080	0.11	0.01	7.46	16.4	19.4	0.09	40840
66	0.021	1.247	1070	0.10	0.01	7.61	16.6	19.1	0.09	40230
64	0.020	1.247	1060	0.10	0.01	8.02	17.2	18.5	0.09	39011
97	0.031	1.394	1740	0.17	0.03	5.77	12.7	28.0	0.14	59127
93	0.029	1.394	1670	0.16	0.03	6.02	13.2	26.9	0.14	56688
91	0.029	1.394	1520	0.15	0.03	5.72	13.5	26.3	0.12	55469

ตารางที่ ก1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวโพดในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 12

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดสีขาวโพล
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (d <sub>p</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรินวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ รินวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
84	0.027	1.394	1440	0.14	0.02	6.36	14.6	24.3	0.12	51202
80	0.025	1.394	1380	0.14	0.02	6.71	15.3	23.1	0.12	48764
74	0.023	1.394	1310	0.13	0.02	7.43	16.6	21.4	0.11	45107
71	0.022	1.394	1250	0.12	0.02	7.70	17.3	20.5	0.11	43278
69	0.022	1.394	1220	0.12	0.02	7.95	17.8	19.9	0.10	42059
67	0.021	1.394	1160	0.11	0.01	8.01	18.3	19.4	0.10	40840
66	0.021	1.394	1180	0.12	0.01	8.40	18.6	19.1	0.10	40230

ตารางที่ ๓1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดสีขาว โพล ในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 13

**ผลการทดลองและผลกรวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (d <sub>v</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm. WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากชิ้นวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบออร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฉลี่ยของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ ชิ้นวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขย์โนต์ ของอากาศ
96	0.030	1.542	1800	0.18	0.03	6.10	14.1	27.7	0.15	58517
92	0.029	1.542	1700	0.17	0.03	6.27	14.8	26.6	0.14	56079
89	0.028	1.542	1650	0.16	0.02	6.49	15.3	25.7	0.14	54250
83	0.026	1.542	1580	0.15	0.02	7.14	16.4	24.0	0.13	50593
78	0.025	1.542	1510	0.15	0.02	7.72	17.4	22.5	0.13	47545
73	0.023	1.542	1460	0.14	0.02	8.51	18.6	21.1	0.13	44497
68	0.021	1.542	1380	0.14	0.01	9.26	20.0	19.6	0.12	41450

ตารางที่ ก1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดข้าวโพดในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 14

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่าง ๆ**

วัสดุ	เมสส์ข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (d <sub>t</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลส์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฉลี่ยของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
67	0.021	1.542	1340	0.13	0.01	9.26	20.3	19.4	0.12	40840
66	0.021	1.542	1330	0.13	0.01	9.46	20.6	19.1	0.12	40230
95	0.030	1.689	1930	0.19	0.03	6.68	15.7	27.4	0.16	57907
91	0.029	1.689	1850	0.18	0.03	6.97	16.3	26.3	0.16	55469
88	0.028	1.689	1780	0.17	0.02	7.16	16.9	25.4	0.15	53641
81	0.026	1.689	1700	0.17	0.02	8.06	18.4	23.4	0.15	49374
76	0.024	1.689	1650	0.16	0.02	8.88	19.6	22.0	0.14	46326

ตารางที่ ก1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมสส์ข้าวโพดในจุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 15

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวโพด
ความหนาแน่น	1184.83 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (d <sub>e</sub> )	0.00771 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.136 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8843E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm. WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่า ความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น ผลของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
71	0.022	1.689	1570	0.15	0.02	9.67	20.9	20.5	0.14	43278
69	0.022	1.689	1540	0.15	0.02	10.04	21.5	19.9	0.14	42059
67	0.021	1.689	1510	0.15	0.01	10.43	22.2	19.4	0.13	40840

ตารางที่ ๓1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวโพดในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 16

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมตลิกัวเวียว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (d <sub>p</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่า ความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
95	0.030	0.552	730	0.07	0.028	2.525	5.1	27.44	0.04	58461.1
91	0.029	0.552	690	0.07	0.026	2.599	5.3	26.29	0.04	55999.6
87	0.028	0.552	660	0.06	0.024	2.717	5.5	25.13	0.04	53538.1
82	0.026	0.552	630	0.06	0.021	2.916	5.9	23.69	0.04	50461.2
79	0.025	0.552	610	0.06	0.020	3.040	6.1	22.82	0.04	48615.0
76	0.024	0.552	580	0.06	0.018	3.121	6.3	21.95	0.04	46768.9
75	0.024	0.552	570	0.06	0.018	3.149	6.4	21.66	0.04	46153.5

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมตลิกัวเวียวในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 1

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมทัลคิวบิก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อขนถ่าย (d <sub>c</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรันวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ รันวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
73	0.023	0.552	550	0.05	0.017	3.205	6.6	21.09	0.04	44922.8
69	0.022	0.552	520	0.05	0.015	3.389	7.0	19.93	0.04	42461.2
65	0.021	0.552	510	0.05	0.013	3.741	7.4	18.78	0.04	39999.7
62	0.020	0.552	500	0.05	0.012	4.027	7.8	17.91	0.04	38153.6
58	0.018	0.552	510	0.05	0.011	4.688	8.3	16.75	0.04	35692.0
56	0.018	0.552	530	0.05	0.010	5.223	8.6	16.18	0.04	34461.3
95	0.030	0.718	930	0.09	0.028	3.216	6.6	27.44	0.06	58461.1

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมทัลคิวบิกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 2



**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมสซีคิวมียิว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อขนถ่าย (d <sub>p</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่า ความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น ผลของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าหัวกดไฮดรอลิก ของอากาศ
92	0.029	0.718	880	0.09	0.027	3.243	6.8	26.58	0.06	56615.0
88	0.028	0.718	840	0.08	0.024	3.381	7.1	25.42	0.06	54153.5
83	0.026	0.718	800	0.08	0.022	3.615	7.6	23.98	0.06	51076.6
80	0.025	0.718	760	0.07	0.020	3.695	7.8	23.11	0.05	49230.4
77	0.024	0.718	720	0.07	0.019	3.775	8.2	22.24	0.05	47384.3
73	0.023	0.718	690	0.07	0.017	4.021	8.6	21.09	0.05	44922.8
72	0.023	0.718	680	0.07	0.016	4.073	8.7	20.80	0.05	44307.4

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมสซีคิวมียิวในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 3

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดศัลฝั้วเขียว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อลมทำ (d <sub>p</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น ผลของการไหล	ความเร็วลมเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
70	0.022	0.718	650	0.06	0.015	4.117	9.0	20.22	0.05	43076.6
67	0.021	0.718	640	0.06	0.014	4.421	9.4	19.35	0.05	41230.5
65	0.021	0.718	620	0.06	0.013	4.548	9.7	18.78	0.05	39999.7
63	0.020	0.718	620	0.06	0.013	4.838	10.0	18.20	0.05	38769.0
58	0.018	0.718	630	0.06	0.011	5.791	10.8	16.75	0.05	35692.0
92	0.029	0.883	1020	0.10	0.027	3.759	8.4	26.58	0.07	56615.0
88	0.028	0.883	970	0.10	0.024	3.904	8.8	25.42	0.07	54153.5

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดศัลฝั้วเขียวในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 4

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดถั่วเขียว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (d <sub>o</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm. WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความสันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความสันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของกร ไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขย์ไนต์ ของอากาศ
85	0.027	0.883	940	0.09	0.023	4.052	9.1	24.55	0.07	52307.3
80	0.025	0.883	900	0.09	0.020	4.375	9.6	23.11	0.07	49230.4
76	0.024	0.883	860	0.08	0.018	4.628	10.2	21.95	0.07	46768.9
73	0.023	0.883	820	0.08	0.017	4.779	10.6	21.09	0.06	44922.8
71	0.023	0.883	790	0.08	0.016	4.865	10.9	20.51	0.06	43692.0
70	0.022	0.883	780	0.08	0.015	4.940	11.0	20.22	0.06	43076.6
70	0.022	0.883	770	0.08	0.015	4.877	11.0	20.22	0.06	43076.6

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดถั่วเขียวในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 5

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมสส์ถ้ำเขียว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อน้ำ (d <sub>n</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปรากฏจากรันวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น ผลของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ รันวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
69	0.022	0.883	760	0.07	0.015	4.952	11.2	19.93	0.06	42461.2
68	0.022	0.883	760	0.07	0.015	5.098	11.4	19.64	0.06	41845.9
95	0.030	1.049	1220	0.12	0.028	4.219	9.7	27.44	0.09	58461.1
92	0.029	1.049	1170	0.11	0.027	4.312	10.0	26.58	0.09	56615.0
87	0.028	1.049	1100	0.11	0.024	4.529	10.5	25.13	0.08	53538.1
83	0.026	1.049	1060	0.10	0.022	4.791	11.0	23.98	0.08	51076.6
78	0.025	1.049	1010	0.10	0.019	5.162	11.8	22.53	0.08	47999.7

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมสส์ถ้ำเขียวในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อน้ำยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อน้ำ 35 มิลลิเมตร - 6

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดถั่วเขียว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อขนถ่าย (d <sub>p</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรันวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น สฟของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ รันวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
75	0.024	1.049	980	0.10	0.018	5.414	12.2	21.66	0.08	46153.5
71	0.023	1.049	960	0.09	0.016	5.911	12.9	20.51	0.08	43692.0
69	0.022	1.049	930	0.09	0.015	6.060	13.3	19.93	0.08	42461.2
68	0.022	1.049	920	0.09	0.015	6.171	13.5	19.64	0.08	41845.9
68	0.022	1.049	920	0.09	0.015	6.171	13.5	19.64	0.08	41845.9
67	0.021	1.049	920	0.09	0.014	6.355	13.7	19.35	0.08	41230.5
94	0.030	1.214	1310	0.13	0.028	4.627	11.3	27.15	0.10	57845.7

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดถั่วเขียวในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 7

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดถั่วเขียว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (d <sub>e</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรันวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฉลี่ยของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ รันวัสดุ m/s	ค่าตัวถ่วงอินด์ ของอากาศ
91	0.029	1.214	1260	0.12	0.026	4.745	11.7	26.29	0.10	55999.6
87	0.028	1.214	1220	0.12	0.024	5.023	12.2	25.13	0.10	53538.1
82	0.026	1.214	1180	0.12	0.021	5.462	12.9	23.69	0.09	50461.2
76	0.024	1.214	1150	0.11	0.018	6.188	14.0	21.95	0.09	46768.9
72	0.023	1.214	1110	0.11	0.016	6.648	14.7	20.80	0.09	44307.4
71	0.023	1.214	1090	0.11	0.016	6.712	14.9	20.51	0.09	43692.0
68	0.022	1.214	1070	0.10	0.015	7.177	15.6	19.64	0.09	41845.9

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดถั่วเขียวในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 8

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดถั่วเขียว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (d <sub>v</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกในแนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกในแนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ m/s	ค่าความเร็วของจีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ
68	0.022	1.214	1060	0.10	0.015	7.110	15.6	19.64	0.09	41845.9
94	0.030	1.38	1420	0.14	0.028	5.015	12.8	27.15	0.11	57845.7
91	0.029	1.380	1380	0.14	0.026	5.197	13.3	26.29	0.11	55999.6
86	0.027	1.380	1330	0.13	0.023	5.602	14.0	24.84	0.11	52922.7
81	0.026	1.380	1290	0.13	0.021	6.119	14.9	23.40	0.11	49845.8
77	0.024	1.380	1280	0.13	0.019	6.712	15.7	22.24	0.11	47384.3
75	0.024	1.380	1270	0.12	0.018	7.016	16.1	21.66	0.11	46153.5

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดถั่วเขียวในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 9

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดถั่วเขียว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ชนท่า (d <sub>c</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนด้าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนด้าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
73	0.023	1.380	1250	0.12	0.017	7.285	16.5	21.09	0.11	44922.8
70	0.022	1.380	1250	0.12	0.015	7.917	17.2	20.22	0.11	43076.6
68	0.022	1.380	1240	0.12	0.015	8.317	17.7	19.64	0.11	41845.9
93	0.030	1.545	1500	0.15	0.027	5.411	14.5	26.86	0.12	57230.4
90	0.029	1.545	1480	0.15	0.025	5.697	15.0	26.00	0.12	55384.2
84	0.027	1.545	1410	0.14	0.022	6.223	16.1	24.26	0.12	51691.9
81	0.026	1.545	1400	0.14	0.021	6.640	16.7	23.40	0.12	49845.8

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนด้ายของเมล็ดถั่วเขียวในชุดขนด้ายที่มีขนาดท่อขนด้ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนด้าย 35 มิลลิเมตร - 10



**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดถั่วเขียว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อชนทำ (d <sub>p</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm. WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรินวัสดุ bar	ค่า ความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น ผลของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ รินวัสดุ m/s	ค่าตัวคูณอินต ของอากาศ
78	0.025	1.545	1370	0.13	0.019	7.002	17.3	22.53	0.12	47999.7
76	0.024	1.545	1360	0.13	0.018	7.318	17.8	21.95	0.12	46768.9
75	0.024	1.545	1350	0.13	0.018	7.458	18.0	21.66	0.11	46153.5
72	0.023	1.545	1340	0.13	0.016	8.026	18.8	20.80	0.12	44307.4
71	0.023	1.545	1330	0.13	0.016	8.190	19.0	20.51	0.11	43692.0
70	0.022	1.545	1320	0.13	0.015	8.360	19.3	20.22	0.11	43076.6
92	0.029	1.711	1580	0.15	0.027	5.823	16.3	26.58	0.13	56615.0

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดถั่วเขียวในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 11

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดถั่วเขียว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (d <sub>p</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบออร์นิต ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของกรไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขยูนิต ของอากาศ
89	0.028	1.711	1540	0.15	0.025	6.061	16.8	25.71	0.13	54768.8
86	0.027	1.711	1510	0.15	0.023	6.361	17.4	24.84	0.12	52922.7
83	0.026	1.711	1480	0.15	0.022	6.689	18.0	23.98	0.12	51076.6
81	0.026	1.711	1490	0.15	0.021	7.067	18.5	23.40	0.13	49845.8
77	0.024	1.711	1450	0.14	0.019	7.603	19.4	22.24	0.12	47384.3
75	0.024	1.711	1480	0.15	0.018	8.176	19.9	21.66	0.13	46153.5
92	0.029	1.876	1860	0.18	0.027	6.855	17.8	26.58	0.16	56615.0

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดถั่วเขียวในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 12

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมสส์คั่วเขียว
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อน้ำ (d <sub>n</sub> )	0.00457 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	34 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.144 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8795E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรินวัสดุ bar	ค่า ความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ รินวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขไรน์ด ของอากาศ
89	0.028	1.876	1820	0.18	0.025	7.163	18.4	25.71	0.15	54768.8
86	0.027	1.876	1820	0.18	0.023	7.667	19.1	24.84	0.16	52922.7
85	0.027	1.876	1900	0.19	0.023	8.191	19.3	24.55	0.16	52307.3
82	0.026	1.876	1850	0.18	0.021	8.564	20.0	23.69	0.16	50461.2

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมสส์คั่วเขียว ในจุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 13

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดพลาสติก
ความหนาแน่น	1350 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อน้ำ (d <sub>p</sub> )	0.00288 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.861E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm. WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากรีบวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น ผลของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
95	0.031	1.075	1450	0.14	0.028	5.015	9.8	27.44	26.05	59884
92	0.030	1.075	1380	0.14	0.027	5.086	10.1	26.58	25.22	57993
88	0.028	1.075	1320	0.13	0.024	5.313	10.5	25.42	24.13	55472
80	0.026	1.075	1280	0.13	0.020	6.222	11.6	23.11	21.93	50429
73	0.024	1.075	1220	0.12	0.017	7.110	12.7	21.09	20.02	46016
70	0.023	1.075	1150	0.11	0.015	7.283	13.2	20.22	19.19	44125
66	0.021	1.075	1180	0.12	0.014	8.397	14.0	19.06	18.10	41604

ตารางที่ ๓3 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณค่าสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดพลาสติกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อน้ำยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อน้ำ 35 มิลลิเมตร - 1

**ผลการทดลองและพารามิเตอร์ค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมทัลพลาสติก
ความหนาแน่น	1350 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ขดท่อ (d <sub>w</sub> )	0.00288 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.861E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบออร์นัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฉลี่ยของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
64	0.021	1.075	1260	0.12	0.013	9.530	14.5	18.49	17.55	40343
94	0.030	1.247	1520	0.15	0.028	5.368	11.4	27.15	25.77	59254
91	0.029	1.247	1460	0.14	0.026	5.499	11.8	26.29	24.95	57363
86	0.028	1.247	1400	0.14	0.023	5.897	12.5	24.84	23.58	54211
81	0.026	1.247	1340	0.13	0.021	6.356	13.3	23.40	22.21	51059
75	0.024	1.247	1260	0.12	0.018	6.961	14.3	21.66	20.56	47277
70	0.023	1.247	1260	0.12	0.015	7.980	15.4	20.22	19.19	44125

ตารางที่ ก3 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดพลาสติกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 2

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดพลาสติก
ความหนาแน่น	1350 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อเข้า (d <sub>1</sub> )	0.00288 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.861E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบอนุกรม ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
66	0.021	1.247	1240	0.12	0.014	8.824	16.3	19.06	18.10	41604
65	0.021	1.247	1240	0.12	0.013	9.095	16.5	18.78	17.82	40973
64	0.021	1.247	1200	0.12	0.013	9.076	16.8	18.49	17.55	40343
93	0.030	1.42	1680	0.16	0.027	6.061	13.2	26.86	25.50	58623
90	0.029	1.42	1600	0.16	0.025	6.159	13.6	26.00	24.68	56732
85	0.027	1.42	1520	0.15	0.023	6.553	14.4	24.55	23.31	53581
82	0.026	1.42	1500	0.15	0.021	6.944	14.9	23.69	22.48	51689

ตารางที่ ก3 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดพลาสติกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 3

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ล็ดพลาสติก
ความหนาแน่น	1350 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อชนถ่าย (d <sub>v</sub> )	0.00288 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.861E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากชิ้นวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบอร์มิล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ ชิ้นวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
73	0.024	1.42	1420	0.14	0.017	8.276	16.8	21.09	20.02	46016
68	0.022	1.42	1480	0.15	0.015	9.927	18.0	19.64	18.64	42864
92	0.030	1.592	1850	0.18	0.027	6.818	14.9	26.58	25.22	57993
90	0.029	1.592	1780	0.17	0.025	6.852	15.2	26.00	24.68	56732
84	0.027	1.592	1700	0.17	0.022	7.503	16.3	24.26	23.03	52950
82	0.026	1.592	1650	0.16	0.021	7.638	16.7	23.69	22.48	51689
75	0.024	1.592	1600	0.16	0.018	8.839	18.3	21.66	20.56	47277

ตารางที่ ๓3 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ล็ดพลาสติกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 4

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดพลาสติก
ความหนาแน่น	1350 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อน้ำ (d <sub>v</sub> )	0.00288 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.861E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm.WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากจีนวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฉลี่ยของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขย์โนต์ ของอากาศ
69	0.022	1.592	1600	0.16	0.015	10.426	19.9	19.93	18.92	43495
91	0.029	1.765	1920	0.19	0.026	7.231	16.7	26.29	24.95	57363
89	0.029	1.765	1850	0.18	0.025	7.281	17.1	25.71	24.40	56102
82	0.026	1.765	1800	0.18	0.021	8.333	18.6	23.69	22.48	51689
79	0.025	1.765	1750	0.17	0.020	8.722	19.3	22.82	21.66	49798
73	0.024	1.765	1700	0.17	0.017	9.908	20.8	21.09	20.02	46016
90	0.029	1.937	2000	0.20	0.025	7.699	18.6	26.00	24.68	56732

ตารางที่ ก3 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดพลาสติกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อน้ำยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อน้ำ 35 มิลลิเมตร - 5



**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดพลาสติก
ความหนาแน่น	1350 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ชนท่า (d <sub>p</sub> )	0.00288 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.861E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหล เชิงปริมาตรของ อากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของ อากาศ kg/s	ค่าอัตราการไหล เชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย mm. WG	ค่าความดันตกใน แนวขนถ่าย bar	ค่าความดันตก ของอากาศที่ ปราศจากชั้นวัสดุ bar	ค่าความดันตกใน รูปแบบนอนอร์มัล ไลซ์ (Normalized Pressure Drop)	ความหนาแน่น เฟสของการไหล m/s	ความเร็วเฉลี่ยของ อากาศ m/s	ค่าความเร็วของ จีนวัสดุ m/s	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของอากาศ
88	0.028	1.937	1950	0.19	0.024	7.848	19.0	25.42	24.13	55472
82	0.026	1.937	1900	0.19	0.021	8.795	20.4	23.69	22.48	51689
78	0.025	1.937	1800	0.18	0.019	9.200	21.4	22.53	21.39	49168
75	0.024	1.937	1900	0.19	0.018	10.496	22.3	21.66	20.56	47277

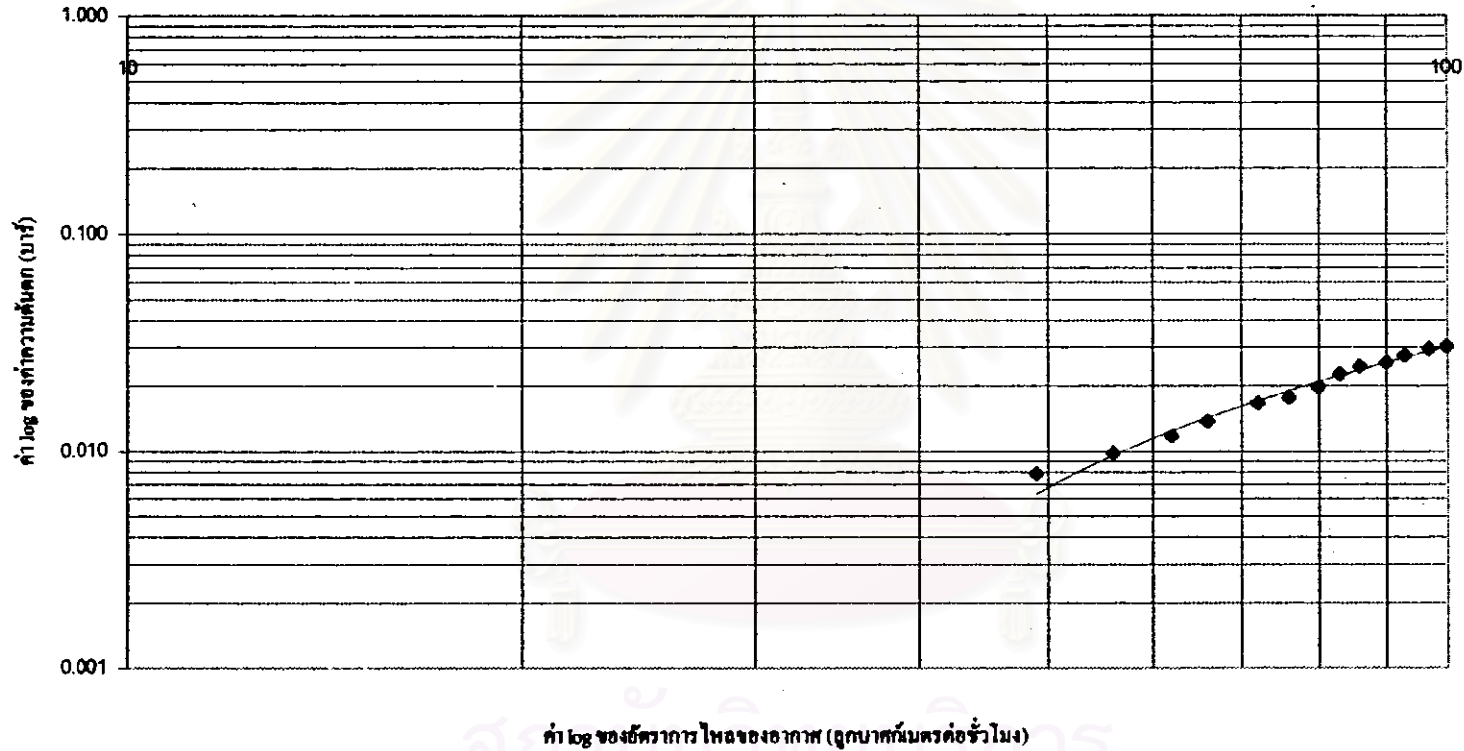
ตารางที่ ก3 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดพลาสติกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 6

ตารางที่ ก4 แสดงผลการทดสอบที่สภาวะของอากาศที่ปราศจากชื้นวัสดุ

อัตราการไหลเชิง ปริมาตรของอากาศ (Nm <sup>3</sup> /h)	100	97	93	90	86	83	80	76	72	66	62	56	49
ค่าความดันตก (mmWG)	310	300	280	260	250	230	200	180	170	140	120	100	80
ค่าความดันตก (bar)	0.030	0.029	0.027	0.026	0.025	0.023	0.020	0.018	0.017	0.014	0.012	0.010	0.008

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า log ของค่าความดันตกและค่า log ของค่าอัตราการไหลของอากาศในการทดสอบที่สภาวะอากาศหนึ่ง



รูปที่ ก1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันตกและค่าอัตราการไหลของอากาศในการทดสอบที่สภาวะของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ จะ ได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันตกและค่าอัตราการไหลของอากาศคือ  $\log (\Delta P_0, \text{bar}) = 1.961 \log (Q \text{ (m}^3/\text{hr)}) - 5.4651$

## ภาคผนวก ข

**ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบหลายตัวแปรเพื่อหาความสัมพันธ์สำหรับการสร้างกราฟแสดงลักษณะจำเพาะของการขนถ่าย**

จากผลการคำนวณในภาคผนวก ก จะสามารถนำเสนอสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันตกที่เกิดขึ้นในระบบขนถ่าย, ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ และค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศโดยการวิเคราะห์แบบถดถอยหลายตัวแปร เพื่อความสะดวกในการสร้างกราฟในส่วนของเส้นกราฟที่แสดงค่าความดันตกในแนวการขนถ่ายที่ค่าต่างๆกัน ในส่วนของเส้นกราฟที่แสดงค่าความหนาแน่นเฟสคงที่นั้นสามารถสร้างได้จากสมการแสดงความสัมพันธ์ของค่าความหนาแน่นเฟส

การวิเคราะห์ได้จัดทำโดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab for Windows v.11 ผลของการวิเคราะห์แสดงได้ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 1. ผลการวิเคราะห์แบบถดถอยหลายตัวแปรของการทดลองการขนถ่ายของข้าวโพด

### Regression Analysis

The regression equation is

$$P\text{-Drop (bar)} = -0.0718 + 0.0864 \text{ Mat (ton/hr)} + 3.55 \text{ AF (kg/s)}$$

Predictor	Coef	StDev	T	P
Constant	-0.071760	0.003292	-21.80	0.000
Mat (ton	0.086394	0.001457	59.29	0.000
AF (kg/s	3.5512	0.1326	26.78	0.000

S = 0.005465      R-Sq = 98.0%      R-Sq(adj) = 97.9%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0.149976	0.074988	2510.65	0.000
Error	105	0.003136	0.000030		
Total	107	0.153112			

Source	DF	Seq SS
Mat (ton	1	0.128552
AF (kg/s	1	0.021424

#### Unusual Observations

Obs	Mat (ton	P-Drop (	Fit	StDev Fit	Residual	St Resid
14	0.51	0.041000	0.029034	0.001292	0.011966	2.25R
15	0.51	0.043000	0.025483	0.001390	0.017517	3.31R
29	0.66	0.054000	0.041821	0.001216	0.012179	2.29R
70	1.25	0.154000	0.142511	0.000955	0.011489	2.14R
82	1.39	0.171000	0.158762	0.001110	0.012238	2.29R
83	1.39	0.164000	0.151659	0.000930	0.012341	2.29R

R denotes an observation with a large standardized residual

เมื่อ P-Drop = ค่าความดันตกที่เกิดขึ้นในแนวการขนถ่าย, bar

Mat = ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ, ton/hr

AF = ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, kg/s

## 2. ผลการวิเคราะห์แบบถดถอยหลายตัวแปรของการทดลองการขนถ่ายของตัวเขียว

### Regression Analysis

The regression equation is

$$P\text{-Drop (bar)} = -0.0443 + 0.0788 \text{ Mat (ton/hr)} + 2.45 \text{ AF (kg/s)}$$

Predictor	Coef	StDev	T	P
Constant	-0.044250	0.003883	-11.40	0.000
Mat (ton)	0.078817	0.001239	63.63	0.000
AF (kg/s)	2.4526	0.1614	15.19	0.000

S = 0.004616    R-Sq = 98.3%    R-Sq(adj) = 98.3%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0.110204	0.055102	2585.69	0.000
Error	88	0.001875	0.000021		
Total	90	0.112079			

Source	DF	Seq SS
Mat (ton)	1	0.105284
AF (kg/s)	1	0.004920

#### Unusual Observations

Obs	Mat (ton)	P-Drop (bar)	Fit	StDev Fit	Residual	St Resid
83	1.71	0.145000	0.154375	0.000854	-0.009375	-2.07R
89	1.88	0.179000	0.169832	0.001029	0.009168	2.04R
90	1.88	0.186000	0.169832	0.001029	0.016168	3.59R
91	1.88	0.181000	0.167380	0.001023	0.013620	3.03R

R denotes an observation with a large standardized residual

เมื่อ P-Drop = ค่าความดันตกที่เกิดขึ้นในแนวการขนถ่าย, bar

Mat = ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ, ton/hr

AF = ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, kg/s

### 3. ผลการวิเคราะห์แบบถดถอยหลายตัวแปรของการทดลองการขนถ่ายของเม็ดพลาสติก

#### Regression Analysis

The regression equation is

$$P\text{-Drop (bar)} = - 0.0263 + 0.0728 \text{ Mat (ton/hr)} + 2.79 \text{ AF (kg/s)}$$

Predictor	Coef	StDev	T	P
Constant	-0.026284	0.006850	-3.84	0.000
Mat (ton	0.072828	0.002566	28.39	0.000
AF (kg/s	2.7919	0.2468	11.31	0.000

S = 0.004595    R-Sq = 96.8%    R-Sq(adj) = 96.6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0.022686	0.011343	537.26	0.000
Error	36	0.000760	0.000021		
Total	38	0.023446			

Source	DF	Seq SS
Mat (ton	1	0.019984
AF (kg/s	1	0.002702

Unusual Observations

Obs	Mat (ton	P-Drop (	Fit	StDev Fit	Residual	St Resid
8	1.08	0.124000	0.110635	0.001578	0.013365	3.10R

R denotes an observation with a large standardized residual

เมื่อ P-Drop = ค่าความดันตกที่เกิดขึ้นในแนวการขนถ่าย, bar

Mat = ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ, ton/hr

AF = ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, kg/s

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

**การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop) และค่าความหนาแน่นเฟสของการไหล**

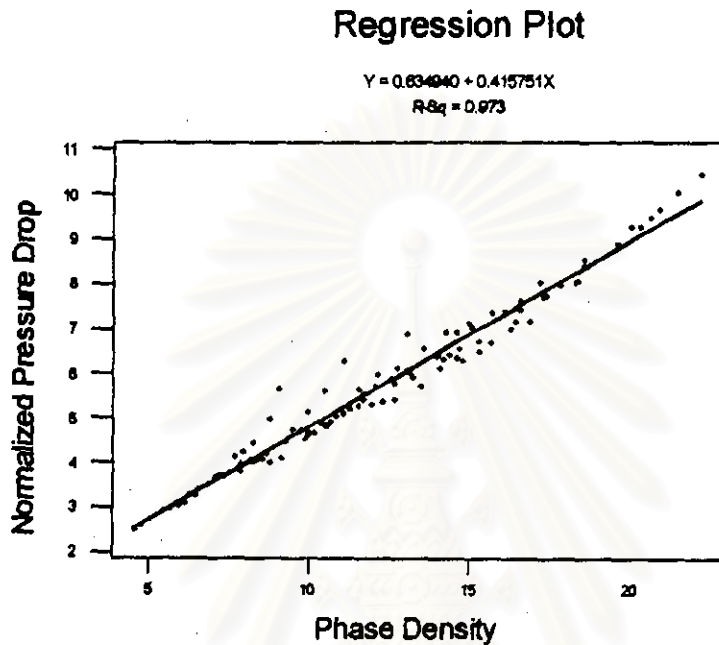
จากผลการทดลองและการคำนวณในภาคผนวก ก จะสามารถนำมาวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้นเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop) และค่าความหนาแน่นเฟสของการไหลได้ โดยการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้สามารถทำได้โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab for Windows v.11 ผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังนี้



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 1. ผลการวิเคราะห์สำหรับเม็ดข้าวโพด



รูปที่ ค1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฟสของการไหลและค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop) ของการขนถ่ายของเมล็ดข้าวโพด

### Regression Analysis

The regression equation is

$$\alpha = 0.635 + 0.416 \phi$$

Predictor	Coef	StDev	T	P
Constant	0.63494	0.08541	7.43	0.000
$\phi$	0.415751	0.006679	62.25	0.000

S = 0.2974      R-Sq = 97.3%      R-Sq(adj) = 97.3%

### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	342.70	342.70	3875.14	0.000
Error	106	9.37	0.09		
Total	107	352.07			

### Unusual Observations

Obs	$\phi$	$\alpha$	Fit	StDev Fit	Residual	St Resid
14	8.8	4.9800	4.2935	0.0359	0.6865	2.33R
15	9.1	5.6500	4.4183	0.0347	1.2317	4.17R

28	10.5	5.6200	5.0003	0.0304	0.6197	2.09R
29	11.1	6.2800	5.2498	0.0293	1.0302	3.48R
43	13.1	6.8800	6.0813	0.0295	0.7987	2.70R
108	22.2	10.4300	9.8646	0.0736	0.5654	1.96 X

R denotes an observation with a large standardized residual  
 X denotes an observation whose X value gives it large influence.

จากการวิเคราะห์ข้างต้นจะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันตกในรูปแมนอร์มัต โดซ์ (Normalized Pressure Drop) และค่าความหนาแน่นเฟสของการไหลของเม็ดข้าวโพดคือ

$$\alpha = 0.635 + 0.416 \phi$$

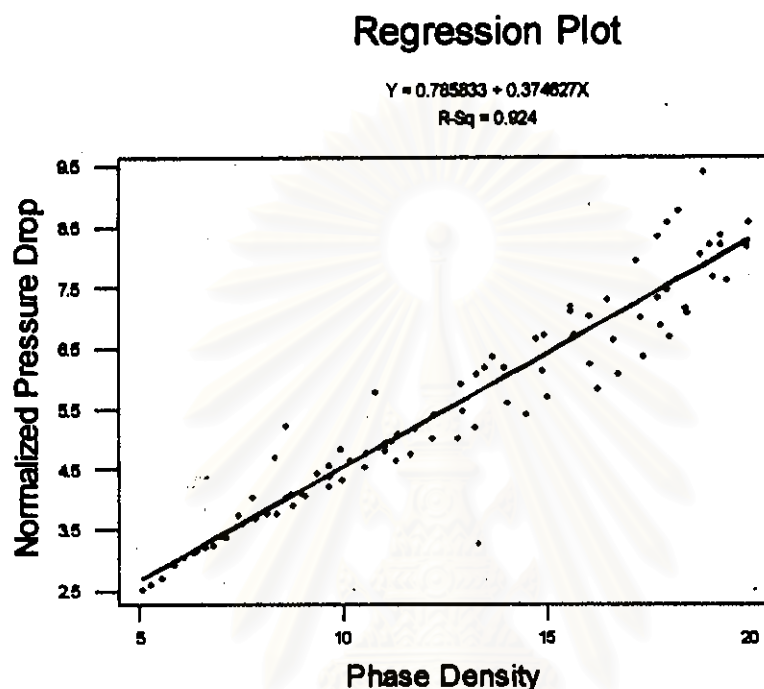
[ค-1]

เมื่อ  $\alpha$  = ค่าความดันตกในรูปแมนอร์มัต โดซ์ (Normalized Pressure Drop)

$\phi$  = ค่าความหนาแน่นเฟสของการไหล

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2. ผลการวิเคราะห์สำหรับเมตต์ถั่วเขียว



รูปที่ ก2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฟสของการไหลและค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop) ของการขนถ่ายของเมตต์ถั่วเขียว

### Regression Analysis

The regression equation is

$$\alpha = 0.786 + 0.375 \phi$$

Predictor	Coef	StDev	T	P
Constant	0.7858	0.1518	5.18	0.000
P-G	0.37463	0.01136	32.98	0.000

S = 0.4690      R-Sq = 92.4%      R-Sq(adj) = 92.4%

### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	239.17	239.17	1087.57	0.000
Error	89	19.57	0.22		
Total	90	258.75			

### Unusual Observations

Obs	$\alpha$	$\phi$	Fit	StDev Fit	Residual	St Resid
-----	----------	--------	-----	-----------	----------	----------

13	8.6	5.2230	4.0151	0.0671	1.2079	2.60R
26	10.8	5.7910	4.8393	0.0533	0.9517	2.04R
67	18.0	8.5650	7.5291	0.0782	1.0359	2.24R
68	18.3	8.7530	7.6340	0.0807	1.1190	2.42R
69	18.9	9.3790	7.8476	0.0860	1.5314	3.32R
80	16.3	5.8230	6.8773	0.0641	-1.0543	-2.27R
81	16.8	6.0610	7.0796	0.0682	-1.0186	-2.20R
82	17.4	6.3610	7.3006	0.0730	-0.9396	-2.03R

R denotes an observation with a large standardized residual

จากการวิเคราะห์ข้างต้นจะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop) และค่าความหนาแน่นเฟสของการไหลของเมสส์ถั่วเขียวคือ

$$\alpha = 0.786 + 0.375 \phi$$

[ค-2]

เมื่อ  $\alpha$  = ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop)

$\phi$  = ค่าความหนาแน่นเฟสของการไหล

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3. ผลการวิเคราะห์สำหรับเม็ดพลาสติก



รูปที่ ก3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฟสของการไหลและค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop) ของการขนถ่ายของเม็ดพลาสติก

#### Regression Analysis

The regression equation is

$$\alpha = 0.999 + 0.415 \phi$$

Predictor	Coef	StDev	T	P
Constant	0.9987	0.5396	1.85	0.073
P-P	0.41481	0.03356	12.36	0.000

S = 0.6647      R-Sq = 81.48      R-Sq(adj) = 80.8%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	67.489	67.489	152.77	0.000
Error	35	15.462	0.442		
Total	36	82.951			

#### Unusual Observations

Obs	$\alpha$	$\phi$	Fit	StDev Fit	Residual	St Resid
21	18.0	9.927	8.465	0.133	1.462	2.24R

R denotes an observation with a large standardized residual

จากการวิเคราะห์ข้างต้นจะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop) และค่าความหนาแน่นเฟสของการไหลของเม็ดพลาสติกคือ

$$\alpha = 0.999 + 0.415 \phi$$

[ก-3]

เมื่อ  $\alpha$  = ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Pressure Drop)

$\phi$  = ค่าความหนาแน่นเฟสของการไหล



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ง

ผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการชน  
ถ่ายของจีนวัสดุ

จากความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติสำหรับการไหลของของผสมระหว่างอากาศและจีนวัสดุ  
ในระบบท่อขนถ่าย (บทที่ 4 หัวข้อ 4.4)

$$\frac{\Delta P_L D}{\rho_a \bar{v}^2} = f\left(\frac{\rho_p}{\rho_a}, \frac{S\psi}{\pi d_v D}, \frac{1}{Re_a}, \phi\right)$$

โดย  $\Delta P_L$  = ค่าความดันตกของระบบในการขนถ่ายจีนวัสดุต่อหน่วยความยาวของท่อ, N/m<sup>2</sup>

$\rho_a$  = ค่าความหนาแน่นของอากาศ, kg/m<sup>3</sup>

$\rho_p$  = ค่าความหนาแน่นของของแข็ง, kg/m<sup>3</sup>

$d_v$  = ค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าของจีนวัสดุ, m

$D$  = ค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย, m

$\bar{v}$  = ค่าความเร็วเฉลี่ยของอากาศ, m/s

$\phi$  = ค่าความหนาแน่นเฟส

$Re_a$  = ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ

$\psi$  = ค่าตัวประกอบรูปร่างของจีนวัสดุ (Shape factor) =  $\frac{\pi d_v^2}{S}$

$S$  = พื้นที่ผิวของจีนวัสดุ

จะได้นำมาวิเคราะห์การถดถอยแบบหลายตัวแปรเพื่อหาสมการ โดยอาศัยชุดข้อมูลจาก  
การทดลอง ซึ่งจากผลการทดลองของวัสดุแต่ละชนิดจะถูกนำมาคำนวณค่าต่างๆดังแสดงในตาราง ง1  
เพื่อหาสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้นโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab for  
Windows v.11 ผลการวิเคราะห์จะแสดงไว้ที่ด้านท้ายของภาคผนวก ง นี้

ค่าอัตราการไหล การไหล เชิง ปริมาตร ของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหล การไหล เชิงมวล ของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิง มวลของ วัสดุ (ton/hr)	ค่าความ ดันตก (bar)	ความหนา มันท์ส ของการ ไหล $\phi$	ความเร็ว เฉลี่ยของ อากาศ (m/s)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัว ประกอบรูป ร่าง (Shape Factor, $\Psi$ )	ความหนืด ของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho/\rho_a$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\Psi}{d_v D}$
97	0.03	0.51	0.07	4.62	28.02	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.69E-05	1.44E-02	0.69
93	0.03	0.51	0.07	4.82	26.86	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.76E-05	1.51E-02	0.69
88	0.03	0.51	0.07	5.09	25.42	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.86E-05	1.59E-02	0.69
84	0.03	0.51	0.06	5.33	24.26	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.95E-05	1.64E-02	0.69
81	0.03	0.51	0.06	5.53	23.40	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.03E-05	1.71E-02	0.69
78	0.02	0.51	0.06	5.74	22.53	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.10E-05	1.73E-02	0.69
75	0.02	0.51	0.05	5.97	21.66	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.19E-05	1.77E-02	0.69
72	0.02	0.51	0.05	6.22	20.80	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.28E-05	1.82E-02	0.69
69	0.02	0.51	0.05	6.49	19.93	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.38E-05	1.90E-02	0.69
63	0.02	0.51	0.05	7.11	18.20	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.60E-05	2.14E-02	0.69
58	0.02	0.51	0.04	7.73	16.75	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.83E-05	2.42E-02	0.69
56	0.02	0.51	0.04	8.00	16.18	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.93E-05	2.48E-02	0.69
54	0.02	0.51	0.04	8.30	15.60	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	3.04E-05	2.61E-02	0.69
51	0.02	0.51	0.04	8.79	14.73	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	3.22E-05	2.92E-02	0.69

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการขนถ่ายของหินวัสดุ - 1



ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นเฟสของกาโร (kg/m <sup>3</sup> )	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho/\rho_s$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_s \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
49	0.02	0.51	0.04	9.14	14.15	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	3.35E-05	3.32E-02	0.69
97	0.03	0.66	0.09	5.96	28.02	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.69E-05	1.81E-02	0.69
92	0.03	0.66	0.09	6.29	26.58	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.78E-05	1.93E-02	0.69
88	0.03	0.66	0.08	6.57	25.42	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.86E-05	1.99E-02	0.69
84	0.03	0.66	0.08	6.89	24.26	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.95E-05	2.05E-02	0.69
80	0.03	0.66	0.07	7.23	23.11	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.05E-05	2.15E-02	0.69
77	0.02	0.66	0.07	7.51	22.24	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.13E-05	2.20E-02	0.69
74	0.02	0.66	0.07	7.82	21.38	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.22E-05	2.25E-02	0.69
73	0.02	0.66	0.06	7.92	21.09	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.25E-05	2.21E-02	0.69
70	0.02	0.66	0.06	8.26	20.22	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.34E-05	2.37E-02	0.69
67	0.02	0.66	0.06	8.63	19.35	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.45E-05	2.38E-02	0.69
61	0.02	0.66	0.06	9.48	17.62	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.69E-05	2.77E-02	0.69
58	0.02	0.66	0.05	9.97	16.75	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.83E-05	3.01E-02	0.69
55	0.02	0.66	0.05	10.52	15.89	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.98E-05	3.29E-02	0.69

ตาราง 1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมของการขนถ่ายของหินวัสดุ - 2

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล $\phi$	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_p/\rho_a$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
52	0.02	0.66	0.05	11.12	15.02	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	3.15E-05	3.68E-02	0.69
97	0.03	0.80	0.11	7.30	28.02	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.69E-05	2.16E-02	0.69
95	0.03	0.80	0.10	7.45	27.44	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.73E-05	2.15E-02	0.69
90	0.03	0.80	0.10	7.86	26.00	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.82E-05	2.30E-02	0.69
86	0.03	0.80	0.10	8.23	24.84	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.91E-05	2.38E-02	0.69
84	0.03	0.80	0.09	8.43	24.26	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.95E-05	2.36E-02	0.69
81	0.03	0.80	0.09	8.74	23.40	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.03E-05	2.46E-02	0.69
76	0.02	0.80	0.08	9.31	21.95	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.16E-05	2.60E-02	0.69
72	0.02	0.80	0.08	9.83	20.80	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.28E-05	2.76E-02	0.69
71	0.02	0.80	0.07	9.97	20.51	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.31E-05	2.73E-02	0.69
68	0.02	0.80	0.07	10.41	19.64	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.41E-05	2.86E-02	0.69
65	0.02	0.80	0.07	10.89	18.78	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.52E-05	2.96E-02	0.69
61	0.02	0.80	0.07	11.60	17.62	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.69E-05	3.31E-02	0.69
38	0.02	0.80	0.06	12.20	16.75	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.83E-05	3.50E-02	0.69

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการณ์ถ่ายของจีนวัสดุ - 3

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล $\phi$	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\Psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_p/\rho_a$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\Psi}{d_v D}$
54	0.02	0.80	0.06	13.11	15.60	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	3.04E-05	4.04E-02	0.69
97	0.03	0.95	0.12	8.64	28.02	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.69E-05	2.37E-02	0.69
95	0.03	0.95	0.11	8.82	27.44	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.73E-05	2.33E-02	0.69
91	0.03	0.95	0.11	9.21	26.29	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.80E-05	2.38E-02	0.69
85	0.03	0.95	0.10	9.86	24.55	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.93E-05	2.63E-02	0.69
80	0.03	0.95	0.10	10.48	23.11	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.05E-05	2.83E-02	0.69
78	0.02	0.95	0.09	10.74	22.53	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.10E-05	2.86E-02	0.69
74	0.02	0.95	0.09	11.32	21.38	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.22E-05	3.04E-02	0.69
72	0.02	0.95	0.09	11.64	20.80	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.28E-05	3.07E-02	0.69
70	0.02	0.95	0.08	11.97	20.22	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.34E-05	3.10E-02	0.69
68	0.02	0.95	0.08	12.32	19.64	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.41E-05	3.13E-02	0.69
66	0.02	0.95	0.07	12.70	19.06	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.49E-05	3.16E-02	0.69
63	0.02	0.95	0.07	13.30	18.20	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.60E-05	3.47E-02	0.69
60	0.02	0.95	0.07	13.97	17.33	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.73E-05	3.77E-02	0.69

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมของการขนถ่ายของหินวัสดุ - 4

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m <sup>3</sup> )	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	$s$ (m)	$\rho_p/\rho_s$	$1/Re$	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_s \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
97	0.03	1.10	0.14	9.97	28.02	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.69E-05	2.69E-02	0.69
95	0.03	1.10	0.13	10.18	27.44	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.73E-05	2.71E-02	0.69
91	0.03	1.10	0.13	10.63	26.29	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.80E-05	2.82E-02	0.69
87	0.03	1.10	0.12	11.12	25.13	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.89E-05	2.97E-02	0.69
83	0.03	1.10	0.12	11.66	23.98	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.98E-05	3.15E-02	0.69
77	0.02	1.10	0.11	12.56	22.24	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.13E-05	3.42E-02	0.69
74	0.02	1.10	0.10	13.07	21.38	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.22E-05	3.54E-02	0.69
71	0.02	1.10	0.10	13.63	20.51	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.31E-05	3.66E-02	0.69
69	0.02	1.10	0.10	14.02	19.93	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.38E-05	3.73E-02	0.69
68	0.02	1.10	0.09	14.23	19.64	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.41E-05	3.68E-02	0.69
67	0.02	1.10	0.09	14.44	19.35	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.45E-05	3.75E-02	0.69
66	0.02	1.10	0.09	14.66	19.06	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.49E-05	3.83E-02	0.69
64	0.02	1.10	0.09	15.12	18.49	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.56E-05	4.11E-02	0.69
94	0.03	1.25	0.15	11.68	27.15	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.75E-05	3.22E-02	0.69

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณค่าสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการชนถ่ายของจีนวัสดุ - 5

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นเฟสของอากาศ (kg/m <sup>3</sup> )	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_p/\rho_s$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_s \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
91	0.03	1.25	0.15	12.06	26.29	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.80E-05	3.32E-02	0.69
86	0.03	1.25	0.14	12.76	24.84	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.91E-05	3.55E-02	0.69
81	0.03	1.25	0.14	13.55	23.40	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.03E-05	3.81E-02	0.69
77	0.02	1.25	0.13	14.26	22.24	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.13E-05	4.03E-02	0.69
75	0.02	1.25	0.12	14.64	21.66	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.19E-05	4.02E-02	0.69
73	0.02	1.25	0.12	15.04	21.09	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.25E-05	4.15E-02	0.69
70	0.02	1.25	0.11	15.68	20.22	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.34E-05	4.29E-02	0.69
68	0.02	1.25	0.11	16.14	19.64	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.41E-05	4.31E-02	0.69
67	0.02	1.25	0.11	16.38	19.35	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.45E-05	4.36E-02	0.69
66	0.02	1.25	0.10	16.63	19.06	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.49E-05	4.45E-02	0.69
64	0.02	1.25	0.10	17.15	18.49	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.56E-05	4.69E-02	0.69
97	0.03	1.39	0.17	12.65	28.02	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.69E-05	3.35E-02	0.69
93	0.03	1.39	0.16	13.19	26.86	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.76E-05	3.50E-02	0.69
91	0.03	1.39	0.15	13.48	26.29	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.80E-05	3.32E-02	0.69

ตาราง ๖1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการขนถ่ายของหินวัสดุ - 6

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นเฟสของกรไหล $\phi$	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_p/\rho_a$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
84	0.03	1.39	0.14	14.61	24.26	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.95E-05	3.70E-02	0.69
80	0.03	1.39	0.14	15.34	23.11	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.05E-05	3.91E-02	0.69
74	0.02	1.39	0.13	16.58	21.38	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.22E-05	4.33E-02	0.69
71	0.02	1.39	0.12	17.28	20.51	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.31E-05	4.49E-02	0.69
69	0.02	1.39	0.12	17.78	19.93	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.38E-05	4.64E-02	0.69
67	0.02	1.39	0.11	18.32	19.35	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.45E-05	4.68E-02	0.69
66	0.02	1.39	0.12	18.59	19.06	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.49E-05	4.91E-02	0.69
96	0.03	1.54	0.18	14.14	27.73	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.71E-05	3.54E-02	0.69
92	0.03	1.54	0.17	14.75	26.58	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.78E-05	3.64E-02	0.69
89	0.03	1.54	0.16	15.25	25.71	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.84E-05	3.77E-02	0.69
83	0.03	1.54	0.15	16.35	23.98	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.98E-05	4.15E-02	0.69
78	0.02	1.54	0.15	17.40	22.53	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.10E-05	4.50E-02	0.69
75	0.02	1.54	0.14	18.59	21.09	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.25E-05	4.96E-02	0.69
68	0.02	1.54	0.14	19.96	19.64	1.14	1184.83	0.91	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.41E-05	5.41E-02	0.69

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการณ์ถ่ายของจีนวัสดุ - 7

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นของอากาศ ρ (kg/m <sup>3</sup> )	ความหนาแน่นของของไหล ρ <sub>f</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าสัมประสิทธิ์ของอากาศ (Shape Factor, ψ)	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	d <sub>v</sub> (m)	S (m)	ρ <sub>f</sub> /ρ	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_f \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
67	0.02	1.54	0.13	20.26	19.35	1.14	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.45E-05	5.41E-02	0.69
66	0.02	1.54	0.13	20.57	19.06	1.14	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.49E-05	5.53E-02	0.69
95	0.03	1.69	0.19	15.65	27.44	1.14	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.73E-05	3.87E-02	0.69
91	0.03	1.69	0.18	16.34	26.29	1.14	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.80E-05	4.05E-02	0.69
88	0.03	1.69	0.17	16.90	25.42	1.14	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	1.86E-05	4.16E-02	0.69
81	0.03	1.69	0.17	18.36	23.40	1.14	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.03E-05	4.69E-02	0.69
76	0.02	1.69	0.16	19.56	21.95	1.14	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.16E-05	5.17E-02	0.69
71	0.02	1.69	0.15	20.94	20.51	1.14	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.31E-05	5.64E-02	0.69
69	0.02	1.69	0.15	21.55	19.93	1.14	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.38E-05	5.86E-02	0.69
67	0.02	1.69	0.15	22.19	19.35	1.14	1.88E-05	7.71E-03	2.03E-04	1042.98	2.45E-05	6.09E-02	0.69
95	0.03	0.55	0.07	5.08	27.44	1.14	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.71E-05	1.45E-02	0.41
91	0.03	0.55	0.07	5.30	26.29	1.14	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.79E-05	1.50E-02	0.41
87	0.03	0.55	0.06	5.55	25.13	1.14	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.87E-05	1.57E-02	0.41
83	0.03	0.55	0.06	5.88	23.69	1.14	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.98E-05	1.69E-02	0.41

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการชนถ่ายของจีนวัสดุ - 8

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นของมวลของอากาศ (kg/m <sup>3</sup> )	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_p/\rho_s$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_s \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
79	0.03	0.55	0.06	6.11	22.82	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.06E-05	1.76E-02	0.41
75	0.02	0.55	0.06	6.35	21.95	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.14E-05	1.81E-02	0.41
75	0.02	0.55	0.06	6.43	21.66	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.17E-05	1.82E-02	0.41
73	0.02	0.55	0.05	6.61	21.09	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.23E-05	1.86E-02	0.41
69	0.02	0.55	0.05	6.99	19.93	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.36E-05	1.96E-02	0.41
65	0.02	0.55	0.05	7.42	18.78	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.50E-05	2.17E-02	0.41
62	0.02	0.55	0.05	7.78	17.91	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.62E-05	2.34E-02	0.41
58	0.02	0.55	0.05	8.32	16.75	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.80E-05	2.73E-02	0.41
56	0.02	0.55	0.05	8.62	16.18	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.90E-05	3.04E-02	0.41
95	0.03	0.72	0.09	6.61	27.44	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.71E-05	1.85E-02	0.41
92	0.03	0.72	0.09	6.82	26.58	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.77E-05	1.87E-02	0.41
88	0.03	0.72	0.08	7.13	25.42	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.85E-05	1.95E-02	0.41
83	0.03	0.72	0.08	7.56	23.98	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.96E-05	2.09E-02	0.41
80	0.03	0.72	0.07	7.85	23.11	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.03E-05	2.14E-02	0.41

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความถี่ของทอมโรว์นิตีเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการชนถ่ายของจีนวัสดุ - 9



ค่าอัตราการไหล การไหล เชิง ปริมาตร ของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหล การไหล เชิงมวล ของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิง มวลของ วัสดุ (ton/hr)	ค่าความ ดันตก (bar)	ความหนา แน่นเฟส ของการ ไหล $\phi$	ความเร็ว เฉลี่ยของ อากาศ (m/s)	$\rho_1$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_2$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัว ประกอบรูป ทรง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืด ของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	$s$ (m)	$\rho_1/\rho_2$	$1/Re$	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_1 \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
77	0.02	0.72	0.07	8.15	22.24	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.11E-05	2.18E-02	0.41
73	0.02	0.72	0.07	8.60	21.09	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.23E-05	2.33E-02	0.41
72	0.02	0.72	0.07	8.72	20.80	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.26E-05	2.36E-02	0.41
70	0.02	0.72	0.06	8.97	20.22	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.32E-05	2.39E-02	0.41
67	0.02	0.72	0.06	9.37	19.35	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.43E-05	2.56E-02	0.41
65	0.02	0.72	0.06	9.66	18.78	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.50E-05	2.64E-02	0.41
63	0.02	0.72	0.06	9.96	18.20	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.58E-05	2.81E-02	0.41
58	0.02	0.72	0.06	10.82	16.75	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.80E-05	3.37E-02	0.41
92	0.03	0.88	0.10	8.39	26.58	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.77E-05	2.17E-02	0.41
88	0.03	0.88	0.10	8.77	25.42	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.85E-05	2.25E-02	0.41
85	0.03	0.88	0.09	9.08	24.55	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.91E-05	2.34E-02	0.41
80	0.03	0.88	0.09	9.65	23.11	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.03E-05	2.53E-02	0.41
76	0.02	0.88	0.08	10.16	21.95	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.14E-05	2.68E-02	0.41
73	0.02	0.88	0.08	10.57	21.09	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.23E-05	2.77E-02	0.41

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการชนถ่ายของจีนวัสดุ - 10

ค่าอัตรา การไหล เชิง ปริมาตร ของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตรา การไหล เชิงมวล ของอากาศ (kg/s)	อัตราการ ไหลเชิง มวลของ วัสดุ (ton/hr)	ค่าความ ดันตก (bar)	ความหนา แน่นฟอส ของการ ไหล $\phi$	ความเร็ว เฉลี่ยของ อากาศ (m/s)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัว ประกอบรูป ร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืด ของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_p/\rho_a$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
71	0.02	0.88	0.08	10.87	20.51	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.29E-05	2.82E-02	0.41
70	0.02	0.88	0.08	11.03	20.22	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.32E-05	2.86E-02	0.41
70	0.02	0.88	0.08	11.03	20.22	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.32E-05	2.83E-02	0.41
69	0.02	0.88	0.07	11.19	19.93	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.36E-05	2.87E-02	0.41
68	0.02	0.88	0.07	11.35	19.64	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.39E-05	2.96E-02	0.41
95	0.03	1.05	0.12	9.65	27.44	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.71E-05	2.43E-02	0.41
92	0.03	1.05	0.11	9.97	26.58	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.77E-05	2.49E-02	0.41
87	0.03	1.05	0.11	10.54	25.13	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.87E-05	2.61E-02	0.41
83	0.03	1.05	0.10	11.05	23.98	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.96E-05	2.77E-02	0.41
78	0.02	1.05	0.10	11.76	22.53	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.08E-05	2.99E-02	0.41
75	0.02	1.05	0.10	12.23	21.66	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.17E-05	3.13E-02	0.41
71	0.02	1.05	0.09	12.91	20.51	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.29E-05	3.42E-02	0.41
69	0.02	1.05	0.09	13.29	19.93	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.36E-05	3.51E-02	0.41
68	0.02	1.05	0.09	13.48	19.64	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.39E-05	3.58E-02	0.41

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการขนถ่ายของหินวัสดุ - 11

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นของมวลของอากาศ (kg/m <sup>3</sup> )	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_p/\rho_s$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_s \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
68	0.02	1.05	0.09	13.48	19.64	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.39E-05	3.58E-02	0.41
67	0.02	1.05	0.09	13.69	19.35	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.43E-05	3.69E-02	0.41
94	0.03	1.21	0.13	11.29	27.15	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.73E-05	2.67E-02	0.41
91	0.03	1.21	0.12	11.66	26.29	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.79E-05	2.74E-02	0.41
87	0.03	1.21	0.12	12.20	25.13	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.87E-05	2.90E-02	0.41
82	0.03	1.21	0.12	12.94	23.69	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.98E-05	3.16E-02	0.41
76	0.02	1.21	0.11	13.96	21.95	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.14E-05	3.58E-02	0.41
72	0.02	1.21	0.11	14.74	20.80	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.26E-05	3.85E-02	0.41
71	0.02	1.21	0.11	14.95	20.51	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.29E-05	3.89E-02	0.41
68	0.02	1.21	0.10	15.61	19.64	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.39E-05	4.16E-02	0.41
68	0.02	1.21	0.10	15.61	19.64	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.39E-05	4.12E-02	0.41
94	0.03	1.38	0.14	12.83	27.15	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.73E-05	2.89E-02	0.41
91	0.03	1.38	0.14	13.26	26.29	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.79E-05	3.00E-02	0.41
86	0.03	1.38	0.13	14.03	24.84	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.89E-05	3.23E-02	0.41

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอม ไรบิตีเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการณ์การขนถ่ายของชิ้นวัสดุ - 12

ค่าอัตราการไหล จริง ปริมาตร ของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหล เชิงมวล ของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิง มวลของ วัสดุ (ton/hr)	ค่าความ ดันตก (bar)	ความหนา แน่นของ ของสาร ไหล $\phi$	ความเร็ว เฉลี่ยของ อากาศ (m/s)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัว ประกอบรูป ร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืด ของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_p/\rho_a$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
81	0.03	1.38	0.13	14.89	23.40	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.01E-05	3.54E-02	0.41
77	0.02	1.38	0.13	15.67	22.24	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.11E-05	3.88E-02	0.41
75	0.02	1.38	0.12	16.08	21.66	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.17E-05	4.06E-02	0.41
73	0.02	1.38	0.12	16.52	21.09	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.23E-05	4.22E-02	0.41
70	0.02	1.38	0.12	17.23	20.22	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.32E-05	4.59E-02	0.41
68	0.02	1.38	0.12	17.74	19.64	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.39E-05	4.82E-02	0.41
67	0.02	1.38	0.12	18.00	19.35	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.43E-05	4.97E-02	0.41
66	0.02	1.38	0.12	18.28	19.06	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.46E-05	5.08E-02	0.41
64	0.02	1.38	0.12	18.85	18.49	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.54E-05	5.44E-02	0.41
93	0.03	1.55	0.15	14.52	26.86	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.75E-05	3.12E-02	0.41
90	0.03	1.55	0.15	15.01	26.00	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.81E-05	3.29E-02	0.41
84	0.03	1.55	0.14	16.08	24.26	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.93E-05	3.59E-02	0.41
81	0.03	1.55	0.14	16.67	23.40	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.01E-05	3.84E-02	0.41
78	0.02	1.55	0.13	17.31	22.53	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.08E-05	4.05E-02	0.41

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการณ์ขนถ่ายของหินวัสดุ - 13

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล $\phi$	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_p/\rho_s$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_s \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
76	0.02	1.55	0.13	17.77	21.95	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.14E-05	4.23E-02	0.41
75	0.02	1.55	0.13	18.01	21.66	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.17E-05	4.32E-02	0.41
72	0.02	1.55	0.13	18.76	20.80	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.26E-05	4.65E-02	0.41
71	0.02	1.55	0.13	19.02	20.51	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.29E-05	4.74E-02	0.41
70	0.02	1.55	0.13	19.29	20.22	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.32E-05	4.84E-02	0.41
92	0.03	1.71	0.15	16.26	26.58	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.77E-05	3.36E-02	0.41
89	0.03	1.71	0.15	16.80	25.71	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.83E-05	3.50E-02	0.41
86	0.03	1.71	0.15	17.39	24.84	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.89E-05	3.67E-02	0.41
83	0.03	1.71	0.15	18.02	23.98	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.96E-05	3.86E-02	0.41
81	0.03	1.71	0.15	18.46	23.40	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.01E-05	4.08E-02	0.41
77	0.02	1.71	0.14	19.42	22.24	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.11E-05	4.40E-02	0.41
75	0.02	1.71	0.15	19.94	21.66	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	2.17E-05	4.73E-02	0.41
92	0.03	1.88	0.18	17.82	26.58	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.77E-05	3.95E-02	0.41
89	0.03	1.88	0.18	18.43	25.71	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.83E-05	4.13E-02	0.41

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอม ไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการณ์การขนถ่ายของจีนวัสดุ - 14

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นเฟสของอากาศ (kg/m <sup>3</sup> )	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_s/\rho_p$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_s \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
86	0.03	1.88	0.18	19.07	24.84	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.89E-05	4.43E-02	0.41
85	0.03	1.88	0.19	19.29	24.55	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.91E-05	4.73E-02	0.41
82	0.03	1.88	0.18	20.00	23.69	1.14	1313.40	0.85	1.88E-05	4.57E-03	7.70E-05	1148.08	1.98E-05	4.95E-02	0.41
95	0.03	1.08	0.14	9.75	27.44	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.67E-05	2.85E-02	0.26
92	0.03	1.08	0.14	10.07	26.58	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.72E-05	2.89E-02	0.26
88	0.03	1.08	0.13	10.53	25.42	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.80E-05	3.02E-02	0.26
80	0.03	1.08	0.13	11.58	23.11	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.98E-05	3.55E-02	0.26
73	0.02	1.08	0.12	12.69	21.09	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.17E-05	4.06E-02	0.26
70	0.02	1.08	0.11	13.24	20.22	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.27E-05	4.16E-02	0.26
66	0.02	1.08	0.12	14.04	19.06	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.40E-05	4.80E-02	0.26
64	0.02	1.08	0.12	14.48	18.49	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.48E-05	5.46E-02	0.26
94	0.03	1.25	0.15	11.44	27.15	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.69E-05	3.05E-02	0.26
91	0.03	1.25	0.14	11.81	26.29	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.74E-05	3.13E-02	0.26
86	0.03	1.25	0.14	12.50	24.84	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.84E-05	3.36E-02	0.26

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอม ไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการขนถ่ายของจีนวัสดุ - 15

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นแฟสของอากาศ $\phi$	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_p/\rho_a$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
81	0.03	1.25	0.13	13.27	23.40	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.96E-05	3.62E-02	0.26
75	0.02	1.25	0.12	14.33	21.66	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.12E-05	3.97E-02	0.26
70	0.02	1.25	0.12	15.36	20.22	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.27E-05	4.56E-02	0.26
66	0.02	1.25	0.12	16.29	19.06	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.40E-05	5.05E-02	0.26
63	0.02	1.25	0.12	16.54	18.78	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.44E-05	5.21E-02	0.26
64	0.02	1.25	0.12	16.80	18.49	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.48E-05	5.20E-02	0.26
93	0.03	1.42	0.16	13.16	26.86	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.71E-05	3.45E-02	0.26
90	0.03	1.42	0.16	13.60	26.00	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.76E-05	3.50E-02	0.26
85	0.03	1.42	0.15	14.40	24.55	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.87E-05	3.73E-02	0.26
82	0.03	1.42	0.15	14.93	23.69	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.93E-05	3.96E-02	0.26
73	0.02	1.42	0.14	16.77	21.09	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.17E-05	4.73E-02	0.26
68	0.02	1.42	0.15	18.00	19.64	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.33E-05	5.68E-02	0.26
92	0.03	1.59	0.18	14.92	26.58	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.72E-05	3.88E-02	0.26
90	0.03	1.59	0.17	15.25	26.00	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.76E-05	3.90E-02	0.26

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการณ์การขนถ่ายของชิ้นวัสดุ - 16

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (kg/hr)	ค่าความดันตก (bar)	ความหนาแน่นของอากาศของท่อ $\phi$	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Shape Factor, $\psi$ )	ความหนืดของอากาศ (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_p/\rho_a$	1/Re	$\frac{\Delta P_L D}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
84	0.03	1.59	0.17	16.34	24.26	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.89E-05	4.27E-02	0.26
82	0.03	1.59	0.16	16.74	23.69	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.93E-05	4.35E-02	0.26
75	0.02	1.59	0.16	18.30	21.66	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.12E-05	5.05E-02	0.26
69	0.02	1.59	0.16	19.89	19.93	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.30E-05	5.96E-02	0.26
91	0.03	1.77	0.19	16.72	26.29	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.74E-05	4.11E-02	0.26
89	0.03	1.77	0.18	17.10	25.71	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.78E-05	4.14E-02	0.26
82	0.03	1.77	0.18	18.56	23.69	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.93E-05	4.75E-02	0.26
79	0.03	1.77	0.17	19.26	22.82	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.01E-05	4.97E-02	0.26
73	0.02	1.77	0.17	20.84	21.09	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.17E-05	5.66E-02	0.26
90	0.03	1.94	0.20	18.55	26.00	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.76E-05	4.38E-02	0.26
88	0.03	1.94	0.19	18.98	25.42	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.80E-05	4.47E-02	0.26
82	0.03	1.94	0.19	20.36	23.69	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	1.93E-05	5.01E-02	0.26
78	0.03	1.94	0.18	21.41	22.53	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.03E-05	5.25E-02	0.26
75	0.02	1.94	0.19	22.26	21.66	1.16	1350.00	0.69	1.86E-05	2.88E-03	3.77E-05	1163.79	2.12E-05	5.99E-02	0.26

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการชนถ่ายของหินวัสดุ - 17



จากผลการคำนวณความสัมพันธ์ของเทอมไว้มิติสำหรับการไหลของของผสมระหว่างอากาศและชิ้นวัสดุในระบบท่อขนถ่ายตามตาราง ง1 จะสามารถนำมาวิเคราะห์การถดถอยแบบหลายตัวแปรเพื่อหาสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab for Windows v.11 ผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังนี้

## Regression Analysis

The regression equation is

$$\frac{\Delta PD}{\rho_s V^2} = 0.184 - 0.000150 \frac{\rho_s}{\rho_s} + 0.00225\phi - 0.0507 \frac{S_w}{d_v D} + 590/Re_s$$

Predictor	Coef	StDev	T	P
Constant	0.18378	0.01544	11.90	0.000
$\frac{\rho_s}{\rho_s}$	-0.00014986	0.00001215	-12.34	0.000
$\phi$	0.00224867	0.00003355	67.02	0.000
$\frac{S_w}{d_v D}$	-0.050680	0.004024	-12.59	0.000
1/Re	589.98	42.95	13.74	0.000

S = 0.002128      R-Sq = 96.2%      R-Sq(adj) = 96.1%

## Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	0.0264786	0.0066197	1462.07	0.000
Error	233	0.0010549	0.0000045		
Total	237	0.0275336			

Source	DF	Seq SS
$\frac{\rho_s}{\rho_s}$	1	0.0006104
$\phi$	1	0.0244751
$\frac{S_w}{d_v D}$	1	0.0005386
1/Re	1	0.0008545

## Unusual Observations

Obs	$\frac{\Delta PD}{\rho_s V^2}$	Fit	StDev Fit	Residual	St Resid
15	1043	0.033200	0.032938	0.000547	0.000262
54	1043	0.031600	0.035948	0.000235	-0.004348
177	1148	0.054400	0.048241	0.000339	0.006159
188	1148	0.033600	0.038058	0.000305	-0.004458
189	1148	0.035000	0.039537	0.000300	-0.004537
190	1148	0.036700	0.041264	0.000299	-0.004564
191	1148	0.038600	0.043014	0.000301	-0.004414
206	1164	0.048000	0.041961	0.000388	0.006039
207	1164	0.054600	0.043528	0.000401	0.011072
215	1164	0.052100	0.047801	0.000388	0.004299
222	1164	0.056800	0.050537	0.000373	0.006263

228	1164	0.059600	0.054609	0.000384	0.004991	2.38R
234	1164	0.043800	0.048523	0.000373	-0.004723	-2.25R
235	1164	0.044700	0.049659	0.000372	-0.004959	-2.37R

R denotes an observation with a large standardized residual  
X denotes an observation whose X value gives it large influence.

จากการวิเคราะห์ข้างต้นจะได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{\Delta P_L D}{\rho_a \bar{v}^2} = 0.184 - 0.000150 \frac{\rho_p}{\rho_a} - 0.0507 \frac{S\psi}{d_v D} + 590 / Re_a + 0.00225\phi \quad [จ-1]$$

โดย  $\Delta P_L$  = ค่าความดันตกของระบบในการขนถ่ายชิ้นวัสดุต่อหน่วยความยาวของท่อ, N/m<sup>3</sup>

$\rho_a$  = ค่าความหนาแน่นของอากาศ, kg/m<sup>3</sup>

$\rho_p$  = ค่าความหนาแน่นของของแข็ง, kg/m<sup>3</sup>

$d_v$  = ค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าของชิ้นวัสดุ, m

$D$  = ค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย, m

$\bar{v}$  = ค่าความเร็วเฉลี่ยของอากาศ, m/s

$\phi$  = ค่าความหนาแน่นเฟส

$Re_a$  = ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ

$\psi$  = ค่าตัวประกอบรูปร่างของชิ้นวัสดุ (Shape factor) =  $\frac{\pi d_v^2}{S}$

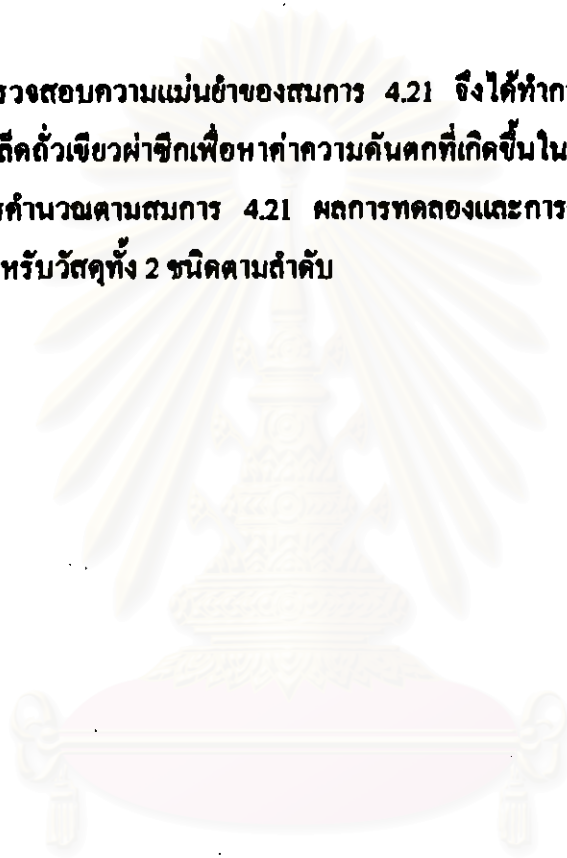
$S$  = พื้นที่ผิวของชิ้นวัสดุ

โดยจากผลการวิเคราะห์ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจถึง 96.1 % จะเห็นได้ว่าการใช้สมการแบบเชิงเส้นนั้นมีความเหมาะสมเนื่องจากให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจสูงมาก ซึ่งสมการดังกล่าวได้จากข้อมูลในการทดลองในท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 mm ความยาวของช่วงการขนถ่าย 20 m ซึ่งมีช่วงของค่าความหนาแน่นของวัสดุนั้นจะอยู่ในช่วง 1184 - 1350 kg/m<sup>3</sup> มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่า 0.00288 - 0.00771 m ค่าตัวประกอบรูปร่าง 0.69 - 0.91 ค่าความหนาแน่นเฟสของการไหล 4.6 - 22.2 ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ  $2.9 \times 10^4$  -  $6.0 \times 10^4$

## ภาคผนวก ข

### ผลการทดลองการขนถ่ายของเม็สดัวเขียวผ่าซีกและเม็สดัวขาวเปลือกเพื่อทำการตรวจสอบสมการ 4.21

เพื่อการตรวจสอบความแม่นยำของสมการ 4.21 จึงได้ทำการทดลองการขนถ่ายของเม็สดัวขาวเปลือกและเม็สดัวเขียวผ่าซีกเพื่อหาค่าความดันตกที่เกิดขึ้นในระบบขนถ่ายเทียบกับค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณตามสมการ 4.21 ผลการทดลองและการคำนวณสามารถแสดงได้ดังตาราง ๑1 และ ๑2 สำหรับวัสดุทั้ง 2 ชนิดตามลำดับ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็กล้วนเขียวผ่าซีก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียมน้ำ (d <sub>n</sub> )	0.00363 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแถบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นแฟตของมวลโฟล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
93	0.525	0.030	930	0.091	0.027	3.355	4.9	26.86	58623	0.0896	-1.8324
90	0.525	0.029	900	0.088	0.025	3.465	5.0	26.00	56732	0.0870	-1.4349
86	0.525	0.028	850	0.083	0.023	3.581	5.3	24.84	54211	0.0836	0.2637
82	0.525	0.026	800	0.078	0.021	3.703	5.5	23.69	51689	0.0801	2.0587
78	0.525	0.025	750	0.074	0.019	3.833	5.8	22.53	49168	0.0766	3.9660

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการชนด้วยของเม็กล้วนเขียวผ่าซีกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร - 1

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดถั่วเขียวผ่าซีก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทปเท่า (d <sub>p</sub> )	0.00363 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm. WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากชั้นวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
75	0.525	0.024	720	0.071	0.018	3.977	6.0	21.66	47277	0.0739	4.4868
74	0.525	0.024	680	0.067	0.017	3.858	6.1	21.38	46647	0.0731	8.6906
71	0.525	0.023	640	0.063	0.016	3.941	6.4	20.51	44756	0.0704	10.7718
65	0.525	0.021	620	0.061	0.013	4.548	7.0	18.78	40973	0.0649	6.2951
62	0.525	0.020	620	0.061	0.012	4.994	7.3	17.91	39082	0.0621	2.1310

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดถั่วเขียวผ่าซีกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร - 2

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดถั่วเขียวผ่าซีก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ชนเท้า (d <sub>v</sub> )	0.00363 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแถบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
60	0.525	0.019	620	0.061	0.011	5.329	7.5	17.33	37822	0.0603	-0.8780
58	0.525	0.019	620	0.061	0.011	5.699	7.8	16.75	36561	0.0584	-4.0958
56	0.525	0.018	620	0.061	0.010	6.109	8.1	16.18	35300	0.0566	-7.5449
52	0.525	0.017	640	0.063	0.009	7.304	8.7	15.02	32779	0.0528	-18.9606
82	0.694	0.026	900	0.088	0.021	4.166	7.3	23.69	51689	0.0950	7.0813

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการชนถ่ายของเม็ดถั่วเขียวผ่าซีกในชุดชนถ่ายที่มีขนาดท่อชนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร - 3

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวเจ้าห่าซีก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ชนท่า (d <sub>p</sub> )	0.00363 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากชิ้นวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
77	0.694	0.025	860	0.084	0.019	4.510	7.8	22.24	48538	0.0897	5.9562
73	0.694	0.024	800	0.078	0.017	4.662	8.2	21.09	46016	0.0854	8.1208
70	0.694	0.023	780	0.077	0.015	4.940	8.5	20.22	44125	0.0822	6.8790
67	0.694	0.022	760	0.075	0.014	5.250	8.9	19.35	42234	0.0789	5.5080
65	0.694	0.021	780	0.077	0.013	5.721	9.2	18.78	40973	0.0767	0.2506

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการชนถ่ายของเมล็ดข้าวเจ้าห่าซีกในชุดชนถ่ายที่มีขนาดท่อชนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร - 4

### ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ

วัสดุ	เมล็ดข้าวเจ้าผ่าซีก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียมท่า (d <sub>p</sub> )	0.00363 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไอส์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นฟัสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
62	0.694	0.020	800	0.078	0.012	6.444	9.6	17.91	39082	0.0734	-6.9154
90	0.893	0.029	1230	0.121	0.025	4.735	8.6	26.00	56732	0.1226	1.5867
84	0.893	0.027	1180	0.116	0.022	5.208	9.2	24.26	52950	0.1151	-0.5990
81	0.893	0.026	1120	0.110	0.021	5.312	9.5	23.40	51059	0.1113	1.2519
76	0.893	0.024	1060	0.104	0.018	5.704	10.1	21.95	47907	0.1049	0.8477

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการชนด้วยของเมล็ดข้าวเจ้าผ่าซีกในชุดชนด้ายที่มีขนาดท่อชนด้ายยาว 20 เมตร

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร - 5



### ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ

วัสดุ	เมสซีคั่วเขียวห่าจิก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ชนท่า (d <sub>v</sub> )	0.00363 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm. WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไดซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าคัมพเรสซิเบิลโนด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
73	0.893	0.024	1020	0.100	0.017	5.945	10.5	21.09	46016	0.1010	0.9393
71	0.893	0.023	980	0.096	0.016	6.035	10.8	20.51	44756	0.0984	2.3207
70	0.893	0.023	980	0.096	0.015	6.207	11.0	20.22	44125	0.0971	1.0151
69	0.893	0.022	960	0.094	0.015	6.256	11.2	19.93	43495	0.0958	1.7191
68	0.893	0.022	970	0.095	0.015	6.506	11.3	19.64	42864	0.0945	-0.6738

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการชนด้วยของเมสซีคั่วเขียวห่าจิกในชุดชนด้วยที่มีขนาดท่อชนด้วยยาว 20 เมตร

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร - 6

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดถั่วเขียวผ่าซีก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (d <sub>v</sub> )	0.00363 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไอซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
66	0.893	0.021	980	0.096	0.014	6.974	11.7	19.06	41604	0.0919	-4.6044
88	1.077	0.028	1360	0.133	0.024	5.474	10.6	25.42	55472	0.1375	2.9878
83	1.077	0.027	1300	0.128	0.022	5.875	11.2	23.98	52320	0.1302	2.0757
77	1.077	0.025	1240	0.122	0.019	6.502	12.1	22.24	48538	0.1214	-0.2008
73	1.077	0.024	1200	0.118	0.017	6.994	12.7	21.09	46016	0.1155	-1.9563

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดถั่วเขียวผ่าซีกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร - 7

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็กลั่วเขียวผ่าซีก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (d <sub>v</sub> )	0.00363 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
70	1.077	0.023	1170	0.115	0.015	7.410	13.3	20.22	44125	0.1110	-3.4208
68	1.077	0.022	1140	0.112	0.015	7.647	13.7	19.64	42864	0.1080	-3.5684
67	1.077	0.022	1120	0.110	0.014	7.736	13.9	19.35	42234	0.1065	-3.1883
86	1.244	0.028	1460	0.143	0.023	6.150	12.5	24.84	54211	0.1500	4.4949
83	1.244	0.027	1440	0.141	0.022	6.508	12.9	23.98	52320	0.1450	2.6093

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็กลั่วเขียวผ่าซีกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร - 8

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดถั่วเขียวผ่าซีก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียมน้ำ (d <sub>v</sub> )	0.00363 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแถบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นที่ตของ การไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเอชเรย์โนลด์ของ อากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
80	1.244	0.026	1400	0.137	0.020	6.806	13.4	23.11	50429	0.1401	1.9757
77	1.244	0.025	1380	0.135	0.019	7.236	13.9	22.24	48538	0.1351	-0.1726
73	1.244	0.024	1360	0.133	0.017	7.926	14.7	21.09	46016	0.1285	-3.8323
72	1.244	0.023	1340	0.131	0.016	8.026	14.9	20.80	45386	0.1268	-3.6522
70	1.244	0.023	1320	0.129	0.015	8.360	15.3	20.22	44125	0.1235	-4.8726

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดถั่วเขียวผ่าซีกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร - 9

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เบสึคั่วเขียวผ่าซีก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ฮิมท่า (d <sub>v</sub> )	0.00363 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากชั้นวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
69	1.244	0.022	1300	0.128	0.015	8.471	15.5	19.93	43495	0.1218	-4.7058
68	1.244	0.022	1300	0.128	0.015	8.720	15.8	19.64	42864	0.1201	-6.1699
67	1.244	0.022	1300	0.128	0.014	8.980	16.0	19.35	42234	0.1184	-7.6778
67	1.244	0.022	1300	0.128	0.014	8.980	16.0	19.35	42234	0.1184	-7.6778
84	1.432	0.027	1640	0.161	0.022	7.238	14.7	24.26	52950	0.1637	1.6930

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการชนถ่ายของเบสึคั่วเขียวผ่าซีกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร - 10

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็กลัดัวเขียวผ่าซีก
ความหนาแน่น	1313.4 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (d <sub>v</sub> )	0.00363 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
79	1.432	0.025	1570	0.154	0.020	7.825	15.6	22.82	49798	0.1544	0.2548
75	1.432	0.024	1560	0.153	0.018	8.618	16.5	21.66	47277	0.1470	-4.1276
72	1.432	0.023	1550	0.152	0.016	9.284	17.1	20.80	45386	0.1414	-7.5637
70	1.432	0.023	1530	0.150	0.015	9.690	17.6	20.22	44125	0.1376	-9.0695
68	1.432	0.022	1520	0.149	0.015	10.196	18.2	19.64	42864	0.1339	-11.4010

ตารางที่ ๑1 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการชนถ่ายของเม็กลัดัวเขียวผ่าซีกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร - 11

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ชนท่า (d <sub>v</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไอส์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
95	0.438	0.031	880	0.086	0.028	3.044	4.0	27.44	59884	0.171	49.406
90	0.438	0.029	840	0.082	0.025	3.234	4.2	26.00	56732	0.158	47.786
87	0.438	0.028	820	0.080	0.024	3.376	4.3	25.13	54841	0.150	46.492
83	0.438	0.027	760	0.075	0.022	3.435	4.5	23.98	52320	0.141	46.973
78	0.438	0.025	720	0.071	0.019	3.680	4.8	22.53	49168	0.129	45.166

ตารางที่ 02 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวเปลือกในจุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 1

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทปหน้า (d <sub>v</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
76	0.438	0.024	680	0.067	0.018	3.659	5.0	21.95	47907	0.124	46.296
74	0.438	0.024	640	0.063	0.017	3.631	5.1	21.38	46647	0.120	47.542
72	0.438	0.023	600	0.059	0.016	3.594	5.2	20.80	45386	0.115	48.917
69	0.438	0.022	580	0.057	0.015	3.780	5.5	19.93	43495	0.109	47.638
64	0.438	0.021	560	0.055	0.013	4.236	5.9	18.49	40343	0.098	43.980

ตารางที่ ๑2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวเปลือกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 2



**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ล็คข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (d <sub>p</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
61	0.438	0.020	550	0.054	0.012	4.575	6.2	17.62	38452	0.092	41.296
58	0.438	0.019	530	0.052	0.011	4.872	6.5	16.75	36561	0.086	39.479
53	0.438	0.017	500	0.049	0.009	5.495	7.1	15.31	33409	0.076	35.671
50	0.438	0.016	490	0.048	0.008	6.044	7.6	14.44	31518	0.071	31.967
47	0.438	0.015	490	0.048	0.007	6.832	8.0	13.58	29627	0.065	26.293

ตารางที่ ๑2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ล็คข้าวเปลือกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 3

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ชนท่า (d <sub>v</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
43	0.438	0.014	500	0.049	0.006	8.315	8.8	12.42	27105	0.058	15.725
92	0.560	0.030	1030	0.101	0.027	3.796	5.2	26.58	57993	0.175	42.239
86	0.560	0.028	950	0.093	0.023	4.002	5.6	24.84	54211	0.159	41.436
81	0.560	0.026	900	0.088	0.021	4.269	6.0	23.40	51059	0.146	39.707
78	0.560	0.025	820	0.080	0.019	4.191	6.2	22.53	49168	0.139	42.136

ตารางที่ ๑2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการชนถ่ายของเมล็ดข้าวเปลือกในชุดชนถ่ายที่มีขนาดท่อชนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อชนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 4

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่อบเท่า (d <sub>v</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
73	0.560	0.024	760	0.075	0.017	4.429	6.6	21.09	46016	0.127	41.295
70	0.560	0.023	700	0.069	0.015	4.433	6.9	20.22	44125	0.120	42.773
66	0.560	0.021	660	0.065	0.014	4.697	7.3	19.06	41604	0.111	41.613
59	0.560	0.019	630	0.062	0.011	5.598	8.2	17.04	37191	0.096	35.363
56	0.560	0.018	620	0.061	0.010	6.109	8.6	16.18	35300	0.089	31.908

ตารางที่ ๑2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดข้าวเปลือกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 5

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ชนท่า (d <sub>v</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไดรอป (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเอชเอชไนด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
53	0.560	0.017	600	0.059	0.009	6.594	9.1	15.31	33409	0.083	29.242
50	0.560	0.016	600	0.059	0.008	7.400	9.7	14.44	31518	0.077	23.756
48	0.560	0.015	590	0.058	0.007	7.890	10.1	13.87	30257	0.073	21.033
47	0.560	0.015	590	0.058	0.007	8.226	10.3	13.58	29627	0.071	18.901
45	0.560	0.015	600	0.059	0.006	9.118	10.7	13.00	28366	0.068	12.884

ตารางที่ ๑2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการชนถ่ายของเม็ดข้าวเปลือกในชุดชนถ่ายที่มีขนาดท่อชนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อชนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 6

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ชนทำ (d <sub>v</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
93	0.669	0.030	1040	0.102	0.027	3.752	6.2	26.86	58623	0.189	45.876
88	0.669	0.028	980	0.096	0.024	3.944	6.6	25.42	55472	0.175	44.945
82	0.669	0.026	920	0.090	0.021	4.259	7.0	23.69	51689	0.159	43.069
76	0.669	0.024	870	0.085	0.018	4.682	7.6	21.95	47907	0.143	40.337
73	0.669	0.024	800	0.078	0.017	4.662	7.9	21.09	46016	0.136	42.097

ตารางที่ ๑2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการชนถ่ายของเม็ดข้าวเปลือกในชุดชนถ่ายที่มีขนาดท่อชนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อชนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 7

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ดข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ขบทำ (d <sub>v</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
70	0.669	0.023	760	0.075	0.015	4.813	8.2	20.22	44125	0.128	41.835
64	0.669	0.021	720	0.071	0.013	5.446	9.0	18.49	40343	0.114	38.002
57	0.669	0.018	700	0.069	0.010	6.660	10.1	16.47	35930	0.098	29.978
51	0.669	0.016	680	0.067	0.008	8.065	11.3	14.73	32148	0.085	21.651
47	0.669	0.015	700	0.069	0.007	9.760	12.3	13.58	29627	0.077	10.660

ตารางที่ ๑2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเม็ดข้าวเปลือกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 8

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เม็ลล์ข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ชนทำ (d <sub>v</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากชั้นวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
90	0.807	0.029	1200	0.118	0.025	4.620	7.7	26.00	56732	0.193	39.146
84	0.807	0.027	1110	0.109	0.022	4.899	8.3	24.26	52950	0.176	38.222
77	0.807	0.025	1040	0.102	0.019	5.453	9.0	22.24	48538	0.157	35.011
73	0.807	0.024	970	0.095	0.017	5.653	9.5	21.09	46016	0.146	34.978
71	0.807	0.023	910	0.089	0.016	5.604	9.8	20.51	44756	0.141	36.744

ตารางที่ ๑2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการชนถ่ายของเม็ลล์ข้าวเปลือกในชุดชนถ่ายที่มีขนาดท่อชนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อชนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 9

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (d <sub>v</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
66	0.807	0.021	840	0.082	0.014	5.978	10.5	19.06	41604	0.128	35.813
59	0.807	0.019	800	0.078	0.011	7.109	11.8	17.04	37191	0.111	29.456
51	0.807	0.016	800	0.078	0.008	9.488	13.6	14.73	32148	0.093	15.333
49	0.807	0.016	820	0.080	0.008	10.527	14.2	14.15	30888	0.088	8.820
90	0.905	0.029	1320	0.129	0.025	5.081	8.7	26.00	56732	0.203	36.182

ตารางที่ ๑2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวเปลือกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 10



**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อลมเท่า (d <sub>v</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลอง	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากรังวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
82	0.905	0.026	1240	0.122	0.021	5.740	9.5	23.69	51689	0.179	32.152
75	0.905	0.024	1180	0.116	0.018	6.519	10.4	21.66	47277	0.160	27.432
72	0.905	0.023	1080	0.106	0.016	6.469	10.8	20.80	45386	0.151	29.974
70	0.905	0.023	1000	0.098	0.015	6.333	11.1	20.22	44125	0.146	32.764
65	0.905	0.021	940	0.092	0.013	6.895	12.0	18.78	40973	0.133	30.518

ตารางที่ ๑2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวเปลือกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 11

**ผลการทดลองและผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ**

วัสดุ	เมล็ดข้าวเปลือก
ความหนาแน่น	1183.80 kg/m <sup>3</sup>
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (d <sub>v</sub> )	0.00342 m
อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดสอบ	30 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.16 kg/m <sup>3</sup>
ความหนืดของอากาศ	1.8605E-05 kg/m.s

ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m <sup>3</sup> /hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ค่าความดันตก (mm.WG)	ค่าความดันตก (bar)	ค่าความดันตกของอากาศที่ปราศจากจีนวัสดุ (bar)	ค่าความดันตกในรูปแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalize Pressure Drop)	ความหนาแน่นเฟสของการไหล	ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (m/s)	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ	ค่าความดันตกจากการคำนวณ (bar)	ความแตกต่างระหว่างค่าความดันตกที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลอง %
57	0.905	0.018	920	0.090	0.010	8.753	13.7	16.47	35930	0.113	19.777
54	0.905	0.017	920	0.090	0.009	9.743	14.4	15.60	34039	0.105	14.210

สถาบันวิทยบริการ

ตารางที่ ๑2 ผลการทดลองและค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการคำนวณสำหรับการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวเปลือกในชุดขนถ่ายที่มีขนาดท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย 35 มิลลิเมตร - 12

## ภาคผนวก ฉ

ผลการคำนวณสำหรับการสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติเพื่อหาสมการแสดงพฤติกรรมการขนถ่ายของหินวัสดุเมื่อผนวกผลของการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดถั่วเขียวผ่าซีกเข้าไปด้วย

จากการตรวจสอบสมการ 4.21 โดยใช้ผลการทดลองของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดถั่วเขียวผ่าซีกซึ่งมีค่าตัวประกอบรูปร่าง 0.46 และ 0.77 ตามลำดับนั้น พบความเบี่ยงเบนของสมการ 4.21 ในการทำนายค่าความดันตกในการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวเปลือกอันเนื่องมาจากช่วงของค่าตัวประกอบรูปร่างที่นำมาสร้างสมการ 4.21 นั้นอยู่ในช่วง 0.69 – 0.91 ดังนั้นถ้าผนวกเอาชุดข้อมูลที่ได้จากการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดถั่วเขียวจากการตรวจสอบสมการดังกล่าวเข้ามาเพื่อหาสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้นและมีช่วงการใช้งานที่ค่าตัวประกอบรูปร่างที่กว้างขึ้นคือ 0.46 – 0.91 โดยอาศัยการวิเคราะห์การถดถอยแบบหลายตัวแปรจากชุดข้อมูลเดิมตามตาราง ง1 ร่วมกับชุดข้อมูลเพื่อการตรวจสอบสมการจากการทดลองการขนถ่ายของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดถั่วเขียวตามตาราง ฉ1 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab for Windows v.11 จะให้สมการใหม่ที่น่าจะให้ช่วงของการใช้งานที่ค่าตัวประกอบรูปร่างที่กว้างขึ้นดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ผลการวิเคราะห์จะแสดงไว้ที่ด้านท้ายของภาคผนวก ฉ นี้ อย่างไรก็ตามสมการใหม่ดังกล่าวนี้ก็ยังมิได้ถูกตรวจสอบ ดังนั้นจึงต้องมีความระมัดระวังในการที่จะนำไปใช้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าอัตราการไหลของอากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ kg/s	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตก bar	ความหนาแน่นเฟสของกรไหล φ	ความเร็วขาเข้าของอากาศ (m/s)	ρ <sub>a</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	สัมประสิทธิ์รูปร่าง	ความหนืดของอากาศ viscosity (kg/m.s)	d <sub>v</sub> (m)	S (m)	ρ/ρ <sub>a</sub>	1/Re	$\frac{\Delta PD}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
93	0.030	0.525	0.091	4.9	26.86	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.706E-05	0.0191	0.324
90	0.029	0.525	0.088	5.0	26.00	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.763E-05	0.0197	0.324
86	0.028	0.525	0.083	5.3	24.84	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.845E-05	0.0204	0.324
82	0.026	0.525	0.078	5.5	23.69	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.935E-05	0.0211	0.324
78	0.025	0.525	0.074	5.8	22.53	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.034E-05	0.0219	0.324
75	0.024	0.525	0.071	6.0	21.66	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.115E-05	0.0227	0.324
74	0.024	0.525	0.067	6.1	21.38	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.144E-05	0.0220	0.324
71	0.023	0.525	0.063	6.4	20.51	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.234E-05	0.0225	0.324
65	0.021	0.525	0.061	7.0	18.78	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.441E-05	0.0260	0.324
62	0.020	0.525	0.061	7.3	17.91	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.559E-05	0.0286	0.324
60	0.019	0.525	0.061	7.5	17.33	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.644E-05	0.0305	0.324
58	0.019	0.525	0.061	7.8	16.75	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.735E-05	0.0327	0.324
56	0.018	0.525	0.061	8.1	16.18	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.833E-05	0.0351	0.324
52	0.017	0.525	0.063	8.7	15.02	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	3.051E-05	0.0420	0.324
82	0.026	0.694	0.088	7.3	23.69	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.935E-05	0.0237	0.324

ตาราง ๑1 แสดงผลการคำนวณค่าจากการทดลองของเม็ดข้าวเปลือกและเม็ดข้าวโพดสำหรับสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติร่วมกับชุดข้อมูลตามตาราง ง1 - 1

ค่าอัตราการไหลของอากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ kg/s	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตก bar	ความหนาแน่นเฟสของการไหล φ	ความเร็วขาเข้าของอากาศ (m/s)	ρ <sub>1</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	ρ <sub>2</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	สัมประสิทธิ์รูปร่าง	ความหนืดของอากาศ viscosity (kg/m.s)	d <sub>v</sub> (m)	S (m)	ρ/ρ <sub>1</sub>	1/Re	$\frac{\Delta PD}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
77	0.025	0.694	0.084	7.8	22.24	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.060E-05	0.0257	0.324
73	0.024	0.694	0.078	8.2	21.09	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.173E-05	0.0266	0.324
70	0.023	0.694	0.077	8.5	20.22	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.266E-05	0.0282	0.324
67	0.022	0.694	0.075	8.9	19.35	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.368E-05	0.0300	0.324
65	0.021	0.694	0.077	9.2	18.78	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.441E-05	0.0327	0.324
62	0.020	0.694	0.078	9.6	17.91	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.559E-05	0.0369	0.324
90	0.029	0.893	0.121	8.6	26.00	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.763E-05	0.0269	0.324
84	0.027	0.893	0.116	9.2	24.26	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.889E-05	0.0297	0.324
81	0.026	0.893	0.110	9.5	23.40	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.959E-05	0.0303	0.324
76	0.024	0.893	0.104	10.1	21.95	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.087E-05	0.0325	0.324
73	0.024	0.893	0.100	10.5	21.09	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.173E-05	0.0339	0.324
71	0.023	0.893	0.096	10.8	20.51	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.234E-05	0.0345	0.324
70	0.023	0.893	0.096	11.0	20.22	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.266E-05	0.0355	0.324
69	0.022	0.893	0.094	11.2	19.93	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.299E-05	0.0358	0.324
68	0.022	0.893	0.095	11.3	19.64	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.333E-05	0.0372	0.324

ตาราง ๓1 แสดงผลการคำนวณค่าจากการทดลองของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวโพดสำหรับสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติร่วมกับชุดข้อมูลตามตาราง ๓1 - 2

ค่าอัตรา การไหล ของอากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตรา การไหล เชิงมวล ของอากาศ kg/s	อัตราการ ไหลเชิง มวลของ วัสดุ ton/hr	ค่าความ ดันตก bar	ความหนา แน่นเฟส ของการ ไหล $\phi$	ความเร็ว ขาเข้าของ อากาศ (m/s)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_f$ (kg/m <sup>3</sup> )	สัมประสิทธิ์ รูปร่าง	ความหนืด ของอากาศ viscosity (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_f/\rho_s$	1/Re	$\frac{\Delta PD}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
66	0.021	0.893	0.096	11.7	19.06	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.404E-05	0.0399	0.324
88	0.028	1.077	0.133	10.6	25.42	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.803E-05	0.0311	0.324
83	0.027	1.077	0.128	11.2	23.98	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.911E-05	0.0335	0.324
77	0.025	1.077	0.122	12.1	22.24	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.060E-05	0.0371	0.324
73	0.024	1.077	0.118	12.7	21.09	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.173E-05	0.0399	0.324
70	0.023	1.077	0.115	13.3	20.22	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.266E-05	0.0424	0.324
68	0.022	1.077	0.112	13.7	19.64	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.333E-05	0.0437	0.324
67	0.022	1.077	0.110	13.9	19.35	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.368E-05	0.0443	0.324
86	0.028	1.244	0.143	12.5	24.84	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.845E-05	0.0350	0.324
83	0.027	1.244	0.141	12.9	23.98	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.911E-05	0.0371	0.324
80	0.026	1.244	0.137	13.4	23.11	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.983E-05	0.0388	0.324
77	0.025	1.244	0.135	13.9	22.24	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.060E-05	0.0413	0.324
73	0.024	1.244	0.133	14.7	21.09	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.173E-05	0.0453	0.324
72	0.023	1.244	0.131	14.9	20.80	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.203E-05	0.0458	0.324
70	0.023	1.244	0.129	15.3	20.22	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.266E-05	0.0478	0.324

ตาราง ๑1 แสดงผลการคำนวณค่าจากการทดลองของเม็ดข้าวเปลือกและเม็ดข้าวโพดสำหรับสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติร่วมกับชุดข้อมูลตามตาราง ง1 - 3

ค่าอัตราการไหลของอากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ kg/s	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตก bar	ความหนาแน่นเฟสของกรไหล φ	ความเร็วขาเข้าของอากาศ (m/s)	ρ <sub>a</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	ρ <sub>i</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	สัมประสิทธิ์รูปร่าง	ความหนืดของอากาศ viscosity (kg/m.s)	d <sub>v</sub> (m)	S (m)	ρ <sub>i</sub> /ρ <sub>a</sub>	1/Re	$\frac{\Delta PD}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
69	0.022	1.244	0.128	15.5	19.93	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.299E-05	0.0484	0.324
68	0.022	1.244	0.128	15.8	19.64	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.333E-05	0.0499	0.324
67	0.022	1.244	0.128	16.0	19.35	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.368E-05	0.0514	0.324
67	0.022	1.244	0.128	16.0	19.35	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.368E-05	0.0514	0.324
84	0.027	1.432	0.161	14.7	24.26	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	1.889E-05	0.0412	0.324
79	0.025	1.432	0.154	15.6	22.82	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.008E-05	0.0446	0.324
75	0.024	1.432	0.153	16.5	21.66	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.115E-05	0.0492	0.324
72	0.023	1.432	0.152	17.1	20.80	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.203E-05	0.0530	0.324
70	0.023	1.432	0.150	17.6	20.22	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.266E-05	0.0554	0.324
68	0.022	1.432	0.149	18.2	19.64	1.16	1313.4	0.77	1.861E-05	0.00363	5.350E-05	1132.24	2.333E-05	0.0583	0.324
95	0.031	0.438	0.086	4.0	27.44	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.670E-05	0.0173	0.307
90	0.029	0.438	0.082	4.2	26.00	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.763E-05	0.0184	0.307
87	0.028	0.438	0.080	4.3	25.13	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.823E-05	0.0192	0.307
83	0.027	0.438	0.075	4.5	23.98	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.911E-05	0.0196	0.307
78	0.025	0.438	0.071	4.8	22.53	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.034E-05	0.0210	0.307

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณค่าจากการทดลองของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวโพดสำหรับสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติร่วมกับชุดข้อมูลตามตาราง ง1 - 4

ค่าอัตราการไหลของอากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ kg/s	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตก bar	ความหนาแน่นเฟสของการไหล $\phi$	ความเร็วขาเข้าของอากาศ (m/s)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_f$ (kg/m <sup>3</sup> )	สัมประสิทธิ์รูปร่าง	ความหนืดของอากาศ viscosity (kg/m.s)	$d_v$ (m)	S (m)	$\rho_f/\rho_s$	1/Re	$\frac{\Delta PD}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
76	0.024	0.438	0.067	5.0	21.95	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.087E-05	0.0209	0.307
74	0.024	0.438	0.063	5.1	21.38	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.144E-05	0.0207	0.307
72	0.023	0.438	0.059	5.2	20.80	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.203E-05	0.0205	0.307
69	0.022	0.438	0.057	5.5	19.93	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.299E-05	0.0216	0.307
64	0.021	0.438	0.055	5.9	18.49	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.479E-05	0.0242	0.307
61	0.020	0.438	0.054	6.2	17.62	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.601E-05	0.0262	0.307
58	0.019	0.438	0.052	6.5	16.75	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.735E-05	0.0279	0.307
53	0.017	0.438	0.049	7.1	15.31	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.993E-05	0.0316	0.307
50	0.016	0.438	0.048	7.6	14.44	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	3.173E-05	0.0348	0.307
47	0.015	0.438	0.048	8.0	13.58	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	3.375E-05	0.0393	0.307
43	0.014	0.438	0.049	8.8	12.42	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	3.689E-05	0.0480	0.307
92	0.030	0.560	0.101	5.2	26.58	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.724E-05	0.0216	0.307
86	0.028	0.560	0.093	5.6	24.84	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.845E-05	0.0228	0.307
81	0.026	0.560	0.088	6.0	23.40	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.959E-05	0.0243	0.307
78	0.025	0.560	0.080	6.2	22.53	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.034E-05	0.0239	0.307

ตาราง ๑1 แสดงผลการคำนวณค่าจากการทดลองของเมสส์ข้าวเปลือกและเมสส์ข้าวโพดสำหรับสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติร่วมกับชุดข้อมูลตามตาราง ๑1 - 5



ค่าอัตราการไหลของอากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ kg/s	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตก bar	ความหนาแน่นของอากาศ kg/m <sup>3</sup> φ	ความเร็วขาเข้าของอากาศ (m/s)	ρ <sub>a</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	สัมประสิทธิ์รูปร่าง	ความหนืดของอากาศ viscosity (kg/m.s)	d <sub>v</sub> (m)	S (m)	ρ <sub>s</sub> /ρ <sub>a</sub>	1/Re	$\frac{\Delta PD}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$
73	0.024	0.560	0.075	6.6	21.09	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.173E-05	0.0253	0.307
70	0.023	0.560	0.069	6.9	20.22	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.266E-05	0.0253	0.307
66	0.021	0.560	0.065	7.3	19.06	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.404E-05	0.0269	0.307
59	0.019	0.560	0.062	8.2	17.04	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.689E-05	0.0321	0.307
56	0.018	0.560	0.061	8.6	16.18	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.833E-05	0.0351	0.307
53	0.017	0.560	0.059	9.1	15.31	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.993E-05	0.0379	0.307
50	0.016	0.560	0.059	9.7	14.44	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	3.173E-05	0.0426	0.307
48	0.015	0.560	0.058	10.1	13.87	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	3.305E-05	0.0454	0.307
47	0.015	0.560	0.058	10.3	13.58	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	3.375E-05	0.0474	0.307
45	0.015	0.560	0.059	10.7	13.00	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	3.525E-05	0.0526	0.307
93	0.030	0.669	0.102	6.2	26.86	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.706E-05	0.0213	0.307
88	0.028	0.669	0.096	6.6	25.42	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.803E-05	0.0224	0.307
82	0.026	0.669	0.090	7.0	23.69	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.935E-05	0.0243	0.307
76	0.024	0.669	0.085	7.6	21.95	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.087E-05	0.0267	0.307
73	0.024	0.669	0.078	7.9	21.09	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.173E-05	0.0266	0.307

ตาราง ๑1 แสดงผลการคำนวณค่าจากการทดลองของเม็ดข้าวเปลือกและเม็ดข้าวโพดสำหรับสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติร่วมกับชุดข้อมูลตามตาราง ง1 - 6

ค่าอัตราการไหลของอากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ kg/s	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตก bar	ความหนาแน่นเฟสของการไหล φ	ความเร็วขาเข้าของอากาศ (m/s)	ρ <sub>a</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	ρ <sub>s</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	สัมประสิทธิ์รูปร่าง	ความหนืดของอากาศ viscosity (kg/m.s)	d <sub>v</sub> (m)	S (m)	ρ <sub>s</sub> /ρ <sub>a</sub>	1/Re	$\frac{\Delta P D}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S \psi}{d_v D}$
70	0.023	0.669	0.075	8.2	20.22	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.266E-05	0.0275	0.307
64	0.021	0.669	0.071	9.0	18.49	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.479E-05	0.0312	0.307
57	0.018	0.669	0.069	10.1	16.47	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.783E-05	0.0382	0.307
51	0.016	0.669	0.067	11.3	14.73	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	3.111E-05	0.0464	0.307
47	0.015	0.669	0.069	12.3	13.58	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	3.375E-05	0.0562	0.307
90	0.029	0.807	0.118	7.7	26.00	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.763E-05	0.0263	0.307
84	0.027	0.807	0.109	8.3	24.26	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.889E-05	0.0279	0.307
77	0.025	0.807	0.102	9.0	22.24	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.060E-05	0.0311	0.307
73	0.024	0.807	0.095	9.5	21.09	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.173E-05	0.0323	0.307
71	0.023	0.807	0.089	9.8	20.51	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.234E-05	0.0320	0.307
66	0.021	0.807	0.082	10.5	19.06	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.404E-05	0.0342	0.307
59	0.019	0.807	0.078	11.8	17.04	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.689E-05	0.0408	0.307
51	0.016	0.807	0.078	13.6	14.73	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	3.111E-05	0.0546	0.307
49	0.016	0.807	0.080	14.2	14.15	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	3.238E-05	0.0606	0.307
90	0.029	0.905	0.129	8.7	26.00	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.763E-05	0.0289	0.307

ตาราง ง1 แสดงผลการคำนวณค่าจากการทดลองของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวโพดสำหรับสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติร่วมกับชุดข้อมูลตาราง ง1 - 7

ค่าอัตราการไหลของอากาศ m <sup>3</sup> /hr	ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ kg/s	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ ton/hr	ค่าความดันตก bar	ความหนาแน่นเฟสของการไหล φ	ความเร็วขาเข้าของอากาศ (m/s)	ρ <sub>a</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	ρ <sub>i</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	สัมประสิทธิ์รูปปร่าง	ความหนืดของอากาศ viscosity (kg/m.s)	d <sub>v</sub> (m)	S (m)	ρ <sub>i</sub> /ρ <sub>a</sub>	1/Re	$\frac{\Delta PD}{\rho_a \bar{v}^2}$	$\frac{S\psi}{d_i D}$
82	0.026	0.905	0.122	9.5	23.69	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	1.935E-05	0.0327	0.307
75	0.024	0.905	0.116	10.4	21.66	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.115E-05	0.0372	0.307
72	0.023	0.905	0.106	10.8	20.80	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.203E-05	0.0370	0.307
70	0.023	0.905	0.098	11.1	20.22	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.266E-05	0.0362	0.307
65	0.021	0.905	0.092	12.0	18.78	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.441E-05	0.0395	0.307
57	0.018	0.905	0.090	13.7	16.47	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.783E-05	0.0502	0.307
54	0.017	0.905	0.090	14.4	15.60	1.16	1183.8	0.46	1.861E-05	0.00342	8.000E-05	1020.52	2.938E-05	0.0560	0.307

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ๑1 แสดงผลการคำนวณค่าจากการทดลองของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวโพดสำหรับสร้างความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติร่วมกับชุดข้อมูลตามตาราง ๑1 - 8

จากผลการคำนวณของชุดข้อมูลของการขนถ่ายของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดถั่วเขียวผ่าซีกตามตาราง ฉ) จะสามารถนำมาวิเคราะห์การถดถอยแบบหลายตัวแปรร่วมกับชุดข้อมูลจากตาราง ง) เพื่อหาสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติสำหรับการไหลของของผสมระหว่างอากาศและธัญพืชในระบบท่อขนถ่ายโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab for Windows v.11 ผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังนี้

## Regression Analysis

The regression equation is

$$\frac{\Delta PD}{\rho_a v^2} = 0.044 - 0.000041 \frac{\rho_s}{\rho_a} - 0.0189 \frac{S\psi}{d_v D} + 744 / Re_a + 0.00234\phi$$

Predictor	Coef	StDev	T	P
Constant	0.043960	0.004380	10.04	0.000
$\frac{\rho_s}{\rho_a}$	-0.00004141	0.00000352	-11.77	0.000
$\frac{S\psi}{d_v D}$	-0.018949	0.001101	-17.21	0.000
1/Re	744.00	41.50	17.93	0.000
$\phi$	0.00233868	0.00003760	62.20	0.000

S = 0.002806    R-Sq = 93.2%    R-Sq(adj) = 93.2%

## Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	0.0374651	0.0093663	1189.81	0.000
Error	345	0.0027159	0.0000079		
Total	349	0.0401809			

Source	DF	Seq SS
$\frac{\rho_s}{\rho_a}$	1	0.0008854
$\frac{S\psi}{d_v D}$	1	0.0002663
1/Re	1	0.0058565
$\phi$	1	0.0304568

## Unusual Observations

Obs	$\frac{\rho_s}{\rho_a}$	$\frac{S\psi}{d_v D}$	Fit	StDev Fit	Residual	St Resid
188	1148	0.033600	0.039919	0.000282	-0.006319	-2.26R
189	1148	0.035000	0.041535	0.000279	-0.006535	-2.34R
190	1148	0.036700	0.043414	0.000280	-0.006714	-2.41R
191	1148	0.038600	0.045323	0.000285	-0.006723	-2.41R
192	1148	0.040800	0.046850	0.000292	-0.006050	-2.17R
193	1148	0.044000	0.049728	0.000310	-0.005728	-2.05R
206	1164	0.048000	0.041502	0.000282	0.006498	2.33R
207	1164	0.054600	0.043230	0.000298	0.011370	4.08R
222	1164	0.056800	0.050329	0.000324	0.006471	2.32R

252	1132	0.042000	0.033971	0.000454	0.008029	2.90R
291	1132	0.053000	0.047307	0.000264	0.005693	2.04R
292	1132	0.055400	0.048945	0.000278	0.006455	2.31R
293	1132	0.058300	0.050847	0.000296	0.007453	2.67R
309	1021	0.048000	0.043897	0.000633	0.004103	1.50 X
333	1021	0.056200	0.049746	0.000537	0.006454	2.34R
342	1021	0.060600	0.053171	0.000518	0.007429	2.69R

R denotes an observation with a large standardized residual  
X denotes an observation whose X value gives it large influence.

จากการวิเคราะห์ข้างต้นจะได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{\Delta PD}{\rho_a \bar{v}^2} = 0.044 - 0.000041 \frac{\rho_s}{\rho_a} - 0.0189 \frac{S\psi}{d_v D} + 744 / Re_a + 0.00234\phi$$

โดย  $\Delta P_L$  = ค่าความดันตกของระบบในการขนถ่ายชิ้นวัสดุต่อหน่วยความยาวของท่อ, N/m<sup>3</sup>

$\rho_a$  = ค่าความหนาแน่นของอากาศ, kg/m<sup>3</sup>

$\rho_p$  = ค่าความหนาแน่นของของแข็ง, kg/m<sup>3</sup>

$d_v$  = ค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าของชิ้นวัสดุ, m

$D$  = ค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนถ่าย, m

$\bar{v}$  = ค่าความเร็วเฉลี่ยของอากาศ, m/s

$\phi$  = ค่าความหนาแน่นเฟส

$Re_a$  = ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ

$\psi$  = ค่าตัวประกอบรูปร่างของชิ้นวัสดุ (Shape factor) =  $\frac{\pi d_v^2}{S}$

$S$  = พื้นที่ผิวของชิ้นวัสดุ

จากผลการวิเคราะห์ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจถึง 93.2 % ซึ่งสมการดังกล่าวได้จากข้อมูลในการทดลองในท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 mm ความยาวของช่วงการขนถ่าย 20 m ซึ่งมีช่วงของค่าความหนาแน่นของวัสดุนั้นจะอยู่ในช่วง 1184 - 1350 kg/m<sup>3</sup> มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า 0.00288 - 0.00771 m ค่าตัวประกอบรูปร่าง 0.46 - 0.91 ค่าความหนาแน่นเฟสของการไหล 4.0 - 22.3 ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ  $2.7 \times 10^4 - 6.0 \times 10^4$



### ประวัติผู้เขียน

นายอุทธนา ทรงเงินดี เกิดวันที่ 25 กันยายน 2515 ที่ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ดำเนินการ  
ศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2537 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร  
มหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา พ.ศ. 2538



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย