

รายการอ้างอิง

1. วิชัย เพชรคาสดา. 2540. การอบแห้งคั้นหอมสับด้วยเทคนิคฟลูอิดไคเซชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
89 หน้า
2. อรอนงค์ ศรีพวาทกุล. 2536. การศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยวิธีฟลูอิดไคซ์เบคอย่างต่อเนื่อง.
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี. 108 หน้า
3. Ratna Rani Sharma. 1999. Fluidized bed drying characteristics of cut green-mango and potato.
Master Thesis of AIT. 84 p.
4. Somnuek Supawapopas. 1996. The fluidized bed drying of paddy in two stages. Master Thesis
of AIT. 64p.
5. รัตนา ม่วงรัตน์. 2544. การสร้างและจำลองแบบการถ่ายเทความร้อนในเครื่องฟลูอิดไคซ์เบค.
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
229 หน้า
6. สุรัชย์ ภัทรพงศ์เกษม. 2544. อิทธิพลของแผ่นกระจายอากาศและการเกาะกันของอนุภาคที่มีต่อ
ฟลูอิดไคเซชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีเทคนิค
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 102 หน้า
7. ลือชัย ธรรมวินัยสถิต. 2529. การอบแห้งข้าวเหนียวในฟลูอิดไคซ์เบคโดยใช้พลังงานความร้อนจากเตา
เผาไหม้แก๊สแบบฟลูอิดไคซ์เบค. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 196 หน้า
8. รัตนา ศานตยานนท์. 2522. การทำข้าวเหนียวให้แห้งในฟลูอิดไคซ์เบค. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 138 หน้า

9. ปราโมทย์ อำพนธ์ และ ศุภวัฒน์ นาควิมล. 2542. การอบแห้งชานอ้อยโดยฟลูอิดไคเซชัน. Senior Project ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10. ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ. 2533. การอบแห้งข้าวโพดในฟลูอิดไคซ์เบด. โครงการวิจัยเลขที่ 109-AMRD-2531 สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 139 หน้า
11. วิวัฒน์ ตัณฑะพาณิชกุล. 2530. อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
12. สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ. 2528. ฟลูอิด ไคเซชัน, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
13. Page G. E. (1949). Factors influencing the maximum rates of air drying corn in thin layers. M.S. Thesis. Purdue University. West Lafayette. IN.
14. Wang C.Y. and Singh R.P. 1978. A Single Layer Drying Equation for Rough Rice. ASAE paper No. 70-3001. St. Joseph. ASAE
15. Kunii D. and Levenspiel O. 1977. Fluidization engineering. Robert E. Krieger publishing company.
16. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2521 กากเนื้อมะพร้าวแห้งที่ใช้เป็นอาหารสัตว์. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการทดลองการอบแห้งกากมะพร้าว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลการทดลองหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน ที่ความชื้นกากมะพร้าว 55% , 35%, 20% และ 3% มาตรฐานเปียก ความสูงเบด 8, 12 และ 16 cm อุณหภูมิอากาศ 33 °C ได้ แสดงไว้ในตารางที่ ก.1 ถึง ก.12

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลการทดลองหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน ความชื้นเริ่มต้น 55% มาตรฐานเปียก ความสูงเบด 8 cm

ความเร็วอากาศ V_1	0.27	0.44	0.53	0.60	0.68	0.72	0.80	0.86	0.94
ความดันตก (P_2-P_1)	34.3	49.1	68.7	83.4	98.1	107.9	120.2	130.0	139.8

ความเร็วอากาศ V_1	0.98	1.04	1.10	1.22	1.30	1.41	1.52	1.60	1.85
ความดันตก (P_2-P_1)	147.2	157.0	137.3	132.4	131.5	132.4	132.9	132.4	132.4

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลการทดลองหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน ความชื้นเริ่มต้น 55% มาตรฐานเปียก ความสูงเบด 12 cm

ความเร็วอากาศ V_1	0.28	0.47	0.54	0.56	0.62	0.64	0.68	0.73	0.78	0.84
ความดันตก (P_2-P_1)	44.1	58.9	78.5	88.3	98.1	109.9	117.7	127.5	142.2	152.1

ความเร็วอากาศ V_1	0.92	1.00	1.03	1.10	1.14	1.25	1.40	1.48	1.62	1.88
ความดันตก (P_2-P_1)	166.8	186.4	191.3	176.6	166.8	166.8	166.8	166.8	166.8	166.8

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลการทดลองหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน ความชื้นเริ่มต้น 55% มาตรฐานเปียก ความสูงเบด 16 cm

ความเร็วอากาศ V_1	0.30	0.45	0.50	0.58	0.62	0.71	0.79	0.88	0.94
ความดันตก (P_2-P_1)	39.2	63.8	83.4	107.9	127.5	152.1	166.8	186.4	201.1

ความเร็วอากาศ V_1	1.07	1.16	1.19	1.27	1.36	1.48	1.60	1.77	1.90
ความดันตก (P_2-P_1)	230.5	210.9	201.1	201.1	196.2	196.2	196.2	196.2	196.2

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลการทดลองหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน
ความชื้นเริ่มต้น 35% มาตรฐานเปียก ความสูงเบด 8 cm

ความเร็วอากาศ V_1	0.32	0.44	0.55	0.6	0.64	0.72	0.77	0.86	0.91
ความดันตก (P_2-P_1)	39.2	54.0	73.6	83.4	93.2	107.9	116.7	130.0	137.3

ความเร็วอากาศ V_1	0.96	1.02	1.1	1.22	1.41	1.6	1.85
ความดันตก (P_2-P_1)	142.2	147.2	122.6	122.6	122.6	122.6	122.6

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลการทดลองหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน
ความชื้นเริ่มต้น 35% มาตรฐานเปียก ความสูงเบด 12 cm

ความเร็วอากาศ V_1	0.3	0.47	0.53	0.59	0.62	0.68	0.71	0.78	0.83
ความดันตก (P_2-P_1)	44.1	63.8	78.5	88.3	98.1	112.8	122.6	137.3	147.2

ความเร็วอากาศ V_1	0.92	1.01	1.13	1.25	1.3	1.4	1.5	1.62	1.7	1.88
ความดันตก (P_2-P_1)	161.9	181.5	157.0	147.2	147.2	147.2	147.2	147.2	147.2	147.2

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลการทดลองหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน
ความชื้นเริ่มต้น 35% มาตรฐานเปียก ความสูงเบด 16 cm

ความเร็วอากาศ V_1	0.3	0.38	0.45	0.5	0.58	0.62	0.67	0.72	0.82
ความดันตก (P_2-P_1)	39.2	54.0	68.7	83.4	107.9	117.7	127.5	142.2	164.3

ความเร็วอากาศ V_1	0.88	0.94	0.99	1.08	1.19	1.27	1.48	1.6	1.7	1.9
ความดันตก (P_2-P_1)	181.5	196.2	206.0	186.4	181.5	181.5	181.5	181.5	181.5	181.5

ตารางที่ ก.10 ข้อมูลการทดลองหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน
ความชันเริ่มต้น 3% มาตรฐานเปียก ความสูงเบด 8 cm

ความเร็วอากาศ V_1	0.30	0.44	0.50	0.60	0.68	0.72	0.78	0.86	0.94
ความดันตก (P_2-P_1)	34.3	44.1	49.1	58.9	54.0	49.1	44.1	39.2	39.2
ความเร็วอากาศ V_1	1.00	1.04	1.10	1.16	1.22	1.30	1.41	1.60	1.85
ความดันตก (P_2-P_1)	36.8	36.8	36.8	36.8	34.3	34.3	31.0	34.3	34.3

ตารางที่ ก.11 ข้อมูลการทดลองหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน
ความชันเริ่มต้น 3% มาตรฐานเปียก ความสูงเบด 12 cm

ความเร็วอากาศ V_1	0.35	0.40	0.47	0.55	0.62	0.68	0.78	0.92
ความดันตก (P_2-P_1)	39.2	45.1	54.0	58.9	68.7	63.8	56.4	49.1
ความเร็วอากาศ V_1	1.03	1.13	1.25	1.40	1.55	1.72	1.88	
ความดันตก (P_2-P_1)	49.1	49.1	44.1	44.1	44.1	44.1	39.2	

ตารางที่ ก.12 ข้อมูลการทดลองหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน
ความชันเริ่มต้น 3% มาตรฐานเปียก ความสูงเบด 16 cm

ความเร็วอากาศ V_1	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.58	0.62	0.72	0.78	
ความดันตก (P_2-P_1)	40.2	44.1	54.0	58.9	64.7	73.6	78.5	73.6	63.8	
ความเร็วอากาศ V_1	0.88	0.94	1.05	1.19	1.27	1.35	1.48	1.65	1.75	1.90
ความดันตก (P_2-P_1)	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	56.4	56.4	54.0	54.0	54.0

ข้อมูลการอบแห้งกากมะพร้าวซึ่งทำการทดลองที่อุณหภูมิอากาศเข้าเบด 80, 105 และ 130 °C ที่ความสูงของเบด 8, 12 และ 16 cm ความเร็วอากาศเข้าเบด 1.5, 2.0 และ 2.5 m/s โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ ก.13 ถึง ก.39

ตารางที่ ก.13 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ สำหรับอุณหภูมิตอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 1.69 m/s ความสูงเบด 8 cm (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.2276 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.6	84	40.2	57.02	132.65	1.000
3	33.5	84.1	44.3	52.34	109.80	0.827
6	33.5	81.7	37.5	44.96	81.68	0.614
9	33.2	80.9	36.2	29.42	41.68	0.312
12	33.3	80.9	39.7	11.90	13.51	0.098
15	33.2	79.3	68.7	3.16	3.26	0.021
18	33.2	81.6	75	1.82	1.85	0.010

ตารางที่ ก.14 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ สำหรับอุณหภูมิตอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 1.61 m/s ความสูงเบด 12 cm (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1462 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	32.9	81.5	35.9	57.02	132.65	1.000
3	33.1	80	36.3	54.31	118.88	0.896
6	33.1	80.5	37.6	48.80	95.32	0.718
9	32.8	81.5	37.6	41.72	71.57	0.538
12	32.7	80.4	38.5	33.15	49.60	0.371
15	32.8	80.2	40.7	23.54	30.79	0.229
18	32.9	81.2	41.6	16.13	19.24	0.142
21	33	80.4	42.3	10.16	11.31	0.082
24	33.2	80.9	59.8	6.03	6.42	0.045
27	33.1	80	70.3	3.46	3.58	0.023
30	33.1	80.5	74.2	1.71	1.74	0.009

ตารางที่ ก.15 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 1.54 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1085 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	34.2	81.7	34.9	58.93	143.49	1.000
3	34.3	78	34.9	56.35	129.10	0.899
6	34.1	78.5	34.3	52.62	111.05	0.773
9	34.1	79.5	33.9	48.91	95.72	0.666
12	34.1	79.9	34.5	42.86	75.02	0.521
15	34	79.8	35.2	35.74	55.61	0.385
18	33.8	79.2	34.8	29.49	41.82	0.289
21	33.9	79.7	35.7	24.32	32.13	0.221
24	34.2	80.2	39.5	19.02	23.49	0.161
27	34.3	80	51.8	14.60	17.10	0.116
30	34.4	79.8	60.1	9.65	10.68	0.071
33	34.4	79.8	64.8	7.31	7.89	0.052
36	34.2	80.2	69.4	5.02	5.28	0.033
39	34	80.2	69.4	4.13	4.30	0.027
42	33.9	80.2	69.4	2.93	3.01	0.018

ตารางที่ ก.16 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 1.57 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.2044 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	31.9	104.8	38.5	58.93	143.49	1.000
3	32	105.2	38.2	53.00	112.78	0.786
6	32	106.2	39.6	35.97	56.18	0.391
9	32.3	104.7	41.5	15.03	17.70	0.123
12	32.2	105.1	78.3	4.15	4.33	0.029
15	32.2	107.6	97.6	1.03	1.04	0.007

ตารางที่ ก.17 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 1.69 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1620 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	32	101.5	37.5	58.93	143.49	1.000
3	32.2	103	37.5	53.56	115.32	0.804
6	32.3	105.2	39.3	45.21	82.53	0.575
9	32.3	106.7	41	30.34	43.56	0.303
12	32.5	108	42.7	16.57	19.86	0.138
15	32.6	108.6	87.6	3.83	3.98	0.027
18	32.8	108.5	96.3	0.90	0.90	0.006

ตารางที่ ก.18 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 1.49 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1044 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.3	105.2	39.5	58.93	143.49	1.000
3	33.4	106.1	40.6	55.76	126.03	0.878
6	33.2	106.8	41.2	48.45	93.99	0.654
9	33.2	104.9	42.3	41.20	70.06	0.486
12	33.6	107.2	40.6	32.00	47.07	0.326
15	33.6	108.1	42.8	23.08	30.00	0.206
18	33.4	105.6	43.2	15.42	18.23	0.124
21	33.8	106.3	51.1	9.60	10.61	0.071
24	33.8	106.2	85.3	5.75	6.10	0.039
27	33.7	107	90.6	3.24	3.35	0.020
30	33.7	104.8	93.7	1.88	1.91	0.010

ตารางที่ ก.19 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 1.52 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1912 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	32.9	129.3	40.3	57.02	132.65	1.000
3	33.2	132.1	40.8	48.33	93.53	0.705
6	33.1	129.4	42.1	24.23	31.97	0.241
9	33.1	133.5	92.2	7.85	8.51	0.064
12	33	131.6	118.3	1.15	1.17	0.009

ตารางที่ ก.20 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 1.58 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1391 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	32.1	128.1	39.7	57.01	132.65	1.000
3	32.2	125.1	40.2	51.11	104.56	0.788
6	32.3	131.5	42.6	36.48	57.43	0.433
9	32	132.5	43.6	12.83	14.72	0.111
12	32.2	133.5	101.3	2.40	2.45	0.019
15	32.3	135	119.3	0.51	0.52	0.004

ตารางที่ ก.21 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 1.54 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1081 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.1	131.5	41	57.01	132.65	1.000
3	33.3	128.4	41.2	51.48	106.11	0.800
6	33.3	129.9	42.6	43.36	76.57	0.577
9	33.4	129.8	42.2	29.96	42.78	0.323
12	33.4	129.4	42.4	18.31	22.42	0.169
15	33.2	130.8	51.1	4.63	4.86	0.037
18	33.1	130.1	104.2	1.23	1.24	0.009
21	33.3	130.9	112	0.21	0.21	0.002

ตารางที่ ก.22 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 2.09 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.2582 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.1	82	38.8	54.22	118.47	1.000
3	33.9	81.2	39.4	49.30	97.24	0.820
6	33.5	81.2	40.5	33.65	50.72	0.426
9	33.7	82.2	44.6	17.53	21.25	0.176
12	33.8	82	71.7	7.91	8.59	0.069
15	33.9	82.1	76.8	2.89	2.97	0.021
18	34.2	82.3	78.7	2.29	2.34	0.016

ตารางที่ ก.23 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 1.95 m/s ความสูงเบด 12 cm
(อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1732 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	34.1	82.5	39.4	54.22	118.47	1.000
3	33.7	80.6	39.4	50.56	102.26	0.863
6	33.9	81.4	39.5	44.68	80.79	0.681
9	33.9	81.3	40.8	30.47	43.83	0.367
12	33.8	82.8	44.8	18.65	22.93	0.190
15	33.7	82.6	64.8	7.91	8.59	0.069
18	33.8	83	76.4	2.97	3.06	0.022
21	33.7	82.3	78.7	2.47	2.54	0.017
24	33.5	82.8	79.2	1.81	1.84	0.011

ตารางที่ ก.24 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 1.94 m/s ความสูงเบด 16 cm
(อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1345 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.7	82	38.4	54.22	118.47	1.000
3	33.9	80.4	38.9	51.29	105.33	0.889
6	34	82.7	39.1	48.18	92.97	0.784
9	34	81.9	39.5	42.55	74.06	0.624
12	34.1	80.9	39.8	34.78	53.34	0.448
15	34.2	81.5	39.8	27.97	38.84	0.325
18	34.1	81.3	40.7	19.50	24.23	0.201
21	34.1	82.5	41.6	11.83	13.41	0.109
24	34.3	81.3	71.4	7.31	7.89	0.063
27	34.3	82.4	74.7	3.94	4.10	0.030
30	34.2	82.7	75.7	2.10	2.15	0.014

ตารางที่ ก.25 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 2.08 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.2484 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.5	104.5	41.6	54.22	118.47	1.000
3	33.7	107.9	41.9	47.81	91.63	0.773
6	33.7	105.7	43.4	28.70	40.25	0.339
9	33.8	106	87	8.44	9.22	0.077
12	33.7	107.7	98.1	1.72	1.75	0.014

ตารางที่ ก.26 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 1.95 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1878 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.9	104.6	37.6	57.42	134.85	1.000
3	34	104.4	39.9	51.12	104.60	0.776
6	34	105.4	40.2	39.14	64.31	0.477
9	34.2	105.5	42	17.67	21.46	0.159
12	34.1	105.6	82.2	2.77	2.85	0.020
15	33.8	107.1	97.7	1.45	1.47	0.010

ตารางที่ ก.27 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 1.87 m/s ความสูงเบด 16 cm
(อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1108 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.6	107.4	40.4	57.42	134.85	1.000
3	33.8	104.3	40.1	50.99	104.04	0.771
6	33.8	107.4	40.2	43.34	76.51	0.567
9	33.6	103.5	39.7	31.67	46.36	0.343
12	33.5	106.4	39.6	21.51	27.40	0.203
15	33.3	106.4	40.2	12.08	13.74	0.101
18	33.6	106.3	56.5	7.02	7.55	0.055
21	33.8	103.7	91.3	2.82	2.91	0.021
24	33.9	104.6	96.7	1.56	1.59	0.011

ตารางที่ ก.28 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 2.04 m/s ความสูงเบด 8 cm
(อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.2524 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.8	132.7	43.1	57.01	132.65	1.000
3	33.9	129.3	42.3	42.78	74.77	0.564
6	34.3	131.1	64.8	24.64	32.70	0.247
9	34.2	128.8	111.8	5.26	5.55	0.042
12	34.3	128.9	121.2	0.48	0.48	0.004

ตารางที่ ก.29 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 1.94 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1586 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.7	130	44.1	57.01	132.65	1.000
3	33.8	128.8	42.5	49.00	96.07	0.724
6	33.6	131.1	43.8	31.71	46.45	0.350
9	33.6	129.9	67	8.46	9.24	0.070
12	33.5	133.3	117	1.26	1.28	0.010
15	33.7	132.9	122	0.29	0.29	0.002

ตารางที่ ก.30 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 1.82 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1263 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.8	133.9	41.2	57.01	132.65	1.000
3	33.7	128	42.4	48.61	94.60	0.713
6	33.9	133	42.9	35.09	54.07	0.408
9	34	130.8	42.6	19.35	24.00	0.181
12	34	131.8	67.2	6.40	6.84	0.052
15	33.8	132.8	116.1	0.73	0.73	0.006
18	33.7	130.9	121.1	0.20	0.20	0.002

ตารางที่ ก.31 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 2.57 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.3150 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	34.2	81.8	36.6	57.29	134.14	1.000
3	34.3	80.1	37.2	51.56	106.47	0.793
6	34.5	79.2	38.8	36.39	57.21	0.424
9	34.3	79.5	39.6	12.14	13.82	0.100
12	34.2	81.2	70.6	3.94	4.10	0.027
15	34	81.9	71.3	1.38	1.40	0.007

ตารางที่ ก.32 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 2.48 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.2116 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	32.9	82.5	35.2	57.29	134.14	1.000
3	32.9	80.6	35.8	53.64	115.74	0.862
6	32.8	81.4	38.5	44.37	79.77	0.593
9	32.7	81.3	38	30.72	44.35	0.328
12	32.7	82.8	39.2	18.68	22.97	0.168
15	32.9	82.6	43.5	7.16	7.71	0.054
18	32.9	83	72.2	3.00	3.09	0.019
21	32.9	82.3	72.3	1.55	1.57	0.008

ตารางที่ ก.33 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 2.44 m/s ความสูงเบด 16 cm
(อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1606 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.2	82	35.4	57.29	134.14	1.000
3	33.3	80.4	36.6	54.38	119.24	0.889
6	33.3	82.7	37.2	48.75	95.13	0.708
9	33.4	81.9	38.5	40.67	68.55	0.509
12	33.5	80.8	38.8	32.50	48.16	0.357
15	33.4	81.5	39.6	22.31	28.72	0.211
18	33.3	80.8	40.2	16.75	20.13	0.147
20	33.1	82.5	41.9	10.12	11.26	0.080
24	33.2	81.3	71.3	4.71	4.94	0.033
27	33.1	82.4	71.9	1.97	2.01	0.011

ตารางที่ ก.34 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 2.42 m/s ความสูงเบด 8 cm
(อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.3136 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	34.2	104.5	38.7	55.33	123.87	1.000
3	34.3	107.9	38.6	43.93	78.35	0.632
6	34.3	105.7	39.9	20.09	25.14	0.202
9	34.2	106	89.5	3.57	3.71	0.029
12	34.1	107.7	92.6	1.07	1.08	0.008

ตารางที่ ก.35 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 2.54 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.2220 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.8	104.6	37.6	55.33	123.88	1.000
3	33.7	104.4	41	48.37	93.72	0.756
6	33.5	105.4	43.2	32.50	48.17	0.388
9	33.5	105.5	75.1	13.99	16.27	0.131
12	33.3	105.6	92.8	4.38	4.59	0.036
15	33.6	105.6	94.2	2.36	2.43	0.019

ตารางที่ ก.36 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 2.53 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1592 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	34.2	107.4	38.2	55.33	123.88	1.000
3	33.8	104.3	38.6	49.89	99.56	0.804
6	33.7	107.4	39.8	39.63	65.64	0.530
9	33.6	103.5	41.6	21.05	26.65	0.215
12	33.8	106.4	86.6	7.94	8.62	0.069
15	33.9	106.4	93.3	2.27	2.32	0.018
18	33.9	106.3	93.2	1.09	1.10	0.008

ตารางที่ ก.37 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 2.50 m/s ความสูงเบด 8 cm
(อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.3045 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	31.9	132.7	41.2	56.09	127.74	1.000
3	31.7	129.3	41.6	42.79	74.81	0.586
6	31.5	131.1	45.3	19.06	23.55	0.184
9	31.5	128.8	105.8	6.11	6.51	0.051
12	31.6	128.9	112.6	2.11	2.16	0.017

ตารางที่ ก.38 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 2.59 m/s ความสูงเบด 12 cm
(อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.2182 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	31.9	130	42.1	56.09	127.74	1.000
3	32.2	128.8	43.5	44.89	81.48	0.638
6	32.2	131.1	51.8	18.82	23.18	0.182
9	32.3	129.9	112.6	3.14	3.24	0.025
12	32.1	133.3	121.9	0.75	0.76	0.006

ตารางที่ ก.39 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ และความชื้นของกากมะพร้าวที่เวลาต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 2.62 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1727 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	M %wb	M %db	MR
0	33.1	133.9	43.5	56.09	127.74	1.000
3	32.9	128	42.6	47.25	89.58	0.701
6	32.4	133	44.8	27.13	37.23	0.291
9	32.5	130.8	103.6	7.48	8.08	0.063
12	32.6	131.8	119.2	1.16	1.17	0.009

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการคำนวณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. คุณสมบัติทางกายภาพของกากมะพร้าว

1.1 สัดส่วนช่องว่าง, \mathcal{E}

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรกากมะพร้าว (รวมช่องว่าง) } V_1 &= 500 \text{ cm}^3 \\
 \text{ปริมาตรของน้ำ } V_2 &= 1000 \text{ cm}^3 \\
 \text{ปริมาตรรวมหลังเติมน้ำ } V_3 &= 1180 \text{ cm}^3 \\
 \text{ดังนั้น สัดส่วนช่องว่างของเบด } \mathcal{E} &= (V_1 + V_2 - V_3) / V_1 \quad (\text{ข.1}) \\
 &= (500 + 1000 - 1180) / 500 \\
 &= 0.64
 \end{aligned}$$

1.2 ความหนาแน่นของกากมะพร้าว, ρ_p

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักของกากมะพร้าว } M_1 &= 135.5 \text{ g} \\
 \text{ปริมาตรของกากมะพร้าวและช่องว่าง } V_1 &= 500 \text{ cm}^3 \\
 \\
 \text{ปริมาตรของกากมะพร้าว } V_4 &= V_1 * (1 - \mathcal{E}) \quad (\text{ข.2}) \\
 &= 500 * (1 - 0.64) \\
 &= 180 \text{ cm}^3 \\
 \text{ดังนั้น ความหนาแน่นของกากมะพร้าว } \rho_p &= M_1 / V_4 \quad (\text{ข.3}) \\
 &= 135.5 / 180 \\
 &= 0.753 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 753 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

2. ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไอเซชัน, U_{mf}

คำนวณได้จากสมการ (3.4) เมื่อสมมติให้กากมะพร้าวมีลักษณะเป็นทรงกลมและมีแฟคเตอร์รูปร่างเท่ากับ 1 จะได้ค่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไอเซชันเท่ากับ 1.193 m/s ที่ความชื้นกากมะพร้าวเริ่มต้น 55% มาตรฐานเปียก อุณหภูมิอากาศ 33°C

3. ความดันตกคร่อมเบด, ΔP

คำนวณได้จากสมการ (3.7) โดยที่ความชื้นกากมะพร้าวเริ่มต้น 55% มาตรฐานเปียก ความสูงเบด 8 cm อุณหภูมิอากาศ 33°C จะมีความดันตกคร่อมเท่ากับ 212.42 N/m²

4. ตัวอย่างการออกแบบเครื่องอบแห้งฟลูอิดไอเซชันจากสมการทำนายความชื้น

สมมติโรงงานแห่งหนึ่งต้องการเครื่องอบแห้งกากมะพร้าวแบบฟลูอิดไอเซชัน โดยมีความต้องการอบแห้ง 1 ตันต่อวัน เดินเครื่องวันละ 8 ชั่วโมง อบแห้งกากมะพร้าวความชื้นเริ่มต้น 60 % มาตรฐานเปียก ให้เหลือ 3% มาตรฐานเปียก โดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 120 องศาเซลเซียส ความเร็วอากาศ 2.2 m/s ความสูงเบด 14 cm จากสมการทำนายความชื้น

$$MR = \frac{M(t) - M_c}{M_{in} - M_c} \quad (3.8)$$

$$MR = \exp(-xt^y)$$

โดย $x = -0.195801 - 0.000694T - 0.064124(SP) + 0.007385(SP*T) - 0.099971\ln(SP)$

$$y = 4.273901 + 0.016115T + 0.607112(SP) - 0.078101(SP*T) + 1.623443\ln(SP) \quad (5.6)$$

จากสมการ (3.8) ที่ความชื้นเริ่มต้น 60% ความชื้นสุดท้าย 3% จะได้ $MR = 0.0206$

จากความเร็วอากาศ 2.2 m/s และความสูงเบด 14 cm จะได้ $SP = 0.1768 \text{ kg/s-kg dry matter}$

แทนค่า MR, T และ SP ลงในสมการ (5.6) จะได้ $t = 12.02$ นาที นั่นคือถ้าอบกากมะพร้าวด้วย อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความเร็วอากาศ 2.2 m/s ความสูงเบด 14 cm จากความชื้น 60% เหลือ 3% มาตรฐานเปียก จะใช้เวลา 12.02 นาที

จากความต้องการอบแห้ง 1 ตันต่อวัน = 2.083 kg/นาที หรือ $0.007686 \text{ m}^3/\text{นาที}$

ดังนั้นที่ความสูงเบด 14 cm จะต้องใช้เครื่องอบแห้งที่มีพื้นที่หน้าตัดขนาด 0.66 m^2

โดยใช้พัดลมขนาด $Q = 1.452 \text{ m}^3/\text{s}$

จากสมการกำลังไฟฟ้าของพัดลม
$$W = \frac{Q\Delta P}{\eta} \quad (ข.4)$$

เมื่อให้ประสิทธิภาพของพัดลม $\eta = 70\%$ และ pressure drop, $\Delta P = 200 \text{ n/m}^2$ ดังนั้น ต้องใช้พัดลม ขนาด 0.415 kW

จากสมการกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำความร้อน
$$Q = \dot{m}c_p\Delta T \quad (ข.5)$$

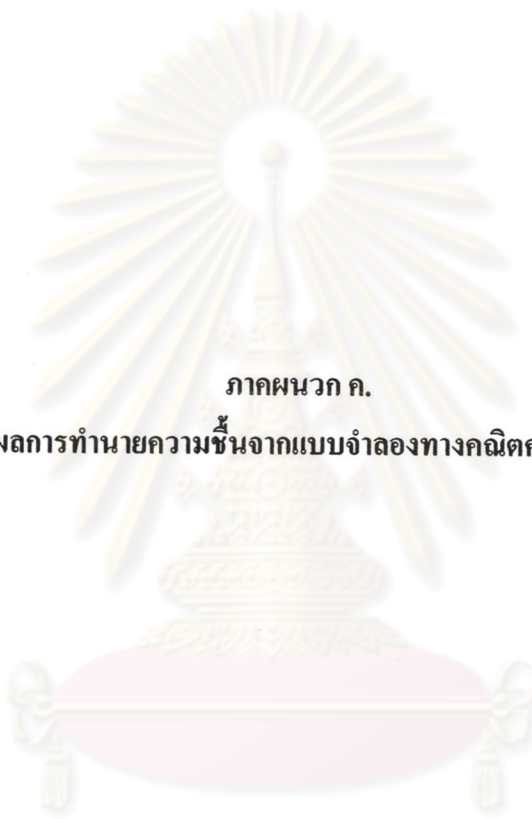
เมื่อ $C_{p,T=30} = 1.007 \text{ kJ/kg.K}$ และ $C_{p,T=120} = 1.011 \text{ kJ/kg.K}$ จะได้ $C_{p,เฉลี่ย} = 1.009 \text{ kJ/kg.K}$

เมื่อแทน $\Delta T = 90 \text{ K}$ จะได้กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำความร้อนเท่ากับ 153.48 Kw

ดังนั้น ไฟฟ้าที่ต้องใช้จากเครื่องทำความร้อนและพัดลมเป่าอากาศรวมเท่ากับ $Q+W = 154 \text{ kW}$

ใน 1 ชม. สามารถอบแห้งกากมะพร้าวได้ 125 kg

ดังนั้นประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าต่อน้ำหนักกากมะพร้าว เท่ากับ 1.232 kW/kg



ภาคผนวก ค.
ผลการทำนายความชื้นจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ถึง ค.27 แสดงผลการทำนายความชื้นจากแบบจำลองทั้ง 3 แบบ ได้แก่ สมการ Page, สมการ Exponential เทอมเดียว และสมการ exponential 2 เทอม เปรียบเทียบกับความชื้นจากการทดลองจากตาราง ก.1 ถึง ก.27 ตามลำดับ ดังนี้

ตารางที่ ค.1 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 1.69 m/s ความสูงเบด 8 cm
(อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.2276 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาท)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.02	57.02	56.92	57.02
3	52.34	53.49	39.77	46.61
6	44.96	44.04	24.89	36.51
9	29.42	30.35	14.35	27.50
12	11.90	16.56	7.92	20.05
15	3.16	7.10	4.34	14.27
18	1.82	2.61	2.45	10.00
R-square		0.9876	0.7547	0.8889

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.2 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 1.61 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1462 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.02	57.02	56.85	57.02
3	54.31	54.37	47.16	50.31
6	48.80	48.83	37.70	43.60
9	41.72	41.29	29.12	37.12
12	33.15	32.58	21.85	31.09
15	23.54	23.79	16.01	25.66
18	16.13	16.04	11.55	20.91
21	10.16	10.05	8.25	16.85
24	6.03	5.94	5.88	13.47
27	3.46	3.40	4.21	10.71
31	1.71	1.96	3.04	8.48
R-square		0.9998	0.7865	0.9620

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.3 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 1.54 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1085 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	58.93	58.93	58.72	58.93
3	56.35	55.97	54.95	54.83
6	52.62	51.33	51.12	50.66
9	48.91	45.77	47.29	46.49
12	42.86	39.66	43.48	42.37
15	35.74	33.37	39.76	38.36
18	29.49	27.25	36.16	34.51
21	24.32	21.61	32.71	30.86
24	19.02	16.67	29.44	27.43
27	14.60	12.56	26.38	24.26
30	9.65	9.28	23.53	21.36
33	7.31	6.75	20.91	18.73
36	5.02	4.87	18.52	16.36
39	4.13	3.50	16.36	14.25
42	2.93	2.53	14.40	12.37
R-square		0.9899	0.9790	0.9863

ตารางที่ ค.4 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 1.57 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.2044 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	58.93	58.93	58.78	58.93
3	53.00	52.28	37.78	46.04
6	35.97	35.37	20.57	33.67
9	15.03	15.89	9.97	23.20
12	4.15	4.46	4.55	15.25
15	1.03	0.89	2.04	9.70
R-square		0.9994	0.8405	0.8975

ตารางที่ ค.5 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 1.69 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1620 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	58.93	58.93	58.76	58.93
3	53.56	53.88	40.54	47.95
6	45.21	41.41	24.60	37.17
9	30.34	25.02	13.53	27.54
12	16.57	11.18	7.01	19.63
15	3.83	3.74	3.52	13.58
18	0.90	1.03	1.77	9.19
R-square		0.9785	0.7095	0.9169

ตารางที่ ค.6 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 1.49 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1044 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	58.93	58.93	58.73	58.93
3	55.76	54.85	47.27	51.68
6	48.45	47.14	36.10	44.35
9	41.20	37.34	26.26	37.27
12	32.00	26.95	18.34	30.70
15	23.08	17.62	12.42	24.83
18	15.42	10.48	8.23	19.76
21	9.59	5.74	5.38	15.53
24	5.75	2.95	3.49	12.07
27	3.24	1.46	2.26	9.30
30	1.88	0.71	1.47	7.12
R-square		0.9641	0.7049	0.9732

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.7 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 1.52 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1912 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.02	57.02	56.83	57.02
3	48.33	47.14	31.02	41.16
6	24.23	23.89	13.32	26.95
9	7.85	5.84	4.99	16.28
12	1.16	0.71	1.76	9.30
R-square		0.9983	0.8710	0.9407

ตารางที่ ค.8 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 1.58 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1391 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.02	57.02	56.83	57.02
3	51.12	50.22	33.98	43.91
6	36.48	33.18	16.75	31.60
9	12.84	14.27	7.29	21.42
12	2.40	3.75	2.98	13.86
15	0.52	0.64	1.19	8.67
R-square		0.9949	0.7678	0.8872

ตารางที่ ค.9 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 1.54 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1081 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาทึ)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.02	57.02	56.83	57.02
3	51.48	51.53	37.39	46.21
6	43.37	38.93	21.32	35.74
9	29.97	23.27	10.95	26.48
12	18.31	10.51	5.28	18.91
15	4.64	3.62	2.47	13.12
18	1.23	1.00	1.14	8.91
21	0.21	0.23	0.52	5.96
R-square		0.9588	0.6020	0.9252

ตารางที่ ค.10 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 2.09 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.2582 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาทึ)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	54.23	54.23	54.14	54.23
3	49.30	49.76	35.46	42.83
6	33.65	37.80	20.46	32.18
9	17.53	21.95	10.86	23.15
12	7.91	9.18	5.58	16.10
15	2.89	2.97	2.92	10.95
18	2.29	1.02	1.64	7.36
R-square		0.9860	0.8548	0.9186

ตารางที่ ค.11 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 1.95 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1732 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	54.23	54.23	54.08	54.23
3	50.56	51.46	41.10	45.92
6	44.69	44.93	29.29	37.84
9	30.48	35.75	19.79	30.41
12	18.65	25.42	12.88	23.90
15	7.92	15.94	8.21	18.44
18	2.97	8.86	5.20	14.03
21	2.48	4.49	3.34	10.57
24	1.82	2.21	2.20	7.92
R-square		0.9389	0.8312	0.8841

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.12 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 1.94 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1345 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	54.23	54.23	54.05	54.23
3	51.30	51.40	45.53	48.02
6	48.18	45.90	37.29	41.88
9	42.55	38.74	29.75	35.99
12	34.79	30.75	23.19	30.50
15	27.98	22.85	17.74	25.54
18	19.51	15.89	13.38	21.15
21	11.83	10.40	10.00	17.35
24	7.31	6.49	7.44	14.14
27	3.94	3.93	5.52	11.45
30	2.11	2.37	4.12	9.24
R-square		0.9629	0.7085	0.9407

ตารางที่ ค.13 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 2.08 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.2484 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	54.23	54.23	54.08	54.23
3	47.82	45.31	31.51	39.65
6	28.70	25.20	15.27	26.71
9	8.44	7.96	6.62	16.83
12	1.72	1.49	2.75	10.12
R-square		0.9937	0.8500	0.9296

ตารางที่ ค.14 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 1.95 m/s ความสูงเบด 12 cm
(อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1878 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.42	57.42	57.26	57.42
3	51.12	51.46	37.32	45.24
6	39.14	36.52	20.95	33.60
9	17.67	18.46	10.57	23.68
12	2.78	6.24	5.04	15.99
15	1.46	1.51	2.35	10.47
R-square		0.9934	0.8055	0.8798

ตารางที่ ค.15 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 1.87 m/s ความสูงเบด 16 cm
(อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1108 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.42	57.42	57.22	57.42
3	50.99	53.30	44.91	49.69
6	43.35	45.23	33.20	41.98
9	31.68	34.91	23.27	34.65
12	21.51	24.17	15.62	27.98
15	12.08	14.92	10.17	22.17
18	7.02	8.26	6.48	17.28
21	2.83	4.18	4.09	13.28
24	1.57	1.98	2.57	10.11
R-square		0.9860	0.9031	0.8986

ตารางที่ ค.16 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 2.04 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.2524 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.02	57.02	56.81	57.02
3	42.78	44.14	29.81	38.89
6	24.65	19.34	12.06	23.39
9	5.26	4.08	4.24	12.78
12	0.48	0.46	1.41	6.57
R-square		0.9907	0.9027	0.9673

ตารางที่ ค.17 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 1.94 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1586 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.02	57.02	56.83	57.02
3	49.00	49.14	32.61	42.78
6	31.72	29.43	15.10	29.64
9	8.46	10.09	6.13	19.19
12	1.27	1.90	2.35	11.80
15	0.29	0.22	0.88	7.01
R-square		0.9973	0.8215	0.8984

ตารางที่ ค.18 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 1.82 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.1263 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.02	57.02	56.83	57.02
3	48.61	50.76	34.93	44.66
6	35.10	35.35	17.96	32.93
9	19.36	17.26	8.20	22.99
12	6.41	5.55	3.51	15.37
15	0.73	1.23	1.46	9.95
18	0.21	0.20	0.60	6.30
R-square		0.9969	0.8113	0.9276

ตารางที่ ค.19 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 2.57 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 0.3150 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.29	57.29	57.24	57.29
3	51.57	51.07	36.21	44.55
6	36.39	34.42	19.51	32.53
9	12.14	15.11	9.52	22.49
12	3.94	4.21	4.52	14.92
15	1.38	1.09	2.24	9.65
R-square		0.9957	0.8248	0.8806

ตารางที่ ค.20 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 2.48 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.2116 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.29	57.29	57.18	57.29
3	53.65	54.08	41.03	47.42
6	44.37	45.65	26.67	37.77
9	30.73	33.30	16.05	29.02
12	18.68	20.06	9.23	21.63
15	7.16	9.81	5.24	15.75
18	3.00	4.06	3.02	11.28
21	1.55	1.63	1.83	8.00
R-square		0.9938	0.7378	0.9207

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.21 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 80 °C ความเร็วอากาศ 2.44 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1606 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	57.29	57.29	57.14	57.29
3	54.39	54.62	45.53	49.69
6	48.75	48.60	34.42	42.12
9	40.67	40.10	24.83	34.91
12	32.51	30.24	17.25	28.35
15	22.31	20.58	11.69	22.62
18	16.76	12.62	7.81	17.78
21	10.12	8.65	5.96	15.05
24	4.72	3.73	3.50	10.66
27	1.97	1.97	2.40	8.18
R-square		0.9883	0.5604	0.9461

ตารางที่ ค.22 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 2.42 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.3136 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	55.33	55.33	55.19	55.33
3	43.93	43.78	31.09	38.80
6	20.09	21.70	14.21	24.52
9	3.58	6.02	5.77	14.29
12	1.08	1.07	2.25	7.90
R-square		0.9973	0.9354	0.9350

ตารางที่ ค.23 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 2.54 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการใช้พลังงานของอากาศ 0.2220 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	55.33	55.33	55.18	55.33
3	48.38	47.86	33.66	41.80
6	32.51	29.82	17.32	29.41
9	13.99	11.56	7.99	19.47
12	4.39	2.72	3.51	12.32
15	2.37	0.49	1.53	7.56
R-square		0.9923	0.8116	0.9328

ตารางที่ ค.24 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 105 °C ความเร็วอากาศ 2.53 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการใช้พลังงานของอากาศ 0.1592 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	55.33	55.33	55.16	55.33
3	49.89	50.29	37.27	44.44
6	39.63	38.24	22.31	34.06
9	21.05	22.95	12.21	25.03
12	7.94	10.35	6.33	17.75
15	2.27	3.56	3.21	12.25
18	1.09	1.02	1.62	8.30
R-square		0.9958	0.8280	0.8970

ตารางที่ ค.25 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 2.50 m/s ความสูงเบด 8 cm
 (อัตราการใช้เฉพาะของอากาศ 0.3045 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	56.09	56.09	55.86	56.09
3	42.80	41.97	28.80	36.31
6	19.07	19.80	11.45	20.28
9	6.12	5.66	3.97	10.20
12	2.12	1.09	1.30	4.83
R-square		0.9992	0.9185	0.9787

ตารางที่ ค.26 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 2.59 m/s ความสูงเบด 12 cm
 (อัตราการใช้เฉพาะของอากาศ 0.2182 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	56.09	56.09	55.89	56.09
3	44.90	44.73	29.53	39.20
6	18.82	20.42	12.17	24.55
9	3.14	4.29	4.38	14.10
12	0.76	0.45	1.49	7.65
R-square		0.9988	0.9135	0.9286

ตารางที่ ค.27 ความชื้นจากผลการทดลองเทียบกับแบบจำลองต่าง ๆ
 สำหรับอุณหภูมิอบแห้ง 130 °C ความเร็วอากาศ 2.62 m/s ความสูงเบด 16 cm
 (อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.1727 kg/s-kg dry matter)

เวลา (นาที)	ความชื้นกากมะพร้าว (% มาตรฐานเปียก)			
	ผลการทดลอง	Page	Exp 1term	Exp 2term
0	56.09	56.09	55.90	56.09
3	47.25	47.29	30.92	41.07
6	27.13	25.93	13.65	27.55
9	7.48	7.43	5.28	17.18
12	1.16	1.10	1.93	10.17
R-square		0.9994	0.8027	0.9073

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายจุมพล แซ่เอี่ยม เกิดเมื่อวันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2523 มีภูมิลำเนาอยู่ที่ นครปฐม จบชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนอานวยศิลป์ธนบุรี ชั้นมัธยมที่โรงเรียนอัสสัมชัญธนบุรี สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตจากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย