



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาคผนวก ก

การทำแกนสับประรดเชื่อม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แกนสับปะรดแปรรูป

1. แกนสับปะรดเชื่อม

ส่วนผสม

น้ำตาลทรายขาว 1 ส่วน

น้ำ $\frac{3}{4}$ ส่วน

แกนสับปะรดเปรี้ยว ๆ

วิธีทำ

นำน้ำตาลทรายและน้ำมาเคี่ยวเป็นน้ำเชื่อม ทำความสะอาดแกนสับปะรด นำมาหั่นขนาดลูกเต๋าเล็กใหญ่ตามชอบ นำไปแช่น้ำปูนใสประมาณ 1 ชั่วโมง เสร็จแล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำไปเชื่อมในน้ำเชื่อมไฟกลางๆ 1 ชั่วโมง ให้น้ำตาลซึมเข้าไปในเนื้อสับปะรด เมื่อได้เวลาจึงนำมาผึ่งบนกระชอนหรือแผงมุ้งลวดอุณหภูมิเย็นสักครึ่งวันก็เก็บรับประทานได้ หากนำขึ้นจากน้ำเชื่อมแล้วไม่แห้งเป็นสีขาวเกาะ แสดงว่ายังใช้ไม่ได้ เมื่อเก็บไว้จะเสีย ต้องพยายามเคี่ยวจนน้ำตาลฝังในจะได้ผลดีมากถ้าได้ที่จะมีรสชาติไม่แพ้ลูกสดทีเดียว

2. แขนสับประรดอบแห้ง



รูป ก.1 แขนสับประรดแช่อิ่มอบแห้ง

ส่วนผสม

1. เนื้อแกนสับประรด 4-5 แขน
2. น้ำตาลทราย 1 ถ้วยตวง
3. เกลือ 2 ช้อนโต๊ะ
4. น้ำสะอาด 2 ถ้วยตวง
5. กรดซิตริก 1 กรัม
6. น้ำปูนใส 1 ถ้วยตวง

วิธีทำ

1. นำแกนสับประรดมาฝานเป็นชิ้นบางๆแล้วนำไปแช่ในน้ำปูนใส
2. เสร็จแล้วตัดแกนสับประรดออกไปผสมเกลือและกรดซิตริก คลุกให้ทั่ว หมักไว้ 1 คืน
3. จากนั้นนำแกนสับประรดที่หมักได้ที่แล้วไปคลุกกับน้ำตาลทรายหมักทิ้งไว้อีก 1 คืน
4. เมื่อได้ที่แล้วตัดแกนสับประรดออกจากน้ำเชื่อม แล้วนำไปตาก หรืออบให้แห้ง
5. เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำไปเก็บในภาชนะที่แห้งสะอาดและปิดให้สนิท เก็บไว้กินได้นานหลายวัน

3. วิธีทำสับประรดเชื่อมแห้ง

1. นำเอาสับประรดที่เกือบสุก มาชั่งน้ำหนักและล้างน้ำให้สะอาด
2. ตัดหัวท้ายด้วยมีดสแตนเลส
3. หั่นให้เป็นแว่นขนาดหนา 2 ซม. แล้วเจาะแกนและปอกเปลือก
4. ล้างสับประรดแว่นให้สะอาดด้วยน้ำ และทำให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงสแตนเลส หรือ กระด้ง ซึ่งรองด้วยผ้าขาวบาง
5. แช่สับประรดแว่นในสารละลายกรดมะนาว เข้มข้นร้อยละ 0.5 (น้ำ 1 ลิตร ใช้กรดมะนาว 5 กรัม) เป็นเวลา 10-15 นาที แล้วล้างน้ำสะอาด ทำให้สะเด็ดน้ำ
6. แช่สับประรดแว่นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น ร้อยละ 0.5 (น้ำ 1 ลิตร ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5 กรัม) เป็นเวลา 15-20 นาที แล้วล้างน้ำสะอาด ทำให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงสแตนเลสหรือกระด้ง
7. นำเอาสับประรดแว่นมาหนึ่งหรือต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที หรือจนกระทั่งเนื้อสับประรดนิ่ม
8. เตรียมน้ำเชื่อมเข้มข้นร้อยละ 35 (น้ำเชื่อม 1 ลิตร หรือ 1 กก. ใช้น้ำตาลทราย 350 กรัม และน้ำ 650 กรัม ต้มให้เดือด 10-15 นาที แล้วกรองด้วยผ้าขาวบางหรือผ้าดิบ ใต้น้ำเชื่อมใส) และเติมกรดมะนาวลงไปร้อยละ 0.1-0.2 (ใช้กรดมะนาว 1-2 กรัม ละลายน้ำเล็กน้อยต่อน้ำเชื่อม 1 ลิตร หรือ 1 กก. แล้วเติมลงไป ในน้ำเชื่อม คนให้เข้ากันด้วยพายไม้ และเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ลงไปร้อยละ 0.02 เปอร์เซนต์)
9. ใส่สับประรดแว่นจากข้อ 7 ลงในน้ำเชื่อมโดยใช้อัตราส่วน สับประรดแว่นต่อน้ำเชื่อม เท่ากับ 1:1.2 โดยน้ำหนัก ต้มให้เดือดเบา ๆ เป็นเวลา 1-2 นาที แล้วทิ้งไว้ให้พออุ่น ๆ ถ่ายใส่โหล หรือจะแช่ทั้งค้างคืน ไว้ในหม้อสแตนเลสก็ได้ แต่ต้องใช้ถุงพลาสติกใส่น้ำ กดทับไว้เพื่อให้สับประรดแว่นจมอยู่ใต้น้ำเชื่อมตลอดเวลา แล้วปิดฝาโหลหรือหม้อสแตนเลสให้สนิท
10. เพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมวันละ 10 องศาบริกซ์ หรือร้อยละ 10 ทุกวันโดยการถ่ายเอาน้ำเชื่อมออกมาจากสับประรดแว่นในวันรุ่งขึ้น และเติมน้ำตาลทรายลงไปให้ความเข้มข้น เป็น 45 องศาบริกซ์ ต้มให้เดือดเบา ๆ 1-2 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วเทใส่ชั้นสับประรดแว่นที่อยู่ในภาชนะหม้อสแตนเลส หรือโหลแก้วก็ได้ กดผิวหน้าด้วยถุงพลาสติกซึ่งมีน้ำบรรจุอยู่ ทิ้งไว้ค้างคืน
11. เพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมเป็น 55 องศาบริกซ์ ในวันต่อมาโดยการเติมน้ำตาลทราย ลงในน้ำเชื่อมแล้วดำเนินการต่อไปเช่นเดียวกันกับข้อ 10 จนกระทั่งถึง 65 องศาบริกซ์ ให้เติมกรดมะนาวลงในน้ำเชื่อมร้อยละ 0.1-0.2 (ใช้กรดมะนาว 1-2 กรัม ละลายน้ำเล็กน้อยต่อน้ำเชื่อม 1 กิโลกรัม)และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ร้อยละ 0.02 เปอร์เซนต์ (โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2 กรัม

ละลายน้ำเล็กน้อยต่อน้ำเชื่อม 1 กิโลกรัม) ต้มให้เดือดเบา ๆ 1-2 นาที กับสับประรดแว่น แล้วทิ้งไว้จนอุ่น ใช้ถุงพลาสติกบรรจุน้ำคั้นทิ้งไว้ให้สับประรดแว่นจมอยู่ในน้ำเชื่อมตลอดเวลา ปิดฝาโหลแก้วหรือ หม้อสเตนเลส ทิ้งไว้ 10 วัน ถ้าต้องการให้ผลิตภัณฑ์หวานมากก็เพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมให้ถึง 75 องศาบริกซ์ พอถึง 75 องศาบริกซ์ก็ ต้มให้เดือดเบา ๆ กับขึ้นสับประรดแว่นเป็นเวลา 1-2 นาที ใช้ถุงพลาสติกเปล่าวางใส่ลงไปที่ผิวหน้าของน้ำเชื่อมชั้นหนึ่งก่อน และใช้ถุงพลาสติกบรรจุ น้ำคั้นให้ขึ้นสับประรดแว่นจมอยู่ในน้ำเชื่อมตลอดเวลา ปิดฝาโหลแก้วหรือหม้อสเตนเลสแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 วัน)

12. พอครบกำหนดก็ต้มน้ำเชื่อมกับสับประรดแว่นให้เดือดเบา ๆ เป็นเวลา 1-2 นาที และทำให้สะอาดน้ำเชื่อม (บนตะแกรงสเตนเลสหรือกระดิ่งก็ได้) เป็นเวลา 30 นาที

13. จุ่มสับประรดแว่นลงในน้ำเดือดเป็นเวลา 1-2 นาที ซึ่งมีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ร้อยละ 0.1 เพื่อขจัดน้ำเชื่อมที่เคลือบผิวของสับประรดแว่นอยู่ออก และป้องกันการเกิดเชื้อรา แล้วเรียงใส่ถาดโปร่ง และตากแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 – 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-12 ชั่วโมง หรือตากแห้งโดยใช้แสงแดด จนกระทั่งแห้งไม่ติดมือ จะได้สับประรดเชื่อมแห้ง

14. ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) แล้วบรรจุตามน้ำหนักที่ต้องการในภาชนะบรรจุที่แห้งและสะอาด เช่น ถุงพลาสติก แล้วผนึกแน่นจะได้สับประรดเชื่อมแห้ง มีความชื้น 16-20 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำแกนสับประรดเชื่อมแห้ง

แกนสับประรด ล้างน้ำให้สะอาด



แช่ในสารละลายกรดมะนาวเข้มข้นร้อยละ 0.5, 10-15 นาที
และแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น ร้อยละ 0.5, 15-20 นาที



นึ่งด้วยไอน้ำหรือต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที หรือจนกระทั่งแกนสับประรดนุ่ม



แช่ให้ท่วมในน้ำเชื่อมร้อนเข้มข้นร้อยละ 35 ซึ่งมีกรดมะนาวร้อยละ 0.1
และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ร้อยละ 0.2 และแช่ไว้ค้างคืน



วันต่อมาและวันต่อไปเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมวันละร้อยละ 10 ให้เป็นร้อยละ 45, 55
และ 65 ตามลำดับ (โดยการเติมน้ำตาลทราย) จนกระทั่งความเข้มข้นของน้ำเชื่อมเท่ากับร้อยละ
65



เติมกรดมะนาวร้อยละ 0.1 และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ร้อยละ 0.02 และแช่ค้างคืน



วันต่อมาเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมโดยการเติมน้ำตาลทรายลงไปให้เป็นร้อยละ 75
ต้มให้เดือดแล้วแช่สับประรดแวนในน้ำเชื่อมที่หยุดเดือดค้างคืน



วันรุ่งขึ้น เพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อม โดยการเติมน้ำตาลทรายจนได้ร้อยละ 75 คงที่
ต้มให้เดือดกับน้ำเชื่อมเป็นเวลา 1-2 นาที แล้วแช่ไว้ 10 วัน



ต้มให้เดือด 1-2 นาที ทำให้สะเด็ดน้ำเชื่อม จุ่มแกนสับประรดลงในน้ำเดือด
ซึ่งมีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.1, 1-2 นาที แล้วเรียงใส่ถาดโปร่ง



ตากแห้งในตู้อบลมร้อนที่ 50 - 60 องศาเซลเซียส 8-12 ชั่วโมง



แกนสับประรดเชื่อม (มีผิวไม่เหนียวติดมือ)



ทำให้เย็นและบรรจุในภาชนะที่แห้งและสะอาด ผนึกแน่น



แกนสับประรดเชื่อมแห้ง (ความชื้นร้อยละ 14-20 มาตรฐานเปียก)



ภาคผนวก ข

อุปกรณ์และวัสดุทดสอบที่ใช้ในการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



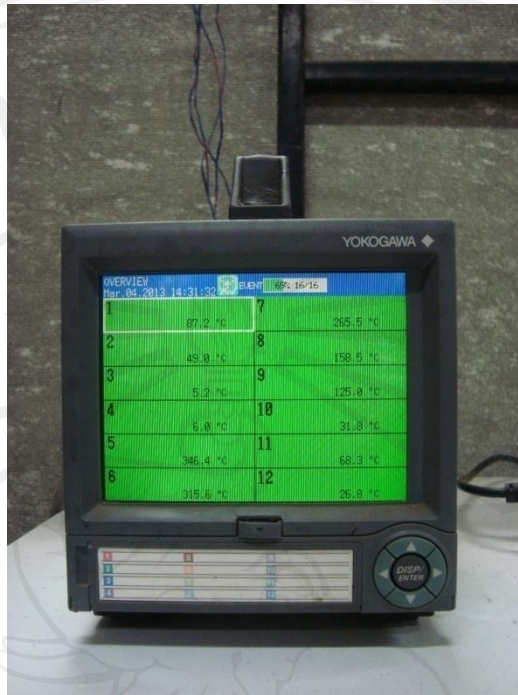
รูป ข.1 เครื่องอบแบบป้อนความร้อนสำหรับแกนสับประคชเซ่อ้ม



รูป ข.2 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัล (Anemometer, Testo 922)



รูป ข.3 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer, Testo 435)



รูป ข.4 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger, Yokogawa)



รูป ข.5 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัลความละเอียด 0.5 g พิกัด 15 kg (Digital Weighing, UNION LGCN-7515)



รูป ข.6 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า กิโลวัตต์-เอว-มิเตอร์



รูป ข.7 ตู้อบแบบลมร้อน (Hot air oven, Binder : Model ED)



รูป ข.8 แกนสับประรดแช่ต้มแบบหั่นเฉียงก่อนและหลังการอบแห้ง



รูป ข.9 แกนสับประรดแช่ต้มแบบลูกเต๋าก่อนและหลังการอบแห้ง



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ค.1 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดแช่ส้มแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	893.0	32.07	0.79	0.0074
2	844.0	28.13	0.77	0.0157
3	817.0	25.75	0.78	0.0289
4	795.0	23.70	0.77	0.0350
5	775.0	21.73	0.75	0.0375
6	760.0	20.18	0.74	0.0493
7	746.0	18.69	0.75	0.0536
8	733.0	17.24	0.74	0.0569
9	721.0	15.87	0.75	0.0625
10	712.0	14.80	0.75	0.0833
11	705.0	13.96	0.72	0.1029
12	700.0	13.34	0.76	0.1520
13				
14				
Average				

ตาราง ค.2 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดแช่ส้มแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	887.0	31.61	0.80	0.0071
2	836.5	27.48	0.79	0.0156
3	811.0	25.20	0.76	0.0298
4	791.0	23.31	0.78	0.0390
5	769.5	21.17	0.76	0.0353
6	753.5	19.50	0.75	0.0469
7	740.5	18.08	0.76	0.0585
8	728.0	16.68	0.75	0.0600
9	717.0	15.40	0.75	0.0682
10	709.0	14.44	0.74	0.0925
11	704.0	13.84	0.77	0.1540
12	700.0	13.34	0.73	0.1825
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 3 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประดะเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	883.0	31.30	0.79	0.0068
2	832.0	27.09	0.80	0.0157
3	804.0	24.55	0.78	0.0279
4	782.0	22.43	0.75	0.0341
5	764.0	20.60	0.77	0.0428
6	750.0	19.12	0.76	0.0543
7	737.0	17.69	0.75	0.0577
8	726.0	16.45	0.76	0.0691
9	717.0	15.40	0.74	0.0822
10	710.0	14.56	0.77	0.1100
11	703.0	13.71	0.75	0.1071
12	698.0	13.09	0.76	0.1520
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 4 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประดะเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	872.0	30.44	0.80	0.0062
2	827.0	26.65	0.79	0.0176
3	801.0	24.27	0.77	0.0296
4	779.0	22.13	0.76	0.0345
5	759.0	20.08	0.75	0.0375
6	745.0	18.58	0.75	0.0536
7	733.0	17.24	0.76	0.0633
8	722.0	15.98	0.75	0.0682
9	712.0	14.80	0.76	0.0760
10	704.0	13.84	0.76	0.0950
11	699.0	13.22	0.74	0.1480
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 5 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	861.0	29.55	0.81	0.0058
2	817.5	25.80	0.80	0.0184
3	793.0	23.51	0.79	0.0322
4	775.0	21.73	0.77	0.0428
5	759.5	20.13	0.77	0.0497
6	745.5	18.63	0.76	0.0543
7	733.5	17.30	0.77	0.0642
8	723.0	16.10	0.77	0.0733
9	715.0	15.16	0.76	0.0950
10	709.0	14.44	0.76	0.1267
11	704.0	13.84	0.75	0.1500
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 6 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	864.0	29.79	0.81	0.0060
2	818.0	25.84	0.81	0.0176
3	792.0	23.41	0.79	0.0304
4	773.0	21.53	0.77	0.0405
5	756.0	19.76	0.78	0.0459
6	740.0	18.03	0.77	0.0481
7	728.0	16.68	0.77	0.0642
8	717.0	15.40	0.76	0.0691
9	709.0	14.44	0.77	0.0962
10	704.0	13.84	0.76	0.1520
11	700.0	13.34	0.75	0.1875
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 7 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประดะเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	850.5	28.68	0.82	0.0055
2	796.5	23.84	0.79	0.0146
3	770.0	21.22	0.80	0.0302
4	756.5	19.81	0.78	0.0578
5	744.5	18.52	0.79	0.0658
6	733.0	17.24	0.77	0.0670
7	723.0	16.10	0.76	0.0760
8	715.5	15.22	0.78	0.1040
9	709.0	14.44	0.79	0.1215
10	704.0	13.84	0.77	0.1540
11				
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 8 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประดะเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	849.0	28.55	0.81	0.0054
2	796.5	23.84	0.80	0.0152
3	773.0	21.53	0.79	0.0336
4	756.0	19.76	0.77	0.0453
5	742.5	18.30	0.77	0.0570
6	730.5	16.96	0.76	0.0633
7	720.5	15.81	0.77	0.0770
8	712.0	14.80	0.77	0.0906
9	706.0	14.08	0.76	0.1267
10	702.0	13.59	0.76	0.1900
11				
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ค. 9 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประดะเชื่อมแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	843.0	28.04	0.81	0.0052
2	786.0	22.82	0.81	0.0142
3	761.5	20.34	0.79	0.0322
4	747.5	18.85	0.77	0.0550
5	735.0	17.47	0.78	0.0624
6	725.5	16.39	0.77	0.0811
7	717.0	15.40	0.77	0.0906
8	710.0	14.56	0.76	0.1086
9	704.5	13.90	0.77	0.1400
10	700.0	13.34	0.76	0.1689
11				
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ค. 10 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประดะเชื่อมแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	892.0	32.00	0.67	0.0062
2	850.0	28.64	0.66	0.0157
3	818.0	25.84	0.67	0.0209
4	797.0	23.89	0.65	0.0310
5	778.0	22.03	0.67	0.0353
6	762.0	20.39	0.65	0.0406
7	746.0	18.69	0.67	0.0419
8	732.0	17.13	0.67	0.0479
9	720.0	15.75	0.66	0.0550
10	711.0	14.68	0.67	0.0744
11	703.0	13.71	0.67	0.0838
12	698.0	13.09	0.65	0.1300
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 11 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	895.0	32.22	0.66	0.0063
2	848.5	28.51	0.66	0.0142
3	815.0	25.57	0.65	0.0194
4	789.0	23.12	0.66	0.0254
5	768.5	21.07	0.65	0.0317
6	752.5	19.39	0.64	0.0400
7	739.5	17.97	0.63	0.0485
8	727.0	16.56	0.67	0.0536
9	717.5	15.46	0.66	0.0695
10	710.0	14.56	0.65	0.0867
11	705.0	13.96	0.64	0.1280
12	701.0	13.47	0.67	0.1675
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 12 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	891.0	31.92	0.69	0.0063
2	841.0	27.87	0.67	0.0134
3	812.0	25.30	0.64	0.0221
4	792.0	23.41	0.65	0.0325
5	774.0	21.63	0.65	0.0361
6	757.0	19.87	0.64	0.0376
7	742.0	18.25	0.67	0.0447
8	730.0	16.90	0.63	0.0525
9	720.0	15.75	0.65	0.0650
10	714.0	15.04	0.65	0.1083
11	709.0	14.44	0.67	0.1340
12	705.0	13.96	0.65	0.1625
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 13 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	866.0	29.95	0.70	0.0052
2	815.5	25.62	0.70	0.0139
3	791.5	23.36	0.69	0.0287
4	771.0	21.32	0.65	0.0317
5	754.5	19.60	0.66	0.0400
6	740.0	18.03	0.66	0.0455
7	728.5	16.73	0.66	0.0574
8	718.5	15.57	0.67	0.0670
9	711.0	14.68	0.68	0.0907
10	705.0	13.96	0.67	0.1117
11	701.0	13.47	0.67	0.1675
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 14 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	870.0	30.28	0.72	0.0055
2	821.0	26.11	0.72	0.0147
3	796.0	23.79	0.69	0.0276
4	776.0	21.83	0.70	0.0350
5	757.0	19.87	0.69	0.0363
6	743.0	18.36	0.67	0.0479
7	733.0	17.24	0.69	0.0690
8	723.0	16.10	0.70	0.0700
9	714.0	15.04	0.68	0.0756
10	707.0	14.20	0.69	0.0986
11	702.0	13.59	0.68	0.1360
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 15 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	873.0	30.52	0.69	0.0054
2	825.0	26.47	0.70	0.0146
3	796.5	23.84	0.70	0.0246
4	776.5	21.88	0.68	0.0340
5	758.0	19.97	0.70	0.0378
6	742.5	18.30	0.68	0.0439
7	731.0	17.02	0.69	0.0600
8	721.5	15.93	0.65	0.0684
9	715.0	15.16	0.67	0.1031
10	710.0	14.56	0.67	0.1340
11	706.0	14.08	0.65	0.1625
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 16 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1002.0	39.46	0.00	0.0000
1	854.0	28.97	0.70	0.0047
2	803.0	24.46	0.69	0.0135
3	771.0	21.32	0.66	0.0206
4	752.0	19.34	0.68	0.0358
5	738.0	17.80	0.66	0.0471
6	728.0	16.68	0.68	0.0680
7	719.0	15.63	0.68	0.0756
8	713.0	14.92	0.66	0.1100
9	708.0	14.32	0.68	0.1360
10	704.0	13.84	0.67	0.1675
11				
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 17 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	850.0	28.64	0.68	0.0045
2	803.0	24.46	0.69	0.0147
3	776.0	21.83	0.67	0.0248
4	753.0	19.44	0.70	0.0304
5	739.0	17.92	0.66	0.0471
6	728.0	16.68	0.67	0.0609
7	717.0	15.40	0.70	0.0636
8	709.0	14.44	0.71	0.0887
9	704.0	13.84	0.67	0.1340
10	700.0	13.34	0.69	0.1725
11				
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 18 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	847.0	28.38	0.70	0.0046
2	802.0	24.36	0.68	0.0151
3	779.0	22.13	0.67	0.0290
4	760.0	20.18	0.66	0.0348
5	744.0	18.47	0.69	0.0431
6	730.0	16.90	0.67	0.0479
7	719.0	15.63	0.68	0.0618
8	711.0	14.68	0.67	0.0838
9	706.0	14.08	0.69	0.1380
10	701.0	13.47	0.67	0.1340
11				
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 19 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	890.0	31.84	0.54	0.0049
2	847.0	28.38	0.55	0.0128
3	819.0	25.93	0.54	0.0193
4	797.0	23.89	0.57	0.0259
5	777.0	21.93	0.59	0.0295
6	762.0	20.39	0.58	0.0387
7	747.0	18.80	0.58	0.0387
8	733.0	17.24	0.56	0.0400
9	720.0	15.75	0.56	0.0431
10	710.0	14.56	0.57	0.0570
11	703.0	13.71	0.54	0.0771
12	698.0	13.09	0.51	0.1020
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 20 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	896.0	32.30	0.54	0.0052
2	838.5	27.66	0.58	0.0101
3	811.0	25.20	0.59	0.0215
4	787.0	22.92	0.58	0.0242
5	766.5	20.86	0.59	0.0288
6	752.5	19.39	0.57	0.0407
7	740.5	18.08	0.55	0.0458
8	729.0	16.79	0.53	0.0461
9	719.0	15.63	0.57	0.0570
10	711.0	14.68	0.56	0.0700
11	706.0	14.08	0.56	0.1120
12	702.0	13.59	0.56	0.1412
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 21 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	902.0	32.75	0.54	0.0055
2	849.0	28.55	0.58	0.0109
3	816.0	25.66	0.58	0.0176
4	794.0	23.60	0.58	0.0264
5	772.0	21.42	0.57	0.0259
6	753.0	19.44	0.57	0.0300
7	740.0	18.03	0.56	0.0431
8	730.0	16.90	0.56	0.0560
9	720.0	15.75	0.56	0.0560
10	713.0	14.92	0.59	0.0843
11	709.0	14.44	0.57	0.1425
12	706.0	14.08	0.53	0.1763
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 22 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1002.0	39.46	0.00	0.0000
1	871.0	30.36	0.56	0.0043
2	817.0	25.75	0.54	0.0100
3	791.0	23.31	0.54	0.0208
4	769.0	21.12	0.55	0.0250
5	753.0	19.44	0.61	0.0381
6	740.0	18.03	0.62	0.0477
7	728.0	16.68	0.58	0.0483
8	717.0	15.40	0.56	0.0509
9	709.0	14.44	0.58	0.0725
10	704.0	13.84	0.58	0.1160
11	700.0	13.34	0.55	0.1375
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 23 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	874.0	30.59	0.54	0.0043
2	818.0	25.84	0.61	0.0109
3	789.0	23.12	0.58	0.0200
4	770.0	21.22	0.60	0.0316
5	753.0	19.44	0.55	0.0324
6	742.0	18.25	0.61	0.0555
7	733.0	17.24	0.60	0.0667
8	723.0	16.10	0.59	0.0590
9	714.0	15.04	0.56	0.0622
10	707.0	14.20	0.57	0.0814
11	703.0	13.71	0.55	0.1375
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 24 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	872.0	30.44	0.58	0.0045
2	821.0	26.11	0.57	0.0112
3	796.0	23.79	0.56	0.0224
4	776.0	21.83	0.57	0.0285
5	757.0	19.87	0.58	0.0305
6	742.0	18.25	0.58	0.0387
7	731.0	17.02	0.57	0.0518
8	721.0	15.87	0.59	0.0590
9	715.0	15.16	0.59	0.0983
10	709.5	14.50	0.59	0.1073
11	705.0	13.96	0.57	0.1267
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 25 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1002.0	39.46	0.00	0.0000
1	855.0	29.05	0.59	0.0040
2	801.0	24.27	0.61	0.0113
3	776.0	21.83	0.58	0.0232
4	754.0	19.55	0.55	0.0250
5	740.0	18.03	0.57	0.0407
6	729.0	16.79	0.56	0.0509
7	721.0	15.87	0.57	0.0713
8	714.0	15.04	0.57	0.0814
9	708.0	14.32	0.56	0.0933
10	704.0	13.84	0.56	0.1400
11				
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ก. 26 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	854.0	28.97	0.54	0.0037
2	807.0	24.83	0.61	0.0130
3	779.0	22.13	0.58	0.0207
4	758.0	19.97	0.60	0.0286
5	742.0	18.25	0.55	0.0344
6	728.0	16.68	0.61	0.0436
7	717.0	15.40	0.60	0.0545
8	709.0	14.44	0.59	0.0738
9	704.0	13.84	0.56	0.1120
10	700.0	13.34	0.57	0.1425
11				
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ค. 27 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบหั่นเฉียง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	847.0	28.38	0.58	0.0038
2	802.0	24.36	0.61	0.0136
3	779.0	22.13	0.66	0.0287
4	758.0	19.97	0.63	0.0300
5	740.0	18.03	0.63	0.0350
6	726.0	16.45	0.60	0.0429
7	716.0	15.28	0.60	0.0600
8	709.0	14.44	0.57	0.0814
9	703.0	13.71	0.59	0.0983
10	699.0	13.22	0.61	0.1525
11				
12				
13				
14				
Average				

ตาราง ค. 28 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	886.0	31.53	0.77	0.0068
2	836.5	27.48	0.75	0.0152
3	811.0	25.20	0.74	0.0290
4	792.0	23.41	0.72	0.0379
5	776.0	21.83	0.73	0.0456
6	762.5	20.45	0.70	0.0519
7	750.5	19.17	0.71	0.0592
8	740.0	18.03	0.71	0.0676
9	730.0	16.90	0.73	0.0730
10	721.5	15.93	0.74	0.0871
11	714.0	15.04	0.74	0.0987
12	708.0	14.32	0.71	0.1183
13	703.0	13.71	0.69	0.1380
14	698.0	13.09	0.73	0.1460
Average				

ตาราง ค. 29 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	892.0	32.00	0.73	0.0068
2	849.0	28.55	0.72	0.0167
3	823.0	26.29	0.70	0.0269
4	804.0	24.55	0.71	0.0374
5	787.0	22.92	0.68	0.0400
6	772.0	21.42	0.69	0.0460
7	758.0	19.97	0.69	0.0493
8	746.0	18.69	0.71	0.0592
9	736.0	17.58	0.74	0.0740
10	725.0	16.33	0.71	0.0645
11	716.0	15.28	0.68	0.0756
12	710.0	14.56	0.63	0.1050
13	706.0	14.08	0.71	0.1775
14	702.0	13.59	0.68	0.1700
Average				

ตาราง ค. 30 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	900.0	32.60	0.72	0.0072
2	853.0	28.89	0.72	0.0153
3	821.0	26.11	0.70	0.0219
4	800.0	24.18	0.71	0.0338
5	783.0	22.53	0.68	0.0400
6	769.0	21.12	0.69	0.0493
7	759.0	20.08	0.69	0.0690
8	748.0	18.90	0.65	0.0591
9	740.0	18.03	0.75	0.0938
10	731.0	17.02	0.71	0.0789
11	724.0	16.22	0.68	0.0971
12	716.0	15.28	0.70	0.0875
13	710.0	14.56	0.68	0.1133
14	705.0	13.96	0.71	0.1420
Average				

ตาราง ค. 31 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	888.0	31.69	0.76	0.0068
2	839.0	27.70	0.77	0.0157
3	817.0	25.75	0.74	0.0336
4	801.0	24.27	0.69	0.0431
5	785.0	22.73	0.71	0.0444
6	771.0	21.32	0.74	0.0529
7	759.0	20.08	0.77	0.0642
8	749.0	19.01	0.70	0.0700
9	740.0	18.03	0.75	0.0833
10	731.0	17.02	0.73	0.0811
11	724.0	16.22	0.71	0.1014
12	717.0	15.40	0.75	0.1071
13	712.0	14.80	0.73	0.1460
14				
Average				

ตาราง ค. 32 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	875.0	30.67	0.81	0.0065
2	825.0	26.47	0.77	0.0154
3	803.0	24.46	0.76	0.0345
4	784.0	22.63	0.75	0.0395
5	770.0	21.22	0.75	0.0536
6	756.0	19.76	0.76	0.0543
7	744.0	18.47	0.74	0.0617
8	733.0	17.24	0.77	0.0700
9	725.0	16.33	0.74	0.0925
10	720.0	15.75	0.72	0.1440
11	714.0	15.04	0.77	0.1283
12	710.0	14.56	0.75	0.1875
13	706.0	14.08	0.76	0.1900
14				
Average				

ตาราง ค. 33 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	870.0	30.28	0.80	0.0062
2	821.0	26.11	0.77	0.0157
3	800.0	24.18	0.76	0.0362
4	783.0	22.53	0.77	0.0453
5	769.0	21.12	0.74	0.0529
6	754.0	19.55	0.79	0.0527
7	741.0	18.14	0.75	0.0577
8	730.0	16.90	0.76	0.0691
9	721.0	15.87	0.76	0.0844
10	715.0	15.16	0.77	0.1283
11	710.0	14.56	0.75	0.1500
12	706.0	14.08	0.74	0.1850
13	702.0	13.59	0.77	0.1925
14				
Average				

ตาราง ค. 34 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	867.0	30.03	0.80	0.0060
2	815.0	25.57	0.79	0.0152
3	793.0	23.51	0.77	0.0350
4	773.0	21.53	0.78	0.0390
5	758.0	19.97	0.76	0.0507
6	743.0	18.36	0.78	0.0520
7	732.0	17.13	0.74	0.0673
8	722.0	15.98	0.76	0.0760
9	716.0	15.28	0.76	0.1267
10	710.0	14.56	0.79	0.1317
11	706.0	14.08	0.75	0.1875
12	702.0	13.59	0.77	0.1925
13				
14				
Average				

ตาราง ค.35 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	855.0	29.05	0.83	0.0057
2	815.0	25.57	0.81	0.0202
3	799.0	24.08	0.77	0.0481
4	784.0	22.63	0.75	0.0500
5	769.0	21.12	0.79	0.0527
6	757.0	19.87	0.74	0.0617
7	743.0	18.36	0.78	0.0557
8	731.0	17.02	0.76	0.0633
9	722.0	15.98	0.78	0.0867
10	714.0	15.04	0.76	0.0950
11	707.0	14.20	0.77	0.1100
12	702.0	13.59	0.78	0.1560
13				
14				
Average				

ตาราง ค. 36 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 60 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	848.0	28.47	0.82	0.0054
2	816.0	25.66	0.80	0.0250
3	801.0	24.27	0.77	0.0513
4	784.0	22.63	0.79	0.0465
5	769.0	21.12	0.79	0.0527
6	755.0	19.66	0.79	0.0564
7	743.0	18.36	0.80	0.0667
8	733.0	17.24	0.76	0.0760
9	722.0	15.98	0.79	0.0718
10	713.0	14.92	0.77	0.0856
11	706.0	14.08	0.82	0.1171
12	702.0	13.59	0.73	0.1825
13				
14				
Average				

ตาราง ค. 37 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	898.0	32.45	0.68	0.0067
2	854.0	28.97	0.66	0.0150
3	830.0	26.92	0.67	0.0279
4	812.0	25.30	0.61	0.0339
5	794.0	23.60	0.66	0.0367
6	779.0	22.13	0.61	0.0407
7	763.0	20.50	0.65	0.0406
8	748.0	18.90	0.65	0.0433
9	736.0	17.58	0.61	0.0508
10	725.0	16.33	0.60	0.0545
11	718.0	15.52	0.58	0.0829
12	712.0	14.80	0.59	0.0983
13	708.0	14.32	0.55	0.1375
14	704.0	13.84	0.60	0.1500
Average				

ตาราง ค. 38 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	898.0	32.97	0.68	0.0073
2	854.0	29.71	0.66	0.0160
3	830.0	27.70	0.67	0.0267
4	812.0	26.11	0.61	0.0361
5	794.0	24.65	0.66	0.0369
6	779.0	23.12	0.61	0.0394
7	763.0	21.73	0.65	0.0464
8	748.0	20.50	0.65	0.0567
9	736.0	19.12	0.61	0.0438
10	725.0	17.80	0.60	0.0500
11	718.0	16.68	0.58	0.0580
12	712.0	15.75	0.59	0.0675
13	708.0	15.04	0.55	0.0967
14	704.0	14.32	0.60	0.0950
Average				

ตาราง ค. 39 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	905.0	32.97	0.69	0.0073
2	863.0	29.71	0.67	0.0160
3	839.0	27.70	0.64	0.0267
4	821.0	26.11	0.65	0.0361
5	805.0	24.65	0.59	0.0369
6	789.0	23.12	0.63	0.0394
7	775.0	21.73	0.65	0.0464
8	763.0	20.50	0.68	0.0567
9	750.0	19.12	0.57	0.0438
10	738.0	17.80	0.60	0.0500
11	728.0	16.68	0.58	0.0580
12	720.0	15.75	0.54	0.0675
13	714.0	15.04	0.58	0.0967
14	708.0	14.32	0.57	0.0950
Average				

ตาราง ค. 40 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	880.0	31.07	0.70	0.0058
2	831.0	27.00	0.70	0.0143
3	804.0	24.55	0.69	0.0256
4	786.0	22.82	0.65	0.0361
5	769.0	21.12	0.66	0.0388
6	753.0	19.44	0.66	0.0413
7	741.0	18.14	0.66	0.0550
8	730.0	16.90	0.67	0.0609
9	721.0	15.87	0.68	0.0756
10	715.0	15.16	0.67	0.1117
11	709.0	14.44	0.68	0.1133
12	705.0	13.96	0.64	0.1600
13	701.0	13.47	0.68	0.1700
14				
Average				

ตาราง ค. 41 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	882.0	31.22	0.72	0.0061
2	841.0	27.87	0.70	0.0171
3	815.0	25.57	0.69	0.0265
4	797.0	23.89	0.70	0.0389
5	780.0	22.23	0.69	0.0406
6	765.0	20.71	0.70	0.0467
7	751.0	19.23	0.64	0.0457
8	737.0	17.69	0.66	0.0471
9	726.0	16.45	0.68	0.0618
10	716.0	15.28	0.68	0.0680
11	710.0	14.56	0.70	0.1167
12	706.0	14.08	0.61	0.1525
13	702.0	13.59	0.69	0.1725
14				
Average				

ตาราง ค. 42 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	879.0	30.99	0.74	0.0061
2	832.0	27.09	0.70	0.0149
3	807.0	24.83	0.70	0.0280
4	789.0	23.12	0.69	0.0383
5	772.0	21.42	0.64	0.0376
6	758.0	19.97	0.68	0.0486
7	746.0	18.69	0.69	0.0575
8	734.0	17.36	0.65	0.0542
9	724.0	16.22	0.69	0.0690
10	716.0	15.28	0.63	0.0787
11	709.0	14.44	0.67	0.0957
12	704.0	13.84	0.65	0.1300
13	700.0	13.34	0.66	0.1650
14				
Average				

ตาราง ค. 43 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	868.0	30.12	0.72	0.0055
2	829.0	26.83	0.71	0.0182
3	809.0	25.02	0.69	0.0345
4	790.0	23.22	0.69	0.0363
5	774.0	21.63	0.68	0.0425
6	759.0	20.08	0.70	0.0467
7	745.0	18.58	0.68	0.0486
8	734.0	17.36	0.66	0.0600
9	722.0	15.98	0.70	0.0583
10	714.0	15.04	0.69	0.0862
11	709.0	14.44	0.65	0.1300
12	704.0	13.84	0.71	0.1420
13				
14				
Average				

ตาราง ค. 44 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	863.0	29.71	0.80	0.0058
2	817.0	25.75	0.80	0.0174
3	794.0	23.60	0.78	0.0339
4	776.0	21.83	0.78	0.0433
5	761.0	20.29	0.75	0.0500
6	746.0	18.69	0.77	0.0513
7	734.0	17.36	0.75	0.0625
8	725.0	16.33	0.77	0.0856
9	718.0	15.52	0.77	0.1100
10	712.0	14.80	0.78	0.1300
11	706.0	14.08	0.78	0.1300
12	702.0	13.59	0.78	0.1950
13				
14				
Average				

ตาราง ค. 45 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	871.0	30.36	0.77	0.0060
2	829.0	26.83	0.75	0.0179
3	804.0	24.55	0.81	0.0324
4	785.0	22.73	0.77	0.0405
5	770.0	21.22	0.74	0.0493
6	755.0	19.66	0.77	0.0513
7	741.0	18.14	0.76	0.0543
8	729.0	16.79	0.74	0.0617
9	721.0	15.87	0.76	0.0950
10	715.0	15.16	0.77	0.1283
11	710.0	14.56	0.75	0.1500
12	706.0	14.08	0.76	0.1900
13				
14				
Average				

ตาราง ค. 46 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	894.0	32.15	0.60	0.0057
2	836.5	27.48	0.59	0.0103
3	811.0	25.20	0.57	0.0224
4	790.0	23.22	0.56	0.0267
5	772.0	21.42	0.58	0.0322
6	758.0	19.97	0.57	0.0407
7	747.5	18.85	0.56	0.0533
8	738.0	17.80	0.55	0.0579
9	730.0	16.90	0.55	0.0688
10	721.5	15.93	0.57	0.0671
11	714.0	15.04	0.55	0.0733
12	708.0	14.32	0.57	0.0950
13	704.0	13.84	0.56	0.1400
14	701.0	13.47	0.57	0.1900
Average				

ตาราง ค. 47 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	904.0	32.90	0.60	0.0062
2	849.0	28.55	0.61	0.0111
3	820.0	26.02	0.58	0.0200
4	802.0	24.36	0.54	0.0300
5	785.0	22.73	0.57	0.0335
6	770.0	21.22	0.54	0.0360
7	757.0	19.87	0.53	0.0408
8	744.0	18.47	0.57	0.0438
9	735.0	17.47	0.56	0.0622
10	727.0	16.56	0.54	0.0675
11	720.0	15.75	0.54	0.0771
12	714.0	15.04	0.53	0.0883
13	708.0	14.32	0.56	0.0933
14	704.0	13.84	0.52	0.1300
Average				

ตาราง ค. 48 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	901.0	32.67	0.57	0.0058
2	854.0	28.97	0.59	0.0126
3	822.0	26.20	0.55	0.0172
4	801.0	24.27	0.55	0.0262
5	784.0	22.63	0.56	0.0329
6	770.0	21.22	0.57	0.0407
7	759.0	20.08	0.57	0.0518
8	750.0	19.12	0.54	0.0600
9	740.0	18.03	0.54	0.0540
10	732.0	17.13	0.53	0.0663
11	725.0	16.33	0.54	0.0771
12	717.0	15.40	0.55	0.0687
13	711.0	14.68	0.58	0.0967
14	706.0	14.08	0.54	0.1080
Average				

ตาราง ค. 49 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1002.0	39.46	0.00	0.0000
1	891.0	31.92	0.62	0.0056
2	837.0	27.53	0.60	0.0111
3	809.0	25.02	0.59	0.0211
4	791.0	23.31	0.58	0.0322
5	775.0	21.73	0.60	0.0375
6	759.0	20.08	0.57	0.0356
7	746.0	18.69	0.58	0.0446
8	735.0	17.47	0.58	0.0527
9	725.0	16.33	0.57	0.0570
10	716.0	15.28	0.55	0.0611
11	710.0	14.56	0.57	0.0950
12	705.0	13.96	0.57	0.1140
13	700.0	13.34	0.59	0.1180
14				
Average				

ตาราง ค. 50 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	884.0	31.38	0.63	0.0054
2	828.0	26.74	0.61	0.0109
3	802.0	24.36	0.54	0.0208
4	782.0	22.43	0.58	0.0290
5	767.0	20.91	0.57	0.0380
6	755.0	19.66	0.57	0.0475
7	745.0	18.58	0.53	0.0530
8	734.0	17.36	0.59	0.0536
9	724.0	16.22	0.56	0.0560
10	715.0	15.16	0.56	0.0622
11	710.0	14.56	0.57	0.1140
12	706.0	14.08	0.57	0.1425
13	702.0	13.59	0.58	0.1450
14				
Average				

ตาราง ค. 51 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	873.0	30.52	0.65	0.0051
2	822.0	26.20	0.65	0.0127
3	798.0	23.98	0.62	0.0258
4	781.0	22.33	0.65	0.0382
5	768.0	21.02	0.63	0.0485
6	756.0	19.76	0.63	0.0525
7	745.0	18.58	0.59	0.0536
8	736.0	17.58	0.55	0.0611
9	726.0	16.45	0.63	0.0630
10	718.0	15.52	0.60	0.0750
11	712.0	14.80	0.63	0.1050
12	708.0	14.32	0.64	0.1600
13	705.0	13.96	0.60	0.2000
14				
Average				

ตาราง ค. 52 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 1

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	867.0	30.03	0.80	0.0060
2	815.0	25.57	0.79	0.0152
3	793.0	23.51	0.77	0.0350
4	773.0	21.53	0.78	0.0390
5	758.0	19.97	0.76	0.0507
6	743.0	18.36	0.78	0.0520
7	732.0	17.13	0.74	0.0673
8	722.0	15.98	0.76	0.0760
9	716.0	15.28	0.76	0.1267
10	710.0	14.56	0.79	0.1317
11	706.0	14.08	0.75	0.1875
12	702.0	13.59	0.77	0.1925
13				
14				
Average				

ตาราง ค. 53 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	39.34	0.0000
1	855.0	29.05	29.05	0.0057
2	815.0	25.57	25.57	0.0202
3	799.0	24.08	24.08	0.0481
4	784.0	22.63	22.63	0.0500
5	769.0	21.12	21.12	0.0527
6	757.0	19.87	19.87	0.0617
7	743.0	18.36	18.36	0.0557
8	731.0	17.02	17.02	0.0633
9	722.0	15.98	15.98	0.0867
10	714.0	15.04	15.04	0.0950
11	707.0	14.20	14.20	0.1100
12	702.0	13.59	13.59	0.1560
13				
14				
Average				

ตาราง ค. 54 ผลการทดลองอบแห้งแกนสับประรดเชื่อมแบบลูกเต๋า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3

Time (hr)	Product weight (g)	% Moisture content (wet-basis)	Energy (kW-h)	SEC (MJ/kg)
0	1000.0	39.34	0.00	0.0000
1	848.0	28.47	0.82	0.0054
2	816.0	25.66	0.80	0.0250
3	801.0	24.27	0.77	0.0513
4	784.0	22.63	0.79	0.0465
5	769.0	21.12	0.79	0.0527
6	755.0	19.66	0.79	0.0564
7	743.0	18.36	0.80	0.0667
8	733.0	17.24	0.76	0.0760
9	722.0	15.98	0.79	0.0718
10	713.0	14.92	0.77	0.0856
11	706.0	14.08	0.82	0.1171
12	702.0	13.59	0.73	0.1825
13				
14				
Average				



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณการประเมินสมรรถนะเครื่องอบแห้งแบบป้อนความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง.1 ตัวอย่างการคำนวณหาความชื้นของแกนสับปรดเชื่อมโดยการใช้ตู้อบลมร้อน

น้ำหนักมวลแห้งแกนสับปรดเชื่อม (M_d) = 29.42 g

น้ำหนักแกนสับปรดเชื่อมมวลเปียก (M_w) = 48.90 g

ดังนั้น ความชื้นของวัสดุอบแห้งมาตรฐานเปียก

$$\%MC = \frac{[(M_w - M_d)]}{(M_w)} \times 100$$

$$\%MC = \frac{[(48.90) - (29.42)]}{(48.90)} \times 100$$

$$\therefore \%MC = 39.84 \text{ wetbasis}$$

ภาคผนวก ง.2 ตัวอย่างการคำนวณหาพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง

ใช้ข้อมูลการอบแห้งแกนสับปรดเชื่อมแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิอบแห้ง 55 องศา

เซลเซียส อัตราส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า = 5.87 kW-h

โดย 1 kW-h = 3.6 MJ

ดังนั้น พลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง

$$Energy = \frac{(5.87 \text{ kW-h}) \times 3.6 \text{ MJ}}{\text{kW-h}}$$

$$Energy = 5.87 \times 3.6 \text{ MJ}$$

$$\therefore Energy = 21.11 \text{ MJ}$$

ภาคผนวก ง.3 ตัวอย่างการคำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

ใช้ข้อมูลการอบแห้งแกนสับประรดแช่เย็นแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิอบแห้ง 55 องศาเซลเซียส อัตราส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์

$$\text{ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง} = 21.11 \text{ MJ}$$

$$\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุอบแห้ง} = 0.299 \text{ kg}$$

ดังนั้น ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

$$SEC = \frac{\text{ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง}}{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุอบแห้ง}}$$

$$SEC = \frac{21.11 \text{ MJ}}{0.299 \text{ kg}}$$

$$\therefore SEC = 70.51 \text{ MJ / kg}$$

ภาคผนวก ง.4 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการอบแห้ง

ใช้ข้อมูลการอบแห้งแกนสับประรดแช่เย็นแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิอบแห้ง 55 องศาเซลเซียส อัตราส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์

$$\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุอบแห้ง} = 0.299 \text{ kg}$$

$$\text{เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง} = 10 \text{ hr}$$

ดังนั้น อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ

$$DR = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุอบแห้ง}}{\text{เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง}}$$

$$DR = \frac{0.299 \text{ kg}}{10 \text{ hr}}$$

$$\therefore DR = 0.030 \text{ kg / hr}$$

ภาคผนวก ง.5 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการอบแห้ง

ใช้ข้อมูลการอบแห้งแกนสับประรดแช่อบแบบหันเฉียง ที่อุณหภูมิอบแห้ง 55 องศาเซลเซียส อัตราส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์

อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เครื่องควบแน่น (h_2-h_3) สามารถหาค่าได้จากแผนภูมิ P-h

กำลังงานของเครื่องอัดไอ (h_2-h_1) สามารถหาค่าได้จากแผนภูมิ P-h

ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการอบแห้ง (COP)

$$COP = \frac{\text{อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เครื่องควบแน่น } (h_2-h_3)}{\text{กำลังงานของเครื่องอัดไอ } (h_2-h_1)}$$

$$COP = \frac{183.15}{43.98}$$

$$\therefore COP = 4.16$$



ภาคผนวก จ

ตัวอย่างการคำนวณการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์ใช้เงินไขที่อุณหภูมิอบแห้ง 55 องศาเซลเซียส อัตราส่วนอากาศ
ข้ามเครื่องทำระเหย 80 เปอร์เซ็นต์

1. เงินลงทุนสร้างเครื่อง	30,000 บาท
2. ต้นทุนแกนสับปะรดแช่แข็ง	12,000 บาทต่อปี
2.1. จำนวนวันที่สามารถทำงานได้	300 วันต่อปี
2.2. ราคาแกนสับปะรดแช่แข็ง	40 บาทต่อกิโลกรัม
2.3. อัตราการอบแห้ง	1 กิโลกรัมต่อวัน
3. ต้นทุนด้านพลังงาน	6,761.10 บาทต่อปี
3.1. ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย กิโลวัตต์-ชั่วโมง	3.10 บาทต่อ
3.2. อัตราการใช้พลังงาน	7.27 กิโลวัตต์- ชั่วโมงต่อวัน
3.3. จำนวนวันที่สามารถทำงานได้	300 วันต่อปี
4. ต้นทุนด้านบำรุงรักษา 5 เปอร์เซ็นต์ ต่อปีของมูลค่าเครื่อง	2,000 บาทต่อปี
5. รายได้	21,000 บาทต่อปี
5.1. อัตราการผลิตต่อวัน	0.7 กิโลกรัม (แห้ง)
5.2. ราคาจำหน่าย (ขายส่ง)	100 บาทต่อกิโลกรัม
5.3. จำนวนวันที่สามารถทำงานได้	300 วันต่อปี
6. อัตราดอกเบี้ย หรือ อัตราส่วนลดที่คิดจากค่าเสียโอกาส	7 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนเริ่มต้นของโครงการ}(C_0) &= \text{เงินลงทุนสร้างเครื่อง} + \text{ต้นทุนแกนสับปะรดแช่แข็ง} + \\ &\quad \text{ต้นทุนด้านพลังงาน} + \text{ต้นทุนด้านบำรุงรักษา 5} \\ &\quad \text{เปอร์เซ็นต์ ต่อปีของมูลค่าเครื่อง} \\ &= 38,161.10 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\text{รายได้สุทธิรายปีซึ่งมีค่าเท่ากันทุกปี}(R) = 12,838.90 \text{ ต่อปี}$$

1. การพิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ตารางที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิของเครื่องแบบปั๊มความร้อนสำหรับแกนสับปะรด
แช่เย็น

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เมื่ออัตราส่วนลดเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์

ปี	รายได้ (บาท)	ต้นทุน(บาท)	รายได้สุทธิ (บาท)	ค่าตัวลด (บาท)	PV(B-C) (บาท)
0	0	38,161.10	-38,161.10	1.00	-38,161.10
1	21,000	8,161,10	12,838.90	0.93	11,940.18
2	21,000	8,161,10	12,838.90	0.88	11,298.23
3	21,000	8,161,10	12,838.90	0.81	10,399.51
4	21,000	8,161,10	12,838.90	0.76	9,757.56
5	21,000	8,161,10	12,838.90	0.71	9,115.62
				NPV	14,350.00

$$\begin{aligned}
 \text{มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)} &= \text{มูลค่าปัจจุบันของรายได้} - \text{มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน} \\
 &= \text{PB} - \text{PC} \\
 &= \text{P (B-C)} \\
 &= 14,350.00 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

เกณฑ์การตัดสินใจเมื่อพิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ ให้ลงทุนเฉพาะในโครงการที่มี
ค่า NPV > 0

2. การพิจารณาจากอัตราผลตอบแทนของโครงการ

$$C_0 = \sum_{n=1}^n \frac{R}{(1 + \text{IRR})^n}$$

$$0 = \sum_{n=1}^n \frac{R}{(1 + \text{IRR})^n} - R_0$$

$$0 = \left(\frac{12,838.90}{(1 + \text{IRR})^1} + \frac{12,838.90}{(1 + \text{IRR})^2} + \frac{12,838.90}{(1 + \text{IRR})^3} + \frac{12,838.90}{(1 + \text{IRR})^4} + \frac{12,838.90}{(1 + \text{IRR})^5} \right) - 30,000$$

จะได้ IRR = 32.20 เปอร์เซ็นต์

3.เกณฑ์การพิจารณาจากระยะคืนทุน

ต้นทุนเริ่มต้นของโครงการ(C_0) = 38,161.10 บาทต่อปี

รายได้สุทธิรายปีซึ่งมีค่าเท่ากันทุกปี = 12,838.90 ต่อปี

$$\begin{aligned}\text{ระยะคืนทุน} &= C_0 / R \\ &= 38,161.10 / 12,838.90 \\ &= 2.97 \text{ ปี}\end{aligned}$$

ระยะคืนทุนประมาณ 3 ปี

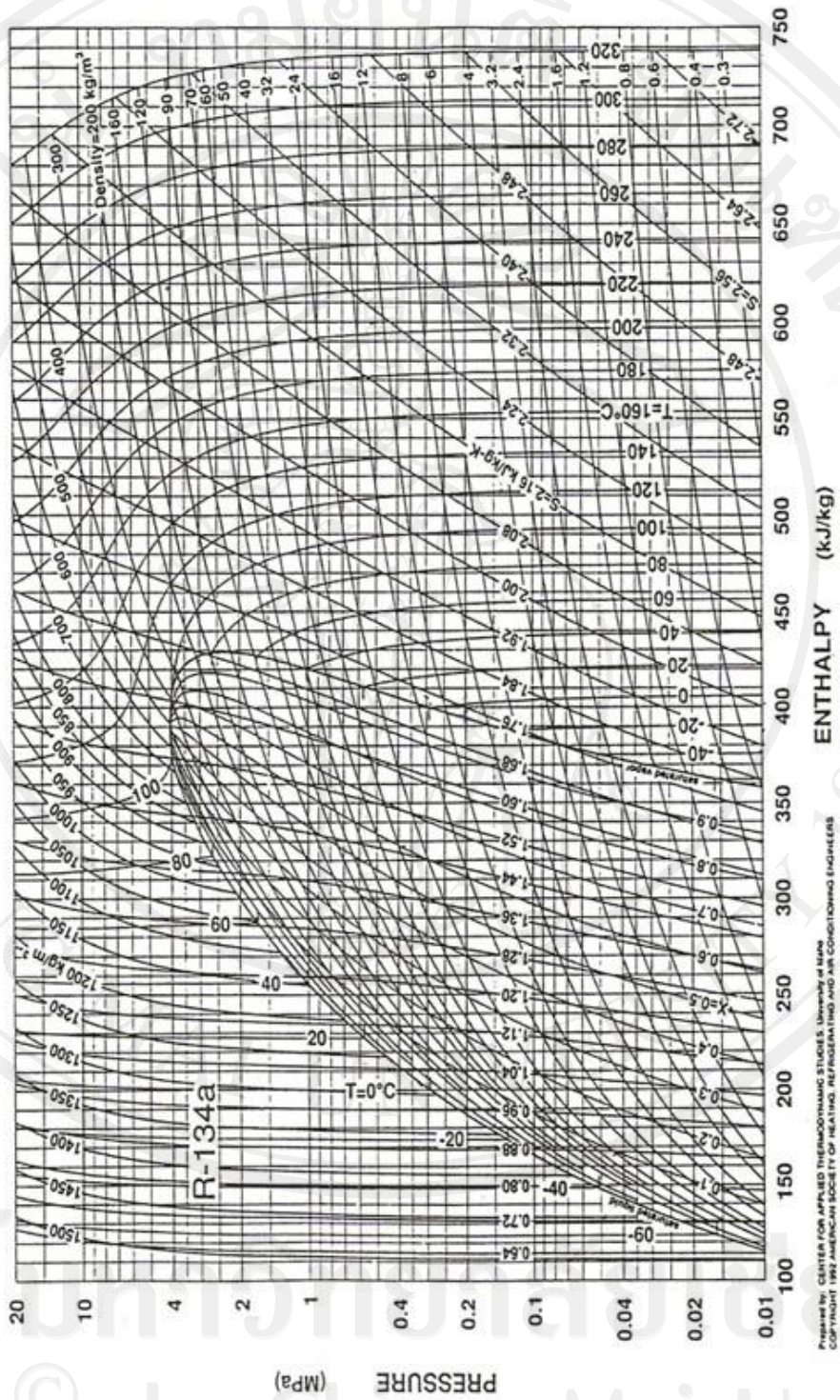


ภาคผนวก จ

แผนภูมิประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล

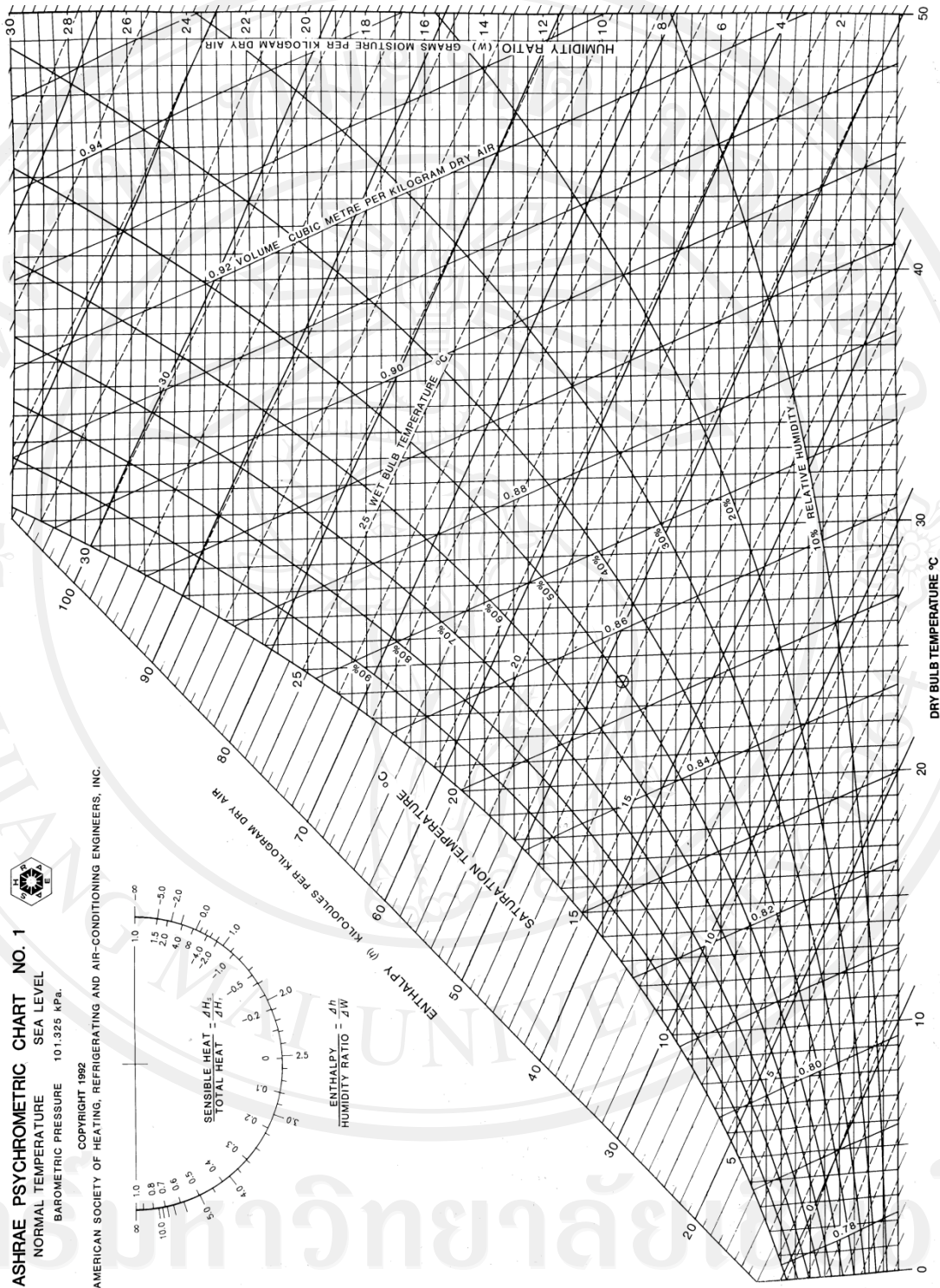
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป จ.1 แผนภาพความดัน-เอนทาลปีของสารทำงาน R-134a (R-134a, P-h Diagram)

ที่มา : ASHRAE Hand Book, 2001



รูป จ.2 แผนภาพคุณสมบัติอากาศ (Psychrometric chart)

ที่มา : ASHRAE Hand Book, 2001



ภาคผนวก ช

เอกสารเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การอบแห้งแบบป้มความร้อนสำหรับแกนสับประดแช่อิ่ม Pineapple Core Glacé Drying Using Heat Pump Dryer

ปรมินทร์ สุนทรเมือง^{1*}, วีระ พ้าเพื่องวิทยากุล¹ และ ประพันธ์ ศิริพลับพลา¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

*Phantoms_tb@hotmail.com, 085-8637599

บทคัดย่อ

การแปรรูปสับประดมีความสำคัญอย่างมากทางด้านเศรษฐกิจของประเทศไทย สำหรับวิธีการแปรรูปสับประดเพื่อการส่งออกมีหลายรูปแบบ ซึ่งรูปแบบที่ทำกันอย่างแพร่หลายคือการแปรรูปสับประดกระป๋อง และขั้นตอนการแปรรูปสับประดกระป๋องจะทำให้ได้แกนสับประดออกมาเป็นปริมาณมาก โดยแกนสับประดยังใช้ประโยชน์ได้ไม่คุ้มค่าและมีมูลค่าน้อย ดังนั้นกระบวนการเพิ่มมูลค่าของแกนสับประดจึงเป็นกรรมวิธีที่สามารถทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มด้านเศรษฐกิจรวมถึงสร้างรายได้ให้กับอุตสาหกรรมการผลิตสับประดและเกษตรกรต้องมีการวิจัยวิธีการหนึ่งที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายคือ อุตสาหกรรมแกนสับประดแช่อิ่มอบแห้ง ดังนั้นการพัฒนาระบบการอบแห้งที่ได้ประสิทธิภาพทั้งทางด้านพลังงานและคุณภาพของผลผลิตจึงมีความจำเป็นต้องมีการพัฒนาและศึกษาอย่างจริงจังสำหรับกระบวนการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับกระบวนการอบแห้งผลผลิตเกษตรระบบหนึ่งได้แก่ระบบอบแห้งแบบป้มความร้อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาสมรรถนะของการอบแห้งแกนสับประดแช่อิ่มด้วยเครื่องอบแห้งแบบป้มความร้อน และเงื่อนไขในการอบแห้งแบบป้มความร้อนที่ใช้ในการทดสอบคือ สัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหยที่ 80 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส น้ำหนักของแกนสับประดแช่อิ่ม 1 กิโลกรัม ต่อการอบหนึ่งครั้ง ความชื้นเริ่มต้นของแกนสับประดแช่อิ่มอยู่ที่ 39.34 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ทำการอบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิอบแห้งที่ 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งเฉลี่ย(DR)อยู่ที่ 0.025, 0.027 และ 0.030 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ(SEC) 0.114, 0.110 และ 0.114 กิโลวัตต์ต่อกิโลกรัมน้ำ ชั่วโมง เวลาในการอบแห้ง 12, 11 และ 10 ชั่วโมง และ ตามลำดับ

คำหลัก: เครื่องอบแห้ง, ป้มความร้อน, แกนสับประดแช่อิ่ม

Abstract

The process of pineapple is very important for the economy of Thailand. Many process for produce pineapple for export. Which a general is canned pineapple. The production of canned pineapple has a lot of pineapple core. The pineapple core is still not fully utilized and low value added. Therefore, the process which can be adding value of the pineapple core and increase the economic value for pineapple industry and farmers must be researched. One popular method that the dryin 108 iple Core Glacé industry. So, the efficiency development process of drying both energy and quality must be researched seriously. For the drying system which high efficiency for agricultural product is heat pump dryer. The objective of this research was to study the influence of the temperature effect on the performance of Pineapple Core Glacé Drying Using Heat Pump Dryer. The condition of heat pump dryer operation were: by pass air ratio at 80%, the temperature 45, 50, 55 °C, Pineapple Core Glacé 1 kg per batch, the Initial moisture content 39.34 % wet basis until 14 % wet basis. The result of experiment founded that the drying temperature were 45, 50 and 55 °C, the drying rate(DR) of Pineapple Core Glacé were 0.025, 0.027 and 0.030 kg/hr, the Specific Energy Consumption(SEC) were 0.114, 0.110 and 0.114 kW/kg_{water} h, time of drying were 12, 11 and 10 hours, respectively.

1. บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของธุรกิจด้านการเกษตรที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ อุตสาหกรรมเกษตรสามารถก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มในสินค้าเกษตร กล่าวคือการหาแนวทางเพิ่มคุณค่าผลผลิตทางการเกษตร โดยนำวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเกษตร ที่เหลือหลังจากผลิต มาแปรรูปอุตสาหกรรมหนึ่งที่สามารถแข่งขันทางการค้าและมีศักยภาพสูงได้แก่ อุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรดกระป๋องเพื่อการส่งออก ในกระบวนการแปรรูปสับปะรดกระป๋องในปี 2553 มีปริมาณการส่งออกสูงถึง 134,621.2 ล้านบาท มูลค่าการส่งออกถึง 3,562.9 ล้านบาท (ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

สำนักปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร) สำหรับขั้นตอนการผลิตสับปะรดกระป๋อง จะมีขั้นตอนการลอกเปลือกและคว้านแกนสับปะรดออก โดยแกนสับปะรดที่คว้านออกมานั้นไม่เป็นที่ต้องการในการบรรจุสับปะรดกระป๋อง และมีมูลค่าต่ำ แกนสับปะรดที่ได้มีปริมาณมากซึ่งในปัจจุบันมีการนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า จากข้อมูลของห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงงานอาหารเชียงใหม่ พบว่าแกนสับปะรดสดราคา กิโลกรัมละ 5-6 บาท เมื่อนำมาแปรรูปเป็นแกนสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งจะมีราคา กิโลกรัมละ 85 บาท (ในอัตรา 10 : 1) โดยมีปริมาณการผลิตแกนสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง 500 ตันต่อปี มีมูลค่าถึง 42.5 ล้านบาท ดังนั้นการเพิ่มมูลค่าของแกนสับปะรดเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่าด้านเศรษฐกิจและรายได้จากการอุตสาหกรรมการ

ผลิตสับปะรดได้ โดยวิธีการนี้จะสามารถเพิ่มมูลค่าของแกนสับปะรดและสามารถพัฒนาไปเป็นอุตสาหกรรมแกนสับปะรดแช่ห่ออบแห้งต่อไปในอนาคต

สำหรับกระบวนการอบแห้งซึ่งเป็นกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งมีการทำกันมานาน และเทคโนโลยีการอบแห้งในปัจจุบันมีหลากหลายวิธี ได้แก่ การอบแห้งแบบใช้ลมร้อน การอบแห้งโดยแสงอาทิตย์ (การตากแดด) การอบแห้งด้วยระบบสุญญากาศ เป็นต้น วิธีการที่นิยมทำกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน โดยลมร้อนที่ได้จะเข้าห้องอบแห้งเพื่อถ่ายเทความร้อนและความชื้นจากผลิตภัณฑ์แล้วนำออกสู่บรรยากาศ วิธีการนี้ยังมีข้อจำกัดและมีการสูญเสียพลังงานมากอีกทั้งยังมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกระบวนการอบแห้งแกนสับปะรดจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพื่อการแข่งขันสำหรับการส่งออกสู่ตลาดในระดับสากลต่อไป

กระบวนการอบแห้งที่ได้ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานและสามารถรักษาคุณภาพของผลผลิตกระบวนการหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือการอบแห้งด้วยป้มความร้อน เนื่องจากป้มความร้อนสามารถอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ อากาศอบแห้งมีความชื้นต่ำทำให้สามารถรับความชื้นจากผลผลิตได้ดี ทำให้สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้าน สี กลิ่น ฯลฯ รวมไปถึงการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพสำหรับการประยุกต์ใช้ป้มความร้อนเพื่อลดความชื้นแกนสับปะรดแช่ห่อ ยังอยู่ในขั้นตอนการศึกษาวิจัยและพัฒนา

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาระบบการลดความชื้นแกนสับปะรดแช่ห่อด้วยระบบอบแห้งแบบป้มความร้อน ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการพัฒนากระบวนการผลิตแกนสับปะรดแช่ห่อได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้คุณภาพ

สามารถส่งออกแข่งขันในระดับสากลต่อไปในอนาคต

2. ทฤษฎี

ความชื้นในวัสดุเกษตร

ความชื้นในวัสดุเกษตรเป็นตัวบอกปริมาณน้ำในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุ ความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้เป็นแบบความชื้นมาตรฐานเปียก M_w และความชื้นมาตรฐานแห้ง M_d ดังสมการ (1) และ (2)

ความชื้นมาตรฐานเปียก, M_w (wet basis)

$$M_w = \frac{(w-d)}{w} \times 100 \quad (1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง, M_d (dry basis)

$$M_d = \frac{(w-d)}{d} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, %wb

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, %db

w คือ น้ำหนักของวัสดุ, kg

d คือ น้ำหนักแห้งของวัสดุ, kg

ความชื้นมาตรฐานเปียกจะนิยมใช้กันในการค้า ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งนิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพื่อช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง

ประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน

กำหนดด้วยค่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC)

$$SEC = \frac{\text{ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง}}{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง}} \dots (3)$$

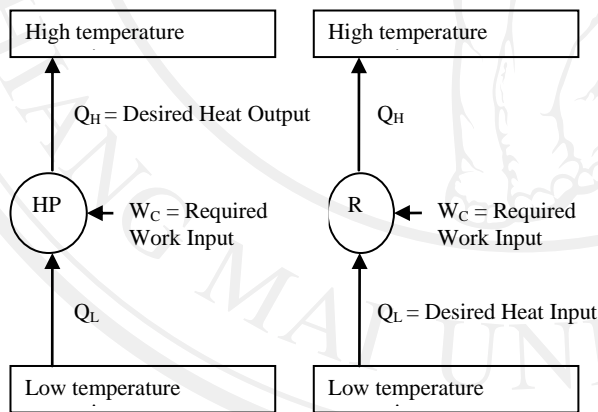
ความสามารถในการอบแห้ง

กำหนดด้วยค่า อัตราการอบแห้งวัสดุ
(Drying Rate, DR)

$$\text{อัตราการอบแห้ง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำระเหยออกจากวัสดุ}}{\text{เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง}} \dots(4)$$

ปั๊มความร้อน

ปั๊มความร้อนและระบบทำความเย็น (Heat pump and refrigeration system) เป็นอุปกรณ์ที่รับความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิต่ำ (Low temperature reservoir) นำมาถ่ายเทให้กับแหล่งอุณหภูมิสูง (High temperature reservoir) โดยใส่งาน (Required work input) ให้กับเครื่องอัดไอ จากรูปที่ 1ก. แสดงหลักการทำงานของปั๊มความร้อน และจากรูป 1ข. แสดงหลักการทำงานของระบบทำความเย็น



ก. ปั๊มความร้อน

ข. ระบบทำความเย็น

รูปที่ 1 หลักการทำงานของระบบปั๊มความร้อน และระบบทำความเย็น

จากหลักการทำงานของทั้งสองระบบจะมี ส่วนประกอบหลักเหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันที่ วัตถุประสงค์การนำไปใช้งาน โดยปั๊มความร้อนใช้ประโยชน์แหล่งอุณหภูมิสูง เช่น การอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ การทำน้ำร้อนในโรงงานหรือ

อุตสาหกรรม และการควบคุมความชื้นในระบบ ส่วนระบบทำความเย็นใช้

ประโยชน์จากแหล่งอุณหภูมิต่ำ เช่น ห้องเย็น ตู้เย็น ห้องปรับอากาศ เป็นต้น

แกนสับปะรดแช่เย็น

การถนอมอาหารด้วยการแช่เย็น เป็นการถนอมอาหารโดยใช้น้ำตาลปริมาณมาก คือ นำอาหารมาแช่ในน้ำเชื่อม และเปลี่ยนเพิ่มความเข้มข้นจนถึงจุดอิ่มตัว แล้วนำมาทำแห้ง กระบวนการผลิตแกนสับปะรดแช่เย็นมีขั้นตอนดังนี้

1. นำแกนสับปะรดมาหั่นตามขนาดที่ต้องการ นำไปแช่ในสารละลายกรดมะนาวเข้มข้นร้อยละ 0.5, 10-15 นาที และแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น ร้อยละ 0.5, 15-20 นาที

2. นึ่งด้วยไอน้ำหรือต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที หรือจนกระทั่งเนื้อแกนสับปะรดนุ่ม

3. แช่น้ำเชื่อมร้อนเข้มข้นร้อยละ 35 ซึ่งมีกรดมะนาวร้อยละ 0.1 และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ร้อยละ 0.2 ให้ท่วมแกนสับปะรด

4. เพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมต่อวัน ร้อยละ 10 ให้เป็นร้อยละ 45 และ 55 ตามลำดับ (โดยการเติมน้ำตาลทราย) จนกระทั่งความเข้มข้นของน้ำเชื่อมเท่ากับร้อยละ 55 เติมกรดมะนาวร้อยละ 0.1 และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ร้อยละ 0.02

5. วันต่อมาเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมโดยการเติมน้ำตาลทรายลงไปให้เป็นร้อยละ 65 ต้มให้เดือด 1-2 นาที วันรุ่งขึ้นเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมโดยการเติมน้ำตาลทรายจนได้ร้อยละ 65 คงที่ ต้มให้เดือดกับน้ำเชื่อมเป็นเวลา 1-2 นาที แช่ทิ้งไว้ 10 วัน

6. ต้มให้เดือด 1-2 นาที ทำให้สะเด็ดน้ำเชื่อม จุ่มสับปะรดแวนลงในน้ำเดือดซึ่งมี

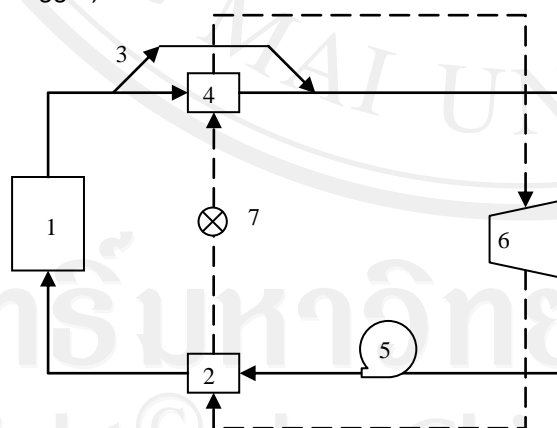
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.1, 1-2 นาที แล้วเรียงใส่ถาดโปร่ง

7. ตากแห้งหรืออบแห้งจนกระทั่งแกนสับปะรดแช่ส้มแห้ง (ผิวแกนสับปะรดแช่ส้มไม่เหนียวติดมือ) ทำให้เย็นและบรรจุในภาชนะที่แห้งและสะอาด ผึ่งกัน

3. อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์การทดลอง

เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน ในการวิจัยสำหรับอบแห้งแกนสับปะรดแช่ส้ม ประกอบขึ้นที่ห้องวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีองค์ประกอบและเงื่อนไขการทำงานดังนี้ คอมเพรสเซอร์ขนาด 1,262 BTU/hr ใช้ R-134a เป็นสารทำงาน พัฒลมแบบหอยโข่งขนาด 2,800 rpm อัตราการไหลเชิงปริมาตร 7.5 m³/min ห้องอบแห้งขนาด 35 cm x 40 cm x 41cm ตะแกรงสแตนเลส ขนาด 34 cm x 41 x 3 cm, ชุดวัดอุณหภูมิ, และชุดเก็บข้อมูลอุณหภูมิ (Data Logger)



รูปที่ 2 ชุดอุปกรณ์การอบแห้งแกนสับปะรดแช่ส้ม

1) Drying chamber 2) Evaporator 3) By pass air 4) Condenser 5) Blower 6) Compressor 7) Expansion Valve.

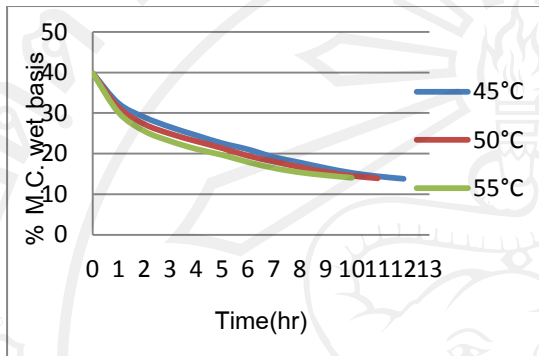
4. วิธีการทดลอง

หาความชื้นเริ่มต้นของแกนสับปะรดแช่ส้มก่อนและหลังการอบแห้งแล้ว (วัดอุณหภูมิกแกนสับปะรดแช่ส้มนำมาจากหิ้งหุ่นส่วนจากัดโรงงานอาหารเชียงใหม่) จากนั้นทำการอบแห้งแกนสับปะรดแช่ส้มแบบหิ้งตามขวาง ซึ่งในการทดลองจะควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบที่ 45 ,50, และ 55 องศาเซลเซียส โดยปรับสัดส่วนอากาศข้ามเครื่องทำระเหยที่ 80 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำผลที่ได้ทำการวัดมาศึกษาผลกระทบต่อการลดลงของความชื้นของแกนสับปะรดแช่ส้มจากความชื้นเริ่มต้น 39.34 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จนเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

ในการทดลองทำการวัดหาค่าน้ำหนักแกนสับปะรดแช่ส้มทุกๆ 0.5 ชั่วโมง ใน 3 ชั่วโมงแรก และทุก 1 ชั่วโมงใน 3 ชั่วโมงถัดมา และ 2 ชั่วโมงจนสิ้นสุดการทดลอง จากนั้นทำการหาน้ำหนักแกนสับปะรดแช่ส้มที่สูญเสียไปจากการอบแห้ง เพื่อนำไปคำนวณหาความชื้นที่ลดลง พร้อมทั้งดำเนินการทดลองอย่างต่อเนื่อง ตามเงื่อนไขและสิ้นสุดการทดลองเมื่อความชื้นของแกนสับปะรดแช่ส้มมีค่าประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

5. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

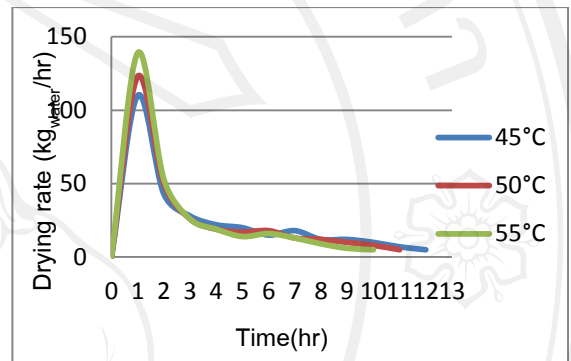
5.1 ผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้ง ต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแกนสับปะรดแช่



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งแกนสับปะรดแช่ที่อุณหภูมิอบแห้ง 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 3 พบว่า เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงจาก 0 ถึง 1 ชั่วโมง ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากในช่วงนี้โมเลกุลของน้ำอิสระสามารถระเหยออกได้ง่ายจากนั้นความชื้นจะลดลงช้าลงเรื่อยๆจนเกือบคงที่อย่างต่อเนื่องที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากกระบวนการอบแห้งในช่วงนี้เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำภายในเนื้อมาสู่ผิวซึ่งเป็นไปได้ยากและช้ากว่าในช่วงแรกจนถึงความชื้นสุดท้ายประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เพราะในช่วงนี้การนำเอาน้ำออกจากผลผลิตเป็นไปได้อย่างยากตามทฤษฎีการอบแห้ง ผลผลิตการเกษตร โดยเมื่อ พิจารณาที่อุณหภูมิอบแห้ง 45 50 และ 55 องศาพบว่าที่อุณหภูมิสูงมีการลดความชื้นได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ รวมทั้งที่อุณหภูมิสูงมีอัตราการถ่ายความร้อนและความชื้นระหว่างอากาศร้อนและแกนสับปะรดแช่มีค่ามาก เนื่องจากที่อุณหภูมิอบแห้งสูงความแตกต่างระหว่างความดันไอของอากาศและของแกน

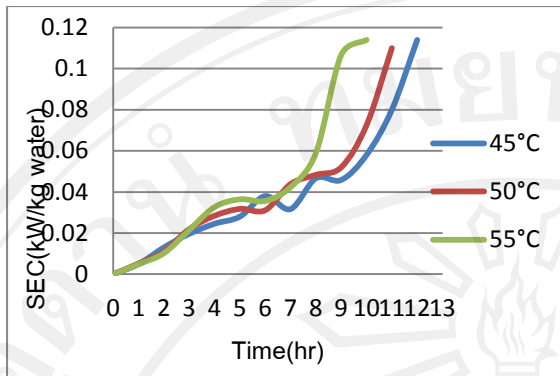
สับปะรดแช่มีมาก ปริมาณน้ำสามารถเคลื่อนตัวออกได้ดี มีผลทำให้อัตราการลดลงของความชื้นมากกว่าอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นที่อุณหภูมิอบแห้งสูงจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งพบว่าเวลาในการอบแห้งจากผลการทดลองคือ 12 11 และ 10 ชั่วโมงตามลำดับ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์อัตราการอบแห้งกับเวลาอบแห้งแกนสับปะรดแช่ที่อุณหภูมิอบแห้ง 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4 เมื่อเวลาผ่านจาก 0 ถึง 2 ชั่วโมง อัตราการลดความชื้นมีค่าสูง และค่อยๆลดลงจนสิ้นสุดการทดลองเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการลดความชื้น ซึ่งในช่วงแรกเป็นการลดความชื้นจากวัสดุในช่วงโมเลกุลน้ำอิสระ อัตราการอบแห้งมีค่ามาก จากนั้นเป็นการลดความชื้นที่อยู่ภายในวัสดุอัตราการ

อบแห้งลดลงและเกือบคงที่ และอุณหภูมิมิผลน้อยต่ออัตราการอบแห้งแกนสับปะรดแช่จึงทำให้อัตราการลดความชื้นลดลงและคงที่ในตอนท้าย



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะกับเวลาในการอบแห้งแกนนับประรดแช่เย็น ที่อุณหภูมิอบแห้ง 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 5 เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจาก 0 จนถึงเวลา 8 ชั่วโมง พลังงานจำเพาะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ สอดคล้องกับผลของอัตราการอบแห้งเพราะในช่วงแรก การระเหยน้ำออกจากผลผลิตสามารถทำได้ง่ายทำให้มีการใช้พลังงานจำเพาะไม่สูงมากนัก และที่เวลา 9 จนสิ้นสุดการอบแห้งการระเหยน้ำออกจากแกนนับประรดแช่เย็นทำได้ยาก ดังนั้นการใช้พลังงานจำเพาะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และที่อุณหภูมิสูงมีการใช้พลังงานจำเพาะสูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนทุนวิจัย ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และห้องวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

8.1 บทความจากวารสาร (Journal)

- [1] Almeida, M.S.V., Gouveia, M.C., Debsky, S.R.Z., Alaberto, J. and Parise, R. (1990). Performance analysis of a heat pump assisted drying system. *International Journal of Energy Research*, Vol. 14, pp. 397-406
- [2] ASHRAE. (2001). *Hand book of fundamental*. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Condition Engineering : Atlanta, Ga
- [3] Baldo, R. and Brunner, H. (1989). *Reducing Load on Driers by Means of Refrigeration*. Sales brochure, Sulzer-Escher Wyss, Lindau, Germany.
- [4] Clements, S., Jia, X. and Jolly, P. (1993). Experimental verification of a heat pump assisted continuous dryer simulation model. *International Journal of Energy Research*, Vol.17, No.1.pp.19-28.
- [5] Jameel, U.R.K. and Syed, M. Z. (1999). Design and Performance evaluation of reciprocating refrigeration system. *International Journal of Refrigeration* Vol.22 pp. 235-243.
- [6] Oktay, Z. and Arif, H. (2003). Performance evaluation of a heat pump assisted mechanical opener dryer. *Energy Conversation and Management* Vol.44 pp. 1193-1207
- [7] Young, G.S., Birchall, S. and Mason, R. (1995). Heat pump drying of food products prediction of performance and energy efficiency. *Fourth ASEAN Conference on Energy Technology*, Bangkok, pp. 240-247.

8.2 หนังสือ

- [1] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. การอบแห้ง
เมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. พิมพ์ครั้งที่
7. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี.
- [2] สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. กรรมวิธีกา
อบแห้ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล

นายปรมินทร์ สุนทรเมือง

วัน เดือน ปีเกิด

23 กรกฎาคม 2528

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนจักรคำคณาธร จังหวัดลำพูน ปีการศึกษา 2543

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนจักรคำคณาธร จังหวัดลำพูน ปีการศึกษา 2546

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเกษตรศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาส่งเสริมและเผยแพร่การเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved