

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน อ. ท่าใหม่

จ. จันทบุรี

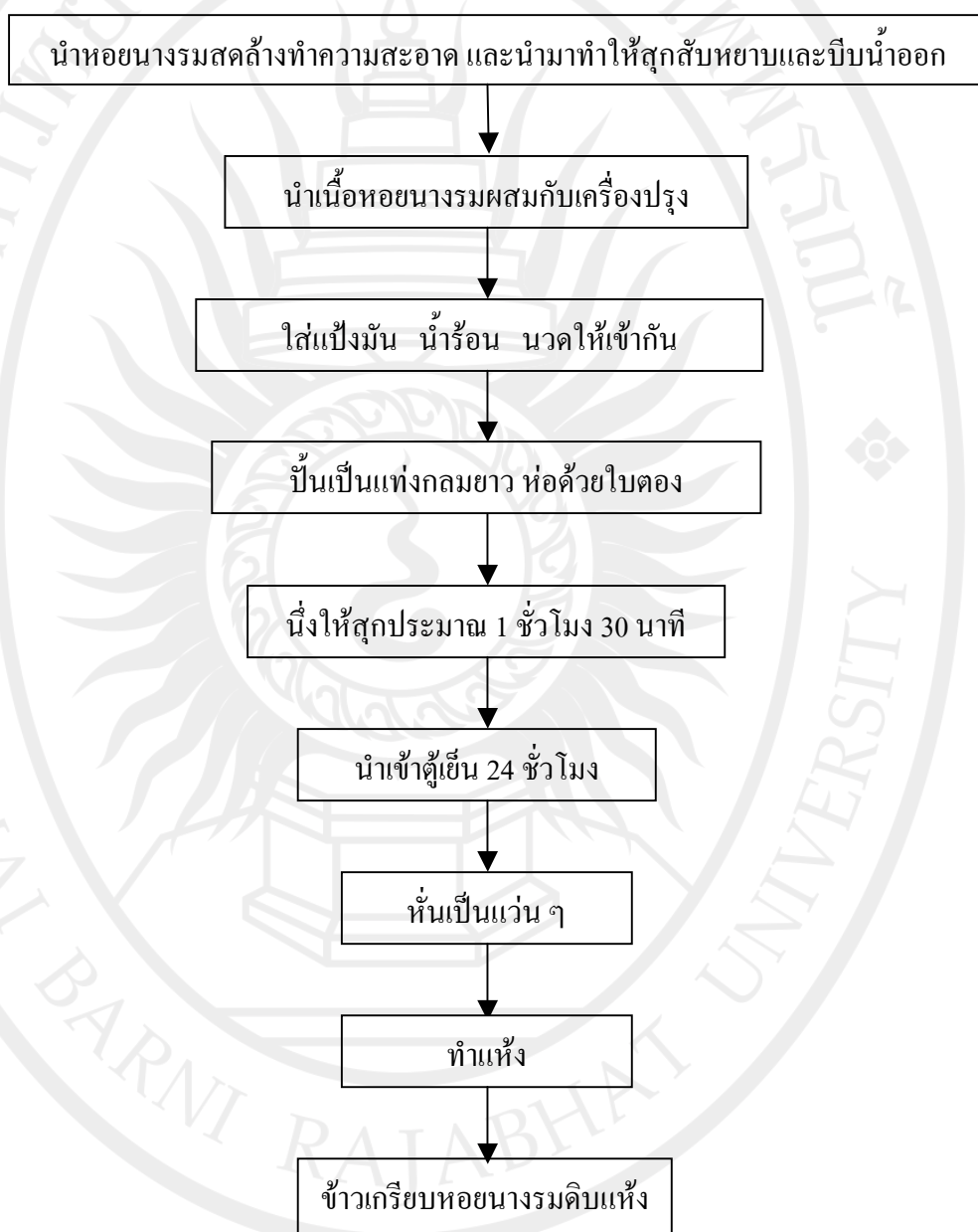
จากการศึกษาการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรทุ่งกระเบน พบว่า วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม คือ แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 43.40 น้ำเปล่า ร้อยละ 28.93 หอยนางรม ร้อยละ 10.85 รายละเอียดของวัตถุดิบ แสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ปริมาณและร้อยละของวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม

ส่วนผสมและวัตถุดิบ	ปริมาณ (กิโลกรัม)	คิดเป็นร้อยละ
1. แป้งมันสำปะหลัง	12	43.40
2. น้ำเปล่า	8	28.93
3. หอยนางรม	3	10.85
4. กระเทียม	1.50	5.42
5. แป้งสาลี	1	3.61
6. น้ำตาลทราย	0.80	2.89
7. พริกไทยป่น	0.50	1.80
8. ผงปรุงรส	0.40	1.44
9. น้ำปลา	0.30	1.08
10. เกลือ	0.15	0.54
รวม	27.65	100

การผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมเริ่มจากการคัดเลือกหอยนางรมที่สด นำมาแกะเปลือก ล้างด้วยน้ำให้สะอาด สับหยาบ บีบน้ำออกหลังจากนั้นนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังและเครื่องปรุงรสให้เข้ากัน นวดแป้งด้วยน้ำร้อนเพื่อให้แป้งและส่วนผสมอื่นเป็นเนื้อเดียวกันและเกิดการจับตัวกันที่ดี นำใส่พิมพ์รูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ห่อด้วยใบตอง นำไปนึ่งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที หลังจากสุกดีแล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 ถึง 7 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ลอกใบตองออกแล้วนำข้าวเกรียบมาหั่นให้เป็นชิ้นบางๆ โดยมีขนาดโดยเฉลี่ย กว้าง 6 ถึง 7 เซนติเมตร ยาว 2.7 ถึง

3 เซนติเมตร หน้า 0.12 ถึง 0.15 เซนติเมตร นำไปตากแดดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง อุณหภูมิโดยเฉลี่ย อยู่ในช่วง 32.5 ถึง 35.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 67 ถึง 52.1 จะได้ ข้าวเกรียบหอมนางรมดิบแห้ง แสดงดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบหอมนางรมดิบแห้ง

ผลศึกษาการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมโดยการทำแห้งด้วยแสงแดด

เมื่อนำข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนทำแห้งด้วยแสงแดด และข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยแสงแดดมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า a_w และค่าสี ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนและหลังทำแห้งด้วยแสงแดด

ตัวอย่างข้าวเกรียบ	ปริมาณ				
	ความชื้น (ร้อยละ)	a_w	L^*	a^*	b^*
ก่อนทำแห้งด้วยแสงแดด	73.64	0.96	57.41 ^{ns} ±4.16	4.71 ^{ns} ±0.79	25.67 ^{ns} ±1.36
หลังทำแห้งด้วยแสงแดด	7.74	0.66	50.52 ^{ns} ±3.84	5.80 ^{ns} ±1.21	25.80 ^{ns} ±2.38

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบ พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนทำแห้งด้วยแสงแดดมีความชื้น ร้อยละ 73.64 เมื่อผ่านการทำแห้งด้วยแสงแดดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง พบว่าความชื้นลดลงเหลือ ร้อยละ 7.74 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ ซึ่งกำหนดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบ ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของข้าวเกรียบ พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนทำแห้งด้วยแสงแดดมีค่า a_w เท่ากับ 0.96 แสดงว่าข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนทำแห้งจัดอยู่ในอาหารที่มีค่า a_w ค่อนข้างสูง สามารถเน่าเสียได้ง่ายด้วยจุลินทรีย์ และเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยแสงแดด พบว่า มีค่า a_w ลดลงจนมีค่าเท่ากับ 0.66 ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราส่วนใหญ่ เนื่องจากเชื้อราส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งการเจริญที่ a_w ต่ำกว่า 0.70 ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น (วิไลรังสาดทอง. 2543 : 44)

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวเกรียบ พบว่า ค่า L^* a^* และ b^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมก่อนและหลังทำแห้งด้วยแสงแดด ไม่มีความแตกต่างกัน โดยค่าความสว่าง L^* มีแนวโน้มลดลง แสดงว่าข้าวเกรียบหอยนางรมที่ผ่านการทำแห้งแล้วจะมีสีเข้มขึ้น ส่วนค่า a^* ($-a^*$ หมายถึง สีเขียว $+a^*$ หมายถึง สีแดง) และค่าสี b^* ($-b^*$ หมายถึง สีน้ำเงิน $+b^*$ หมายถึง สีเหลือง) ของข้าวเกรียบ ทั้งก่อนและหลังทำแห้งด้วยแสงแดดมีแนวโน้มคงที่

ผลการศึกษาสถานะในการอบแห้งข้าวเหนียวหอยนางรมดิบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

การทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ผลการทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยทำการทดสอบอุณหภูมิลมร้อน และการกระจายความร้อนภายในเครื่องอบ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ได้ผลดังตาราง 6 ถึง 8

ตาราง 6 ผลการทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

สถานะเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน	ลำดับภาชนะ		
	1	6	12
1. อุณหภูมิลมร้อน (องศาเซลเซียส) ^{ns}	47.50±1.06	47.33±1.01	46.70±1.01
2. ความชื้นสัมพัทธ์ ^{ns}	31.87±1.52	31.20±1.43	30.33±1.40
3. ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	0.30 ^a ±0.01	0.28 ^{ab} ±0.01	0.27 ^b ±0.02

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน ในแนวนอน หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ตาราง 7 ผลการทดสอบสถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

สถานะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน	ลำดับภาชนะ		
	1	6	12
1. อุณหภูมิลมร้อน (องศาเซลเซียส) ^{ns}	57.17±0.84	57.00±0.84	57.00±0.70
2. ความชื้นสัมพัทธ์ ^{ns}	23.93±1.64	23.40±1.71	22.63±1.01
3. ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที) ^{ns}	0.28±0.01	0.28±0.02	0.28±0.02

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ตาราง 8 ผลการทดสอบสภาวะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

สภาวะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน	ลำดับภาชนะ		
	1	6	12
1. อุณหภูมิลมร้อน(องศาเซลเซียส) ^{ns}	66.83±0.89	66.73±0.92	66.67±0.92
2. ความชื้นสัมพัทธ์ ^{ns}	18.10±0.86	18.53±0.86	18.63±0.89
3. ความเร็วลม(เมตรต่อวินาที)	0.28 ^{ab} ±0.02	0.32 ^a ±0.03	0.26 ^b ±0.03

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการทดสอบอุณหภูมิลมร้อนภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาชนะที่ 1 6 และ 12 พบว่า อุณหภูมิลมร้อนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องเท่ากับ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีผลอุณหภูมิที่อ่านได้อยู่ระหว่าง 47.50 ถึง 46.70 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีผลอุณหภูมิที่อ่านได้อยู่ระหว่าง 57.17 ถึง 57.00 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีผลอุณหภูมิที่อ่านได้อยู่ระหว่าง 66.83 ถึง 66.67 องศาเซลเซียส ทำให้ผลการกระจายความร้อนภายในเครื่องอบ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องอบมีการกระจายลมร้อนที่สม่ำเสมอใกล้เคียงกัน โดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนจะนำพาลมร้อนจากด้านล่างแล้วกระจายลมร้อนออกทางด้านข้างของเครื่องอบทั้ง 2 ข้าง ส่วนลมร้อนและความชื้นจะถูกระบายออกสู่ด้านบนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ผลการทดสอบหาความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาชนะที่ 1 6 และ 12 พบว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องเท่ากับ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่า ภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 31.87 ถึง 30.33 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 23.93 ถึง 22.63 และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 18.10 ถึง 18.63 โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่อ่านได้มีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิลมร้อนที่เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Doymaz et al (2006 : 559 - 565) ศึกษาการอบแห้ง Dill และ Parsley Leaves โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ความเร็วลม

1.10 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิในการทำแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียสพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง และในระหว่างกระบวนการอบแห้งพบเพียงช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเท่านั้น จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้ง Dill และ Parsley Leaves คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบความเร็วลมด้วยเครื่องวัดค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาชนะที่ 1 6 และ 12 พบว่า ค่าความเร็วลมภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่อง เท่ากับ 50 และ 70 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าความเร็วลมภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่อง เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีความเร็วลมอยู่ระหว่าง 0.30 ถึง 0.27 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความเร็วลมเท่ากับ 0.28 เมตรต่อวินาที และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าความเร็วลมอยู่ระหว่าง 0.28 ถึง 0.26 เมตรต่อวินาที จะเห็นได้ว่าผลการวัดค่าความเร็วลมที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันในทุกช่วงอุณหภูมิ โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละอุณหภูมิภายในตู้อบเท่ากับ 0.28 เมตรต่อวินาที และเมื่อทดลองเปรียบเทียบความเร็วลม ณ ตำแหน่งกึ่งกลางภาชนะที่ 1 โดยตั้งค่าอุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความเร็วลมไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าอุณหภูมิลมร้อนไม่มีผลต่อความเร็วลม เช่นเดียวกับภาชนะที่ 6 และ 12 สอดคล้องกับคุณสมบัติเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryers) ซึ่งอากาศร้อนจะไหลหมุนเวียนอยู่ในตู้ที่ความเร็วลม 0.5 ถึง 5 เมตรต่อวินาที (วิล รังสาดทอง, 2543 : 231) และสอดคล้องกับงานวิจัยของสิรินทัศน์ (2551 : บทคัดย่อ) ที่ได้ศึกษาคุณภาพของมะเดื่อ(มะนอด) แช่อิ่มอบแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด โดยทำการอบผลมะนอดสดและมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มด้วยน้ำเชื่อม 50 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 ชั่วโมง ความเร็วลมเฉลี่ย 0.20 เมตรต่อวินาที พบว่าการอบแห้งมะนอดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 26 ชั่วโมง ผลมะนอดสดมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 629.91 (น้ำหนักแห้ง) มีค่าความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 41.99 (น้ำหนักแห้ง) และมีค่า a_w เริ่มต้น 0.91 ส่วนมะนอดที่ผ่านการแช่อิ่มมีค่าความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 161.24 (น้ำหนักแห้ง) และมีค่า a_w เริ่มต้นโดยเฉลี่ย 0.87 ลดลงจนมีค่า a_w เหลือเท่ากับ 0.60 ซึ่ง มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และสามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น

ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน พบกำลังไฟที่ใช้ในการนำพาลมร้อน โดยวัดด้วยวัตต์มิเตอร์ มีค่าเท่ากับ 329 วัตต์ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มอุณหภูมิภายในเครื่องอบที่ 50 องศาเซลเซียสใช้เวลา 4 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 2.25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ 60 องศาเซลเซียสใช้เวลา 9 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 1.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และที่ 70 องศาเซลเซียสใช้เวลา 13 นาที ปริมาณแก๊สที่ใช้ 1.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า a_w และค่าสี ของข้าวเกรียบหอยนางรม ที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ถึง 6 ชั่วโมง ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 9 10 และ 11

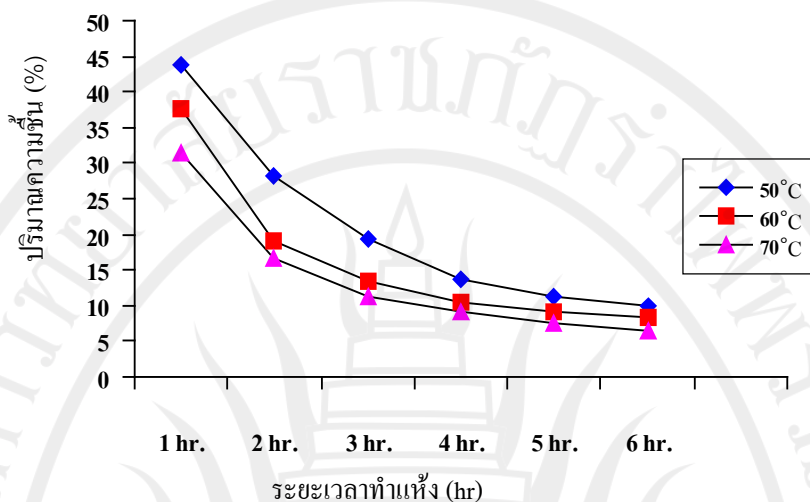
ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น			
		a_w	L^*	a^*	b^*
1	43.84	0.92	58.80 ^a ±3.20	4.04 ^{ns} ±1.24	23.78 ^{ab} ±1.62
2	28.18	0.90	56.82 ^{ab} ±0.82	4.07 ^{ns} ±0.24	24.36 ^a ±2.03
3	19.37	0.85	55.50 ^{ab} ±0.24	4.29 ^{ns} ±0.55	24.11 ^{ab} ±0.27
4	13.62	0.76	54.75 ^{abc} ±2.90	3.74 ^{ns} ±0.06	23.41 ^{ab} ±1.34
5	11.19	0.70	50.66 ^{bc} ±4.36	3.84 ^{ns} ±0.03	20.66 ^{bc} ±1.69
6	10.02	0.66	48.51 ^c ±1.02	3.21 ^{ns} ±0.12	19.61 ^c ±0.36

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

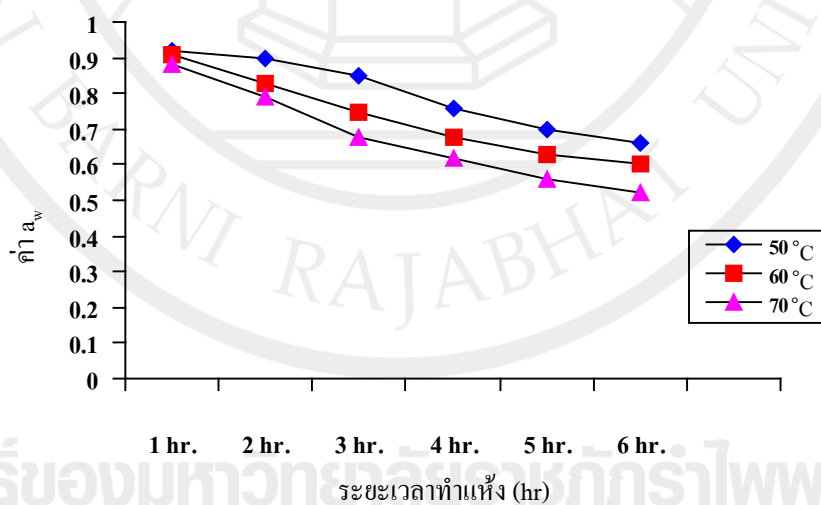
: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ตาราง 9) พบว่า ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบหอยนางรม มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการทำแห้ง โดยจะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับร้อยละ 11.19 และ 10.02 ตามลำดับ (ภาพประกอบ 7) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 107/2554 เรื่อง ข้าวเกรียบ โดยกำหนดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบ ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก



ภาพประกอบ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำแห้งและปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบหอยนางรมที่อุณหภูมิทำแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการทำแห้ง (ตาราง 9) จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 5 และ 6 ชั่วโมง ค่า a_w ของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับ 0.70 และ 0.66 ตามลำดับ (ภาพประกอบ 8) ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราส่วนใหญ่ได้ เนื่องจากเชื้อราส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งการเจริญเติบโตที่ a_w ต่ำกว่า 0.70 ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น



ภาพประกอบ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำแห้งและค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่อุณหภูมิทำแห้งเท่ากับ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลง เมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น แสดงว่าข้าวเกรียบหอยนางรมนั้นมีสีเข้มขึ้น โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าความสว่าง L^* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง โดยค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ระยะเวลาทำแห้ง 1 ชั่วโมงมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 58.80 ± 3.20 และค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ระยะเวลาทำแห้ง 6 ชั่วโมง มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 48.51 ± 1.02

ผลค่าสี a^* ($-a^*$ หมายถึงสีเขียว $+a^*$ หมายถึงสีแดง) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการอบแห้ง 6 ชั่วโมง และค่าสี b^* ($-b^*$ หมายถึงสีน้ำเงิน $+b^*$ หมายถึงสีเหลือง) พบว่าเมื่อทำการอบแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมในระยะเวลาที่นานขึ้นค่า b^* มีแนวโน้มลดลง โดยค่าสี b^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าสี b^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ตาราง 10) พบว่า ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการทำแห้ง โดยจะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 4 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับร้อยละ 10.57 9.03 และ 8.27 ตามลำดับ (ภาพประกอบ 7) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ โดยกำหนดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	a_w	L^*	a^*	b^*
1	37.74	0.91	55.30 ^a ±0.20	5.34 ^a ±0.05	25.72 ^{ns} ±0.48
2	19.15	0.83	55.35 ^a ±2.63	5.27 ^{ab} ±0.18	25.72 ^{ns} ±1.32
3	13.32	0.75	54.17 ^{ab} ±0.11	4.91 ^{ab} ±0.49	26.07 ^{ns} ±2.87
4	10.57	0.68	53.24 ^{ab} ±2.64	4.60 ^b ±0.21	24.81 ^{ns} ±3.08
5	9.03	0.63	50.33 ^{ab} ±0.25	5.59 ^a ±0.30	25.30 ^{ns} ±2.22
6	8.27	0.60	52.00 ^b ±1.46	4.59 ^b ±0.12	24.98 ^{ns} ±0.75

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน ในแนวตั้ง หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการทำแห้ง (ตาราง 10) จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 4 5 และ 6 ชั่วโมง ค่า a_w ของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับ 0.68 0.63 และ 0.60 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น แสดงว่าข้าวเกรียบหอยนางรมนั้นมีสีเข้มขึ้น โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าความสว่าง L^* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง โดยค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ 2 ชั่วโมงมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 55.35±2.63 และค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ระยะเวลาทำแห้ง 5 ชั่วโมง มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 50.33±0.25

ส่วนค่าสี a* (-a* หมายถึงสีเขียว +a* หมายถึงสีแดง) พบว่าข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าสี a* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าสี a* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 1 และ 5 ชั่วโมง แต่ไม่มีความแตกต่างกับค่าสี a* ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 2 3 และ 4 ชั่วโมง โดยค่าสี a* ของข้าวเกรียบอยู่ในช่วง 4.59 ถึง 5.59 และค่าสี b* (-b* หมายถึงสีน้ำเงิน +b* หมายถึงสีเหลือง) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ตลอดระยะเวลาการอบแห้ง 6 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ตาราง 11) พบว่า ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการทำแห้ง โดยจะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับร้อยละ 11.37 9.03 7.64 และ 6.58 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ โดยกำหนดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบดิบ ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณ ความชื้น (ร้อยละ)	L*			
		a _w	L*	a*	b*
1	31.46	0.88	56.31 ^{ns} ±1.27	5.26 ^a ±0.83	25.68 ^{ns} ±0.69
2	16.60	0.79	58.57 ^{ns} ±5.06	4.24 ^{ab} ±0.11	27.20 ^{ns} ±2.64
3	11.37	0.68	53.53 ^{ns} ±0.30	3.68 ^b ±0.14	23.23 ^{ns} ±2.83
4	9.03	0.62	54.07 ^{ns} ±2.62	5.09 ^{ab} ±0.36	26.03 ^{ns} ±2.80
5	7.64	0.56	51.23 ^{ns} ±1.90	5.13 ^a ±0.66	25.06 ^{ns} ±3.58
6	6.58	0.52	52.62 ^{ns} ±4.03	4.22 ^{ab} ±0.75	24.09 ^{ns} ±4.81

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน ในแนวตั้ง หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลา ในการทำแห้ง (ตาราง 11) จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง ค่า a_w ของข้าวเกรียบมีค่าเท่ากับ 0.68 0.62 0.56 และ 0.52 ตามลำดับ (ภาพประกอบ 8)

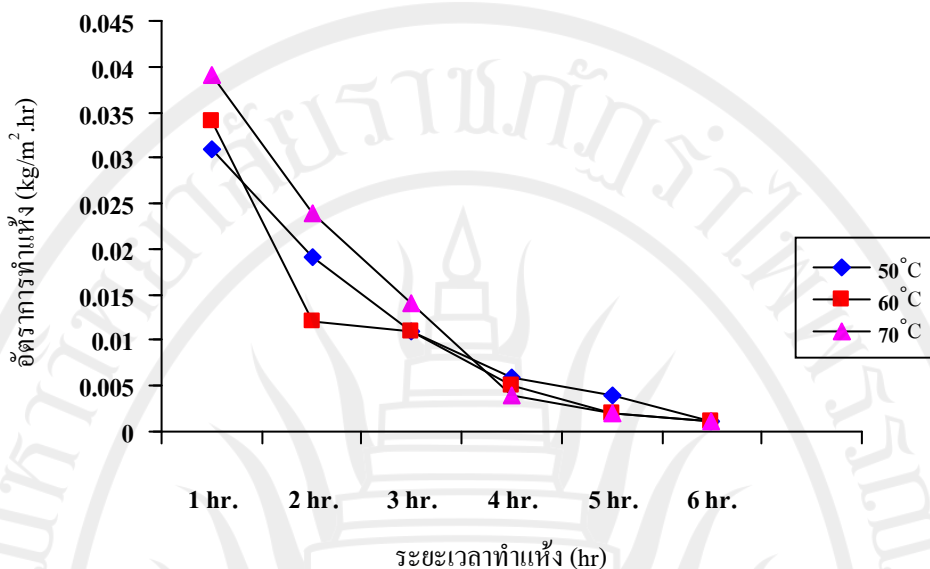
ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความสว่าง L^* ของข้าวเกรียบหอยนางรมไม่มีความแตกต่างกัน ตลอดระยะเวลาการทำแห้ง 6 ชั่วโมง โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น แสดงว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมนั้นมีแนวโน้มจะมีสีเข้มขึ้น

ส่วนค่าสี a^* ($-a^*$ หมายถึงสีเขียว $+a^*$ หมายถึงสีแดง) พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้ง เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าสี a^* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าสี a^* ของ ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งเป็นระยะเวลา 1 และ 5 ชั่วโมง แต่ไม่มีความแตกต่างกัน ตลอดระยะเวลา การอบแห้ง 2 4 และ 6 ชั่วโมง และค่าสี b^* ($-b^*$ หมายถึงสีน้ำเงิน $+b^*$ หมายถึงสีเหลือง) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการอบแห้ง 6 ชั่วโมง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของข้าวเกรียบหอยนางรมจึงเลือก ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 5 และ 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 4 5 และ 6 ชั่วโมง และที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง ไปทำการศึกษาอัตราการพองตัวต่อไป เนื่องจากมีค่าความชื้นเป็นไปตาม ข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 107/2554 เรื่องข้าวเกรียบ และมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 ทำให้ปลอดภัยจากเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการศึกษาอัตราการทำแห้ง

ผลการศึกษาอัตราการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรม สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและเวลาได้ผลดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำแห้งและอัตราการทำแห้งของข้าวเกรียบหอยนางรมที่อุณหภูมิทำแห้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

ผลอัตราการทำแห้งข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส จากภาพประกอบ 9 พบว่า อัตราการทำแห้งของข้าวเกรียบหอยนางรมในช่วงระยะเวลาชั่วโมงที่ 1 ถึง 3 จะมีอัตราการทำแห้งเร็วกว่าชั่วโมงที่ 4 ถึง 6 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากในข้าวเกรียบหอยนางรมที่ยังไม่ผ่านการทำแห้งยังมีปริมาณน้ำอิสระมาก จึงทำให้ในช่วงแรกของการทำแห้งเกิดการระเหยของน้ำอิสระอย่างรวดเร็ว โดยอัตราการทำแห้งของข้าวเกรียบขึ้นกับระยะเวลา พบว่าที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีอัตราการทำแห้งเท่ากันคือ 0.001 กิโลกรัม น้ำต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กอบพัชรกุล เป็นบุญ (2550 : บทคัดย่อ) ซึ่งทำการศึกษาการอบแห้งลำไยแผ่น โดยใช้เทคนิคผสมระหว่างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบลมร้อนและเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ พบว่า อัตราการอบแห้งในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นมีค่าสูง เนื่องจากมีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์สูง ทำให้บริเวณผิวหน้าผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเพียงพอต่อการระเหยจึงเร่งให้อัตราการอบแห้งเกิดเร็วขึ้น หลังจากนั้นอัตราการอบแห้งจะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) เนื่องจากปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้น้ำที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์เกิดการเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อการระเหย จึงทำให้อัตราการอบแห้งลดลง

ผลการศึกษ้อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรม

เมื่อนำข้าวเกรียบหอยนางรมที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นร้อยละ 11.10 และ 10.02 ตามลำดับ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นร้อยละ 10.57 9.03 และ 8.27 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง ปริมาณความชื้น ร้อยละ 11.37 9.03 7.64 และ 6.58 ตามลำดับ โดยในการทดลองนี้พบว่า ความชื้นของข้าวเกรียบ หอยนางรมอยู่ระหว่างร้อยละ 6.58 ถึง 11.37 ซึ่งได้นำมาทำการทอดและศึกษ้อัตราการพองตัวได้ ผลการศึกษาดังตาราง 12

ตาราง 12 อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรมหลังทอด

ระยะเวลาทำแห้ง (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	50 ^{ns}	60 ^{ns}	70 ^{ns}
3	-	-	6.00±0.00
4	-	3.50±0.87	4.67±1.15
5	3.33±1.45	5.00±1.73	3.67±2.08
6	3.17±1.61	4.11±1.84	3.50±1.80

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการหาอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหอยนางรม พบว่า อัตราการพองตัวของ ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกัน โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 และ 6 ชั่วโมง มีอัตราการพองตัวหลังทอด ไม่แตกต่างกัน โดยที่ระยะเวลาทำแห้งที่ 5 ชั่วโมง มีอัตราการพองตัวสูงสุดคือ 3.33 เท่า ส่วนข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 4 5 และ 6 ชั่วโมง พบว่า มีอัตราการพองตัวหลังทอดไม่แตกต่างกัน โดยที่ระยะเวลาอบแห้งที่ 5 ชั่วโมง มีอัตรา การพองตัวสูงสุดคือ 5 เท่า และข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ ระยะเวลา 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง พบว่า มีอัตราการพองตัวหลังทอดไม่แตกต่างกัน โดยที่ระยะเวลา อบแห้งที่ 3 ชั่วโมง มีอัตราการพองตัวสูงสุดคือ 6.00 เท่า ผลการวิจัยดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัย ของพรรณิ วงศ์ไกรศรีทอง และณรงค์ นิยมวิทย์ (2530 : 66) ซึ่งพบว่า เมื่อนำแผ่นข้าวเกรียบ

ที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และเก็บตัวอย่างทุก ๆ 2 ชั่วโมง พบว่า อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบมีความสัมพันธ์กับความชื้น โดยการพองตัวของข้าวเกรียบจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นของแผ่นข้าวเกรียบลดลงและเมื่อถึงจุดจุดหนึ่งการพองตัวจะลดลง โดยแผ่นข้าวเกรียบที่เกิดการพองตัวมากที่สุดมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 9.2 ถึง 12.8

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกข้าวเกรียบหอยนางรมที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา 4 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา 3 ชั่วโมง (ภาคผนวก ข) ไปทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ความกรอบ ความชอบโดยรวม เพื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด เนื่องจากค่าอัตราการพองตัวไม่แตกต่างกัน จึงเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการทำงานและประหยัดต้นทุนสูงสุด ไปทำการศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยนำข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งที่ทอดแล้ว มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝน 20 คน ทดสอบลักษณะปรากฏด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวมแสดงผลดังตาราง 13

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบหอยนางรม

ข้าวเกรียบหอยนางรม	ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ				ความชอบโดยรวม ^{ns}
	สี	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความกรอบ ^{ns}	
1. ทำแห้งด้วยแสงแดด	7.25 ^a ±0.72	6.90±0.79	6.95±0.89	7.35±0.67	7.35±0.67
2. ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ					
50 องศาเซลเซียส	6.80 ^b ±0.41	6.85±0.67	6.85±0.75	7.20±0.52	6.95±0.51
5 ชั่วโมง					
3. ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ					
60 องศาเซลเซียส	7.10 ^{ab} ±0.64	6.85±0.75	7.10±0.72	7.25±0.64	7.25±0.64
4 ชั่วโมง					

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้าวเกรียบหอยนางรม	ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ				ความชอบโดยรวม ^{ns}
	สี	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความกรอบ ^{ns}	
4. ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ					
70 องศาเซลเซียส	7.20 ^a ±0.52	6.95±0.60	7.15±0.59	7.35±0.49	7.20±0.52
3 ชั่วโมง					

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกัน

ด้านสี พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านสีของข้าวเกรียบหอยนางรม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวเกรียบที่ทำแห้งด้วยแสงแดด ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูงสุด เท่ากับ 7.25 (ชอบปานกลาง) ซึ่งไม่แตกต่างกับข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง และ 60 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งมีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.20 และ 7.10 ตามลำดับ

ด้านกลิ่น พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับข้าวเกรียบหอยนางรมด้านกลิ่นไม่แตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่อบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 6.95 (ชอบเล็กน้อย)

ด้านรสชาติ พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับข้าวเกรียบหอยนางรมด้านรสชาติไม่แตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่อบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.15 (ชอบปานกลาง)

ด้านความกรอบ พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับข้าวเกรียบหอยนางรมด้านความกรอบ ไม่แตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่อบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.35 (ชอบปานกลาง)

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับข้าวเกรียบหอยนางรมด้านความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.35 (ชอบปานกลาง)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า a_w อัตราการพองตัวและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบหอยนางรม พบว่า ข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นร้อยละ 11.37 ค่า a_w เท่ากับ 0.68 อัตราการพองตัวสูงสุด 6.00 เท่า และมีผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันกับข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด แต่ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งน้อยที่สุด ดังนั้นจึงทำการศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตและการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ของข้าวเกรียบหอยนางรมที่ทำแห้งด้วยแสงแดด เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมงต่อไป

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม และการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เมื่อดำเนินการจัดการพัฒนาขั้นตอนการทำข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและนำไปทดลองการผลิตแล้ว เพื่อให้การวิจัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำการวิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยหลักทางการจัดการทางวิศวกรรม ดังต่อไปนี้

1. ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งระหว่างการทำแห้งด้วยแสงแดดกับการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ผลการทดสอบระยะเวลา และค่าใช้จ่ายจากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้ายในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยแสงแดด พบว่าในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม 1 ครั้งใช้เวลาและค่าใช้จ่ายดังตาราง 14

ตาราง 14 ผลการทดสอบระยะเวลาและค่าใช้จ่ายจากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้าย
ในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยแสงแดด

กิจกรรม	เวลา (ชม : นาที)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1. นำหอยนางรมสดล้างทำความสะอาด และนำมาทำให้สุกสับหยาบและบีบน้ำออก	00:20 (20 นาที)	670.72
2. นำเนื้อหอยนางรมผสมกับเครื่องปรุง	00:20 (20 นาที)	627.82
3. ใส่แป้งมันและน้ำร้อน นวดให้เข้ากัน	00:05 (5 นาที)	0.15
4. ปั้นเป็นแท่งกลมยาว ห่อด้วยใบตอง	00:30 (30 นาที)	-
5. นึ่งให้สุกประมาณ 1.30 ชั่วโมง	01:30 (1 ชั่วโมง 30 นาที)	21.07
6. นำเข้าสู่เย็น 24 ชั่วโมง	24:00 (24 ชั่วโมง)	63.60
7. หั่นเป็นแว่น ๆ	00:15 (15 นาที)	0.45
8. ทำแห้ง 2 วัน ด้วยแสงแดด	18:00 (18 ชั่วโมง)	160
9. รวบรวมข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง	00:10 (10 นาที)	-
รวม เวลาและค่าใช้จ่าย	45:16 (45 ชั่วโมง 16 นาที)	1,543.81

- หมายเหตุ 1. ใน 1 วันมีกำลังการผลิตที่ 5 ครั้ง
2. ต้นทุนค่าแรงงาน เริ่มทำงาน 08.00 - 17.00 น.

ผลสรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อการผลิต 1 ครั้ง ใช้เวลาทั้งสิ้น 45 ชั่วโมง 16 นาทีและมีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 1,543.81 บาท และสามารถเก็บข้าวเกรียบดิบได้จำนวน 15 กิโลกรัม ซึ่งแบ่งได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าวัตถุดิบ	1,287.82
ค่าแรงงาน	160
ค่าไฟฟ้า	64.35
ค่าแก๊ส	31.50
ค่าน้ำประปา	0.14
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	1,543.81

ผลการทดสอบระยะเวลา และค่าใช้จ่าย จากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้ายในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน พบว่าในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรม 1 ครั้งใช้เวลาและค่าใช้จ่ายดังตาราง 15

ตาราง 15 ผลการทดสอบระยะเวลาและค่าใช้จ่าย จากกระบวนการเริ่มต้นถึงกระบวนการสุดท้ายในการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

กิจกรรม	เวลา (ชม:นาที)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1. นำหอยนางรมสดล้างทำความสะอาด และนำมาทำให้สุกสับหยาบและบีบน้ำออก	00:20 (20 นาที)	670.72
2. นำเนื้อหอยนางรมผสมกับเครื่องปรุง	00:20 (20 นาที)	627.82
3. ใส่น้ำมันและน้ำร้อน นวดให้เข้ากัน	00:05 (5 นาที)	0.15
4. ปั้นเป็นแท่งกลมยาว ห่อด้วยใบตอง	00:30 (30 นาที)	-
5. นึ่งให้สุกประมาณ 1.30 ชั่วโมง	01:30 (1 ชั่วโมง 30 นาที)	21.07
6. นำเข้าสู่เย็น 24 ชั่วโมง	24:00 (24 ชั่วโมง)	63.60
7. หั่นเป็นแว่น ๆ	00:15 (15 นาที)	0.45
8. ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง	03:00 (3 ชั่วโมง)	83.85
9. รวบรวมข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง	00:10 (10 นาที)	-
รวม เวลาและค่าใช้จ่าย	30:16 (30 ชั่วโมง 16 นาที)	1,467.66

หมายเหตุ 1. ใน 1 วันมีกำลังการผลิตที่ 3 ครั้ง

2. ต้นทุนค่าแรงงาน เริ่มทำงาน 08.00 - 17.00 น.

ผลสรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อการผลิต 1 ครั้ง ใช้เวลาทั้งสิ้น 30 ชั่วโมง 16 นาทีและมีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 1,467.66 บาท และสามารถเก็บข้าวเกรียบดิบได้จำนวน 15 กิโลกรัม ซึ่งแบ่งได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าวัตถุดิบ	1,287.82
ค่าแรงงาน	40

ค่าไฟฟ้า	69.35
ค่าแก๊ส	70.35
ค่าน้ำประปา	0.14
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	1,467.66

จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทำข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยแสงแดด อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการทำงานยังต่ำกว่า และยังมีข้อเปรียบเทียบในด้านต่างๆ เช่น ด้านพลังงาน ด้านคุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรม ด้านประสิทธิภาพในการทำแห้ง การสูญเสียในการทำแห้ง ค่าใช้จ่ายในการทำแห้งใน 1 ครั้ง การควบคุมปัจจัยการทำแห้ง สมรรถนะในการทำแห้ง ต้นทุนในการทำแห้ง และต้นทุนข้าวเกรียบหอยนางรมต่อกิโลกรัม สรุปตาราง 16 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปทุมพร โสคติรัตนพันธุ์ (2550 : 44) ได้ทำการดัดแปลงกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบว่าวพร้อมบริโภค ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดลดความชื้น แทนการตากแดดที่อุณหภูมิ 55 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส โดยพบว่าที่อุณหภูมิการทำแห้ง 65 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าการอบที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ข้าวเกรียบว่าจะมีลักษณะแห้งจนเกินไป จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เปราะแตกได้ง่าย จากผลการวิจัยทำให้ทราบว่าเครื่องอบแห้งแบบถาดใช้เวลาในการอบน้อยกว่าซึ่งทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

ตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยแสงแดดกับการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

ปัจจัยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	แสงแดด	เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
1. ด้านพลังงาน		
1.1 จำนวนแรงงานที่ใช้ในการทำแห้ง	1 ถึง 2 คน	1 คน
1.2 พลังงานไฟฟ้า	64.35 บาท	69.35 บาท
1.3 พลังงานแก๊ส	31.50 บาท	70.35 บาท
1.4 ปริมาณน้ำประปา	0.14 บาท	0.14 บาท
2. ด้านคุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรม		
2.1 สิ่งสกปรก	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้
2.2 กระแสลมจากธรรมชาติ	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้

ตาราง 16 (ต่อ)

ปัจจัยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	แสงแดด	เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
2.3 อายุการเก็บรักษา	เท่ากัน	เท่ากัน
2.4 ความสม่ำเสมอทางกายภาพ	ไม่มีความสม่ำเสมอ	สม่ำเสมอ
2.5 สีของข้าวเกรียบหลังทอด	ไม่มีความสม่ำเสมอ	สม่ำเสมอ
3. ด้านประสิทธิภาพในการทำแห้ง		
3.1 ปริมาณที่ผลิตได้ในแต่ละครั้ง	เท่ากัน	เท่ากัน
3.2 ความรวดเร็วในการทำแห้ง	ต่ำ	สูง
4. การสูญเสียในการทำแห้ง	ลม การแตกหัก เชื้อรา	ไม่พบการสูญเสีย
5. ค่าใช้จ่ายในการทำแห้งใน 1 ครั้ง		
5.1 ต้นทุน	1,543.81 บาท	1,467.66 บาท
5.2 ระยะเวลา	(45 ชั่วโมง 16 นาที)	(30 ชั่วโมง 16 นาที)
5.3 แรงงาน	160.00 บาท	40.00 บาท
5.4 วัตถุดิบ	1,287.82 บาท	1,287.82 บาท
6. การควบคุมปัจจัยการทำแห้ง		
6.1 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้
6.2 เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง	ควบคุมไม่ได้	ควบคุมได้
7. สมรรถนะในการทำแห้ง	37.50 กิโลกรัมต่อวัน	45 กิโลกรัมต่อวัน
8. ต้นทุนในการทำแห้ง	160.00 บาท	83.85 บาท
9. ต้นทุนข้าวเกรียบหอยนางรมต่อกิโลกรัม	102.92 บาท	97.84 บาท

2. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมแบ่งองค์ประกอบในการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมด ด้านจุดคุ้มทุนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ด้านระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการอบแห้ง (บาทต่อปี)

กำหนดให้ราคาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีเท่ากับ 145,000 บาท มูลค่าซากเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือร้อยละ 10 ของราคาเครื่อง (กลุ่มบริหารการคลังและทรัพย์สิน. ออนไลน์. 2544) และอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 ต่อปี (ธนาคารแห่งประเทศไทย. ออนไลน์. 2555)

$$\begin{aligned} \text{มูลค่าซาก (S)} &= 0.1 P \\ &= 0.1 \times 145,000 \\ &= 14,500 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสื่อมราคา (D)} &= \frac{(P-S)}{L} \\ &= \frac{(145,000 - 14,500)}{10} \end{aligned}$$

$$= 13,050 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} &= \frac{(P+S)}{2} \times I \\ &= \frac{(145,000 - 14,500)}{2} \times 0.08 \end{aligned}$$

$$= 6,380 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} &= \text{ค่าเสื่อมราคา (D)} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} \\ &= 13,050 + 6,380 \\ &= 19,430 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

กำหนดให้อัตราค่าแรงวันละ 200 บาท จำนวนคนทำงาน 2 คน ทำงานปีละ 244 วัน
 อัตราการใช้กำลังงานไฟฟ้า 329 วัตต์ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาท สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า 0.33 หน่วยต่อ
 ชั่วโมง อัตราการใช้แก๊ส (LPG) ถึงละ 315 บาทค่าแก๊สหน่วยละ 21 บาท สิ้นเปลืองค่าแก๊ส (LPG)
 เฉลี่ย 0.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทำงานวันละ 6 ชั่วโมง ค่าบำรุงรักษาเครื่องเฉลี่ยวันละ 5 บาทต่อวัน

$$\begin{aligned} \text{ค่าจ้างแรงงาน (W)} &= (200 \times 244) \times 2 \\ &= 97,600 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า (E)} = 5 \times 0.33 \times 6 \times 244$$

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยอภิวราห์วิทยารามบhorn

$$= 2,415.6 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ค่าแก๊ส (G)} = 21 \times 0.62 \times 6 \times 244$$

$$= 19,061.28 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ค่าบำรุงรักษา (M)} = 5 \times 244$$

$$= 1,220 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ค่าต้นทุนแปรผัน (VC)} = \text{ค่าจ้างแรงงาน} + \text{ค่าไฟฟ้า} + \text{ค่าแก๊ส} + \text{ค่าบำรุงรักษา}$$

$$= 97,600 + 2,415.6 + 19,061.28 + 1,220$$

$$= 120,296.88 \text{ บาทต่อปี}$$

ดังนั้น

$$\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} = \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนแปรผัน}$$

$$= 19,430 + 120,296.88$$

$$= 139,726.88 \text{ บาทต่อปี}$$

จุดคุ้มทุน (Break Even Point) ของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

กำหนดให้ราคาขายหลังหักต้นทุนค่าวัตถุดิบต่อกิโลกรัมมีค่าเท่ากับ 65 บาทต่อกิโลกรัม และใน 1 ปีเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนเดินเครื่องทำงาน 244 วัน เวลาทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน เท่ากับเดินเครื่องทำงานเท่ากับ 1,464 ชั่วโมงต่อปี สมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนสามารถอบข้าวเกรียบหอยนางรมได้ 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และใน 1 ปีสามารถอบได้ 7,320 กิโลกรัมต่อปี

$$\begin{aligned} \text{BEP}_s &= \frac{(\text{FC})}{(\text{SU}_u - \text{VC}_u)} \\ &= \frac{(19,430)}{\left(65 - \left(\frac{139,726.88}{7,320}\right)\right)} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น จุดคุ้มทุน} = 423.20 \text{ กิโลกรัมต่อปี}$$

ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

รายได้จากการขายข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้งมีค่าเท่ากับ 65 บาทต่อกิโลกรัม และใน 1 ปีเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนสามารถอบข้าวเกรียบได้ 7,320 กิโลกรัมต่อปี ทำให้มีรายได้เท่ากับ 475,800 บาทต่อปี

$$\text{PBP} = \frac{\text{MC}}{\text{P}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{กำไร (P)} &= 475,800 - 139,726.88 \\
 &= 336,073.12 \text{ บาท} \\
 \text{ดังนั้น} \\
 \text{ระยะเวลาในการคืนทุน} &= \frac{145,000}{336,073.12} \\
 &= 0.431 \text{ ปี หรือประมาณ 156 วัน}
 \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ถ้าหากราคาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีราคา 145,000 บาท ขายข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง 65 บาทต่อกิโลกรัม พบว่าจุดคุ้มทุนจะอยู่ที่การผลิต 423.20 กิโลกรัมต่อปี และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 156 วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธีรพจน์ แนบเนียน (2554 : บทคัดย่อ) ที่ได้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งพริกโดยใช้เทคโนโลยี Plate Heat Exchanger เพื่อการประหยัดพลังงานและลดภาวะโลกร้อน โดยศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความเร็วลมและอัตราการหมุนถังอบแห้งที่เหมาะสมในการอบแห้งพริก พบว่า ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที อัตราการหมุนถัง 6 รอบต่อนาที จะสามารถอบแห้งพริกได้จำนวน 9 กิโลกรัม ภายใน 3 ชั่วโมง และพบระยะเวลาในการคืนทุน 4 เดือน และสอดคล้องกับงานวิจัยของรังสรรค์ พงษ์พัฒน์ และอำไพ และปพน สะอาดวง (2554 : บทคัดย่อ) ที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งกระท้อนแช่อบแบบไฮบริดจ์ คือ มีการทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกัน โดยนำกระท้อนดองมาหั่นเป็นชิ้นตามแนวยาว ขนาดความกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตร และสูง 1 เซนติเมตร ทำการอบที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกค่าต่าง ๆ ทุก ๆ 30 นาที ตั้งแต่เวลา 09.00 ถึง 16.00 นาฬิกา พบว่า อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบแห้งที่เหมาะสม 7 ชั่วโมง พบว่า ทำแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบแห้งที่เหมาะสม 6.5 ชั่วโมง และพบว่า อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบแห้งที่เหมาะสม 6 ชั่วโมง และผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่า การทำแห้งด้วยวิธีดังกล่าวมีต้นทุน 81.89 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนการทำแห้งด้วยแสงแดดมีต้นทุน 93.99 บาทต่อกิโลกรัม