

บทที่ 4 ผลการวิจัย

การศึกษาการผลิตข้าวเก่าด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ จะทำการศึกษาอุณหภูมิ ระยะเวลาการอบ และขนาดของภาชนะบรรจุข้าวที่มีต่อคุณภาพข้าวสารและข้าวเปลือกพันธุ์ข้าว ดอกมะลิ 105 เมื่อผ่านการอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ ได้แก่ คุณภาพการสี คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านการเร่งความเก่า โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ปัจจัยของอุณหภูมิและระยะเวลาการอบในการผลิตข้าวสารเก่าด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

คุณสมบัติของข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ใหม่ที่ผ่านการสีพร้อมจำหน่าย ปริมาณความชื้นเริ่มต้น 14% เมื่อนำมาเร่งความเก่าด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 5 7 และ 14 วัน เปรียบเทียบกับข้าวสารที่ไม่ผ่านการเร่งความเก่า มีรายละเอียดดังนี้

1.1 การผลิตข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เก่าเมื่อระยะเวลาการอบนาน 5 วัน

การผลิตข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เก่าเมื่อระยะเวลาการอบนาน 5 วัน จากการทดลองพบว่า ในระหว่างการเก็บข้าวสารในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 5 วัน ในสภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมงมีการเปลี่ยนแปลง ดังตารางที่ 4.1 แสดงค่าต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ โดยพบว่ามีค่าสูงสุดของความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ เท่ากับ 3.16 ± 0.73 เมตรต่อวินาที $30.63 \pm 1.95^{\circ}\text{C}$ $90.08 \pm 13.07\%$ และ 0.37 ± 0.14 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ตารางที่ 4.1 สภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมงที่ทดลองเก็บข้าวสาร นาน 5 วัน

สภาวะอากาศ	Min	Max	Mean	SD
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	0.85	3.16	1.65	0.73
อุณหภูมิ (°C)	25.36	30.63	27.97	1.95
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	54.01	90.08	70.12	13.07
ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร)	0.00	0.37	0.11	0.14

ในการทดลองได้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิโดยกำหนดตำแหน่งตรวจวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 13 จุด ด้านบน 3 จุด (ด้านหน้า กลาง และหลัง) ด้านล่าง 3 จุด (ด้านหน้า กลาง และหลัง) ทั้งทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ แสดงดังตารางที่ 4.2 โดยมีค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวนระหว่างการทดลองอบข้าวสาร นาน 5 วัน แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ตำแหน่งตรวจวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

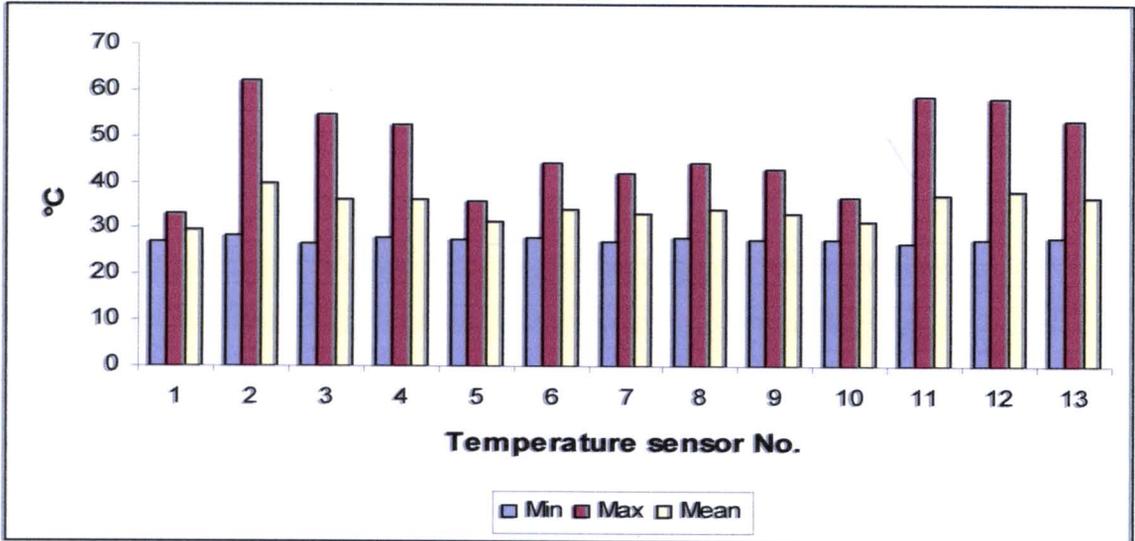
Temperature sensor No.	ตำแหน่งตรวจวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแสงอาทิตย์
1	อุณหภูมิภายในเครื่องอ่านและวัดอุณหภูมิ (Data logger)
2	ตำแหน่งบนด้านตะวันออก
3	ตำแหน่งบนด้านตะวันออก
4	ตำแหน่งบนด้านตะวันออก
5	ตำแหน่งล่างด้านตะวันออก
6	ตำแหน่งล่างด้านตะวันออก
7	ตำแหน่งล่างด้านตะวันออก
8	ตำแหน่งล่างด้านตะวันตก
9	ตำแหน่งล่างด้านตะวันตก
10	ตำแหน่งล่างด้านตะวันตก
11	ตำแหน่งบนด้านตะวันตก
12	ตำแหน่งบนด้านตะวันตก
13	ตำแหน่งบนด้านตะวันตก

ตารางที่ 4.3 ค่าต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิ
ภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการทดลองอบข้าวสาร นาน 5 วัน

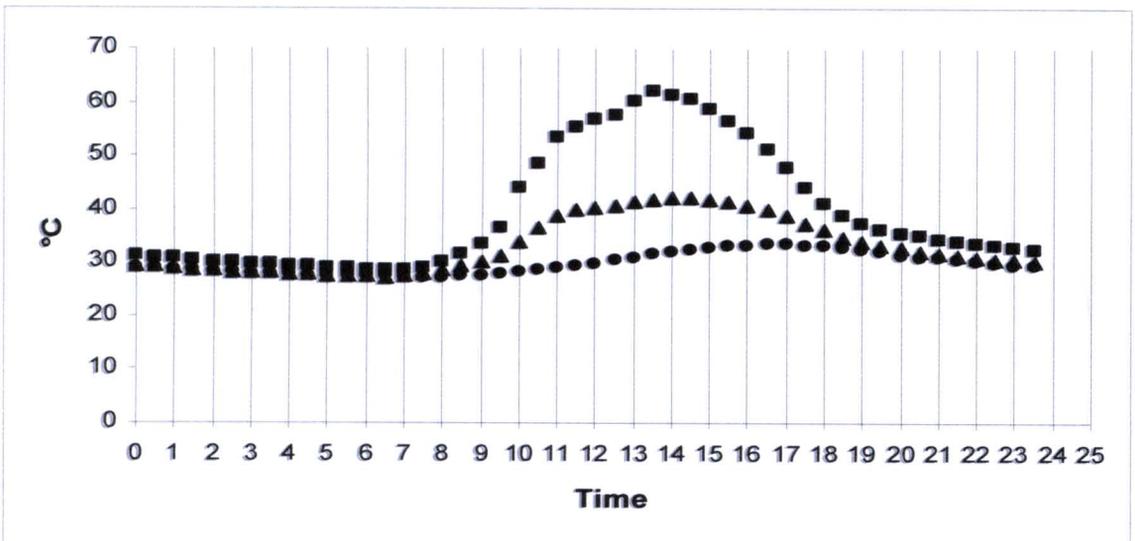
Temperature sensor No.	Min	Max	Mean	SD	CV (%)
1	27.2	33.4	29.8	2.1	7.1
2	28.7	62.2	39.6	11.5	29.0
3	26.7	54.7	36.3	9.8	27.0
4	28.0	52.3	36.2	8.2	22.7
5	27.5	36.0	31.3	3.0	9.6
6	28.1	44.1	34.2	5.6	16.3
7	27.3	42.2	33.2	5.3	15.8
8	27.9	44.2	34.2	5.7	16.5
9	27.5	42.7	33.3	5.3	15.8
10	27.6	36.7	31.4	3.1	9.9
11	26.9	58.6	37.2	11.1	30.0
12	27.8	58.0	38.0	10.5	27.7
13	28.0	53.2	36.6	8.6	23.6

จากตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.1 พบว่าค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยเฉพาะค่าอุณหภูมิสูงสุด ในขณะที่ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันทุกจุด โดยมีค่าประมาณ 36-39°C โดยอุณหภูมิภายในตู้จะเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่เวลา 08.00 นาฬิกา จนกระทั่งมีค่าเกิน 50°C ที่เวลา 11.00 นาฬิกา และจะคงอุณหภูมินี้ต่อไปจนถึงประมาณ 16.00 นาฬิกา ก่อนที่จะลดลง แสดงดังภาพที่ 4.2 โดยพบว่าข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิปกติ นานมากกว่า 5 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งระดับอุณหภูมิในช่วงดังกล่าวน่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวสารได้





ภาพที่ 4.1 อุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการทดลองอบข้าวสาร นาน 5 วัน



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เมื่ออบข้าวสาร นาน 5 วัน

ข้าวสารใหม่ที่นำมาเร่งความแก่ด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะถูกบรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุ 3 ชั้น คือ บน (Top) กลาง (Center) และล่าง (Bottom) ชั้นละ 0.20 เมตร นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบชั้นบนและชั้นล่างแตกต่างกันค่อนข้างมาก จึงนำตัวอย่างข้าวสารมาตรวจสอบคุณภาพหลังจากอบครบ 5 วัน เปรียบเทียบกับข้าวสารที่ไม่ผ่านการอบหรือเร่งความแก่ (Control) ผลการตรวจสอบคุณภาพข้าวที่เก็บในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง แสดงดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.3 โดยพบว่าข้าวสารที่บรรจุอยู่ชั้นบนมีการแตกหักมากที่สุด รองลงมา

คือ ข้าวสารที่บรรจุอยู่ชั้นล่าง ชั้นกลาง และตัวอย่างข้าวสารควบคุม ตามลำดับ ($p < 0.05$) โดยมีข้าวหักเท่ากับ 5.8, 4.1, 4.0 และ 1.5% ตามลำดับ ค่าความขาว ระดับการขัดสี (Degree of milling) และค่าสี b ของข้าวสารที่บรรจุอยู่ในชั้นบน กลาง และล่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวสารควบคุม ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.4) ขณะที่ค่าความมัน ค่าสี L และ a ของตัวอย่างข้าวสารที่บรรจุอยู่ในชั้นบน กลาง และล่างไม่แตกต่างจากตัวอย่างข้าวสารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.4 และ 4.5) แสดงว่าการอบข้าวในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 5 วัน ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวสารใหม่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเป็นข้าวสารเก่า

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 5 วัน

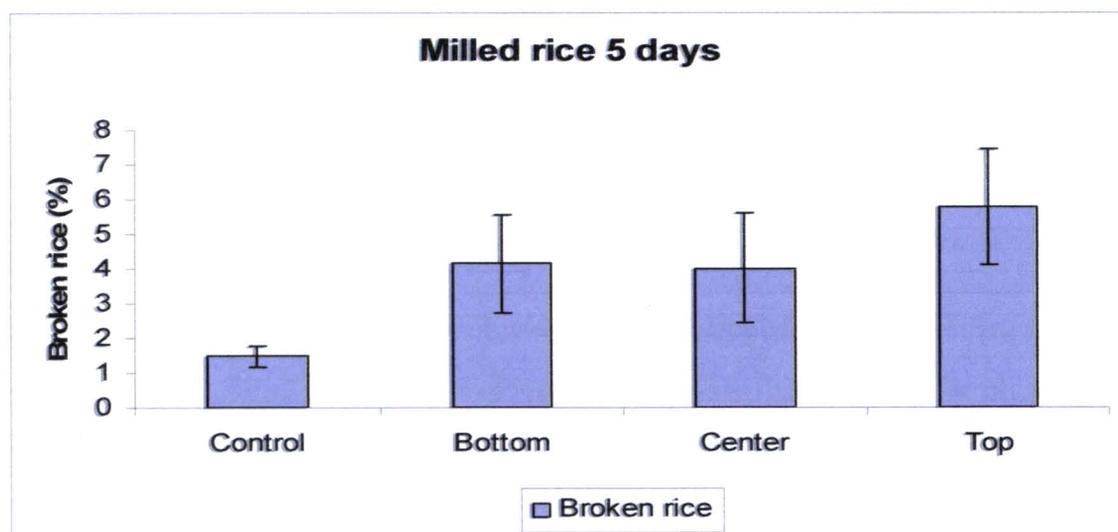
คุณสมบัติทางกายภาพ	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ข้าวหัก (%)	1.5 ± 0.3^a	4.1 ± 1.4^b	4.0 ± 1.6^b	5.8 ± 1.7^c
ค่าความขาว	40.4 ± 0.3^a	41.1 ± 0.5^b	41.3 ± 0.4^b	41.4 ± 0.4^b
ค่าความมัน	3.6 ± 0.1^{ns}	3.6 ± 0.1^{ns}	3.5 ± 0.1^{ns}	3.5 ± 0.1^{ns}
ระดับการขัดสี	103.0 ± 1.0^a	105.7 ± 2.1^b	106.4 ± 1.9^b	106.8 ± 1.6^b
ค่าสี L	71.6 ± 0.4^{ns}	71.7 ± 0.4^{ns}	71.8 ± 0.4^{ns}	71.5 ± 0.4^{ns}
ค่าสี a	0.4 ± 0.1^{ns}	0.4 ± 0.1^{ns}	0.4 ± 0.1^{ns}	0.4 ± 0.2^{ns}
ค่าสี b	13.7 ± 0.1^a	13.8 ± 0.3^a	14.4 ± 0.4^b	14.3 ± 0.3^b

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

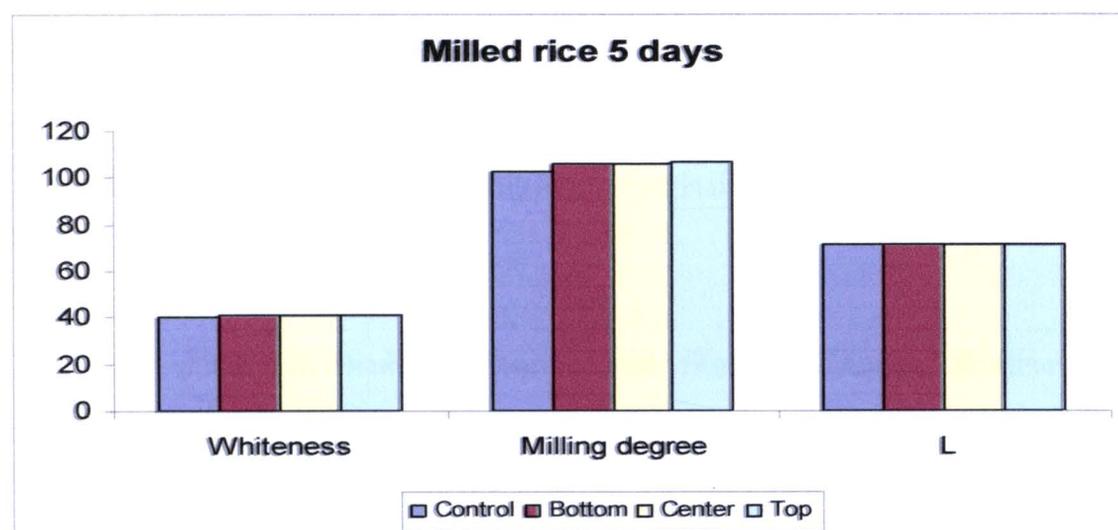
^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ในการทดลองนี้จะพบว่าการอบข้าวสารในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เพียง 5 วัน คุณสมบัติของข้าวสารใหม่ยังไม่เปลี่ยนแปลงเป็นข้าวสารเก่า อาจมีสาเหตุมาจากปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวสารต่ำแค่ 14% เท่านั้น และภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ได้มีการติดตั้งพัดลมเพื่อกระจายความร้อนจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งจะแตกต่างจากการทดลองของมานิจ ทองประเสริฐ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ สุวิทย์ บุญยวานิชกุล และจรรยา มหิทธิพงษ์กุล (2528) ที่ทำการอบแห้งข้าวเปลือกที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 12-17% ด้วยเครื่องอบพลังงานแสงโดย

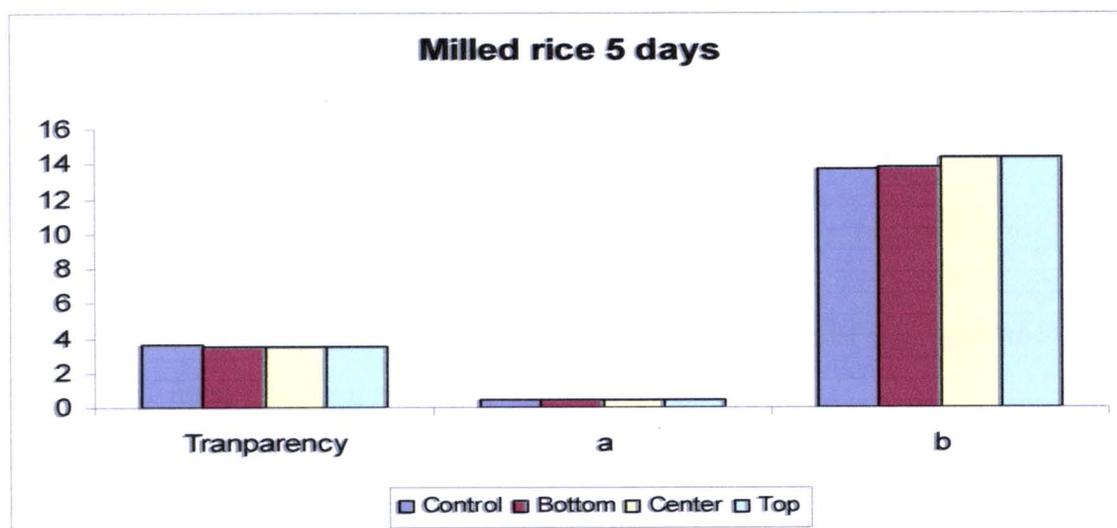
ใช้พัดลมเป็นตัวดูดแล้วเป่าเข้าเครื่องอบแห้ง จากผลการทดลองพบว่าสามารถอบแห้งข้าวเปลือกจากปริมาณความชื้นเริ่มต้นดังกล่าวเหลือ 14% ภายใน 1-4 วัน อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศเป็นสำคัญ



ภาพที่ 4.3 ปริมาณข้าวหักของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นาน 5 วัน



ภาพที่ 4.4 ค่าความขาว ระดับการขัดสี และค่าสี L ของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นาน 5 วัน



ภาพที่ 4.5 ค่าความชื้น ค่าสี a และค่าสี b ของข้าวสารที่บรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 5 วัน

คุณสมบัติด้านความชื้นของข้าวสารเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 5 วัน แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่าค่าความชื้นสูงสุดของข้าวสารที่อยู่ชั้นบนมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างข้าวสารควบคุม ข้าวสารที่เก็บชั้นล่าง และชั้นกลางของภาชนะบรรจุ ตามลำดับ ($p < 0.05$) ขณะที่ค่าความชื้นสุดท้ายของตัวอย่างข้าวสารทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่งผลให้ค่าการแตกตัวของแป้งสุกของข้าวสารที่อยู่ชั้นบนมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างข้าวสารควบคุม ข้าวสารที่เก็บอยู่ชั้นล่าง และชั้นกลางของภาชนะบรรจุ ตามลำดับ ($p < 0.05$) ส่วนค่าความชื้นสุดท้ายของตัวอย่างข้าวสารทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ภาพที่ 4.6)

สำหรับค่าการคงตัวของแป้งสุกของข้าวสารที่อยู่ชั้นบนมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวสารควบคุม ข้าวสารที่เก็บในชั้นล่าง และชั้นกลางของภาชนะบรรจุ ตามลำดับ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.7) สำหรับอุณหภูมิแป้งสุกของข้าวสารที่เก็บชั้นบนของภาชนะบรรจุมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวอย่างข้าวสารควบคุม ข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุ ตามลำดับ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.8) ในขณะที่เวลาที่ทำให้แป้งสุก (Pasting time) ของตัวอย่างข้าวสารทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.9) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าข้าวสารด้านที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุภายในเครื่องอบแห้งพลังงาน

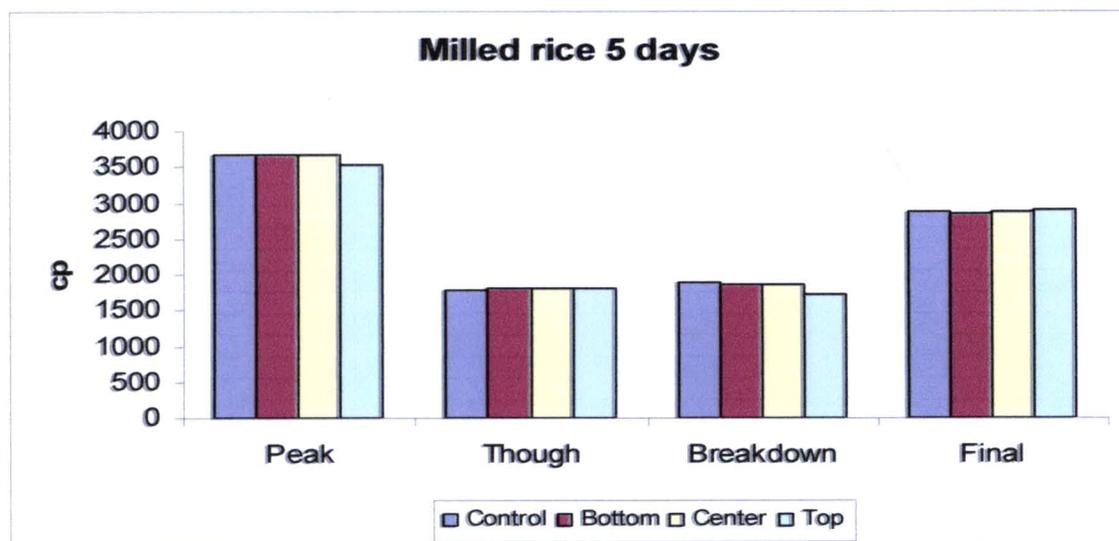
แสงอาทิตย์เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นข้าวสารเก่า ดังจะเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดสูงสุด ค่าการแตกตัวของแป้งสุก ค่าความคงตัวของแป้งสุก และอุณหภูมิแป้งสุก ในขณะที่ข้าวสารที่เก็บในชั้นกลางและชั้นล่างของภาชนะบรรจุเมื่ออบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นาน 5 วัน ยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งเป็นข้าวสารเก่า

ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 5 วัน

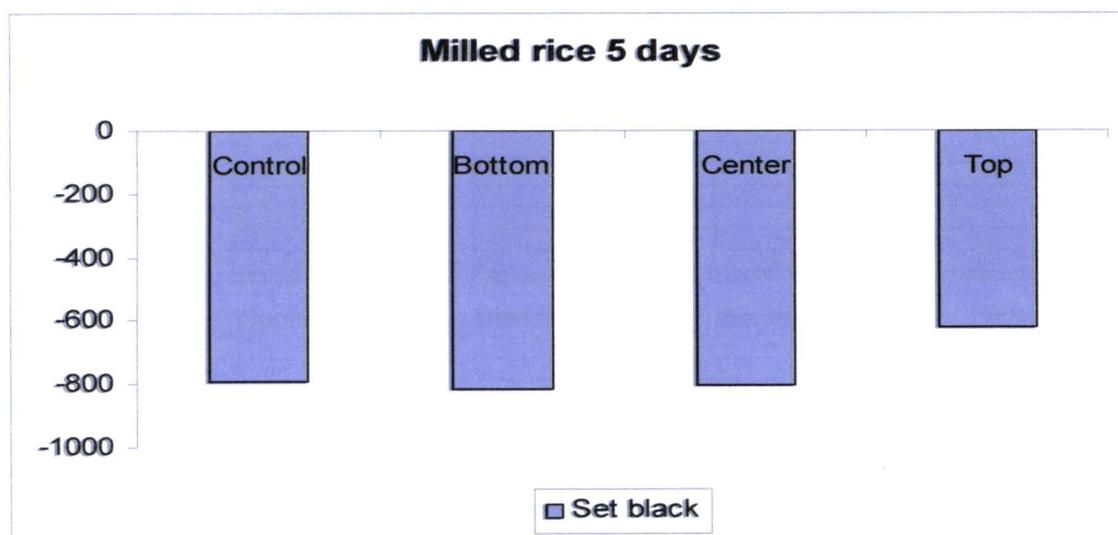
คุณสมบัติด้านความหนืด (RVU)	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ความหนืดสูงสุด	3,662 ± 34 ^b	3,676 ± 86 ^b	3,669 ± 131 ^b	3,536 ± 107 ^a
ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น	1,784 ± 17 ^a	1,811 ± 84 ^a	1,817 ± 104 ^a	1,821 ± 86 ^a
การแตกตัวของแป้งสุก	1,877 ± 35 ^b	1,865 ± 125 ^b	1,851 ± 152 ^b	1,715 ± 150 ^a
ความหนืดสุดท้าย	2,868 ± 12 ^a	2,856 ± 83 ^a	2,863 ± 98 ^a	2,917 ± 87 ^a
ความคงตัวของแป้งสุก	-793 ± 44 ^a	-819 ± 124 ^a	-805 ± 143 ^a	-619 ± 158 ^b
เวลาที่ทำให้แป้งสุก	5.6 ± 0.0 ^a	5.7 ± 0.2 ^a	5.7 ± 0.2 ^a	5.6 ± 0.1 ^a
อุณหภูมิแป้งสุก	80.0 ± 0.1 ^b	78.5 ± 0.6 ^a	78.9 ± 1.0 ^{ab}	81.7 ± 1.5 ^c

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

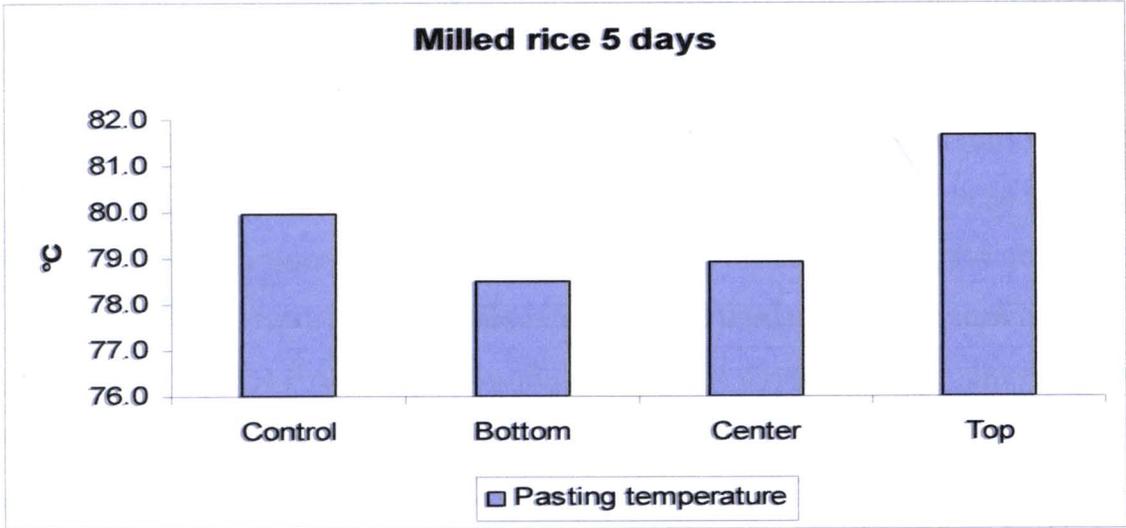
^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



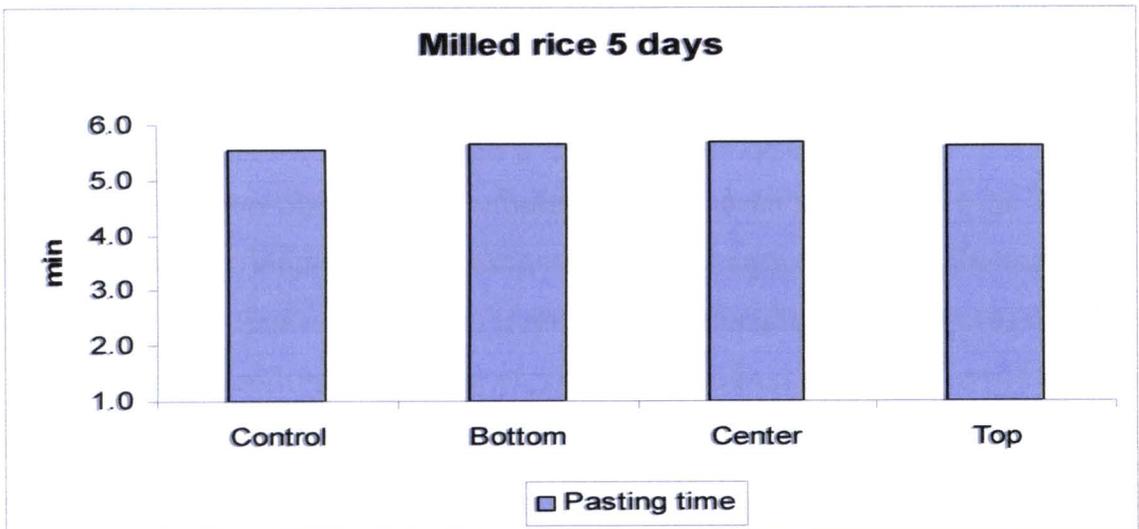
ภาพที่ 4.6 ค่าความชื้นสูงสุด ความชื้นต่ำสุดระหว่างการทำเย็น ค่าการแตกตัวของแป้งสุก และค่าความชื้นสุดท้ายของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นาน 5 วัน



ภาพที่ 4.7 ค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นาน 5 วัน



ภาพที่ 4.8 อุณหภูมิแป้งสุกของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นาน 5 วัน



ภาพที่ 4.9 เวลาที่ทำให้แป้งสุกของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นาน 5 วัน

1.2 การผลิตข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เก้าเมื่อระยะเวลาการอบนาน 7 วัน

สภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ในการทดลองเก็บข้าวสารในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 2.69 ± 0.54 , 28.06 ± 1.60 , 84.12 ± 14.39 และ 0.11 ± 0.14 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 7 วัน แตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่ตรวจวัด เนื่องจากห้องอบมีขนาดใหญ่โดยที่บริเวณด้านบนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านล่าง ด้านหน้าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านหลัง ส่วนด้านตะวันออกและตะวันตกมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะสูงกว่าอุณหภูมิภายในเครื่องวัด อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 70.20 และ 43.20°C ตามลำดับ จะเห็นว่าอุณหภูมิสูงสุดภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์สูงกว่าอากาศภายนอกถึง 35°C ตำแหน่งตรวจวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แสดงดังตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.10

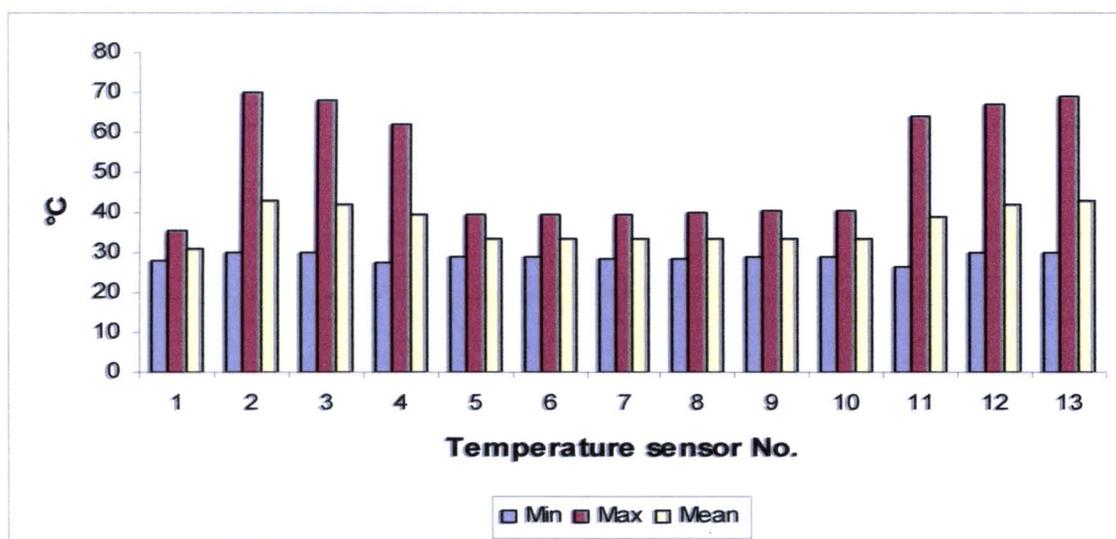
ภาพที่ 4.10 แสดงค่าอุณหภูมิต่ำสุด ค่าอุณหภูมิสูงสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ โดยพบว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยเฉพาะค่าอุณหภูมิสูงสุด ในขณะที่ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันทุกจุด ประมาณ $31-43^{\circ}\text{C}$ โดยอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่เวลา 08.00 นาฬิกา จนกระทั่งมีค่าเกิน 50°C ที่เวลา 10.00 นาฬิกา และจะคงอุณหภูมินี้ต่อไปจนถึงประมาณ 17.00 นาฬิกา ก่อนที่จะลดลง แสดงดังภาพที่ 4.11 จะพบว่าข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะได้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิปกติมากกว่า 7 ชั่วโมงต่อวัน ระดับอุณหภูมิขนาดนี้จึงน่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวสารใหม่ให้เปลี่ยนเป็นข้าวสารเก่าได้

ตารางที่ 4.6 สภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมงที่ทดลองเก็บข้าวสาร นาน 7 วัน

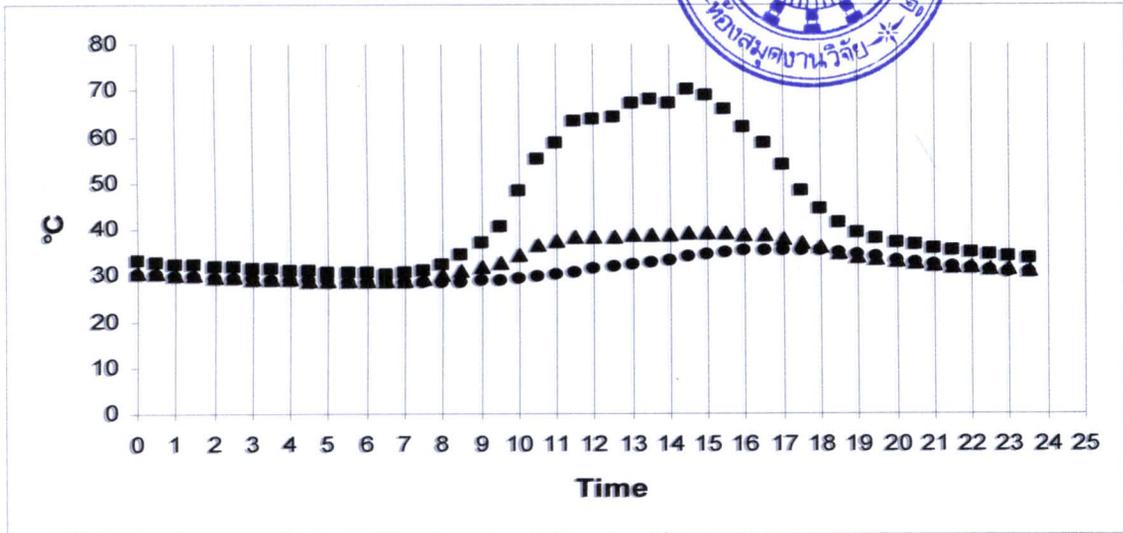
สภาวะอากาศ	Min	Max	Mean	SD
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	0.98	2.69	1.72	0.54
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.02	30.36	28.06	1.60
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	64.49	103.26	84.12	14.39
ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร)	0.00	0.37	0.11	0.14

ตารางที่ 4.7 ตำแหน่งตรวจวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

Temperature sensor No.	Min	Max	Mean	SD	CV (%)
1	28.2	35.4	31.2	2.4	7.8
2	30.2	70.2	43.2	13.9	32.3
3	29.8	67.9	42.2	13.3	31.4
4	27.6	62.2	39.5	12.1	30.8
5	28.8	39.4	33.4	3.6	10.8
6	29.1	39.6	33.4	3.6	10.7
7	28.6	39.3	33.3	3.8	11.5
8	28.7	39.9	33.3	3.7	11.0
9	29.2	40.4	33.5	3.7	11.1
10	28.9	40.7	33.4	3.8	11.4
11	26.6	63.8	38.8	13.5	34.7
12	29.8	66.8	42.2	13.1	31.2
13	29.9	69.1	42.9	13.9	32.3



ภาพที่ 4.10 อุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการทดลองอบข้าวสาร นาน 7 วัน



ภาพที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เมื่ออบข้าวสาร นาน 7 วัน

เมื่ออบข้าวสารใหม่ครบ 7 วัน ในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ จึงนำข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างออกมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวเปรียบเทียบกับข้าวสารที่ไม่ผ่านการเร่งความแก่ด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากมีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในตู้ที่ชั้นเก็บข้าวสารด้านบนและด้านล่างค่อนข้างมาก ตารางที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เมื่ออบข้าว นาน 7 วัน โดยพบว่าข้าวสารที่บรรจุอยู่ในชั้นบนของภาชนะบรรจุมีการแตกหักมากที่สุด รองลงมาคือข้าวสารที่บรรจุในชั้นล่าง และชั้นกลางของภาชนะบรรจุ ตามลำดับ ค่าความขาว ค่าความมัน และระดับการขัดสี และค่าสี a ของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุในชั้นบน ชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวสารควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ค่าสี L และ b ของข้าวสารที่เก็บในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมหรือข้าวสารที่ไม่ผ่านการเร่งความแก่ ($p < 0.05$) แสดงดังภาพที่ 4.12 จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาข้าวสารใหม่ในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน จะทำให้ข้าวสารมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านสี โดยข้าวสารจะมีสีขาวลดลงแต่มีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น

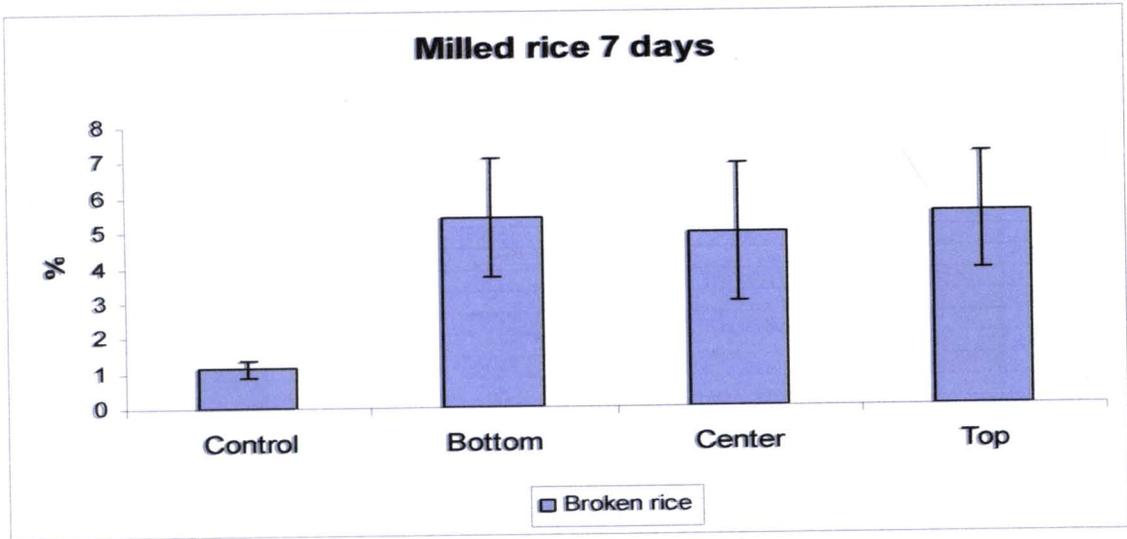
ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน

คุณสมบัติทางกายภาพ	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ข้าวหัก (%)	1.1 ± 0.2 ^a	5.4 ± 1.7 ^b	5.0 ± 2.0 ^b	5.5 ± 1.7 ^b
ค่าความขาว	41.0 ± 0.3 ^{ns}	40.8 ± 0.3 ^{ns}	40.8 ± 0.4 ^{ns}	40.9 ± 0.6 ^{ns}
ค่าความมัน	3.6 ± 0.1 ^{ns}	3.7 ± 0.1 ^{ns}	3.6 ± 0.1 ^{ns}	3.5 ± 0.2 ^{ns}
ระดับการขัดสี	105.7 ± 1.5 ^{ns}	105.0 ± 1.4 ^{ns}	104.5 ± 1.7 ^{ns}	104.7 ± 2.0 ^{ns}
ค่าสี L	72.1 ± 0.3 ^b	70.9 ± 0.3 ^a	71.3 ± 0.5 ^a	71.3 ± 0.7 ^a
ค่าสี a	0.4 ± 0.0 ^{ns}	0.3 ± 0.1 ^{ns}	0.4 ± 0.1 ^{ns}	0.4 ± 0.1 ^{ns}
ค่าสี b	13.6 ± 0.2 ^a	14.2 ± 0.2 ^b	14.5 ± 0.3 ^b	14.4 ± 0.3 ^b

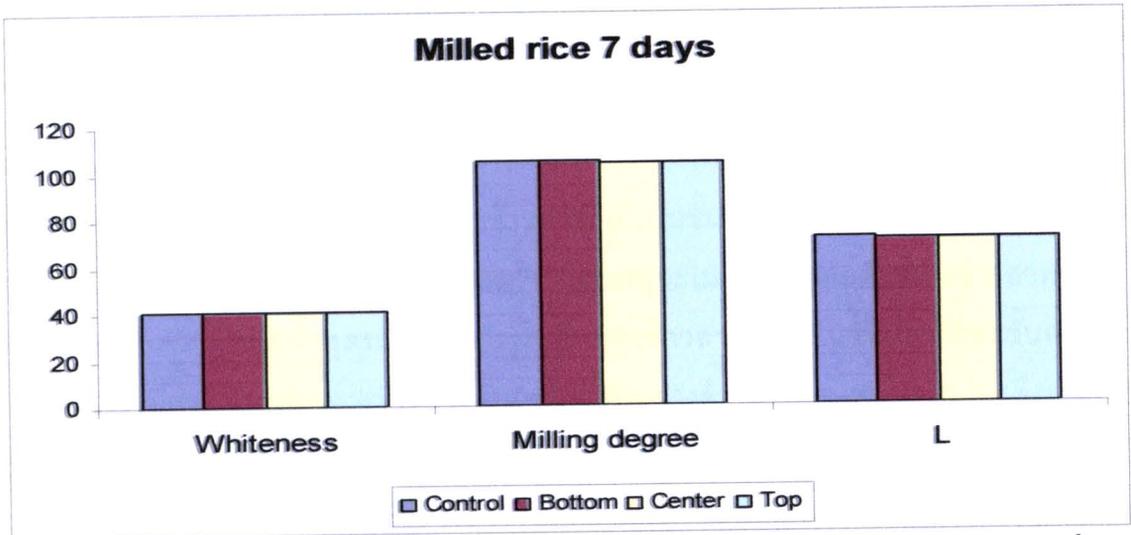
^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

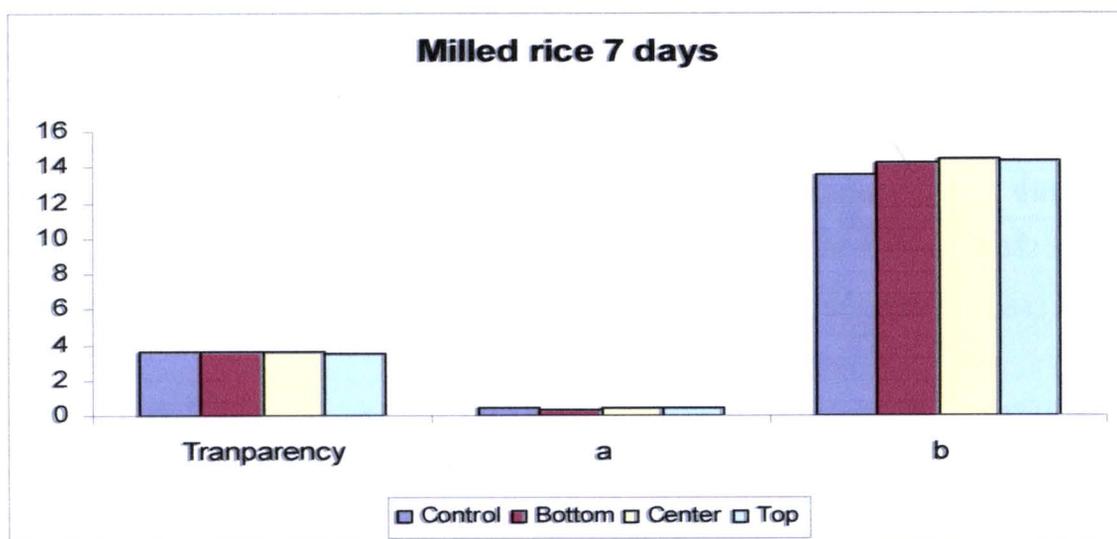
จากตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.12 จะพบว่าตัวอย่างข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน จะมีปริมาณข้าวหักเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุม ส่วนค่าความขาว และระดับการขัดสีของข้าวสารที่เก็บในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชั้น จะไม่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวสารควบคุม (ภาพที่ 4.13) ส่วนค่าสี L ค่าสี a และความมันของข้าวสารที่เก็บในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชั้น จะไม่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเช่นเดียวกัน แต่ค่าสี b ของข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง และชั้นบนของภาชนะบรรจุจะมีค่าสูงกว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวสารควบคุมเล็กน้อย (ภาพที่ 4.14)



ภาพที่ 4.12 ปริมาณข้าวหักของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบอยู่ในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน



ภาพที่ 4.13 ค่าความขาว ระดับการขัดสี และค่าสี L ของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบอยู่ในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน



ภาพที่ 4.14 ค่าความมัน ค่าสี a และค่าสี b ของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบอยู่ในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน

คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวสารที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างภายในภาชนะบรรจุที่อบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังตารางที่ 4.9 โดยพบว่าค่าความหนืดสูงสุดของข้าวสารที่เก็บในชั้นบน ต่ำกว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุ ($p < 0.05$) แต่ข้าวสารที่เก็บอยู่ในชั้นล่างของภาชนะบรรจุจะไม่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวสารควบคุม ($p > 0.05$) ค่าความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็นของข้าวสารที่เก็บในชั้นกลางและชั้นล่างของภาชนะบรรจุมีค่าต่ำกว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นบนและตัวอย่างข้าวสารควบคุม ($p < 0.05$) จึงส่งผลให้ค่าการแตกตัวของแป้งสุกของข้าวสารที่อยู่ชั้นบนมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างข้าวสารควบคุม ข้าวสารที่เก็บชั้นล่าง และชั้นกลางของภาชนะบรรจุ ตามลำดับ ($p < 0.05$) ขณะที่ค่าความหนืดสุดท้ายของข้าวสารที่เก็บอยู่ในชั้นบนมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวสารควบคุม ข้าวสารที่เก็บอยู่ในชั้นล่าง และชั้นกลางของภาชนะบรรจุ และส่งผลให้ค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวสารที่อยู่ชั้นบนมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวสารควบคุม ข้าวสารที่เก็บในชั้นล่าง และชั้นกลางของภาชนะบรรจุ ($p < 0.05$) ส่วนเวลาที่ทำให้แป้งสุกของข้าวสารที่เก็บในชั้นต่าง ๆ ของภาชนะจะไม่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวสารควบคุม ($p > 0.05$) แต่อุณหภูมิแป้งสุกของข้าวสารที่เก็บในชั้นบนมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวสารควบคุม ข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง และชั้นล่าง ตามลำดับ ($p < 0.05$)

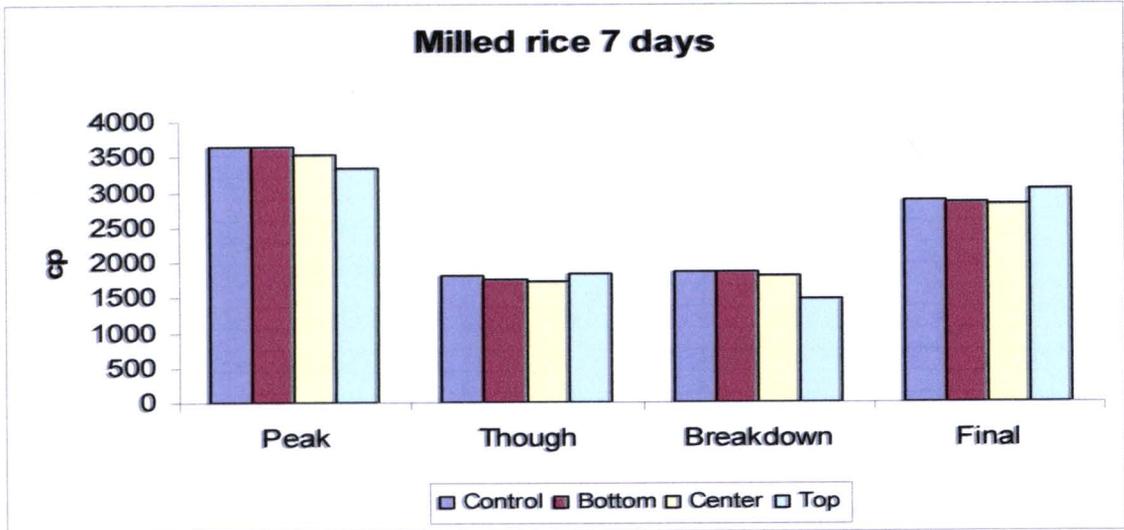
ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน

คุณสมบัติด้านความหนืด (RVU)	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ความหนืดสูงสุด	3,656 ± 14 ^c	3,634 ± 53 ^c	3,537 ± 93 ^b	3,332 ± 117 ^a
ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น	1,802 ± 36 ^{bc}	1,758 ± 76 ^{ab}	1,731 ± 58 ^a	1,843 ± 62 ^c
การแตกตัวของแป้งสุก	1,853 ± 31 ^b	1,875 ± 108 ^b	1,805 ± 101 ^b	1,489 ± 137 ^a
ความหนืดสุดท้าย	2,871 ± 19 ^a	2,841 ± 70 ^a	2,827 ± 61 ^a	3,044 ± 67 ^b
ความคงตัวของแป้งสุก	-784 ± 23 ^a	-793 ± 105 ^a	-709 ± 102 ^a	-288 ± 162 ^b
เวลาที่ทำให้แป้งสุก	5.6 ± 0.0 ^{ns}	5.6 ± 0.1 ^{ns}	5.6 ± 0.1 ^{ns}	5.7 ± 0.1 ^{ns}
อุณหภูมิแป้งสุก	81.3 ± 0.4 ^a	81.0 ± 0.6 ^a	81.6 ± 1.3 ^a	84.8 ± 0.7 ^b

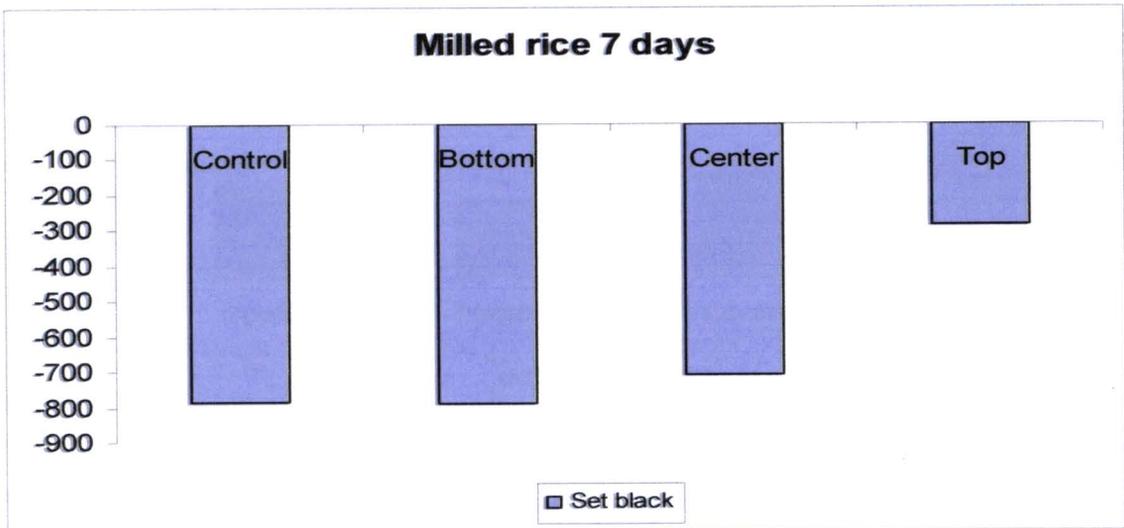
^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

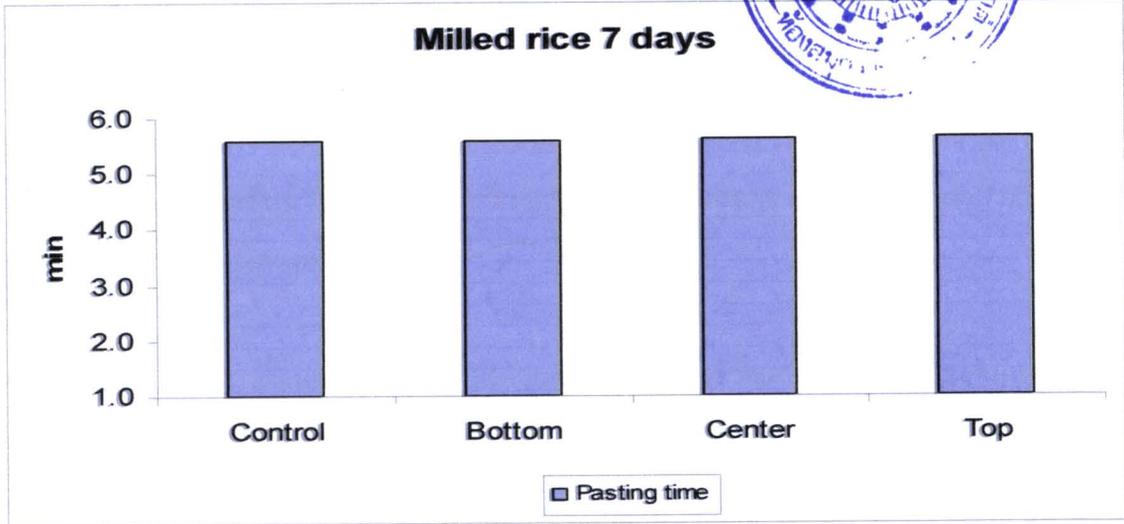
นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวสารที่เก็บรักษาในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน ยังแสดงในภาพที่ 4.15-4.18 จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวสารมีการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดสุดท้าย ค่าการแตกตัวของแป้งสุก ค่าความคงตัวของแป้งสุก และอุณหภูมิที่ทำให้แป้งสุก โดยการเปลี่ยนคุณสมบัติเหล่านี้จะพบมากที่สุดที่ข้าวสารที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุ ขณะที่ข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุจะยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่เก็บรักษาข้าวในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 5 วัน



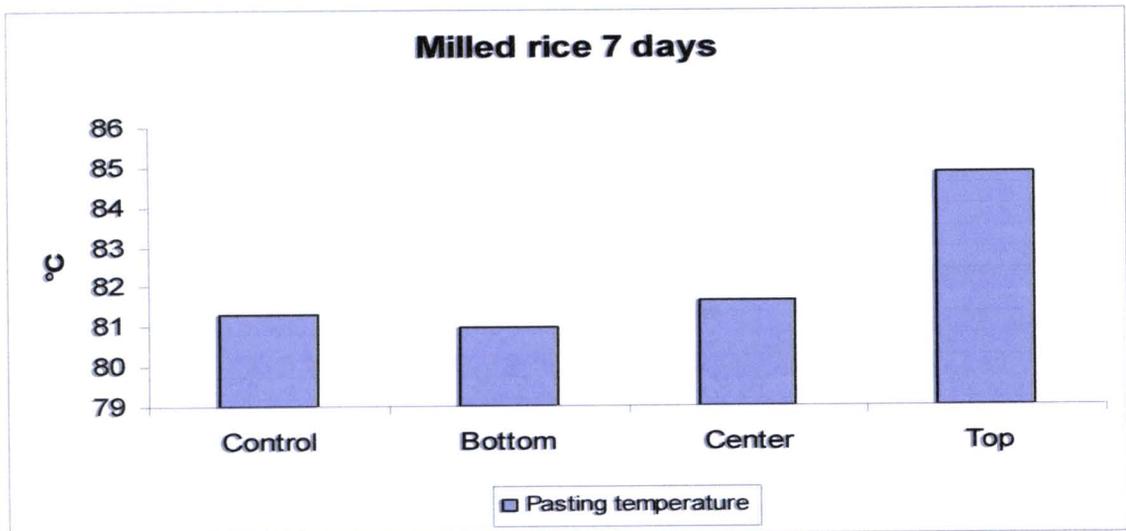
ภาพที่ 4.15 ค่าความชื้นสูงสุด ความชื้นต่ำสุดระหว่างการทำเย็น ค่าการแตกตัวของแป้งสุก และค่าความชื้นสุดท้ายของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน



ภาพที่ 4.16 ค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน



ภาพที่ 4.17 เวลาที่ทำให้แป้งสุกของข้าวสารที่บรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบ กับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน



ภาพที่ 4.18 อุณหภูมิแป้งสุกของข้าวสารที่บรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบ กับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน

นอกจากนี้เมื่อศึกษาการขยายปริมาตรของข้าวสุก อัตราการดูดซึมน้ำ การดูดซึมน้ำ (Water uptake) และปริมาณความชื้นของข้าวสุก ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10 ภาพที่ 4.19 และ 4.20 พบว่าการขยายปริมาตรของข้าวสุกของข้าวที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุไม่แตกต่างกับข้าวสารตัวอย่าง ($p > 0.05$) อัตราการดูดซึมน้ำของข้าวสารที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุจะไม่แตกต่างกัน แต่จะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวสาร

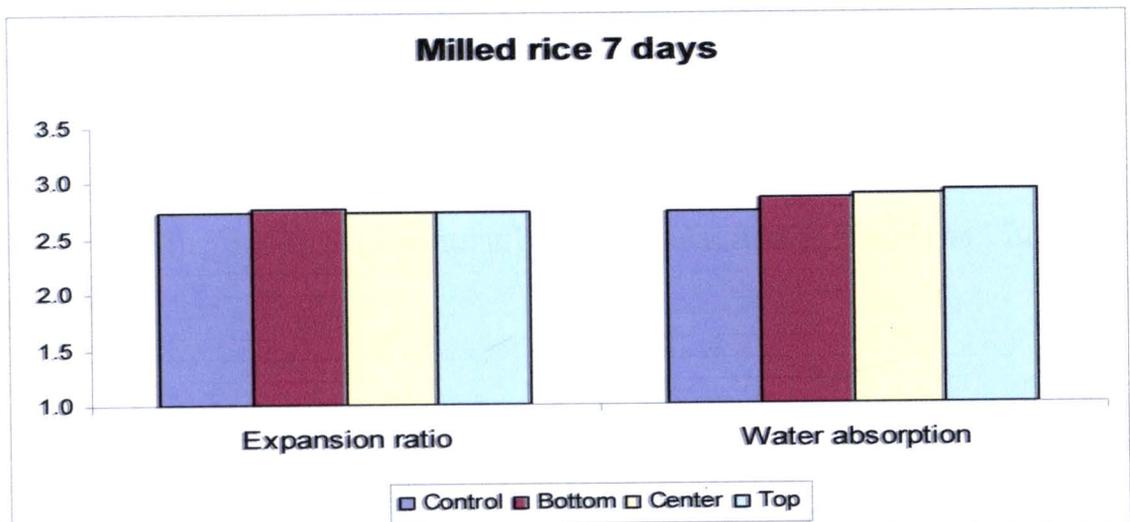
ควบคุม เมื่อพิจารณาปริมาณความชื้นของข้าวสุก จะพบว่าข้าวสารที่เก็บอยู่ในชั้นบนจะมีปริมาณความชื้นของข้าวสุกไม่แตกต่างกับข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุ แต่จะมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าตัวอย่างข้าวสารควบคุม สำหรับการดูดซับน้ำนั้นจะพบว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นบนจะมีค่าการดูดซับน้ำไม่แตกต่างกับข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง และชั้นล่าง ($p>0.05$) แต่จะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวสารควบคุม

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านการหุงต้มของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน

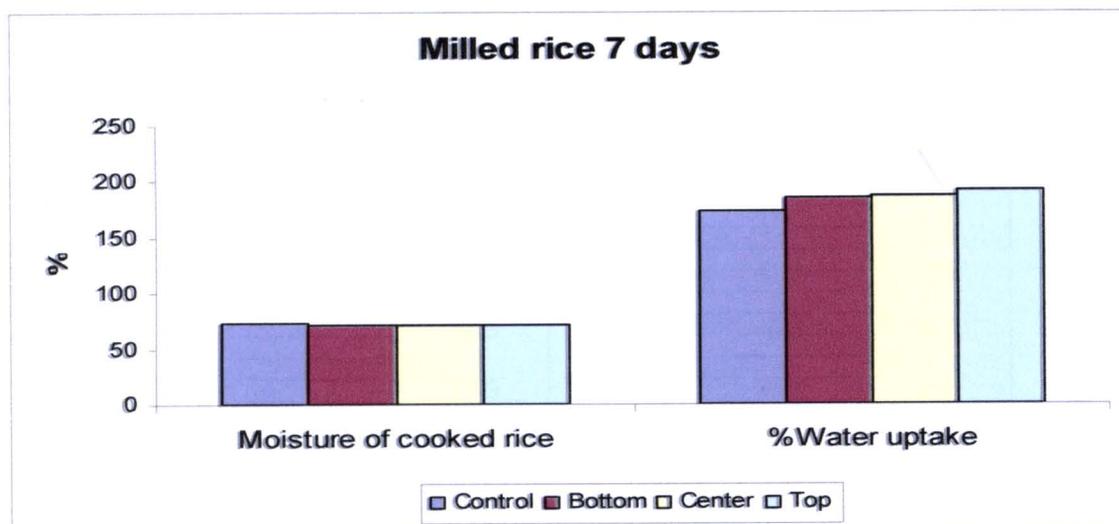
คุณสมบัติการหุงต้มของข้าวสาร	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
การขยายปริมาตรของข้าวสุก	2.7 ± 0.1^{ns}	2.8 ± 0.1^{ns}	2.7 ± 0.1^{ns}	2.7 ± 0.1^{ns}
อัตราการดูดซึมน้ำ	2.7 ± 0.1^a	2.9 ± 0.1^b	2.9 ± 0.1^b	2.9 ± 0.1^b
การดูดซับน้ำ	173.7 ± 8.7^a	185.5 ± 9.9^b	187.8 ± 5.1^b	191.9 ± 14.3^b
ปริมาณความชื้นของข้าวสุก	73.8 ± 0.8^b	71.3 ± 1.3^a	71.8 ± 0.7^a	71.8 ± 1.2^a

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 4.19 การขยายปริมาตรของข้าวสุกและอัตราการดูดซึมน้ำของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน



ภาพที่ 4.20 ปริมาณความชื้นของข้าวสุกและการดูดซับน้ำของข้าวสารที่บรจในภาชนะบรจชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 วัน

1.3 การผลิตข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เก่าเมื่อระยะเวลาการอบนาน 14 วัน

จากการทดลองอบข้าวสารใหม่พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปริมาณความชื้นเริ่มต้น 14% นาน 5 และ 7 วัน ตามลำดับ จะพบว่าข้าวสารใหม่มีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นข้าวสารเก่า แต่ยังมีคุณสมบัติไม่ใช่ข้าวสารเก่า ดังนั้นคณะวิจัยจึงเพิ่มระยะเวลาการเก็บข้าวสารในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน ตารางที่ 4.10 แสดงสภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ที่ทดลองเก็บข้าวสาร นาน 14 วัน โดยพบว่ามีความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มของรังสีเท่ากับ 1.73 ± 0.34 เมตรต่อวินาที, $29.26 \pm 1.21^{\circ}\text{C}$, $91.60 \pm 10.11\%$ และ 0.15 ± 0.18 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 14 วัน แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 สภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ที่ทดลองเก็บข้าวสาร นาน 14 วัน

สภาวะอากาศ	Min	Max	Mean	SD
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	1.36	2.41	1.73	0.34
อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	27.69	30.86	29.26	1.21
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	78.02	103.23	91.60	10.11
ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร)	0.00	0.48	0.15	0.18

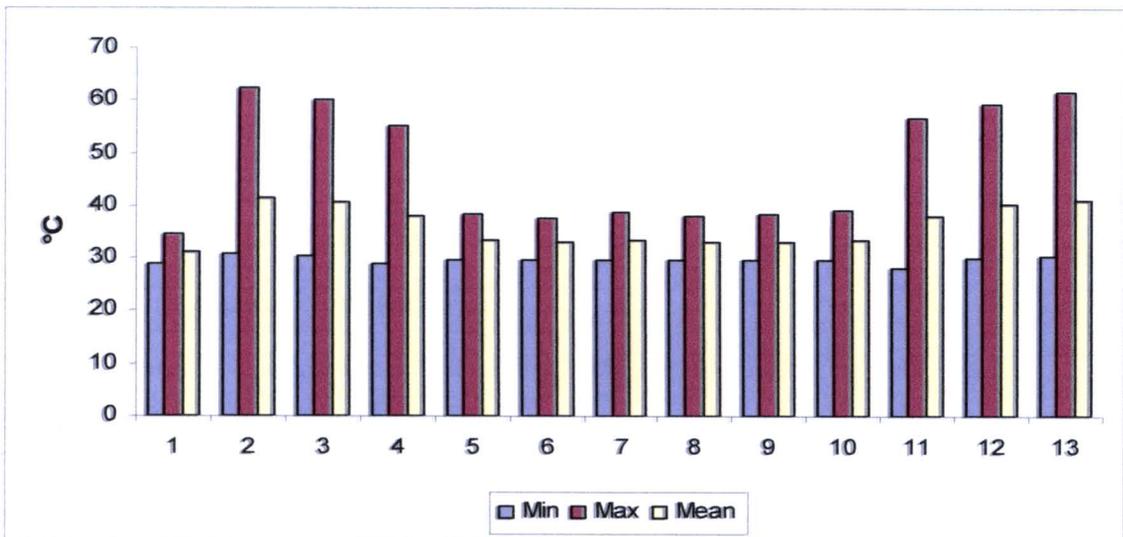
ตารางที่ 4.12 ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวนอุณหภูมิ เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการทดลองอบข้าวสาร นาน 14 วัน

Temperature sensor No.	Min	Max	Mean	SD	CV (%)
1	29.1	34.7	31.4	1.9	5.9
2	30.7	62.3	41.3	11.5	27.7
3	30.5	60.3	40.6	10.8	26.5
4	28.9	55.2	38.1	9.4	24.7
5	29.6	38.3	33.4	3.0	8.9
6	29.7	37.8	33.3	2.9	8.7
7	29.8	38.7	33.6	3.2	9.4
8	29.5	38.2	33.3	3.0	8.9
9	29.7	38.5	33.3	3.1	9.2
10	29.7	39.0	33.6	3.3	9.8
11	28.1	56.8	37.9	10.5	27.8
12	30.2	59.4	40.4	10.8	26.7
13	30.4	61.7	41.0	11.4	27.7

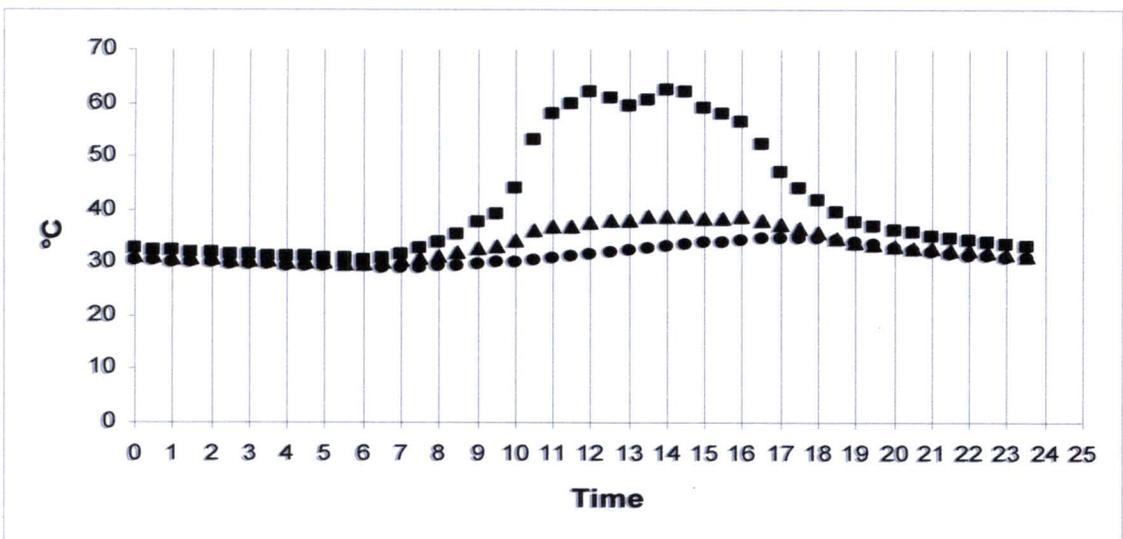
จากตารางที่ 4.12 จะพบว่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 14 วัน จะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่ตรวจวัดเนื่องจากห้องอบมีขนาดใหญ่ โดยที่บริเวณด้านบนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านล่าง ด้านหน้าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านหลัง ส่วนด้านตะวันออกและตะวันตกมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยภายในตู้อบจะสูงกว่าอุณหภูมิภายในเครื่องวัด อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบเท่ากับ 62.3 และ 41.3°C จะเห็นว่าอุณหภูมิสูงสุดภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกถึง 30°C อุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เมื่ออบนาน 14 วัน แสดงดังภาพที่ 4.21 และ 4.22

จากภาพที่ 4.21 และ 4.22 จะพบว่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยเฉพาะค่าอุณหภูมิสูงสุด ในขณะที่ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันทุกจุด โดยอุณหภูมิภายในตู้จะเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่เวลา 08.00 นาฬิกา จนกระทั่งมีค่าเกิน 50°C ณ เวลา 11.00 นาฬิกา และจะคงที่ที่อุณหภูมินี้ต่อไปจนถึงประมาณ 17.00 นาฬิกา ก่อนที่จะลดลง

แสดงดังภาพที่ 4.22 จะพบว่าข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิกักตุนมากกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน จากระดับอุณหภูมิดังกล่าวจึงน่าจะทำให้ข้าวสารใหม่เปลี่ยนคุณสมบัติเป็นข้าวสารเก่าได้



ภาพที่ 4.21 อุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการทดลองอบข้าวสาร นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เมื่ออบข้าวสาร นาน 14 วัน

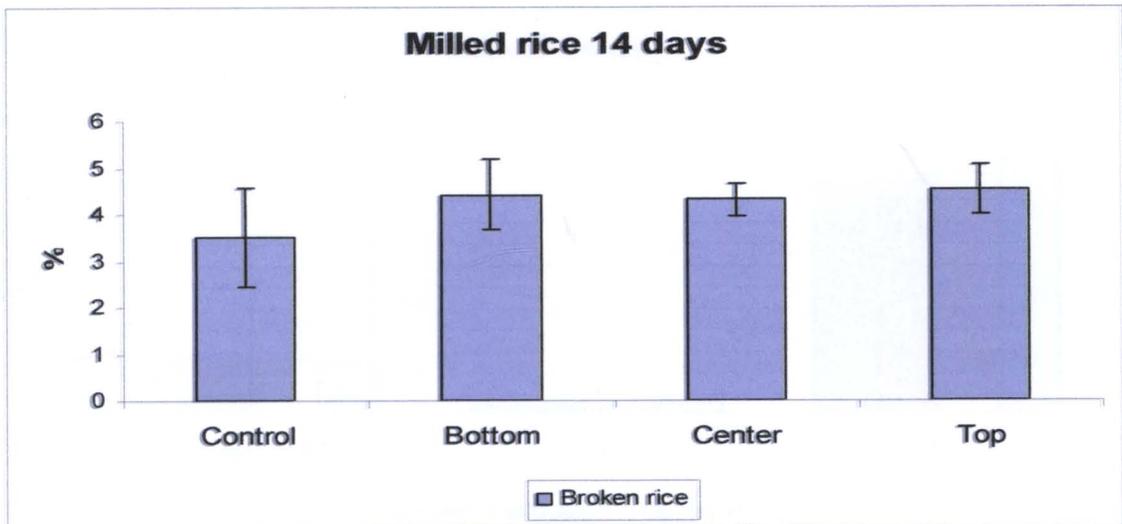
เมื่อนำข้าวสารที่ผ่านการอบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน ที่บรรจุในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุมาทำการตรวจสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.13 พบว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นบน ชั้นล่าง และชั้นกลางของภาชนะบรรจุมีปริมาณข้าวหักไม่แตกต่างจากตัวอย่างข้าวสารควบคุม ($p>0.05$) ส่วนค่าความขาว ค่าความมัน ระดับการขัดสี ค่าสี a และ b ของข้าวสารที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง ชั้นล่าง และข้าวสารตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่ค่าสี L ของข้าวสารที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวสารควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 4.23-4.25) แสดงว่าการเก็บข้าวสารในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน จะมีผลทำให้ข้าวสารมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านสี โดยข้าวสารจะมีสีขาวคงที่ แต่มีค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

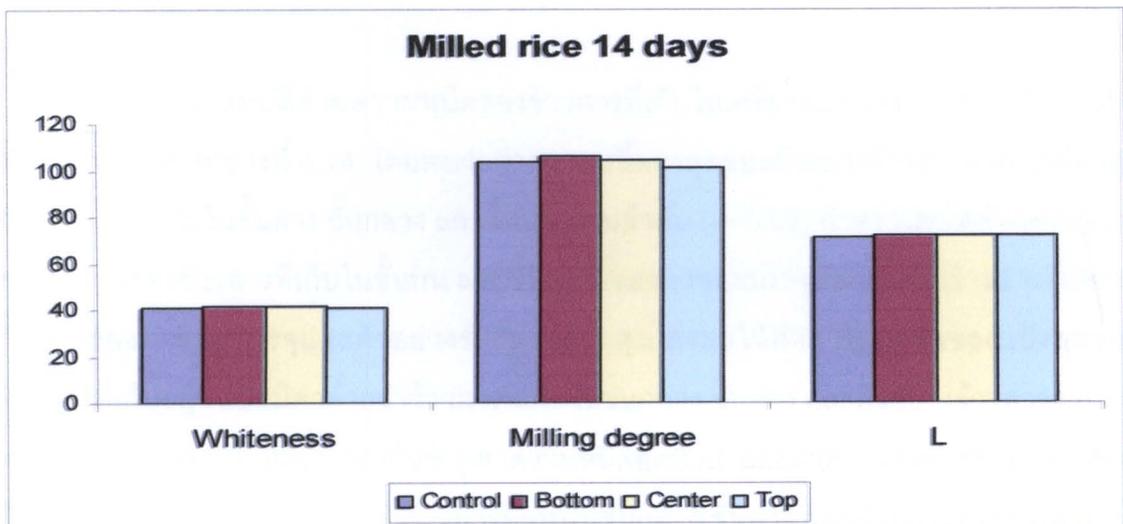
คุณสมบัติทางกายภาพ	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ข้าวหัก (%)	3.5 ± 1.1^a	4.4 ± 0.8^b	4.3 ± 0.3^b	4.5 ± 0.5^b
ค่าความขาว	40.5 ± 0.4^a	41.6 ± 0.4^b	41.3 ± 0.5^b	40.8 ± 0.5^a
ค่าความมัน	3.6 ± 0.1^c	3.4 ± 0.1^b	3.3 ± 0.1^b	3.1 ± 0.1^a
ระดับการขัดสี	103.7 ± 2.1^b	106.2 ± 2.0^c	104.2 ± 2.8^{bc}	101.1 ± 2.4^a
ค่าสี L	71.4 ± 0.2^{ns}	71.6 ± 0.5^{ns}	71.4 ± 0.4^{ns}	71.6 ± 0.4^{ns}
ค่าสี a	0.4 ± 0.1^a	0.4 ± 0.2^a	0.4 ± 0.1^a	0.6 ± 0.2^b
ค่าสี b	14.5 ± 0.2^a	15.0 ± 0.3^b	15.0 ± 0.2^b	16.0 ± 0.3^c

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

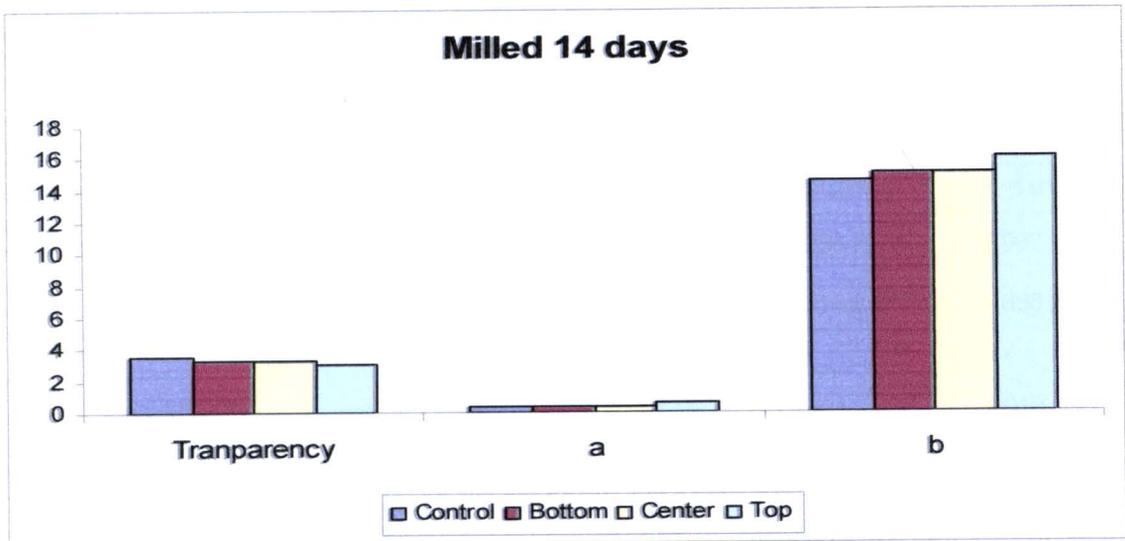
^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 4.23 ปริมาณข้าวหักของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบ กับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.24 ค่าความขาว ระดับการขัดสี และค่าสี L ของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.25 ค่าความมัน ค่าสี a และค่าสี b ของข้าวสารที่บรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

คุณสมบัติด้านความเหนียวของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน แสดงดังตารางที่ 4.14 โดยพบว่าค่าความเหนียวสูงสุดของตัวอย่างข้าวสารควบคุมมีค่าสูงกว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นล่าง ชั้นกลาง และชั้นบน ตามลำดับ ($p < 0.05$) ค่าความเหนียวต่ำสุดระหว่างการทำเย็นของข้าวสารที่เก็บในชั้นบน และชั้นกลางของภาชนะบรรจุมีค่าสูงกว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นล่างของภาชนะบรรจุและตัวอย่างข้าวสารควบคุม ส่งผลให้ค่าการแตกตัวของแป้งสุกของข้าวสารที่เก็บอยู่ชั้นบนมีค่าต่ำกว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวสารควบคุม ตามลำดับ ($p < 0.05$) ในทางตรงกันข้ามค่าความเหนียวสุดท้าย และค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวสารที่เก็บในชั้นบนมีค่าสูงกว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวสารควบคุม ตามลำดับ ($p < 0.05$) ส่วนเวลาที่ทำให้แป้งสุกและอุณหภูมิของแป้งสุกของข้าวสารที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง มีแนวโน้มสูงกว่าตัวอย่างข้าวสารควบคุม

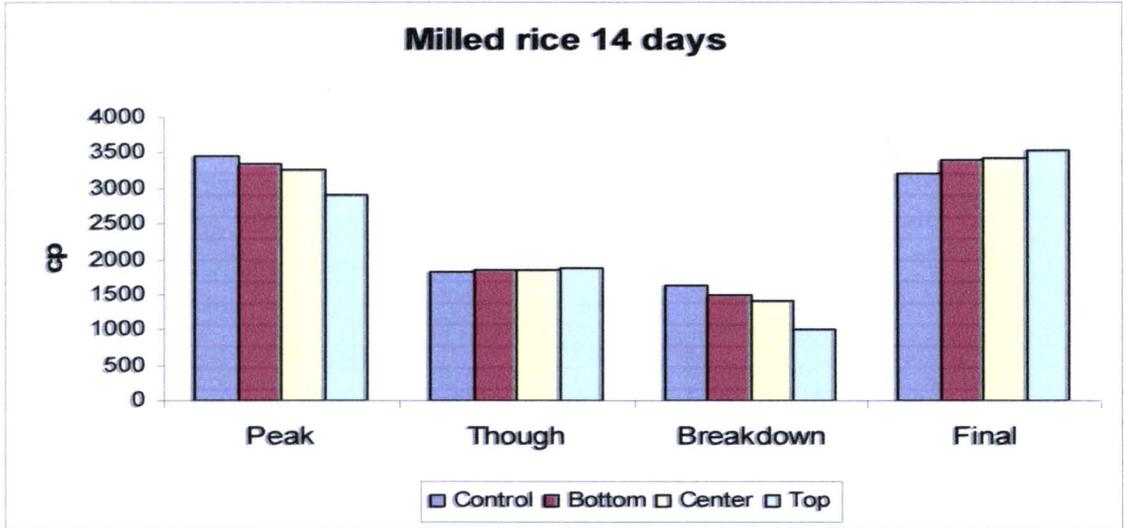
ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

คุณสมบัติด้านความหนืด (RVU)	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ความหนืดสูงสุด	3,459 ± 93 ^d	3,345 ± 62 ^c	3,256 ± 73 ^b	2,907 ± 80 ^a
ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น	1,819 ± 15 ^a	1,843 ± 39 ^a	1,854 ± 37 ^{ab}	1,888 ± 47 ^b
การแตกตัวของแป้งสุก	1,640 ± 79 ^d	1,502 ± 69 ^c	1,401 ± 79 ^b	1,019 ± 73 ^a
ความหนืดสุดท้าย	3,215 ± 26 ^a	3,406 ± 65 ^b	3,437 ± 48 ^b	3,550 ± 87 ^c
ความคงตัวของแป้งสุก	-243 ± 117 ^a	60 ± 89 ^b	181 ± 105 ^c	642 ± 131 ^d
เวลาที่ทำให้แป้งสุก	5.7 ± 0.0 ^a	5.7 ± 0.1 ^a	5.7 ± 0.1 ^{ab}	5.8 ± 0.1 ^b
อุณหภูมิแป้งสุก	85.7 ± 0.4 ^a	86.9 ± 0.5 ^b	87.2 ± 0.6 ^b	88.3 ± 0.6 ^c

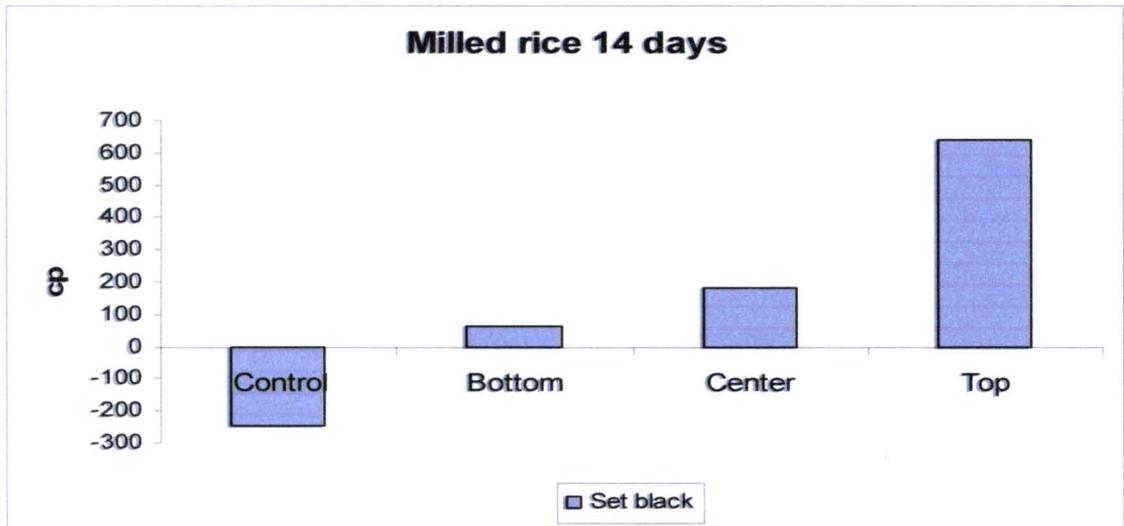
^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

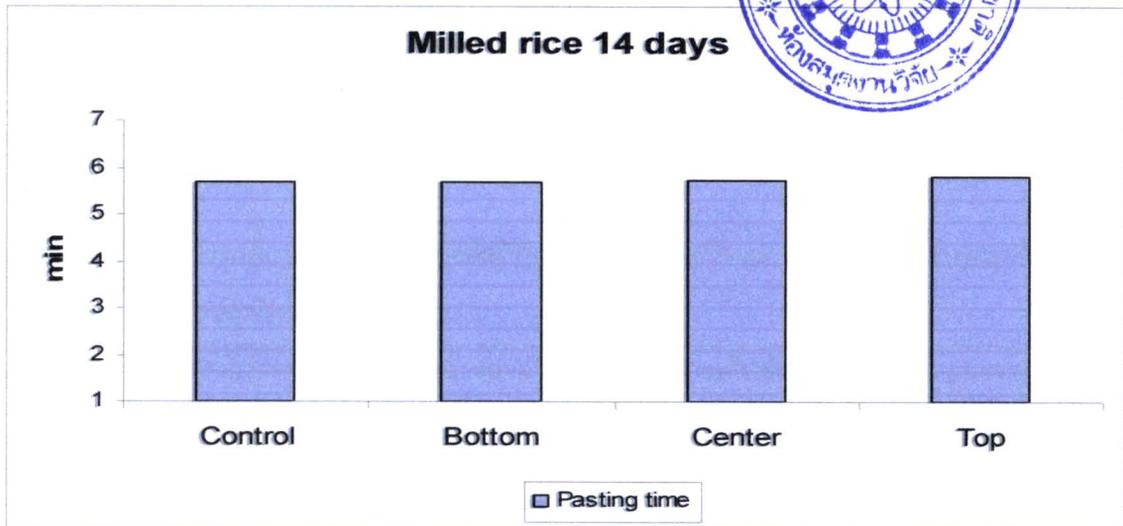
ภาพที่ 4.26 แสดงค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น ค่าการแตกตัวของแป้งสุก และค่าความหนืดสุดท้าย โดยพบว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุมีค่าความหนืดสูงสุด และค่าการแตกตัวของแป้งสุกต่ำกว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวสารควบคุมตามลำดับ แต่ค่าความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น และค่าความหนืดสุดท้ายมีแนวโน้มสูงกว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวสารควบคุมตามลำดับ จึงส่งผลให้ค่าความคงตัวของแป้งของข้าวสารที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุมีค่าสูงที่สุดด้วย (ภาพที่ 4.27) ส่วนเวลาที่ทำให้แป้งสุก และอุณหภูมิของแป้งสุกของข้าวสารที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุก็มีแนวโน้มสูงกว่าข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวสารควบคุม ตามลำดับ (ภาพที่ 4.28 และ 4.29)



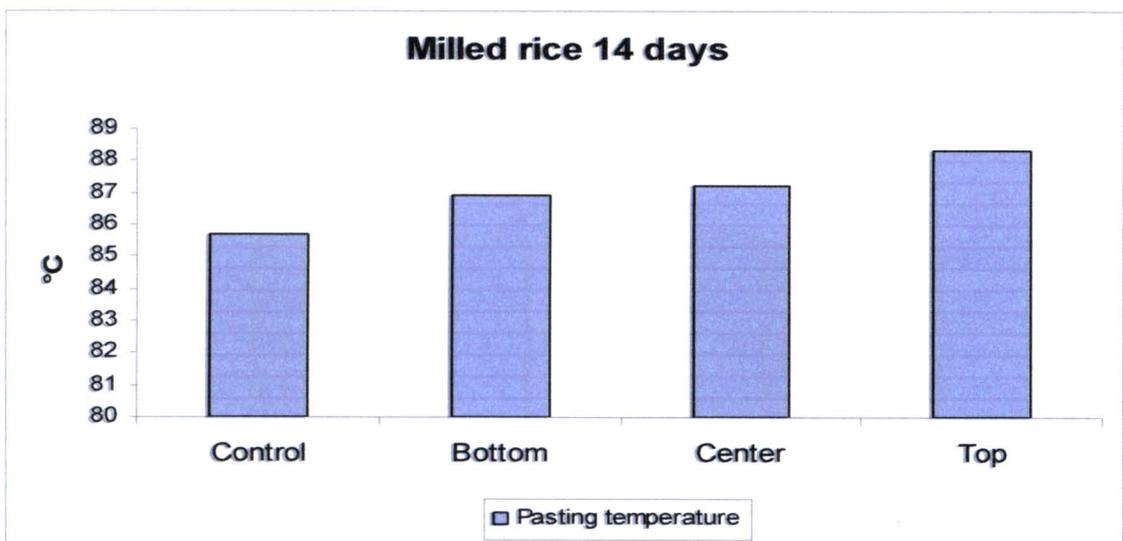
ภาพที่ 4.26 ค่าความชื้นสูงสุด ค่าความชื้นต่ำสุดระหว่างการทำเย็น ค่าการแตกตัวของแป้งสุก และค่าความชื้นสุดท้ายของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.27 ค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.28 เวลาที่ทำให้แป้งสุกของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.29 อุณหภูมิแป้งสุกของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

นอกจากนี้ เมื่อตรวจสอบคุณภาพการหุงต้ม จะพบว่าการขยายปริมาตรของข้าวสุก และอัตราการดูดซึมน้ำของข้าวสารที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุไม่แตกต่างกับข้าวสารที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวสารควบคุม ($p > 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความชื้นของข้าวสุกของข้าวสารที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุไม่แตกต่างจากตัวอย่างข้าวสาร

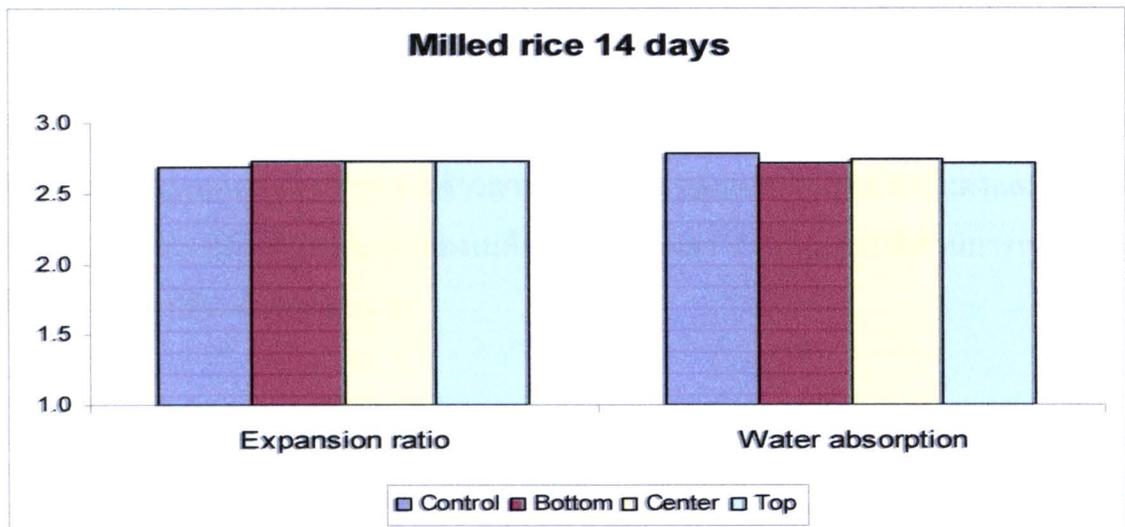
ควบคุมอีกด้วย แต่การดูดซับน้ำของข้าวสารที่เก็บในชั้นบนจะมีความแตกต่างกับข้าวสารที่เก็บในชั้นกลางและล่างของภาชนะบรรจุ ($p < 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับตัวอย่างข้าวสารควบคุม ($p < 0.05$) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.30-4.31

ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านการหุงต้มของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

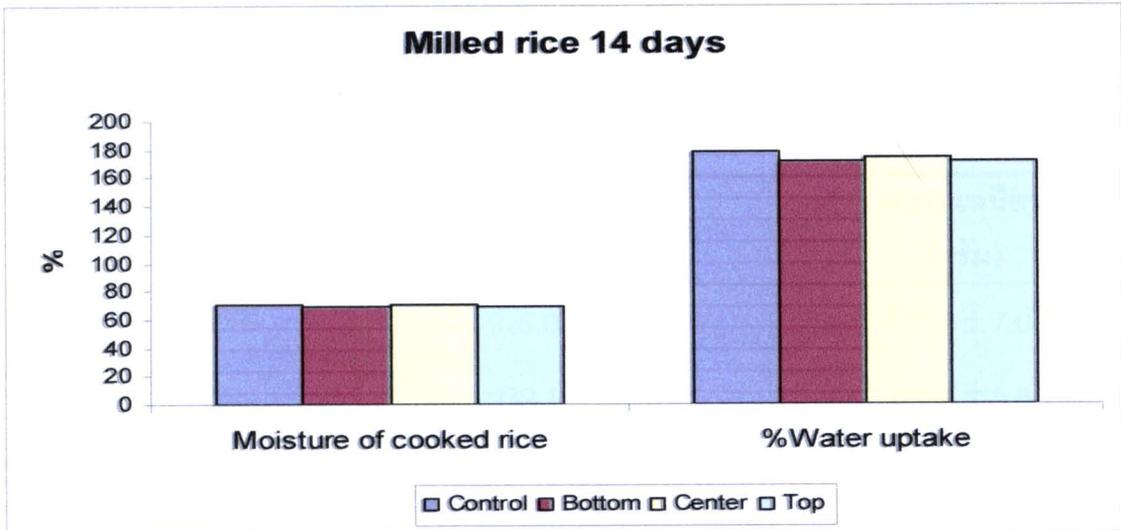
คุณสมบัติการหุงต้มของข้าวสาร	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
การขยายปริมาตรของข้าวสุก	2.7 ± 0.0^{ns}	2.8 ± 0.1^{ns}	2.8 ± 0.1^{ns}	2.8 ± 0.1^{ns}
อัตราการดูดซึมน้ำ	2.9 ± 0.0^{ns}	2.8 ± 0.1^{ns}	2.8 ± 0.1^{ns}	2.8 ± 0.1^{ns}
การดูดซับน้ำ	71.1 ± 0.7^b	69.9 ± 1.3^{ab}	70.2 ± 1.2^{ab}	69.6 ± 1.1^a
ปริมาณความชื้นของข้าวสุก	178.3 ± 3.3^{ns}	171.9 ± 8.9^{ns}	173.9 ± 9.3^{ns}	170.9 ± 7.9^{ns}

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.30 การขยายปริมาตรของข้าวสุก และอัตราการดูดซึมน้ำของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.31 ปริมาณความชื้นของข้าวสุกและการดูดซับของข้าวสารที่บรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน กลาง และล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวสารควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

จากการทดลองผลิตข้าวเก่าจากข้าวสารใหม่ที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 14% พบว่าเมื่อเก็บข้าวสารในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน จะทำให้ข้าวสารใหม่ เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเป็นข้าวสารเก่า โดยคุณสมบัติที่มีการเปลี่ยนแปลงชัดเจนที่สุด คือ ค่าความคงตัวของแป้งสุก ค่าความหนืดสุดท้าย และอุณหภูมิการสุกของแป้งที่มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความหนืดสูงสุดลดลง นอกจากนี้ข้าวสารยังเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ค่าความมันของเมล็ดข้าวมีค่าลดลง ส่วนคุณสมบัติด้านการหุงต้มของข้าวสารมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

1.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกของข้าวสารเมื่อเก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก จะทำการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก เมื่อเก็บรักษาในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 5 7 และ 14 วัน เปรียบเทียบกับข้าวใหม่ด้วยวิธี Back Extrusion ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลของระยะเวลาการเร่งความแก่ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่ผ่านการเร่งความแก่จากข้าวสารด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อวัดด้วยวิธี Back Extrusion

ระยะเวลาที่เร่งความแก่ (วัน)	ความแข็ง (กรัม)	ความเหนียว (กรัม)
0 (ข้าวใหม่)	925.0 ± 16.8 ^d	130.9 ± 7.0 ^a
5	939.1 ± 52.9 ^c	121.2 ± 5.8 ^b
7	981.8 ± 24.4 ^b	116.7 ± 6.3 ^b
14	1,106.0 ± 79.9 ^a	106.6 ± 10.2 ^c

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.16 จะพบว่าข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วันจะมีค่าความแข็งสูงกว่าข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 7 5 และข้าวใหม่ตามลำดับ ($p < 0.05$) ในขณะที่มีค่าความเหนียวต่ำที่สุด จากผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเป็นข้าวเก่าได้สูงที่สุด

1.5 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในระยะเวลาแตกต่างกัน

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในระยะเวลาแตกต่างกันเปรียบเทียบกับข้าวใหม่หรือตัวอย่างข้าวสารควบคุม แสดงดังตารางที่ 4.17 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับคุณลักษณะด้านปรากฏของข้าวใหม่สูงสุดแต่ไม่แตกต่างกับข้าวสารที่เก็บรักษานาน 5 7 และ 14 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้คะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ ของข้าวสุกข้าวใหม่จะมีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกับข้าวสุกของข้าวสารที่เก็บรักษานาน 5 7 และ 14 วัน ตามลำดับ จึงส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมของข้าวใหม่ไม่แตกต่างกับข้าวสารที่ผ่านการเร่งความแก่ด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์อีกด้วย ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวอาจจะมีสาเหตุมาจากการที่ผู้ทดสอบชิมไม่ได้ผ่านการฝึกฝนมาก่อนจึงทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวใหม่กับข้าวเก่าได้

ตารางที่ 4.17 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ข้าวใหม่ (0 วัน)	ข้าวเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่า		
		5 วัน	7 วัน	14 วัน
ลักษณะปรากฏ	6.77 ± 1.10 ^a	6.30 ± 1.34 ^{ab}	6.27 ± 1.87 ^{ab}	5.77 ± 1.61 ^b
เนื้อสัมผัส	6.60 ± 1.43 ^{ns}	6.00 ± 1.34 ^{ns}	6.30 ± 1.53 ^{ns}	6.30 ± 1.29 ^{ns}
สี	6.76 ± 1.38 ^{ns}	6.13 ± 1.33 ^{ns}	6.67 ± 1.15 ^{ns}	6.27 ± 1.60 ^{ns}
กลิ่น	6.60 ± 1.59 ^{ns}	5.80 ± 1.38 ^{ns}	6.23 ± 1.63 ^{ns}	6.13 ± 1.38 ^{ns}
รสชาติ	6.80 ± 1.54 ^{ns}	6.46 ± 1.43 ^{ns}	6.33 ± 1.32 ^{ns}	6.00 ± 1.58 ^{ns}
ความชอบรวม	7.30 ± 1.39 ^a	6.73 ± 1.36 ^{ab}	6.40 ± 1.40 ^b	6.57 ± 1.07 ^b

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. ปัจจัยของอุณหภูมิและระยะเวลาการอบในการผลิตข้าวเปลือกเก่าด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

ในการวิจัยครั้งนี้ นอกจากจะศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบข้าวสารแล้ว ยังได้ทำการศึกษาการเร่งความเก่าข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วย โดยมีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 14% เช่นเดียวกับข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งผลการเร่งความเก่าข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การผลิตข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เก่าเมื่อระยะเวลาการอบนาน 9 วัน

ในการทดลองอบข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปริมาณความชื้นเริ่มต้น 14% ในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน พบว่าสภาวะอากาศตลอดช่วงการทดลอง 24 ชั่วโมงมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ เท่ากับ 1.95 ± 0.66 เมตรต่อวินาที, $28.56 \pm 2.14^{\circ}\text{C}$, $80.60 \pm 13.12\%$ และ 0.11 ± 0.15 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 สภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ที่ทดลองเก็บข้าวเปลือก นาน 9 วัน

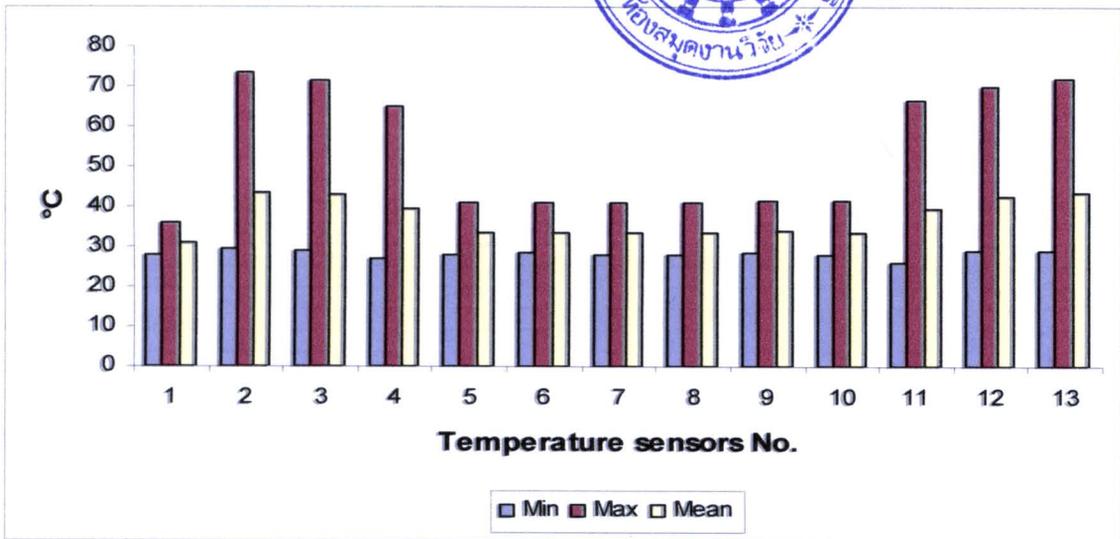
สภาวะอากาศ	Min	Max	Mean	SD
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	1.08	3.11	1.95	0.66
อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	25.76	31.37	28.56	2.14
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	64.34	98.55	80.60	13.12
ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร)	0.00	0.39	0.11	0.15

อุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงการทดลอง 9 วัน จะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่ตรวจวัด โดยที่บริเวณด้านบนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านล่าง ด้านหน้าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านหลัง ส่วนด้านตะวันออกและตะวันตกจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าอุณหภูมิต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยภายในเครื่องอบจะสูงกว่าอุณหภูมิภายในเครื่องวัดอุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ เท่ากับ 73.5 และ 43.6 $^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ จะเห็นว่าอุณหภูมิสูงสุดภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกถึง 38 $^{\circ}\text{C}$ แสดงดังตารางที่ 4.19

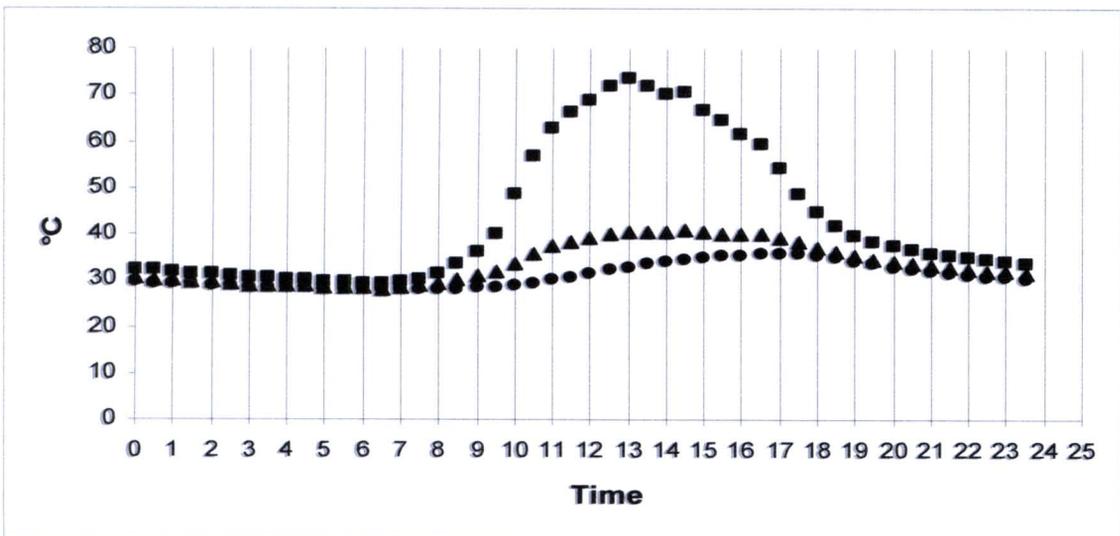
ค่าอุณหภูมิต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังตารางที่ 4.18 โดยพบว่าอุณหภูมิจะแตกต่างกันค่อนข้างมากโดยเฉพาะค่าอุณหภูมิสูงสุด ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันทุกจุดประมาณ 31-43 $^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิภายในตู้จะเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่เวลา 08.00 นาฬิกา จนกระทั่งมีค่าเกิน 50 $^{\circ}\text{C}$ ที่เวลา 10.00 นาฬิกา และจะคงอุณหภูมินี้ต่อไปจนถึงประมาณ 17.00 นาฬิกา ก่อนที่จะลดลง แสดงดังภาพที่ 4.32 จะพบว่าข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะได้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิปกติมากกว่า 7 ชั่วโมงต่อวัน ระดับอุณหภูมิขนาดนี้จึงน่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติสารในข้าวเปลือกใหม่เป็นข้าวเปลือกเก่าได้

ตารางที่ 4.19 ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวน
อุณหภูมิเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการทดลองอบข้าวเปลือก นาน 9 วัน

Temperature sensor No.	Min	Max	Mean	SD	CV (%)
1	27.8	35.8	31.0	2.8	8.9
2	29.3	73.5	43.6	15.3	35.0
3	28.9	71.6	42.9	14.7	34.3
4	26.8	64.8	39.7	13.5	34.1
5	28.1	40.8	33.7	4.5	13.2
6	28.4	41.2	33.7	4.4	13.0
7	28.1	40.9	33.6	4.5	13.4
8	28.0	41.1	33.6	4.5	13.5
9	28.4	41.3	33.8	4.6	13.5
10	28.2	41.5	33.7	4.6	13.6
11	26.1	66.6	39.3	14.6	37.0
12	28.9	69.8	42.6	14.4	33.7
13	29.1	72.2	43.4	15.1	34.8



ภาพที่ 4.32 อุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการทดลองอบข้าวเปลือก นาน 9 วัน



ภาพที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เมื่ออบข้าวเปลือก นาน 9 วัน

คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวเปลือกเมื่อเร่งความแก่ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน แสดงดังตารางที่ 4.20 โดยพบว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุจะมีปริมาณข้าวกล้องไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ($p<0.05$) ผลผลิตข้าวรวม ผลผลิตต้นข้าว และค่าความขาวของข้าวที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างไม่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p>0.05$) ส่วนค่าความมันของข้าวที่เก็บในชั้นกลางและชั้นบนของภาชนะบรรจุมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าความมันน้อยกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุและตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม สำหรับระดับการขัดสี ค่าสี L, a และ b ของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุมีค่าไม่แตกต่างกับข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ($p>0.05$) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.20 และภาพที่ 4.34, 4.35 และ 4.36

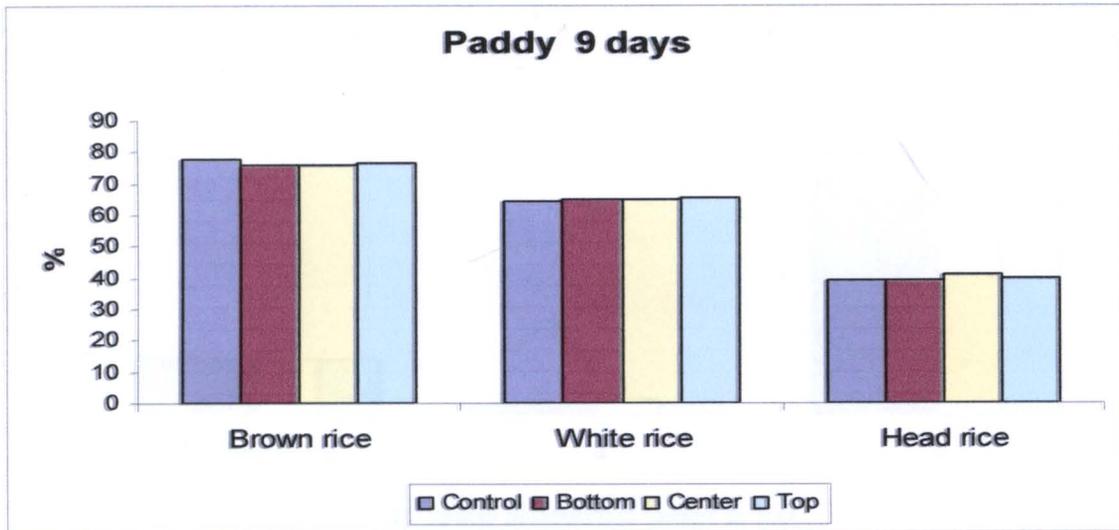
ตารางที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน

คุณสมบัติทางกายภาพ	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ข้าวกล้อง (%)	77.7 ± 0.6 ^b	76.2 ± 0.9 ^a	76.2 ± 0.4 ^a	76.3 ± 0.5 ^a
ผลผลิตข้าวรวม (%)	64.4 ± 0.7 ^{ns}	65.1 ± 0.8 ^{ns}	65.2 ± 0.6 ^{ns}	65.2 ± 0.6 ^{ns}
ผลผลิตต้นข้าว (%)	39.4 ± 0.4 ^{ns}	39.3 ± 1.5 ^{ns}	41.0 ± 5.6 ^{ns}	39.6 ± 0.9 ^{ns}
ค่าความขาว	43.2 ± 0.5 ^{ns}	42.7 ± 0.9 ^{ns}	43.1 ± 1.1 ^{ns}	43.5 ± 1.7 ^{ns}
ค่าความมัน	3.3 ± 0.1 ^b	3.2 ± 0.1 ^{ab}	3.1 ± 0.1 ^a	3.1 ± 0.1 ^a
ระดับการขัดสี	113.0 ± 1.7 ^{ns}	109.9 ± 4.3 ^{ns}	110.6 ± 5.4 ^{ns}	111.3 ± 4.2 ^{ns}
ค่าสี L	72.8 ± 0.4 ^{ns}	72.8 ± 0.6 ^{ns}	72.7 ± 0.8 ^{ns}	73.3 ± 0.6 ^{ns}
ค่าสี a	0.6 ± 0.2 ^{ns}	0.6 ± 0.3 ^{ns}	0.8 ± 0.5 ^{ns}	0.6 ± 0.4 ^{ns}
ค่าสี b	14.5 ± 0.1 ^{ns}	14.3 ± 0.3 ^{ns}	14.5 ± 0.4 ^{ns}	14.6 ± 0.5 ^{ns}

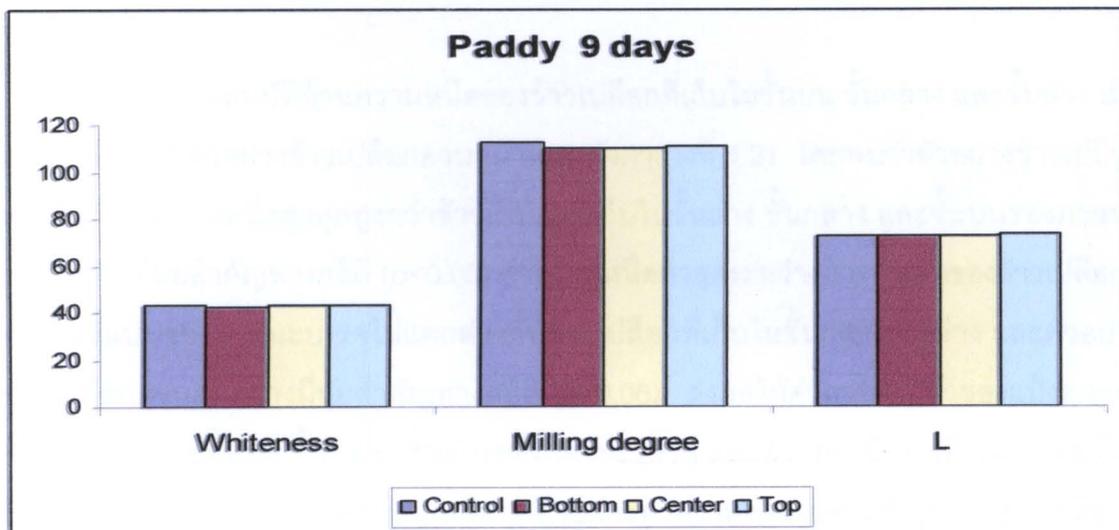
^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

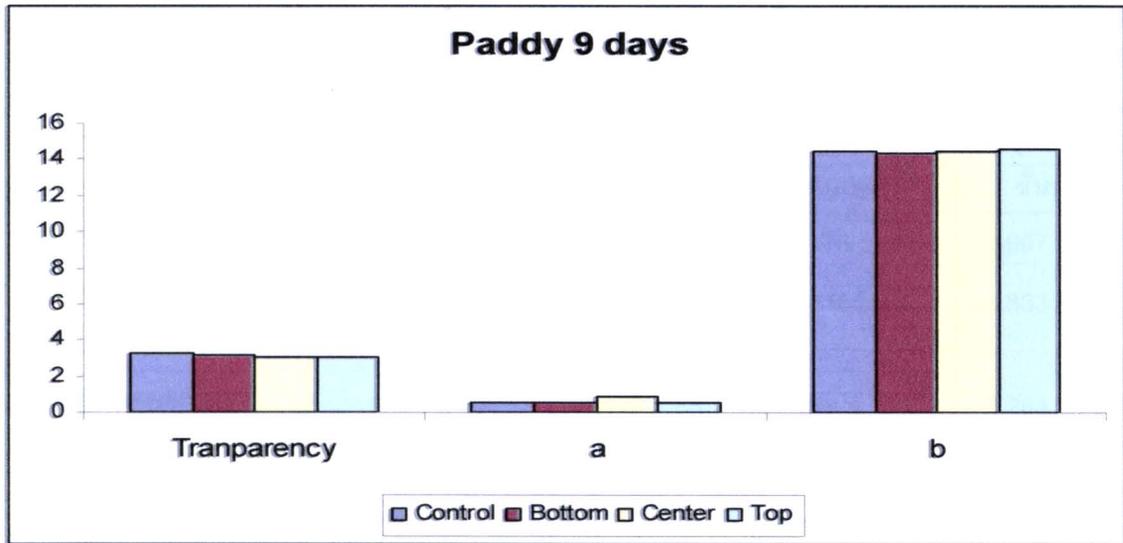
จากภาพที่ 4.34 จะพบว่าข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน จะมีปริมาณข้าวกล้องต่ำกว่าตัวอย่างข้าวควบคุม ส่วนผลผลิตข้าวรวม ผลผลิตต้นข้าว และค่าความขาวของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นต่าง ๆ ของภาชนะบรรจุจะไม่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวเปลือก ในขณะที่ค่าความมันต่ำกว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ส่วนระดับการขัดสี ค่าสี L, a และ b ของตัวอย่างข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นต่าง ๆ ของภาชนะบรรจุก็ไม่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม (ภาพที่ 4.35 และ 4.36)



ภาพที่ 4.34 ปริมาณของข้าวกล้อง ผลผลิตข้าวรวม และผลผลิตต้นข้าวของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน



ภาพที่ 4.35 ค่าความขาว ระดับการขัดสี และค่าสี L ของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน



ภาพที่ 4.36 ค่าความมัน ค่าสี a และค่าสี b ของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน

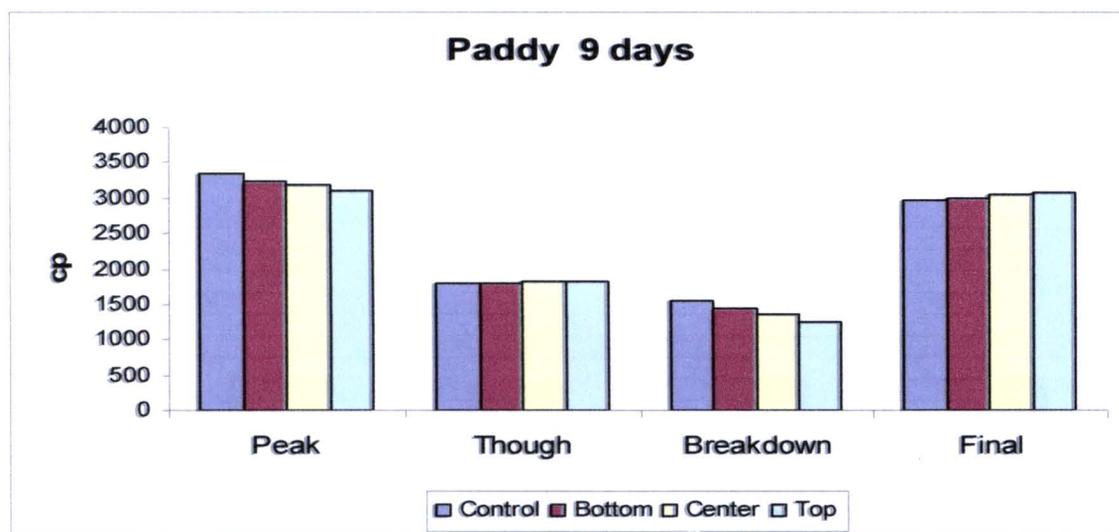
คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม แสดงดังตารางที่ 4.21 โดยพบว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมมีค่าความหนืดสูงสุดสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นล่าง ชั้นกลาง และชั้นบนของภาชนะบรรจุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็นของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุไม่แตกต่างกับข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่งผลให้ค่าการแตกตัวของแป้งสุกของข้าวสารที่เก็บอยู่ชั้นบน ชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ค่าความหนืดสุดท้ายและค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวเปลือกที่เก็บอยู่ในชั้นบนมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ข้าวเปลือกที่เก็บอยู่ในชั้นกลาง ชั้นบน และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ตามลำดับ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามเวลาที่ทำให้แป้งสุกและอุณหภูมิแป้งสุกของข้าวเปลือกที่เก็บอยู่ชั้นบนของภาชนะบรรจุไม่แตกต่างกับข้าวเปลือกที่เก็บอยู่ในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.21 คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์
นาน 9 วัน

คุณสมบัติด้าน ความหนืด (RVU)	ตัวอย่างข้าวสาร ควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ความหนืดสูงสุด	3,355 ± 46 ^c	3,236 ± 64 ^b	3,176 ± 88 ^b	3,097 ± 72 ^a
ความหนืดต่ำสุดระหว่าง การทำเย็น	1,806 ± 45 ^a	1,790 ± 46 ^a	1,816 ± 53 ^a	1,833 ± 38 ^a
การแตกตัวของแป้งสุก	1,549 ± 70 ^c	1,446 ± 85 ^{bc}	1,360 ± 116 ^{ab}	1,264 ± 76 ^a
ความหนืดสุดท้าย	2,964 ± 59 ^a	2,990 ± 61 ^{ab}	3,052 ± 59 ^{bc}	3,078 ± 55 ^c
ความคงตัวของแป้งสุก	-391 ± 84 ^a	-245 ± 91 ^b	-124 ± 125 ^c	-19 ± 96 ^c
เวลาที่ทำให้แป้งสุก	5.7 ± 0.1 ^a	5.7 ± 0.1 ^a	5.7 ± 0.1 ^a	5.8 ± 0.1 ^a
อุณหภูมิแป้งสุก	83.9 ± 0.8 ^a	84.5 ± 1.3 ^a	84.8 ± 3.2 ^a	85.8 ± 0.7 ^a

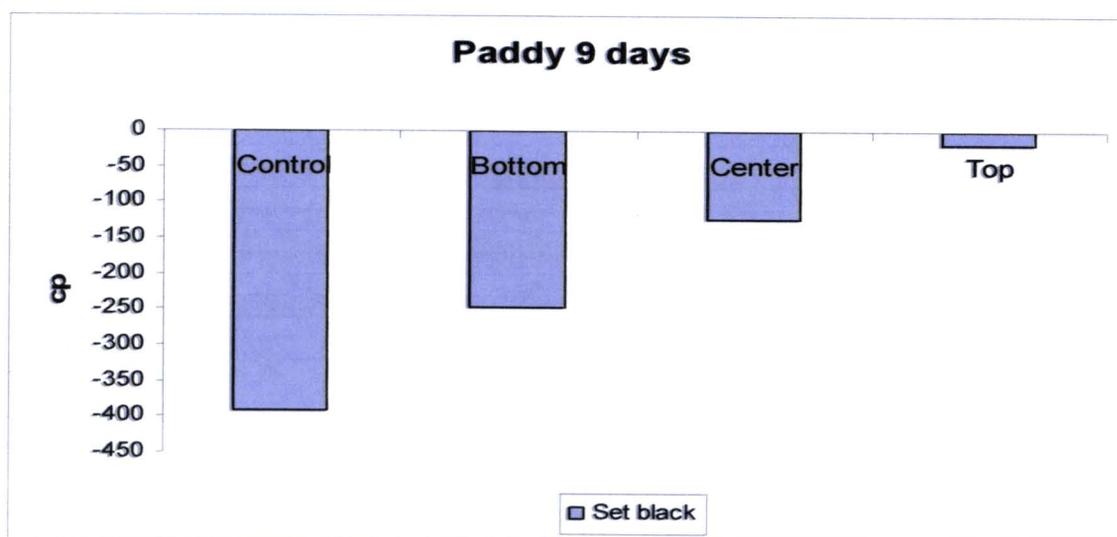
^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

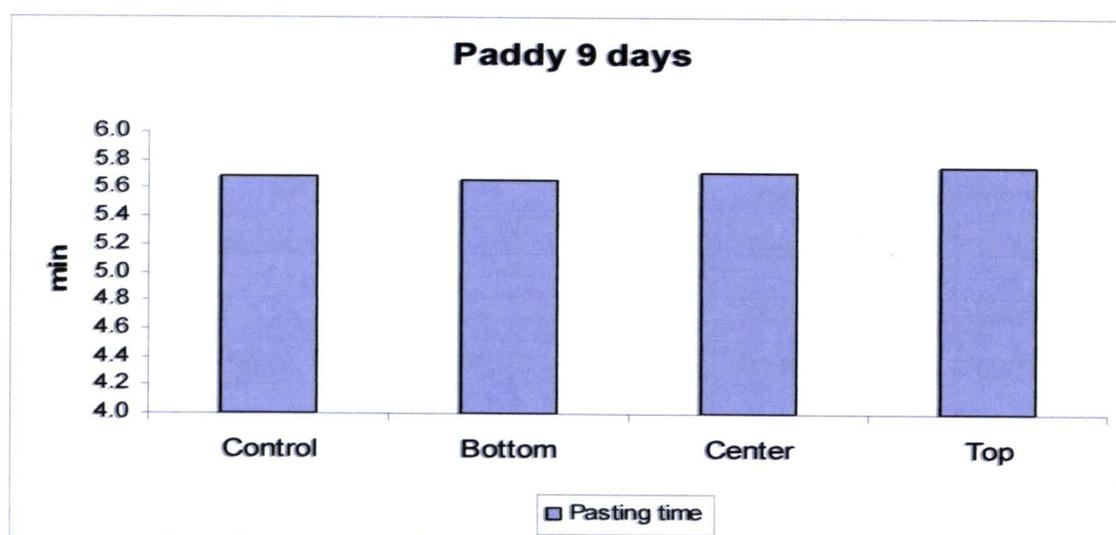


ภาพที่ 4.37 ค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น ค่าการแตกตัวของแป้งสุก และค่าความหนืดสุดท้ายของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน

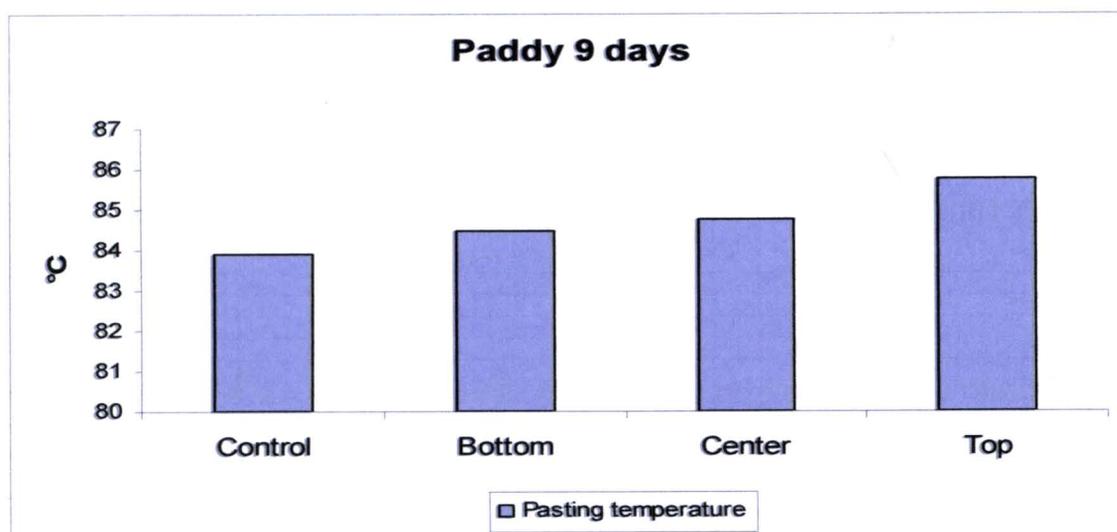
จากภาพที่ 4.37, 4.38, 4.39 และ 4.40 แสดงคุณสมบัติด้านความหนืดของน้ำแป้ง จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติด้านความหนืดที่เปลี่ยนแปลงจากข้าวเปลือกใหม่เป็นข้าวเปลือกเก่า ได้แก่ ค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดสุดท้าย ค่าการแตกตัวของแป้งสุก และค่าความคงตัวของแป้งสุก โดยจะพบในข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน



ภาพที่ 4.38 ค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน



ภาพที่ 4.39 เวลาที่ทำให้แป้งสุกของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน



ภาพที่ 4.40 อุณหภูมิแป้งสุกของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน

2.2 การผลิตข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เก่าเมื่อระยะเวลาการอบนาน 14 วัน สภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ที่ทดลองเก็บข้าวเปลือก นาน 14 วัน แสดงดังตารางที่ 4.22 พบว่าสภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมงมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ เท่ากับ 1.49 ± 0.52 เมตรต่อวินาที, $29.26 \pm 1.26^{\circ}\text{C}$, $92.79 \pm 8.11\%$ และ 0.15 ± 0.19 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 สภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมงที่ทดลองเก็บข้าวเปลือก นาน 14 วัน

สภาวะอากาศ	Min	Max	Mean	SD
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	0.66	2.34	1.49	0.52
อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	27.67	31.01	29.26	1.26
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	81.67	103.30	92.79	8.11
ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร)	0.00	0.50	0.15	0.19

ในการทดลองเก็บข้าวเปลือกในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน จะพบว่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะแตกต่างกันขึ้นกับตำแหน่งที่ตรวจวัด เนื่องจากห้องอบมีขนาดใหญ่ โดยที่บริเวณด้านบนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านล่าง ด้านหน้าจะมีอุณหภูมิสูง

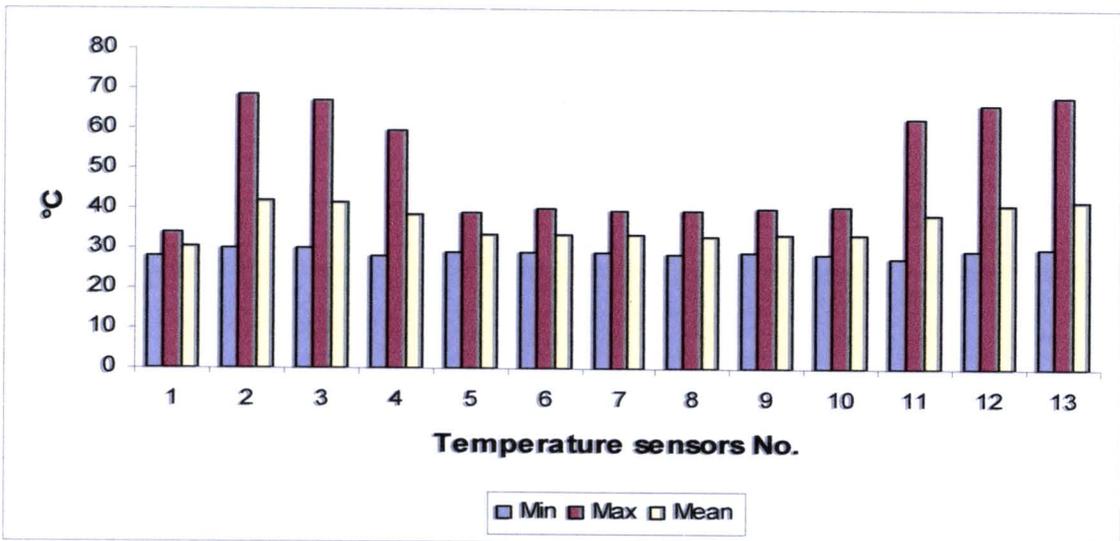
กว่าด้านหลัง ส่วนด้านตะวันออกและตะวันตกมีค่าใกล้เคียงกันโดยค่าอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะสูงกว่าอุณหภูมิภายในเครื่องวัด อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ เท่ากับ 63.8 และ 41.4°C จะเห็นว่าอุณหภูมิสูงสุดภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกถึง 35°C แสดงดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวน อุณหภูมิเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการทดลองอบข้าวเปลือก นาน 14 วัน

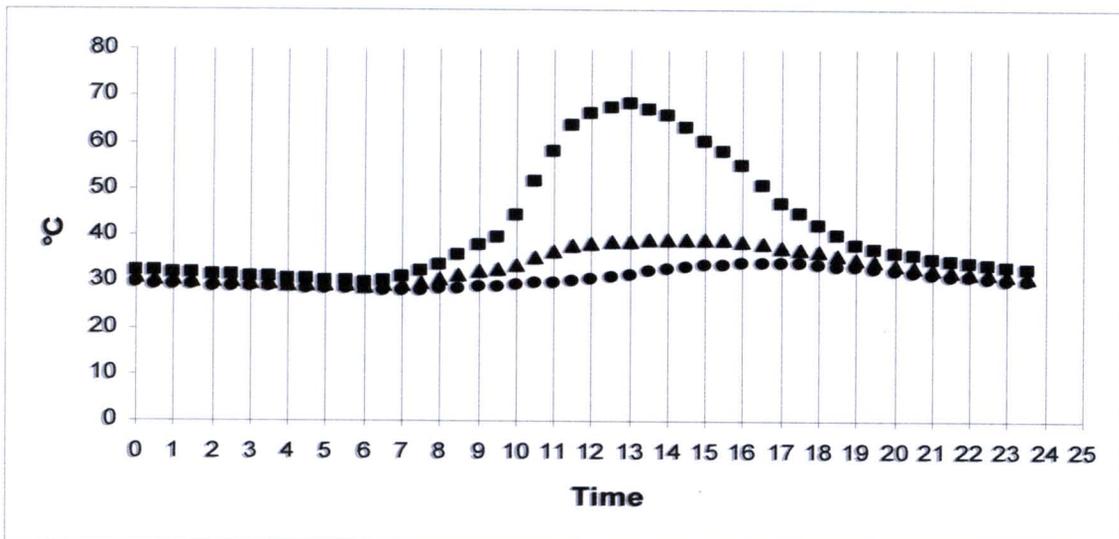
Temperature sensors No.	Min	Max	Mean	SD	CV (%)
1	28.1	33.9	30.5	2.0	6.5
2	29.9	68.3	41.8	12.9	30.9
3	29.9	67.0	41.4	12.4	29.9
4	28.0	59.7	38.4	10.8	28.2
5	28.9	39.2	33.4	3.5	10.6
6	28.8	40.2	33.5	4.0	11.9
7	29.0	39.3	33.5	3.7	10.9
8	28.6	39.4	33.2	3.6	10.9
9	29.2	40.1	33.6	3.7	11.1
10	28.7	40.5	33.4	3.9	11.8
11	27.6	62.6	38.5	12.0	31.2
12	29.6	65.8	41.0	12.2	29.8
13	29.9	68.2	41.9	13.0	31.0

ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตามตำแหน่งต่าง ๆ ภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่ 4.41 อุณหภูมิจะแตกต่างกันค่อนข้างมากโดยเฉพาะค่าอุณหภูมิสูงสุด ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันทุกจุดประมาณ 30-41°C โดยอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะสูงขึ้นตั้งแต่เวลา 08.00 นาฬิกา จนกระทั่งมีค่าเกิน 50°C ที่เวลา 10.00 นาฬิกา และจะคงอุณหภูมินี้ต่อไปจนถึงประมาณ 16.00 นาฬิกา ก่อนที่จะลดลงแสดง

ดังภาพที่ 4.42 จะเห็นว่าข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะได้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิกักตุนนานมากกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งระดับอุณหภูมิดังกล่าวจะมีผลทำให้สตาร์ชข้าวใหม่เปลี่ยนเป็นข้าวเก่าได้



ภาพที่ 4.41 อุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการทดลองอบข้าวเปลือก นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.42 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เมื่ออบข้าวเปลือก นาน 14 วัน

คุณภาพทางกายภาพและการสีของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน แสดงดังตารางที่ 4.24 พบว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมมีปริมาณข้าวกล้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผลผลิตข้าวรวม และผลผลิตต้นข้าวของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ($p<0.05$) ค่าความขาวของข้าวเปลือกที่เก็บชั้นบนของภาชนะบรรจุมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ในขณะที่ค่าความมันของตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุ ระดับการขีด ค่าสี L, a และ b ของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม

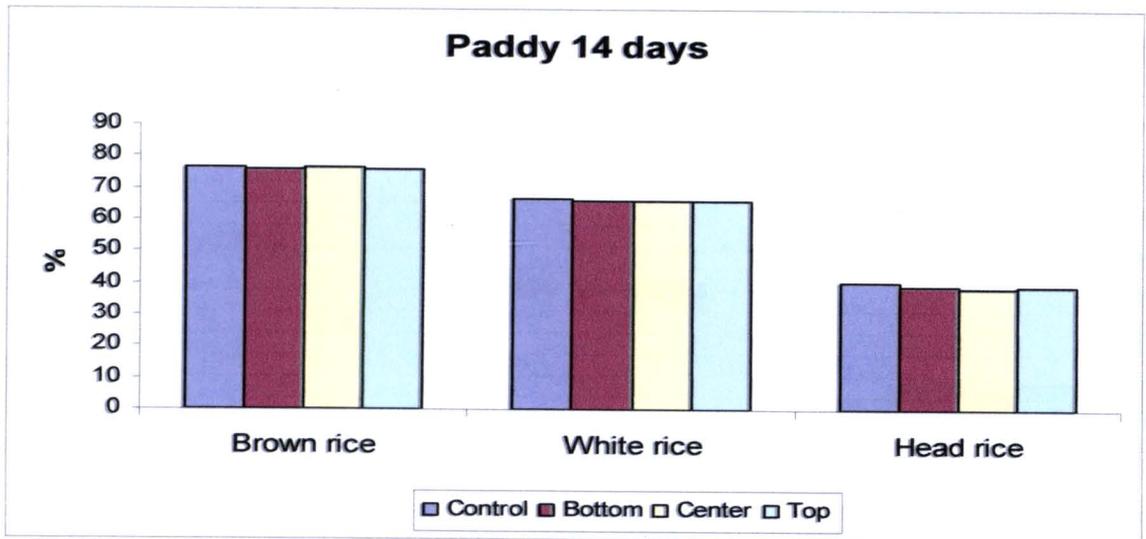
ตารางที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและการสีของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

คุณสมบัติทางกายภาพ	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ข้าวกล้อง (%)	76.4 ± 0.2 ^{ns}	75.9 ± 0.4 ^{ns}	76.4 ± 0.4 ^{ns}	75.7 ± 0.9 ^{ns}
ผลผลิตข้าวรวม (%)	66.9 ± 0.1 ^b	66.1 ± 0.7 ^a	66.2 ± 0.4 ^a	66.2 ± 0.7 ^a
ผลผลิตต้นข้าว (%)	40.2 ± 0.4 ^b	39.4 ± 1.1 ^{ab}	38.9 ± 1.0 ^a	39.3 ± 1.2 ^{ab}
ค่าความขาว	41.5 ± 0.6 ^a	42.3 ± 0.8 ^b	43.0 ± 0.5 ^c	43.6 ± 0.6 ^c
ค่าความมัน	3.1 ± 0.0 ^b	3.1 ± 0.1 ^b	3.1 ± 0.1 ^b	2.8 ± 0.2 ^a
ระดับการขีดสี	104.0 ± 2.0 ^a	108.1 ± 4.3 ^b	111.3 ± 2.6 ^b	111.4 ± 2.8 ^b
ค่าสี L	70.7 ± 0.5 ^a	72.2 ± 0.6 ^b	72.2 ± 0.6 ^b	72.2 ± 0.8 ^b
ค่าสี a	0.6 ± 0.1 ^a	0.7 ± 0.2 ^{ab}	0.7 ± 0.2 ^{ab}	0.8 ± 0.1 ^b
ค่าสี b	14.4 ± 0.1 ^a	15.2 ± 0.3 ^b	15.1 ± 0.4 ^b	15.1 ± 0.3 ^b

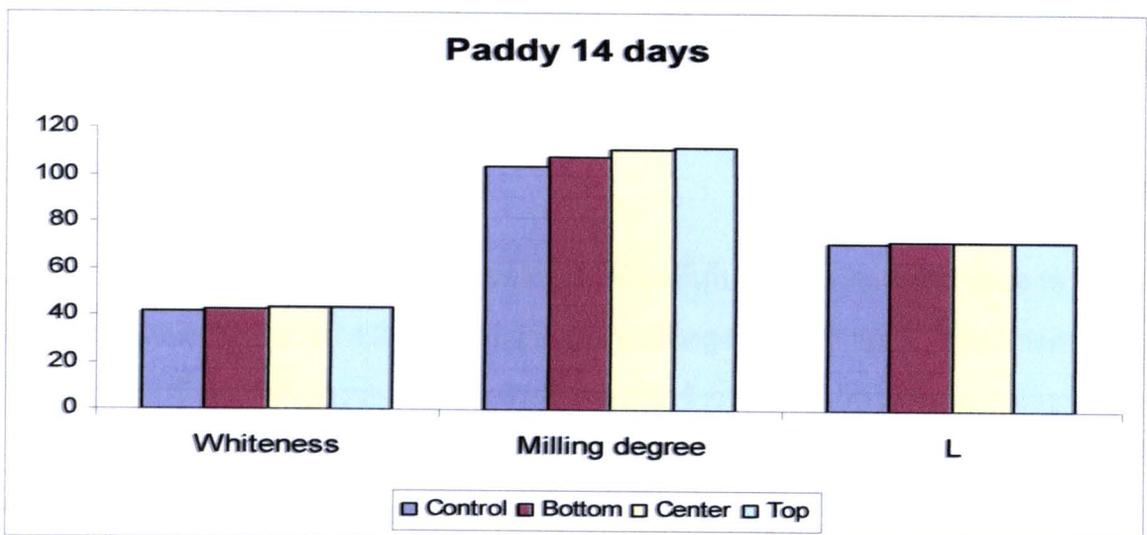
^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)





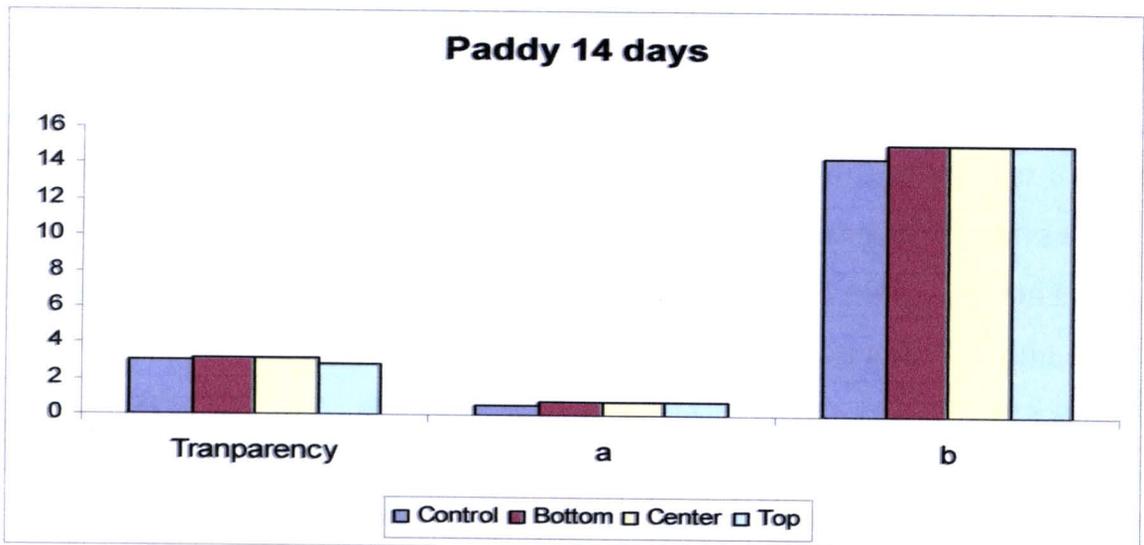
ภาพที่ 4.43 ปริมาณข้าวกล้อง ผลผลิตข้าวรวม และผลผลิตต้นข้าวของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.44 ค่าความขาว ระดับการขัดสี และค่าสี L ของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

จากภาพที่ 4.43 จะพบว่าข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน จะมีปริมาณข้าวกล้องไม่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ส่วนปริมาณผลผลิตข้าวรวม และผลผลิตต้นข้าวต่ำกว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ขณะที่ค่าความขาวมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม แต่มีค่าความมันต่ำกว่า สำหรับระดับการขัดสี ค่าสี L, a และ b ของข้าวเปลือกที่เก็บในภาชนะชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม (ภาพที่ 4.44

และภาพที่ 4.45) จากผลการทดลองดังกล่าวจะพบว่าข้าวเปลือกมีการเปลี่ยนค่าสีที่ชัดเจนมากกว่าการเก็บข้าวเปลือกในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 วัน โดยเฉพาะค่าสีเหลือง สีแดงที่เพิ่มขึ้น และค่าความมันที่ลดลง



ภาพที่ 4.45 ค่าความมัน ค่าสี a และ ค่าสี b ของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน แสดงดังตารางที่ 4.25 โดยพบว่าค่าความหนืดสูงสุดของข้าวเปลือกตัวอย่างควบคุม และข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นล่างของภาชนะบรรจุมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง และชั้นบน ตามลำดับ ($p < 0.05$) ค่าความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็นของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่งผลให้ค่าการแตกตัวของแป้งสุกของข้าวเปลือกที่อยู่ในชั้นบน และชั้นล่างของภาชนะบรรจุมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง และชั้นบนของภาชนะบรรจุ ขณะที่ความหนืดสุดท้าย และค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวเปลือกตัวอย่างควบคุม และข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นล่างของภาชนะบรรจุต่ำกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลางและชั้นบนของภาชนะบรรจุ ส่วนเวลาที่ทำให้แป้งสุก และอุณหภูมิแป้งสุกของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม แสดงดังภาพที่ 4.46-4.49

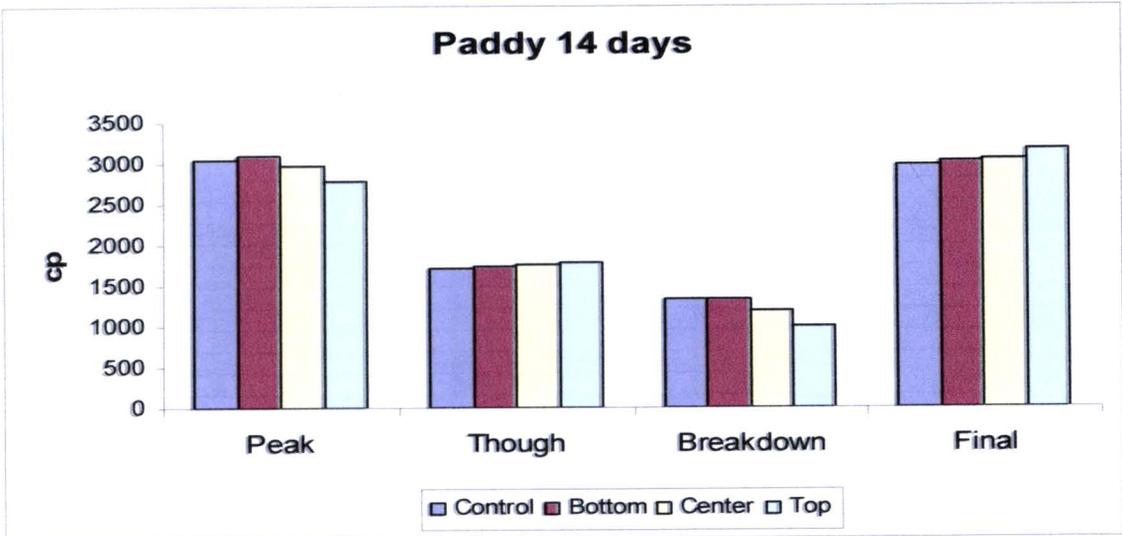
ตารางที่ 4.25 คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

คุณสมบัติด้าน ความหนืด (RVU)	ตัวอย่างข้าวสาร ควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ความหนืดสูงสุด	3,039 ± 43 ^c	3,083 ± 100 ^{bc}	2,972 ± 97 ^b	2,794 ± 94 ^a
ความหนืดต่ำสุดระหว่าง การทำเย็น	1,714 ± 25 ^a	1,748 ± 99 ^a	1,771 ± 83 ^a	1,796 ± 109 ^a
การแตกตัวของแป้งสุก	1,324 ± 66 ^c	1,334 ± 96 ^c	1,201 ± 83 ^b	997 ± 103 ^a
ความหนืดสุดท้าย	2,965 ± 12 ^a	3,035 ± 65 ^b	3,059 ± 56 ^b	3173 ± 73 ^c
ความคงตัวของแป้งสุก	-73 ± 56 ^a	-48 ± 116 ^a	86 ± 96 ^b	379 ± 72 ^c
เวลาที่ทำให้แป้งสุก	5.7 ± 0.1 ^a	5.8 ± 0.1 ^{ab}	5.9 ± 0.1 ^b	5.9 ± 0.2 ^b
อุณหภูมิแป้งสุก	86.2 ± 0.1 ^a	85.6 ± 0.7 ^a	86.1 ± 0.7 ^a	87.4 ± 0.5 ^b

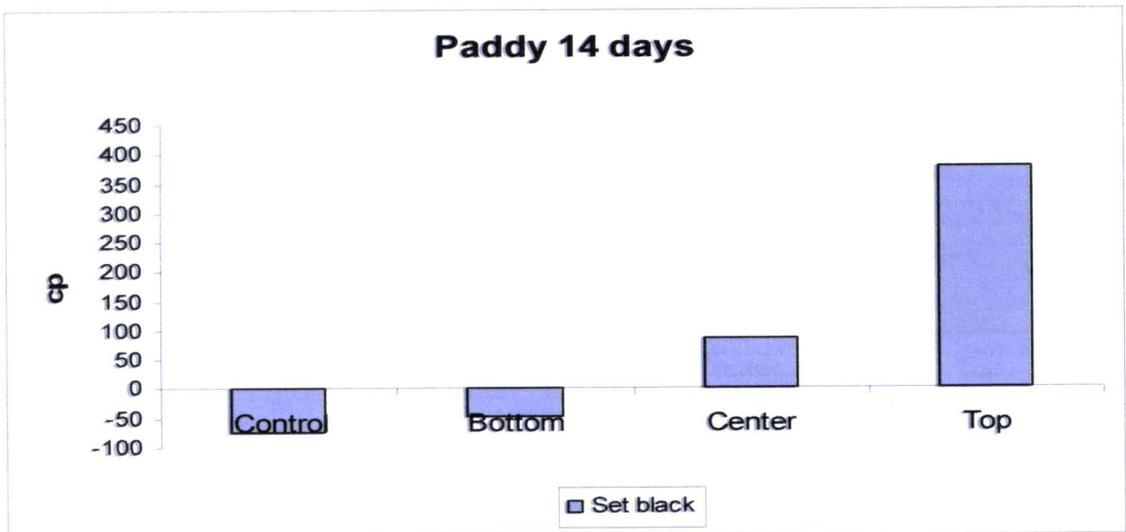
^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

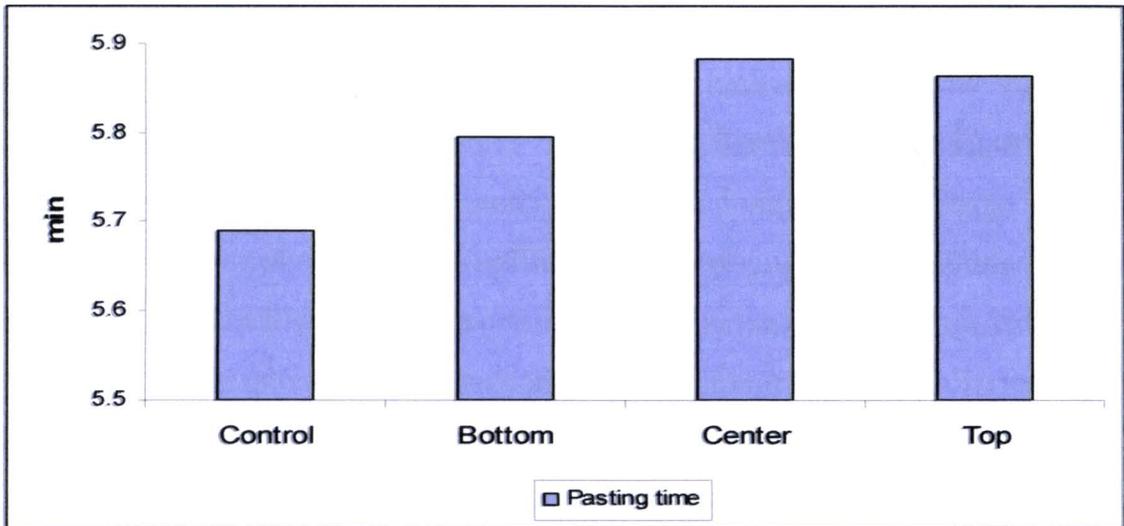
ผลการทดลองในตารางที่ 4.25 และภาพที่ 4.46-4.49 ข้างต้นจะพบว่าคุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน พบว่าค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดสุดท้าย ค่าการแตกตัวของแป้งสุก ค่าความคงตัวของแป้งสุก เวลาที่ทำให้แป้งสุก และอุณหภูมิแป้งสุก จะเพิ่มสูงขึ้น โดยจะพบมากในข้าวเปลือกที่เก็บในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุ โดยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บข้าวเปลือกในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน



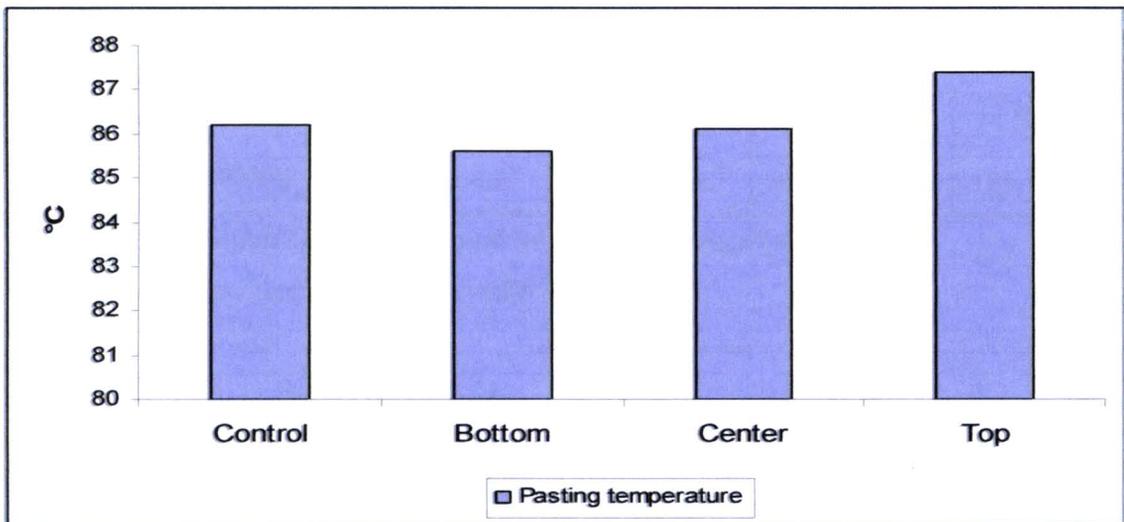
ภาพที่ 4.46 ค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น ค่าการแตกตัวของแป้งสุก และค่าความหนืดสุดท้ายของข้าวเปลือกที่บรจุในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.47 ค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวเปลือกที่บรจุในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.48 เวลาที่ทำให้แป้งสุกของข้าวเปลือกที่บรรจุในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน



ภาพที่ 4.49 อุณหภูมิแป้งสุกของข้าวเปลือกที่บรรจุในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

การขยายปริมาตรของข้าวสุก อัตราการดูดซับน้ำ การดูดซับน้ำ และปริมาณความชื้นของข้าวสุกของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน แสดงดังตารางที่ 4.26 พบว่าการขยายปริมาตรของข้าวสุกของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่อัตราการดูดซับน้ำของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม การดูดซับน้ำของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ขณะที่ปริมาณความชื้นของข้าวสุกของข้าวเปลือกที่อยู่ในชั้นบน ชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงดังภาพที่ 4.50 และ 4.51

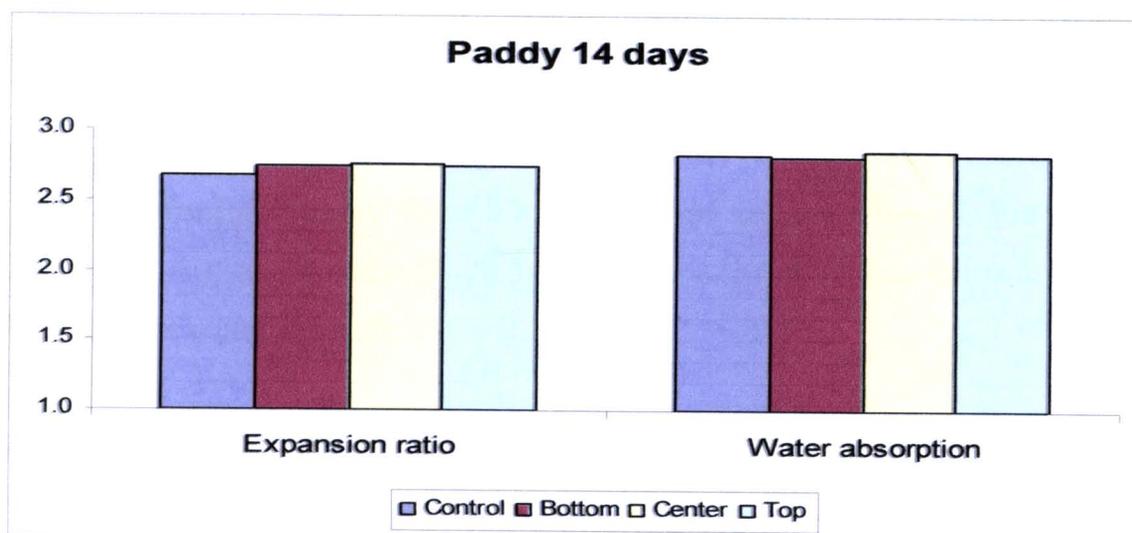
ตารางที่ 4.26 การขยายปริมาตรของข้าวสุก อัตราการดูดซับน้ำ การดูดซับน้ำ และปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน

คุณสมบัติการหุงต้มของข้าวสาร	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
การขยายปริมาตรของข้าวสุก	2.6 ± 0.0 ^{ns}	2.8 ± 0.2 ^{ns}	2.7 ± 0.1 ^{ns}	2.7 ± 0.1 ^{ns}
อัตราการดูดซึมน้ำ	2.8 ± 0.0 ^a	2.8 ± 0.1 ^{ab}	2.8 ± 0.1 ^{ab}	2.9 ± 0.1 ^b
การดูดซับน้ำ	70.9 ± 0.9 ^{ns}	71.3 ± 0.9 ^{ns}	71.4 ± 1.0 ^{ns}	71.3 ± 0.7 ^{ns}
ปริมาณความชื้นของข้าวสุก	177.0 ± 4.3 ^a	181.3 ± 5.6 ^{ab}	183.9 ± 5.8 ^b	185.1 ± 5.4 ^b

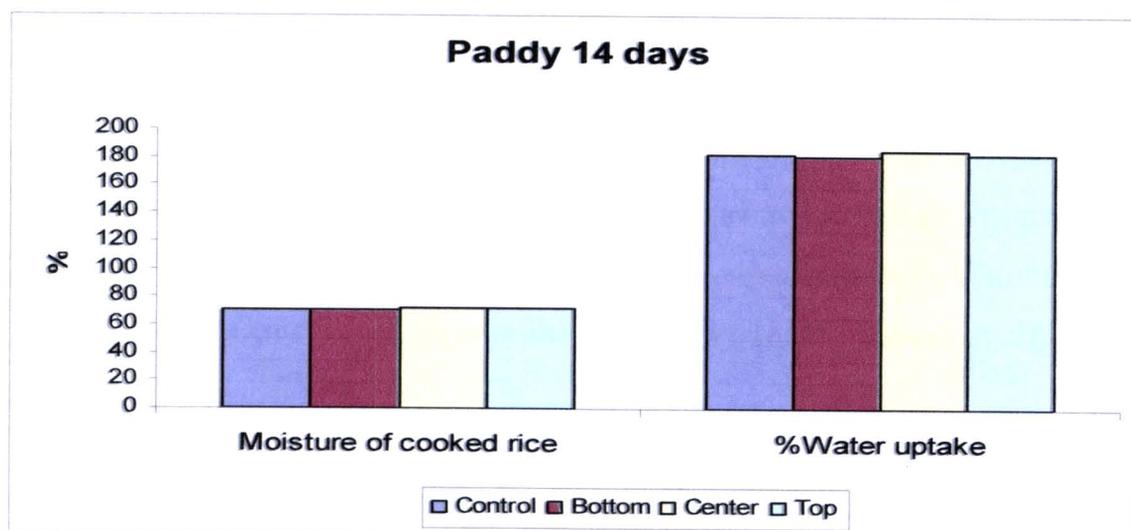
a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากภาพที่ 4.50 จะพบว่าค่าการขยายปริมาตรของข้าวสุกไม่แตกต่างกัน แต่อัตราการดูดซึมน้ำของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ในขณะที่การดูดซับน้ำของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนไม่แตกต่างกับข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม (ภาพที่ 4.51) ในขณะที่ค่าความชื้นของข้าวสุกของข้าวเปลือกมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 4.50 การขยายปริมาตรของข้าวสุก และอัตราการดูดซึมน้ำของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม



ภาพที่ 4.51 ปริมาณความชื้นของข้าวสุก และการดูดซึมน้ำของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม

2.3 การผลิตข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เก่าเมื่อระยะเวลาการอบนาน 21 วัน

สภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ที่ทดลองเก็บข้าวเปลือกในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน แสดงดังตารางที่ 4.27 จะพบว่าสภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมง มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ เท่ากับ 2.11 ± 0.75 เมตรต่อวินาที, $28.92 \pm 1.43^{\circ}\text{C}$, $87.57 \pm 12.53\%$ และ 0.14 ± 0.18 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.27 สภาวะอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ที่ทดลองเก็บข้าวเปลือก นาน 21 วัน

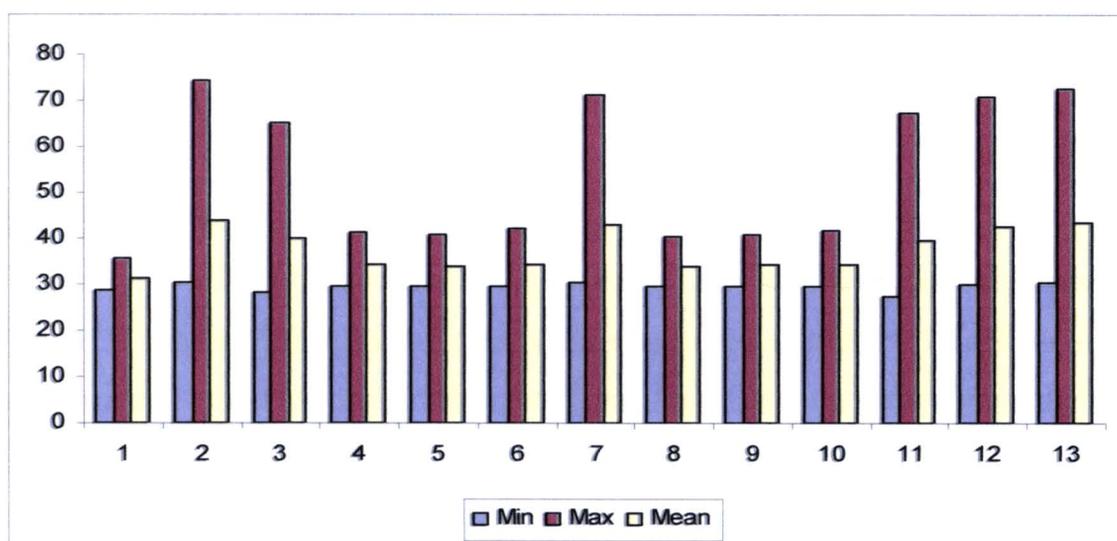
สภาวะอากาศ	Min	Max	Mean	SD
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	1.28	3.66	2.11	0.75
อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	27.09	30.88	28.92	1.43
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	71.17	103.27	87.57	12.53
ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร)	0.00	0.46	0.14	0.18

อุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 21 วัน จะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่ตรวจวัดเนื่องจากห้องอบมีขนาดใหญ่ โดยที่บริเวณด้านบนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านล่าง ด้านหน้าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านหลัง ส่วนด้านตะวันออก และตะวันตกมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงดังตารางที่ 4.28 โดยค่าอุณหภูมิต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยภายในตู้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะสูงกว่าอุณหภูมิภายในเครื่องวัด อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบ เท่ากับ 74.2 และ 43.8°C จะเห็นว่าอุณหภูมิสูงสุดภายในตู้อบแสงอาทิตย์สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกถึง 39°C

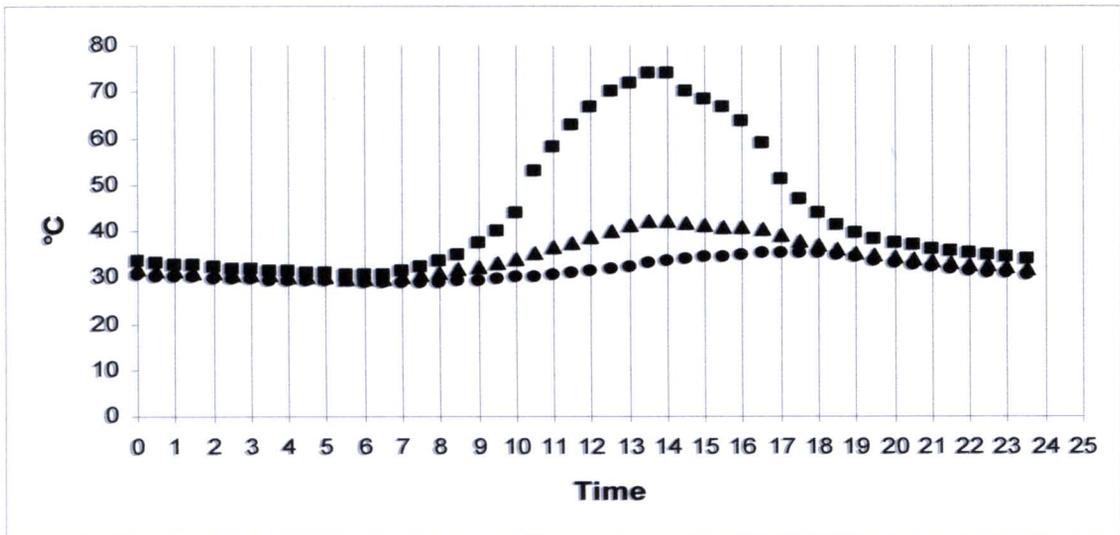
ภาพที่ 4.52 แสดงถึงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมากโดยเฉพาะอุณหภูมิสูงสุด ในขณะที่ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันทุกจุด โดยอุณหภูมิภายในตู้จะเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 08.00 นาฬิกา จนกระทั่งมีค่าเกิน 50°C ที่เวลา 10.00 นาฬิกาและจะคงอุณหภูมินี้ต่อไปจนถึงประมาณ 17.00 นาฬิกา ก่อนที่จะลดลง แสดงดังภาพที่ 4.53 จะเห็นว่าข้าวเปลือกที่เก็บในตู้อบแสงอาทิตย์นี้จะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิปกติมากกว่า 7 ชั่วโมงต่อวัน ระดับอุณหภูมิขนาดนี้จึงน่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวเปลือกใหม่เป็นข้าวเปลือกเก่าได้

ตารางที่ 4.28 ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวน อุณหภูมิเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการทดลองอบข้าวเปลือกนาน 21 วัน

Temperature sensor No.	Min	Max	Mean	SD	CV (%)
1	28.9	35.4	31.4	2.2	7.0
2	30.6	74.2	43.8	14.7	33.6
3	30.4	71.4	42.9	13.9	32.4
4	28.2	65.1	39.8	12.6	31.5
5	29.5	41.2	34.2	3.8	11.2
6	29.7	40.8	34.1	3.7	10.9
7	29.7	42.3	34.5	4.1	11.8
8	29.4	40.5	34.1	3.8	11.2
9	29.7	41.1	34.2	3.9	11.4
10	29.7	41.6	34.4	4.0	11.6
11	27.5	67.3	39.6	13.8	34.9
12	30.2	71.0	42.8	13.9	32.5
13	30.3	72.6	43.5	14.6	33.5



ภาพที่ 4.52 อุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการอบข้าวเปลือกนาน 21 วัน



ภาพที่ 4.53 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เมื่ออบข้าวเปลือก นาน 21 วัน

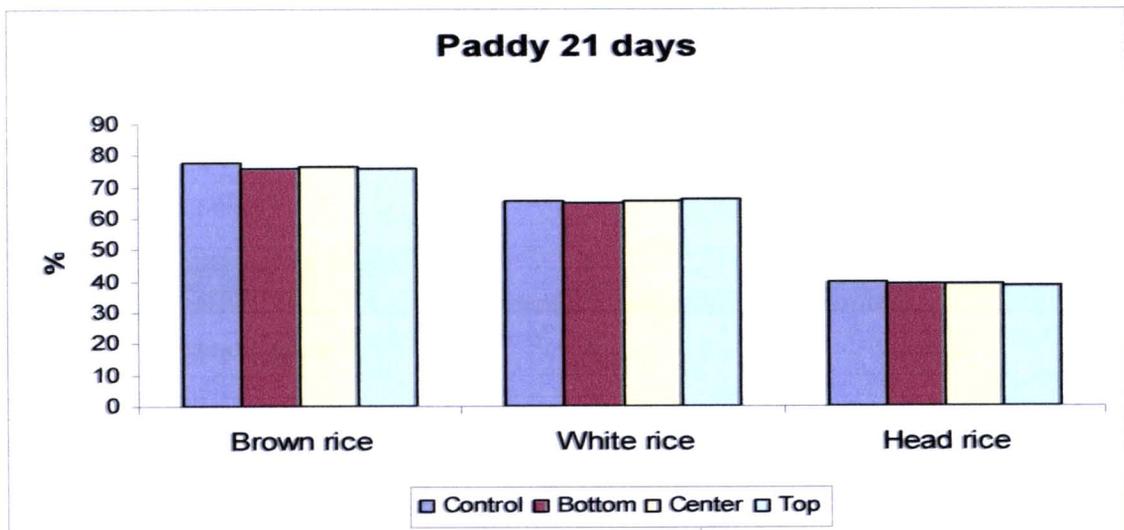
ตารางที่ 4.29 แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและการสีของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน โดยพบว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุมีปริมาณข้าวกล้องไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ต่ำกว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ผลผลิตข้าวรวม และผลผลิตต้นข้าวของข้าวที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุไม่แตกต่างกับข้าวที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ขณะที่ค่าความขาวของข้าวที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ส่วนค่าความมันของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นของภาชนะบรรจุมีค่าต่ำกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ระดับการขัดสี และค่าสี a ของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุไม่แตกต่างกับข้าวที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ค่าสี L และ b ของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนของภาชนะบรรจุมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม แสดงดังภาพที่ 4.54-4.56 จะพบว่าข้าวเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีชัดเจนมากขึ้น โดยเฉพาะค่าสีเหลืองที่เพิ่มขึ้น และค่าความมันที่ลดลง

ตารางที่ 4.29 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและการสีของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน

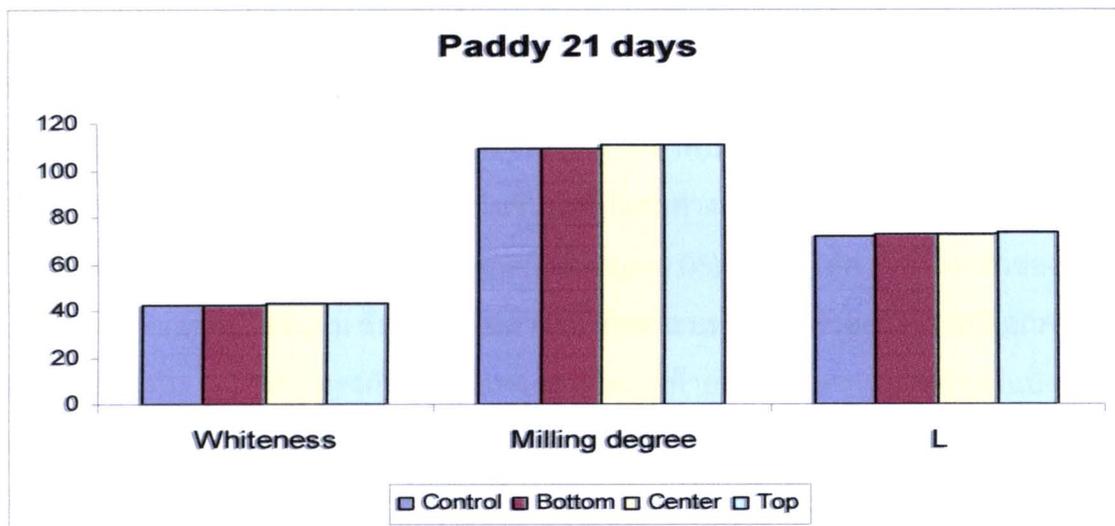
คุณสมบัติทางกายภาพ	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ข้าวกล้อง (%)	77.6 ± 0.7 ^c	75.6 ± 0.5 ^a	76.7 ± 1.3 ^b	76.2 ± 0.5 ^{ab}
ผลผลิตข้าวรวม (%)	65.3 ± 1.5 ^{ns}	64.9 ± 0.8 ^{ns}	65.4 ± 1.3 ^{ns}	65.8 ± 1.0 ^{ns}
ผลผลิตต้นข้าว (%)	39.9 ± 1.4 ^{ns}	39.2 ± 1.1 ^{ns}	39.2 ± 1.7 ^{ns}	38.7 ± 1.7 ^{ns}
ค่าความขาว	42.2 ± 0.7 ^a	42.6 ± 0.7 ^{ab}	42.9 ± 0.4 ^{bc}	43.4 ± 0.8 ^c
ค่าความมัน	3.2 ± 0.0 ^b	3.2 ± 0.1 ^b	3.2 ± 0.1 ^b	2.9 ± 0.1 ^a
ระดับการขัดสี	109.3 ± 1.5 ^{ns}	109.7 ± 3.4 ^{ns}	111.0 ± 2.2 ^{ns}	110.9 ± 3.3 ^{ns}
ค่าสี L	72.2 ± 1.2 ^a	72.6 ± 0.4 ^{ab}	72.9 ± 0.5 ^b	73.7 ± 0.7 ^c
ค่าสี a	0.7 ± 0.2 ^{ns}	0.6 ± 0.2 ^{ns}	0.6 ± 0.2 ^{ns}	0.7 ± 0.2 ^{ns}
ค่าสี b	14.4 ± 0.3 ^a	14.4 ± 0.4 ^a	14.3 ± 0.3 ^a	15.0 ± 0.4 ^b

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

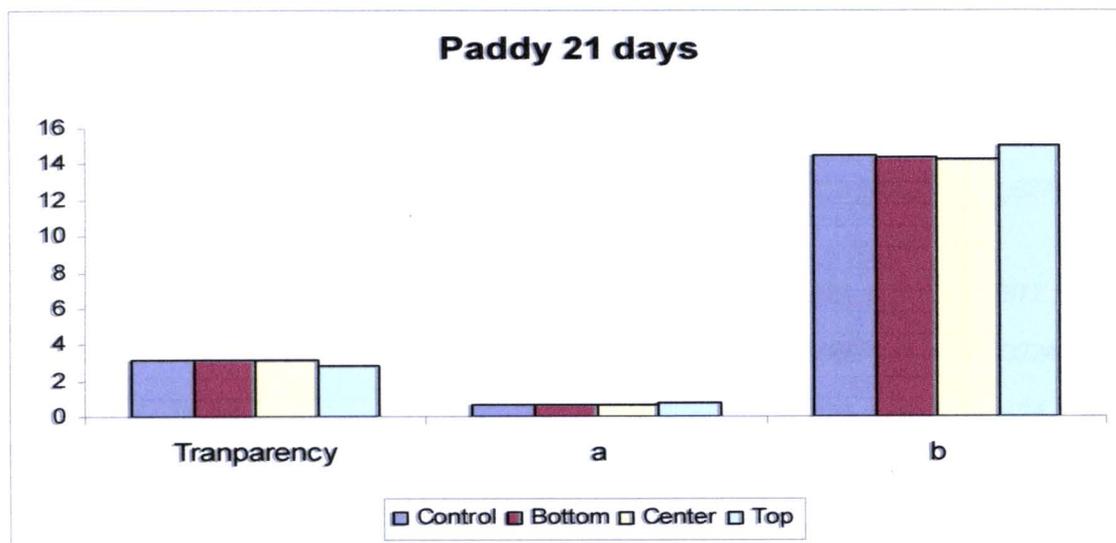
^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.54 ปริมาณข้าวกล้อง ผลผลิตข้าวรวม และผลผลิตต้นข้าวของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน



ภาพที่ 4.55 ค่าความขาว ระดับการขัดสี และค่าสี L ของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน



ภาพที่ 4.56 ค่าความมัน ค่าสี a และค่าสี b ของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน

คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวเปลือก แสดงดังตารางที่ 4.30 พบว่าค่าความหนืดสูงสุด และความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็นของตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นล่าง ชั้นกลาง และชั้นบน ตามลำดับ ($p < 0.05$) แต่ค่าความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็นของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนไม่แตกต่างกับข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่งผลให้ค่าการแตกตัวของแป้งสุกของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมมีค่าแตกต่างกัน ในทางตรงกันข้ามค่าความหนืดสุดท้ายและค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนจะมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ตามลำดับ ($p < 0.05$) จึงส่งผลให้เวลาที่ทำให้แป้งสุก และอุณหภูมิแป้งสุกของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนจะมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่าง และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ตามลำดับ ($p < 0.05$) ตามไปด้วย

ตารางที่ 4.30 คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน

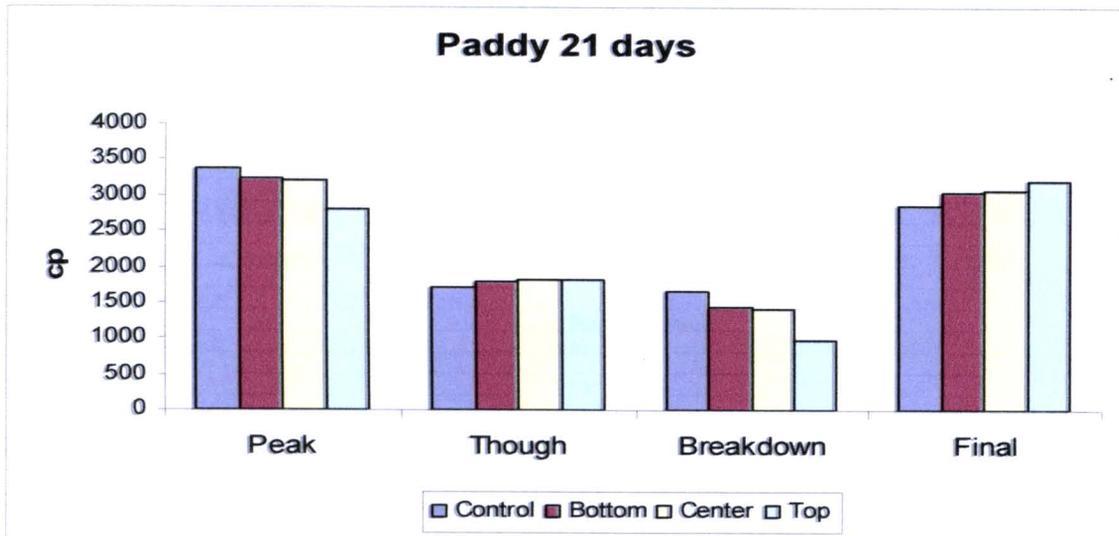
คุณสมบัติด้านความหนืด (RVU)	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
ความหนืดสูงสุด	3,363 ± 38 ^c	3,246 ± 60 ^b	3,222 ± 68.6 ^b	2,800 ± 115 ^a
ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น	1,704 ± 19 ^a	1,797 ± 92 ^b	1,818 ± 65.6 ^b	1,827 ± 102 ^b
การแตกตัวของแป้งสุก	1,658 ± 52 ^c	1,448 ± 124 ^b	1,404 ± 101 ^b	972 ± 134 ^a
ความหนืดสุดท้าย	2,867 ± 52 ^a	3,036 ± 85 ^b	3,066 ± 57 ^b	3224 ± 94 ^c
ความคงตัวของแป้งสุก	-496 ± 91 ^a	-209 122 ^b	-155 ± 86 ^b	424 ± 129 ^c
เวลาที่ทำให้แป้งสุก	5.5 ± 0.0 ^a	5.7 ± 0.1 ^b	5.7 ± 0.1 ^b	5.8 ± 0.1 ^c
อุณหภูมิแป้งสุก	83.4 ± 0.5 ^a	84.8 ± 1.3 ^b	84.8 ± 1.8 ^b	87.6 ± 0.6 ^c

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

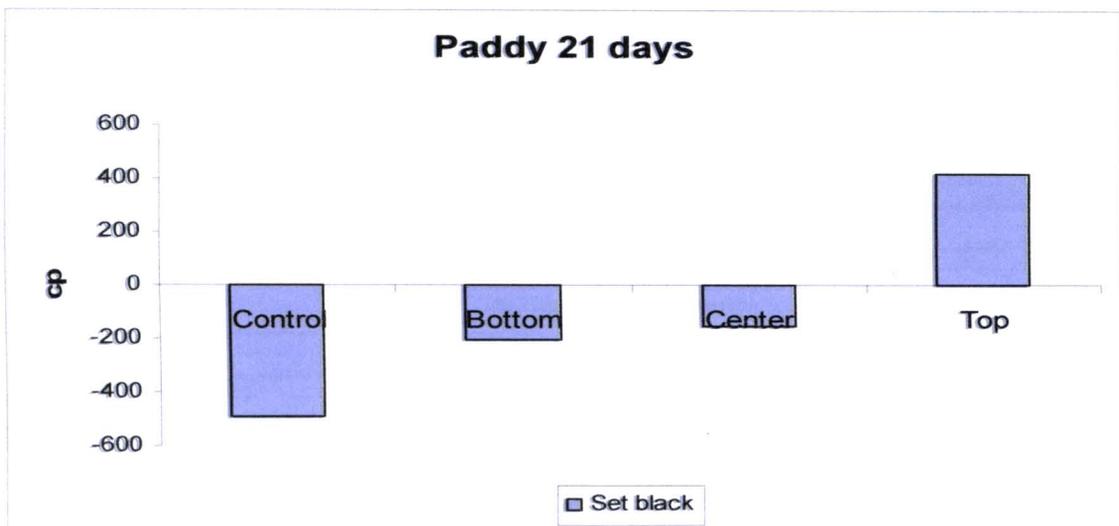
^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภาพที่ 4.57-4.60 จะพบว่าคุณสมบัติด้านความหนืดของน้ำแป้งที่เปลี่ยนแปลง คือ ค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดสุดท้าย ค่าการแตกตัวของแป้งสุก ค่าความคงตัวของแป้งสุก เวลาที่ทำให้แป้งสุก และอุณหภูมิที่ทำให้แป้งสุก โดยจะพบมากในข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้น

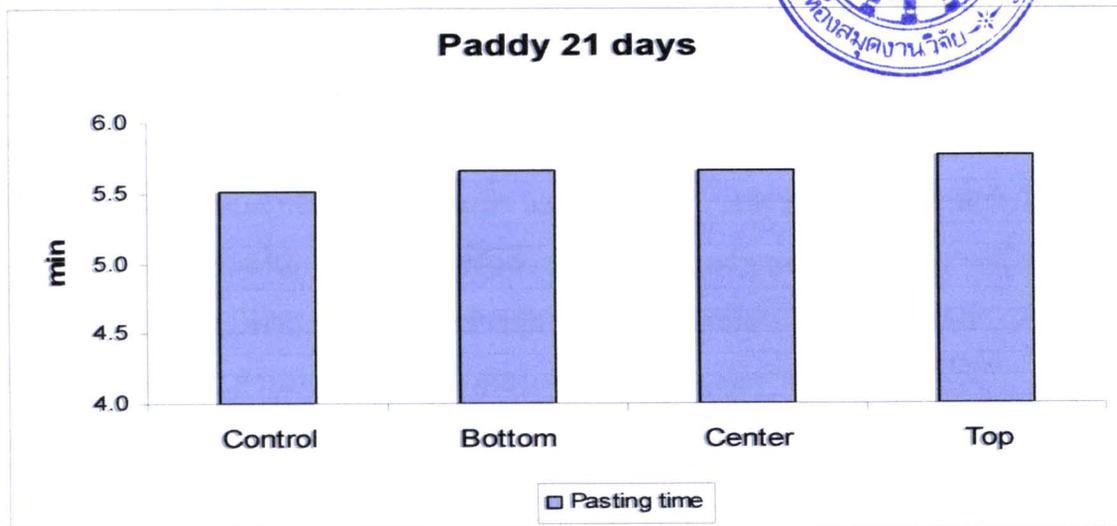
กลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุ ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บข้าวเปลือกในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 และ 14 วัน ตามลำดับ



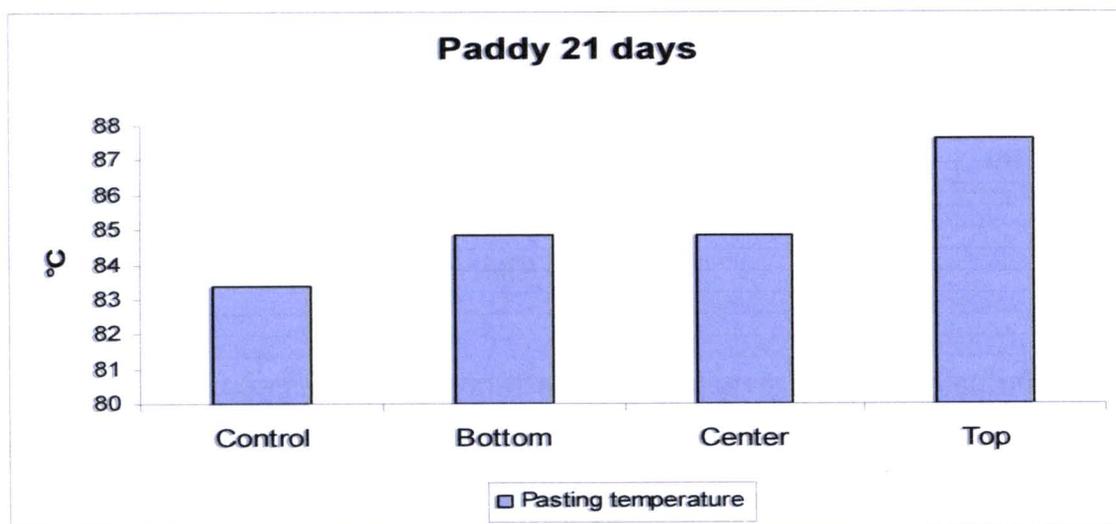
ภาพที่ 4.57 ค่าความชื้นสูงสุด ค่าความชื้นต่ำสุดระหว่างการทำเย็น ค่าการแตกตัวของแป้งสุก และค่าความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน



ภาพที่ 4.58 ค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน



ภาพที่ 4.59 เวลาที่ทำให้แป้งสุกของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน



ภาพที่ 4.60 อุณหภูมิแป้งสุกของข้าวเปลือกที่บรรจุในภาชนะบรรจุชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเมื่ออบในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน

ตารางที่ 4.31 แสดงการขยายปริมาตรของข้าวสุก อัตราการดูดซึมน้ำ การดูดซับน้ำ และปริมาณความชื้นของข้าวสุกของตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างของภาชนะบรรจุ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่อัตราการดูดซึมน้ำ และการดูดซับน้ำของของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบนมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมตามลำดับ สำหรับปริมาณความชื้นของข้าวสุกของข้าวเปลือกที่เก็บในชั้นบน ชั้นกลาง ชั้นล่างของภาชนะบรรจุ และตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงดังภาพที่ 4.61 และ 4.62

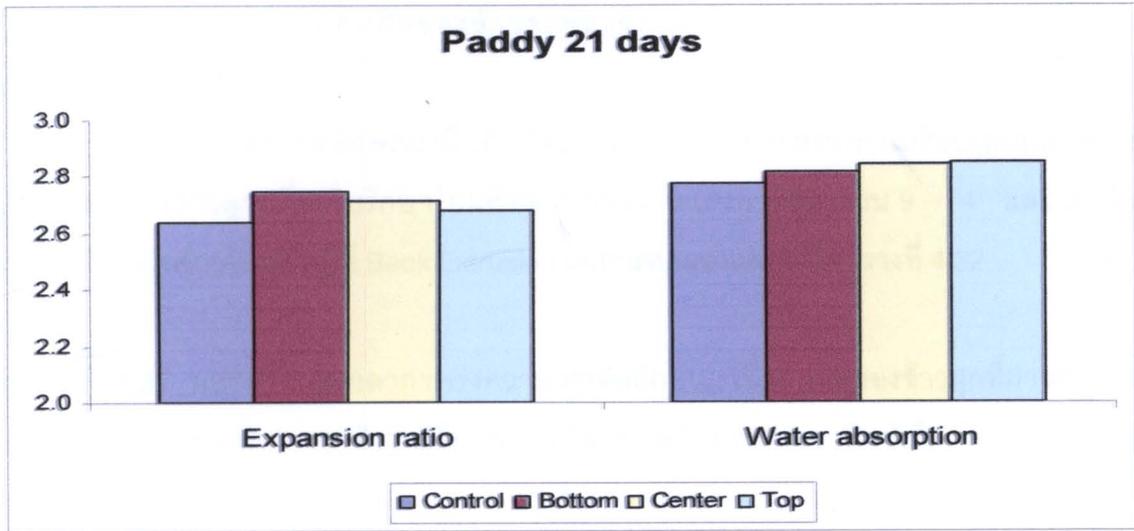
ตารางที่ 4.31 การขยายปริมาตรของข้าวสุก อัตราการดูดซึมน้ำ การดูดซับน้ำ และปริมาณความชื้นของข้าวสุกของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน

คุณสมบัติการหุงต้มของข้าวสาร	ตัวอย่างข้าวสารควบคุม	การเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุ		
		ชั้นล่าง	ชั้นกลาง	ชั้นบน
การขยายปริมาตรของข้าวสุก	2.6 ± 0.0^{ns}	2.8 ± 0.2^{ns}	2.7 ± 0.1^{ns}	2.7 ± 0.1^{ns}
อัตราการดูดซึมน้ำ	2.8 ± 0.0^a	2.8 ± 0.1^{ab}	2.8 ± 0.1^b	2.9 ± 0.1^b
การดูดซับน้ำ	70.9 ± 0.9^{ns}	71.3 ± 0.9^{ns}	71.4 ± 1.0^{ns}	71.3 ± 0.7^{ns}
ปริมาณความชื้นของข้าวสุก	177.0 ± 4.3^a	181.3 ± 5.6^{ab}	183.9 ± 5.8^b	185.1 ± 5.4^b

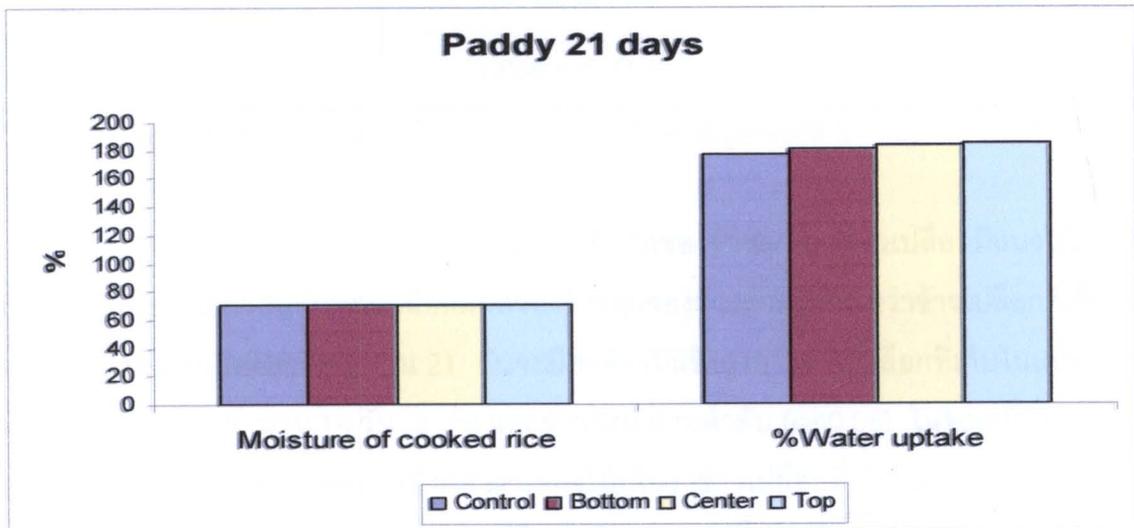
^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การผลิตข้าวเปลือกเก่าจากเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าเมื่อเก็บข้าวเปลือกนาน 14 วัน จะทำให้ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปริมาณความชื้นเริ่มต้น 14% เปลี่ยนเป็นข้าวเก่า โดยคุณสมบัติที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือ ค่าความคงตัวของแป้งสุก ค่าความหนืดสุดท้าย และอุณหภูมิแป้งสุกที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความหนืดสูงสุดลดลง นอกจากนี้เมล็ดข้าวยังเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ค่าความมันของเมล็ดข้าวจะมีค่าลดลง ส่วนคุณสมบัติการหุงต้มข้าวมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บข้าวเปลือกในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เป็น 21 วัน จะทำให้คุณสมบัติของข้าวเปลือกมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับข้าวเปลือกเก่ามากขึ้น



ภาพที่ 4.61 การขยายปริมาตรของข้าวสุกและอัตราการดูดซึมน้ำของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม



ภาพที่ 4.62 ปริมาณความชื้นของข้าวสุกและการดูดซึมน้ำของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม

2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกของข้าวเปลือกเมื่อเก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก จะทำการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก เมื่อเก็บรักษาในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 14 และ 21 วัน เปรียบเทียบกับข้าวใหม่ด้วยวิธี Back Extrusion ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 ผลของระยะเวลาการเร่งความแก่ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่ผ่านการเร่งความแก่จากข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อวัดด้วยวิธี Back Extrusion

ระยะเวลาที่เร่งความแก่ (วัน)	ความแข็ง (กรัม)	ความเหนียว (กรัม)
0 (ข้าวใหม่)	921.4 ± 11.0 ^c	143.6 ± 8.7 ^a
9	927.3 ± 22.4 ^c	138.4 ± 10.1 ^b
14	1,012.8 ± 7.77 ^b	129.9 ± 6.9 ^c
21	1,096.5 ± 71.8 ^a	121.1 ± 5.9 ^c

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.32 จะพบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกของข้าวเปลือกมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกของข้าวสาร โดยพบว่าข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วันจะมีค่าความแข็งสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 14 วัน 9 วัน และข้าวใหม่ ตามลำดับ ($p < 0.05$) ในขณะที่มีค่าความเหนียวต่ำที่สุด จากผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นระยะเวลาสั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเป็นข้าวเก่าได้สูงที่สุด

2.5 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในระยะเวลาแตกต่างกัน

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในระยะเวลาแตกต่างกันเปรียบเทียบกับข้าวใหม่หรือตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม แสดงดังตารางที่ 4.33 พบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ ของตัวอย่าง

ข้าวเปลือกใหม่ไม่แตกต่างกับข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน ($p>0.05$) จึงส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ และความชอบรวมไม่แตกต่างกันตามไปด้วย อย่างไรก็ตามตัวอย่างข้าวใหม่หรือตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมจะมีคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ และความชอบรวมสูงกว่าข้าวเปลือกเก่าที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 9 14 และ 21 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 4.33 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ข้าวใหม่ (0 วัน)	ข้าวเปลือกเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่า		
		9 วัน	14 วัน	21 วัน
ลักษณะปรากฏ	6.43 ± 1.50 ^{ns}	6.10 ± 1.67 ^{ns}	6.07 ± 1.31 ^{ns}	6.27 ± 1.51 ^{ns}
เนื้อสัมผัส	6.73 ± 1.60 ^{ns}	6.00 ± 1.68 ^{ns}	5.87 ± 1.85 ^{ns}	6.53 ± 1.72 ^{ns}
สี	6.57 ± 1.41 ^{ns}	6.37 ± 1.63 ^{ns}	6.53 ± 1.38 ^{ns}	6.57 ± 1.60 ^{ns}
กลิ่น	5.86 ± 1.83 ^{ns}	5.87 ± 1.68 ^{ns}	6.07 ± 1.39 ^{ns}	6.73 ± 1.20 ^{ns}
รสชาติ	6.80 ± 1.63 ^a	6.23 ± 1.48 ^{ab}	6.07 ± 1.62 ^b	6.53 ± 1.70 ^b
ความชอบรวม	7.00 ± 1.51 ^a	6.70 ± 1.47 ^{ab}	6.10 ± 1.71 ^b	6.68 ± 1.64 ^{ab}

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3. ปัจจัยขนาดของภาชนะบรรจุในการผลิตข้าวเก่าด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

การศึกษาปัจจัยขนาดของภาชนะบรรจุในการผลิตข้าวสารเก่าด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ความหนา 15 และ 20 เซนติเมตร แสดงดังตารางที่ 4.34 พบว่าปริมาณข้าวหัก และค่าความมันของข้าวสารที่บรรจุในภาชนะขนาด 15 และ 20 เซนติเมตร มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีปริมาณข้าวหักสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ($p<0.05$) ค่าความขาว และระดับการขัดสีของข้าวเปลือกจะไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าสีจะพบว่ามีค่าสี L, a และ b ของข้าวในภาชนะบรรจุทั้งสองขนาดไม่แตกต่างกัน แต่ค่าสี L, a และ b จะสูงกว่าตัวอย่างควบคุม สำหรับคุณสมบัติด้านความหนืดนั้นพบว่าค่าความหนืดสูงสุด และค่าการแตกตัวของแป้งสุกของข้าวที่บรรจุในภาชนะบรรจุทั้งสองขนาดจะมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม แต่ค่าต่ำสุดระหว่างการทำเย็น ค่าความหนืดสุดท้าย ค่าการแตกตัวของแป้งสุก และอุณหภูมิแป้งสุกจะมีค่าสูงกว่า

ตัวอย่างควบคุม แสดงดังตารางที่ 4.34 จากผลการทดลองดังกล่าวจึงสรุปได้ว่าขนาดของภาชนะไม่มีผลต่อคุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวสาร แต่ส่งผลให้ข้าวสารเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเป็นข้าวเก่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ดังนั้น จึงสามารถเลือกใช้ภาชนะขนาดความกว้างใดก็ได้

นอกจากนี้คณะวิจัยยังได้ศึกษาผลของขนาดภาชนะบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวเปลือกด้วย ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.35 พบว่าผลผลิตต้นข้าว ค่าความขาว ค่าความมัน และระดับการขัดสีของตัวอย่างควบคุมไม่แตกต่างกับข้าวเปลือกที่เก็บในภาชนะบรรจุขนาด 15 และ 20 เซนติเมตร ($p > 0.05$) ค่าสี L, a และ b ของข้าวเปลือกตัวอย่างไม่แตกต่างกับข้าวเปลือกที่บรรจุอยู่ในภาชนะขนาดความกว้าง 15 และ 20 เซนติเมตร สำหรับคุณสมบัติด้านความหนืดจะพบว่าค่าความหนืดสูงสุด ค่าการแตกตัวของแป้งสุก มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม ในขณะที่ค่าความหนืดสุดท้าย ค่าการคงตัวของแป้งสุก และอุณหภูมิของแป้งสุกมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม จากผลการทดลองดังกล่าวจึงสรุปได้ว่าขนาดของภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อคุณสมบัติของข้าวเปลือก แต่สามารถทำให้ข้าวเปลือกเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นข้าวเก่าได้เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้ภาชนะบรรจุในการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกได้ทั้ง 2 ขนาด

ตารางที่ 4.34 ผลของภาชนะบรรจุขนาด 15 และ 20 เซนติเมตรต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

คุณสมบัติ	ตัวควบคุม	ขนาดภาชนะบรรจุ (เซนติเมตร)	
	0	15	20
ปริมาณข้าวหัก (%)	3.5 ± 1.1 ^a	4.2 ± 0.3 ^b	4.7 ± 0.6 ^b
ค่าความขาว	40.5 ± 0.4 ^a	41.5 ± 0.4 ^b	40.9 ± 0.5 ^a
ค่าความมัน	3.6 ± 0.2 ^b	3.2 ± 0.2 ^a	3.2 ± 0.1 ^a
ระดับการขัดสี	103.7 ± 2.4 ^{ab}	105.0 ± 2.4 ^b	102.3 ± 2.8 ^a
ค่าสี L	71.4 ± 0.3 ^a	71.8 ± 0.3 ^b	71.2 ± 0.4 ^a
ค่าสี a	0.4 ± 0.1 ^{ns}	0.4 ± 0.1 ^{ns}	0.5 ± 0.2 ^{ns}
ค่าสี b	14.5 ± 0.2 ^a	15.4 ± 0.4 ^b	15.4 ± 0.5 ^b
ความหนืดสูงสุด (RVU)	3,459 ± 93 ^b	3,143 ± 184 ^a	3,204 ± 162 ^a
ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น (RVU)	1,819 ± 15 ^a	1,846 ± 45 ^{ab}	1,882 ± 25 ^b
การแตกตัวของแป้งสุก (RVU)	1,640 ± 79 ^b	1,297 ± 206 ^b	1,321 ± 176 ^a
ความหนืดสุดท้าย (RVU)	3,215 ± 26 ^a	3,458 ± 85 ^b	3,472 ± 79 ^b
ค่าความคงตัวของแป้งสุก (RVU)	-243 ± 117 ^a	314 ± 249 ^b	268 ± 226 ^b
เวลาที่ทำให้แป้งสุก (นาที)	5.7 ± 0.0 ^{ns}	5.7 ± 0.1 ^{ns}	5.7 ± 0.1 ^{ns}
อุณหภูมิที่ทำให้แป้งสุก (°C)	85.7 ± 0.4 ^a	87.5 ± 0.7 ^b	87.4 ± 0.8 ^b

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.35 ผลของภาชนะบรรจุขนาด 15 และ 20 เซนติเมตรต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

คุณสมบัติ	ตัวควบคุม		
	0	15	20
ผลผลิตต้นข้าว (%)	39.9 ± 1.4 ^{ns}	38.7 ± 0.8 ^{ns}	39.5 ± 2.1 ^{ns}
ค่าความขาว	42.2 ± 0.7 ^a	43.2 ± 0.5 ^b	42.7 ± 0.9 ^{ab}
ค่าความมัน	3.2 ± 0.0 ^{ns}	3.1 ± 0.2 ^{ns}	3.0 ± 0.2 ^{ns}
ระดับการขัดสี	109.3 ± 1.5 ^{ns}	111.6 ± 2.0 ^{ns}	109.1 ± 3.6 ^{ns}
ค่าสี L	72.2 ± 1.2 ^a	72.9 ± 0.6 ^{ab}	73.4 ± 0.8 ^b
ค่าสี a	0.7 ± 0.2 ^{ab}	0.8 ± 0.2 ^b	0.5 ± 0.2 ^a
ค่าสี b	14.4 ± 0.3 ^{ns}	14.4 ± 0.5 ^{ns}	14.7 ± 0.5 ^{ns}
ความหนืดสูงสุด (RVU)	3,363 ± 38 ^b	3,096 ± 196 ^a	3,081 ± 257 ^a
ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น (RVU)	1,704 ± 19 ^a	1,851 ± 45 ^b	1,765 ± 105 ^a
การแตกตัวของแป้งสุก (RVU)	1,658 ± 52 ^b	1,244 ± 200 ^a	1,316 ± 297 ^a
ความหนืดสุดท้าย (RVU)	2,867 ± 52 ^a	3,141 ± 95 ^b	3,066 ± 125 ^b
ค่าความคงตัวของแป้งสุก (RVU)	-496 ± 91 ^a	45 ± 270 ^b	-14 ± 359 ^b
เวลาที่ทำให้แป้งสุก (นาที)	5.5 ± 0.0 ^a	5.7 ± 0.1 ^b	5.7 ± 0.1 ^b
อุณหภูมิที่ทำให้แป้งสุก (°C)	83.4 ± 0.5 ^a	86.2 ± 1.2 ^b	85.2 ± 2.4 ^b

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

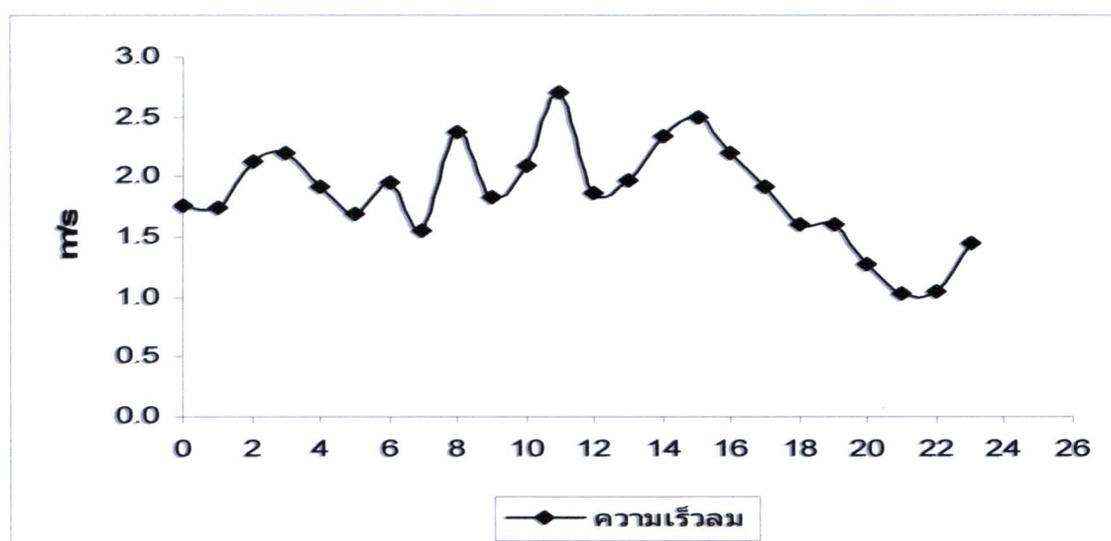
4. การผลิตข้าวเก่าด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

ในช่วงที่สองทำการทดลองเก็บข้าวสารและข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บเกี่ยวระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 โดยบรรจุข้าวสารในภาชนะที่ความกว้าง 15 เซนติเมตร จำนวน 4 ก่อ่ง ส่วนข้าวเปลือกบรรจุในภาชนะกว้าง 20 เซนติเมตร จำนวน 3 ก่อ่ง และนำตัวอย่างทั้งหมดเข้าเก็บในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์พร้อมกันนาน 21 วัน ในระหว่างทำการทดลองสภาวะอากาศมีการเปลี่ยนแปลง โดยความเร็วลมมีค่า 1.03-2.71 เมตรต่อวินาที โดยช่วงเวลา

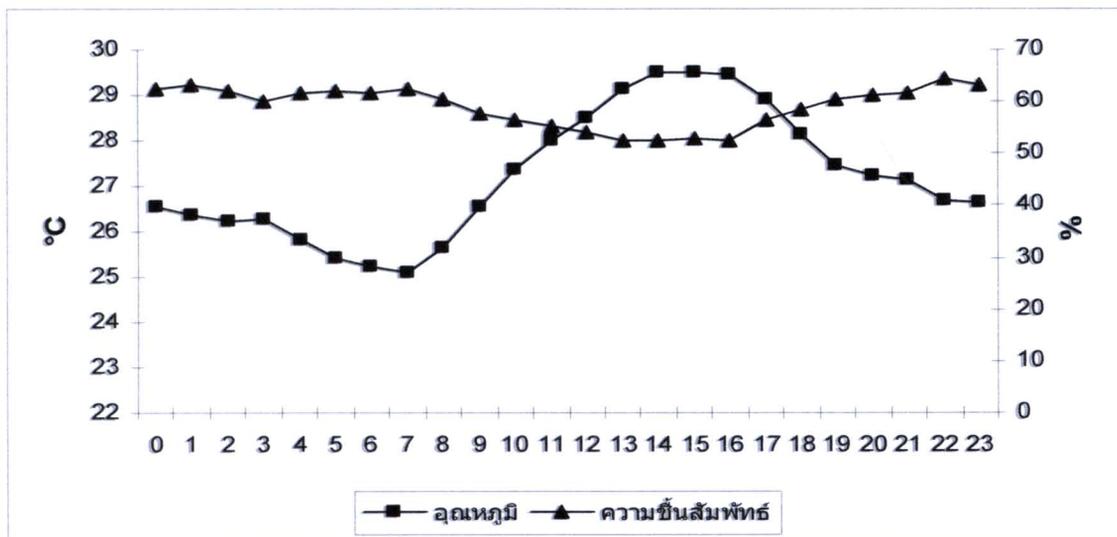
กลางวันจะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก (แสดงดังภาพที่ 4.63) อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 25.09-29.52°C และ 52.58-64.43% ตามลำดับ จะเห็นว่าในช่วงที่ทำการทดลอง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งความชื้นสัมพัทธ์ (แสดงดังภาพที่ 4.64) ส่วนความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ มีค่าสูงสุดที่ 0.29 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร แสดงดังตารางที่ 4.36 โดยพบว่าช่วงเวลาที่ทำการทดลองค่าความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ 4.36 สภาวะอากาศช่วงการทดลองเก็บข้าวสารและข้าวเปลือกในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

สภาวะอากาศ	Min	Max	Mean	SD	CV (%)
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	1.03	2.71	1.86	0.43	22.83
อุณหภูมิ (°C)	25.09	29.52	27.20	1.41	5.17
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	52.58	64.43	59.01	3.93	6.67
ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร)	0.00	0.29	0.08	0.11	138.17

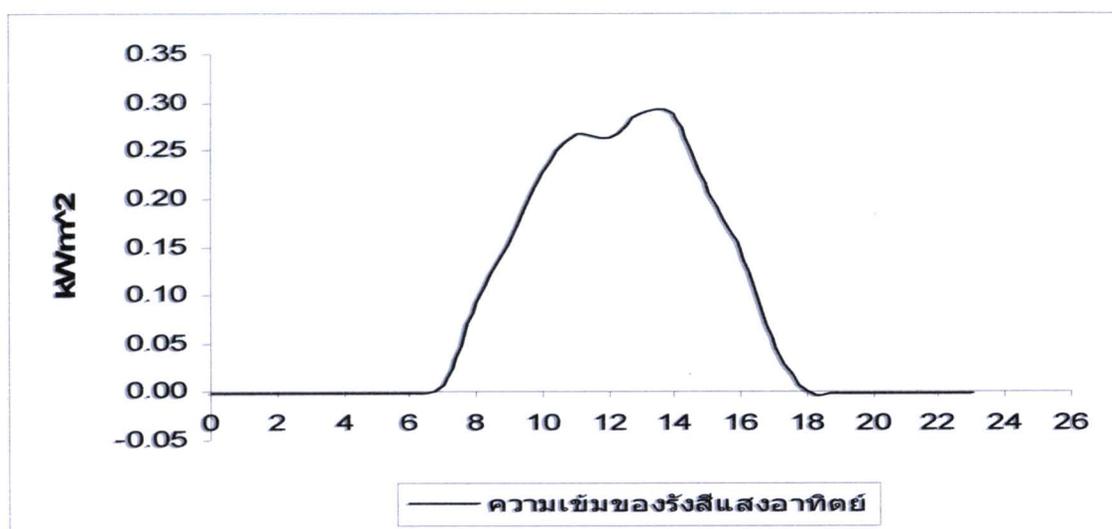


ภาพที่ 4.63 ความเร็วลมระหว่างการทดลองเก็บข้าวสารและข้าวเปลือกในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.64 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการทดลองเก็บข้าวสารและข้าวเปลือกในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

ภาพที่ 4.65 แสดงความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยในช่วงที่ทำการทดลองโดยมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่เวลา 07.00 นาฬิกา และมีค่าสูงสุดที่เวลา 14.00 นาฬิกา โดยมีค่าประมาณ 0.30 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร หลังจากนั้นความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์จะลดลงเมื่อหมดแสงอาทิตย์ที่เวลา 18.00 นาฬิกา รวมเวลาที่มีแสงประมาณ 11 ชั่วโมง ส่งผลให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 12 จุด มีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอก (temperature sensor no.1)

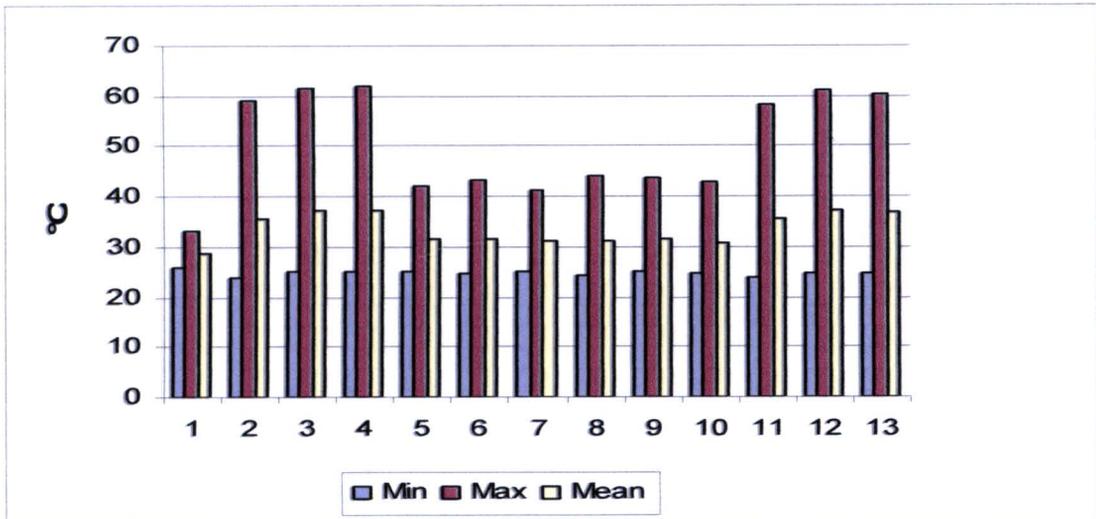


ภาพที่ 4.65 ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ระหว่างการทดลองเก็บข้าวสารและข้าวเปลือกในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

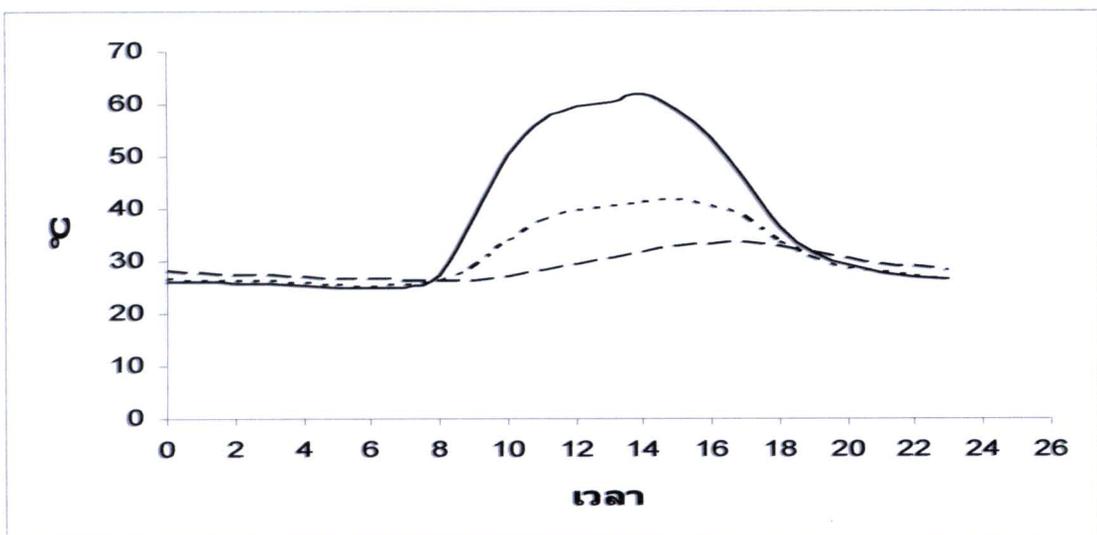
ตารางที่ 4.37 อุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิเครื่องวัด (temperature sensor no.1)

Temperature sensors no.	Min	Max	Mean	SD	CV (%)
1	26.1	33.3	28.9	2.4	8.4
2	24.0	59.0	35.8	13.4	37.5
3	24.9	61.4	37.2	13.9	37.4
4	24.9	62.0	37.3	14.2	38.0
5	25.2	42.1	31.4	6.2	19.9
6	24.8	43.3	31.6	6.8	21.5
7	25.1	41.4	31.2	6.1	19.7
8	24.5	44.0	31.3	7.1	22.7
9	25.0	43.6	31.4	6.7	21.3
10	24.8	42.8	30.9	6.4	20.7
11	23.8	58.4	35.5	13.4	37.7
12	24.9	61.3	37.1	14.0	37.7
13	24.7	60.5	36.8	13.8	37.5

ภาพที่ 4.66 แสดงอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตำแหน่งต่างๆ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิเครื่องวัด (temperature sensor no.1) โดยอุณหภูมิบริเวณด้านบนมีค่าประมาณ 60°C ในขณะที่ด้านล่างมีอุณหภูมิประมาณ 40-42°C ทำให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 38°C โดยมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 6 ชั่วโมง ระหว่างเวลา 10.00-16.00 นาฬิกา แสดงดังภาพที่ 4.67



ภาพที่ 4.66 อุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิเครื่องวัด (temperature sensor no. 1)



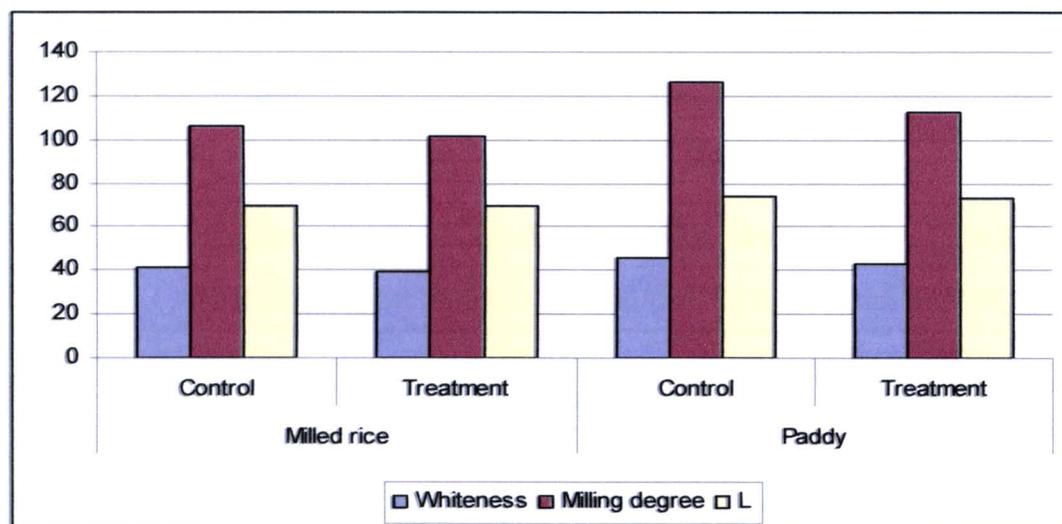
ภาพที่ 4.67 อุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับอุณหภูมิเครื่องวัดตามเวลาระหว่างการทดลองเก็บข้าวสารและข้าวเปลือกในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 4.38 คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับที่เก็บในอุณหภูมิปกติ

สมบัติทางกายภาพ	ข้าวสาร		ข้าวเปลือก	
	Control	Treatment	Control	Treatment
ค่าความขาว	41.1 ± 0.5 ^b	39.7 ± 0.3 ^a	45.7 ± 0.3 ^d	42.8 ± 0.8 ^c
ค่าความมัน	3.7 ± 0.1 ^b	3.8 ± 0.1 ^b	3.5 ± 0.1 ^a	3.5 ± 0.1 ^a
ระดับการขัดสี	106.3 ± 1.5 ^b	101.2 ± 1.1 ^a	126.2 ± 1.4 ^d	112.9 ± 3.8 ^c
ค่าสี L	69.8 ± 0.1 ^a	69.6 ± 0.3 ^a	73.7 ± 0.2 ^c	72.9 ± 0.7 ^b
ค่าสี a	0.4 ± 0.1 ^{bc}	0.5 ± 0.1 ^c	0.2 ± 0.1 ^a	0.3 ± 0.1 ^b
ค่าสี b	13.3 ± 0.2 ^b	13.9 ± 0.2 ^c	12.9 ± 0.1 ^a	13.4 ± 0.2 ^b

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.68 ค่าความขาว ระดับการขัดสี และค่าสี L ของข้าวสารและข้าวเปลือกเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมเมื่อเก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิปกติ

จากการที่อุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเมื่อเก็บข้าวสารและข้าวเปลือกในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นาน 21 วัน ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวสารและข้าวเปลือกเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสารและข้าวเปลือกที่

เก็บในอุณหภูมิปกติ (ตัวอย่างข้าวควบคุม) ข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าความขาว และระดับการขัดสีลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในอุณหภูมิปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ค่าความมันของข้าวสารและข้าวเปลือกจะไม่แตกต่างจากตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุม ส่วนค่าสี L, a และ b จะแตกต่างจากตัวอย่างข้าวเปลือกควบคุมเล็กน้อย

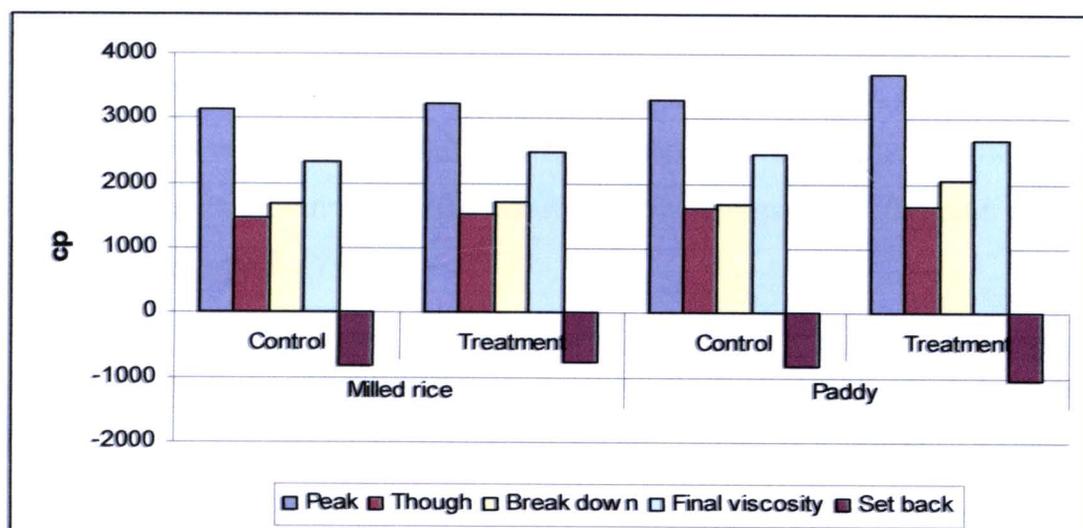
คุณสมบัติด้านความหนืดแสดงดังตารางที่ 4.39 จะพบว่าค่าความหนืดสูงสุดของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่แตกต่างกับข้าวสารที่เก็บในอุณหภูมิปกติ แต่ข้าวเปลือกจะมีค่าความหนืดสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในอุณหภูมิปกติ แสดงดังภาพที่ 4.69 เช่นเดียวกับค่าการแตกตัวของแป้งสุก ค่าความหนืดสุดท้าย ค่าความคงตัวของแป้งสุก และเวลาที่ทำให้แป้งสุกของข้าวสารที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ไม่แตกต่างกับข้าวสารที่เก็บในอุณหภูมิปกติ แต่ในข้าวเปลือกมีค่าแตกต่างกัน สำหรับอุณหภูมิแป้งสุกของข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าสูงกว่าข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในอุณหภูมิปกติ (ตัวอย่างควบคุม) แสดงดังภาพที่ 4.70 จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนเป็นข้าวเก่า โดยจะมีความเก่าหรือมีอายุเท่ากับข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิปกตินาน 3-4 เดือน

ตารางที่ 4.39 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านความหนืดของข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับข้าวสารและข้าวเปลือกควบคุม

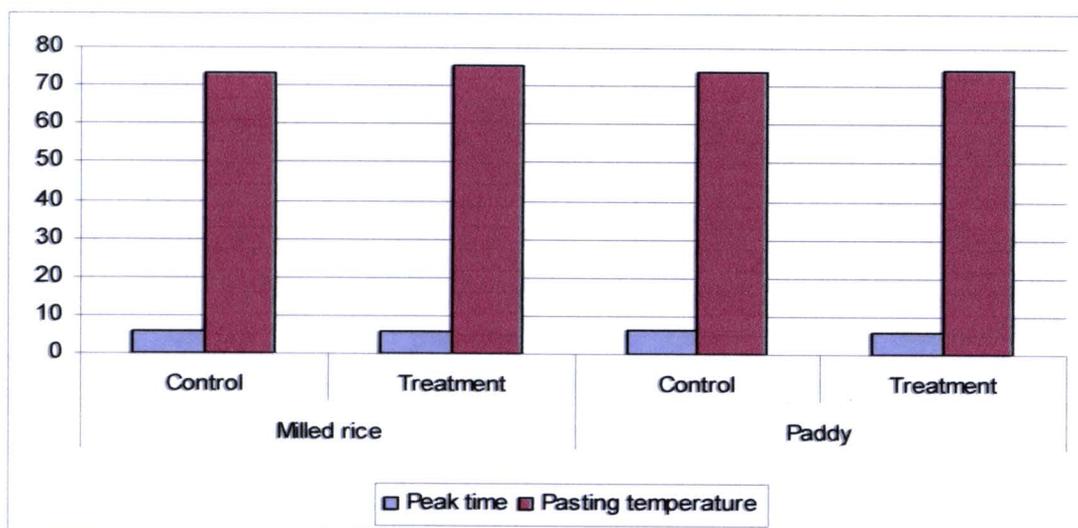
คุณสมบัติด้านความหนืด (RVU)	ข้าวสาร		ข้าวเปลือก	
	Control	Treatment	Control	Treatment
ความหนืดสูงสุด	3,140 ± 102 ^a	3,235 ± 185 ^a	3,296 ± 13 ^a	3,699 ± 207 ^b
ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำ เย็น	1,463 ± 76 ^a	1,534 ± 102 ^{ab}	1,610 ± 23 ^b	1,638 ± 94 ^b
การแตกตัวของแป้งสุก	1,677 ± 26 ^a	1,700 ± 117 ^a	1,685 ± 21 ^a	2,060 ± 137 ^b
ความหนืดสุดท้าย	2,321 ± 101 ^a	2,472 ± 142 ^a	2,468 ± 17 ^a	2,656 ± 114 ^b
ความคงตัวของแป้งสุก	-819 ± 9 ^b	-762 ± 89 ^b	-827 ± 14 ^b	-1,043 ± 126 ^a
เวลาที่ทำให้แป้งสุก	5.8 ± 0.0 ^a	5.7 ± 0.1 ^a	6.0 ± 0.0 ^b	5.7 ± 0.1 ^a
อุณหภูมิแป้งสุก	73.1 ± 0.5 ^a	75.0 ± 0.7 ^c	73.6 ± 0.0 ^{ab}	74.3 ± 0.5 ^{bc}

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในบรรทัด หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.69 ค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น ค่าการแตกตัวของแป้งสุก ค่าความหนืดสุดท้าย และค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับข้าวสารและข้าวเปลือกควบคุมที่เก็บที่อุณหภูมิปกติ

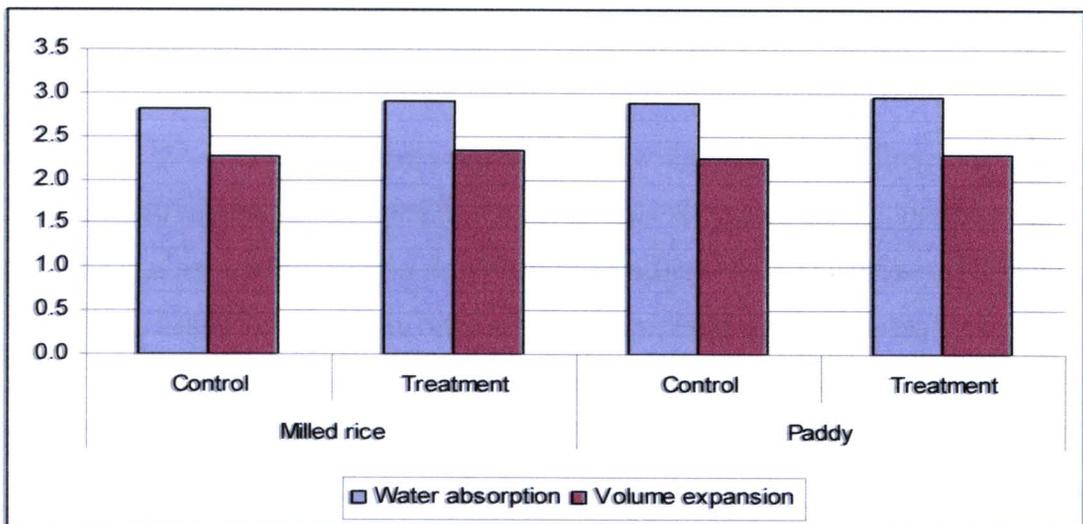


ภาพที่ 4.70 เวลาที่ทำให้แป้งสุกและอุณหภูมิแป้งสุกของข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับข้าวสารและข้าวเปลือกควบคุมที่เก็บที่อุณหภูมิปกติ

เมื่อตรวจสอบสมบัติการหุงต้มของข้าวทั้งค่าอัตราการดูดซึมน้ำ และค่าการขยายปริมาตรของข้าวสุกของข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ และที่เก็บอุณหภูมิปกติ พบว่าข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการดูดซึมน้ำและค่าการขยายปริมาตรแตกต่างจากข้าวที่อุณหภูมิปกติเล็กน้อย แสดงดังตารางที่ 4.40 และภาพที่ 4.71

ตารางที่ 4.40 อัตราการดูดซึมน้ำและค่าการขยายปริมาตรของข้าวสุกของข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในอุณหภูมิปกติ

คุณสมบัติ	ข้าวสาร		ข้าวเปลือก	
	Control	Treatment	Control	Treatment
อัตราการดูดซึมน้ำ	2.82 ± 0.01 ^a	2.90 ± 0.06 ^{ab}	2.88 ± 0.05 ^{ab}	2.95 ± 0.07 ^b
การขยายปริมาตรของข้าวสุก	2.26 ± 0.01 ^a	2.33 ± 0.04 ^c	2.24 ± 0.02 ^{ab}	2.30 ± 0.04 ^{bc}



ภาพที่ 4.71 อัตราการดูดซึมน้ำ และการขยายปริมาตรของข้าวสุกของข้าวสารและข้าวเปลือกที่เก็บในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับข้าวสารและข้าวเปลือกควบคุมที่เก็บที่อุณหภูมิปกติ