

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการอบด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกล้วยอบแห้ง

จากการทดลองอบกล้วยน้ำว่าด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20-25 โดยน้ำหนัก เก็บตัวอย่างกล้วยระหว่างกระบวนการอบทุก ๆ 2 ชั่วโมง เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ความแน่นเนื้อ และค่าสี โดยแสดงเป็นค่าความสว่าง (L^*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) และตรวจวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้ง

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกล้วยในระหว่างการอบแห้ง

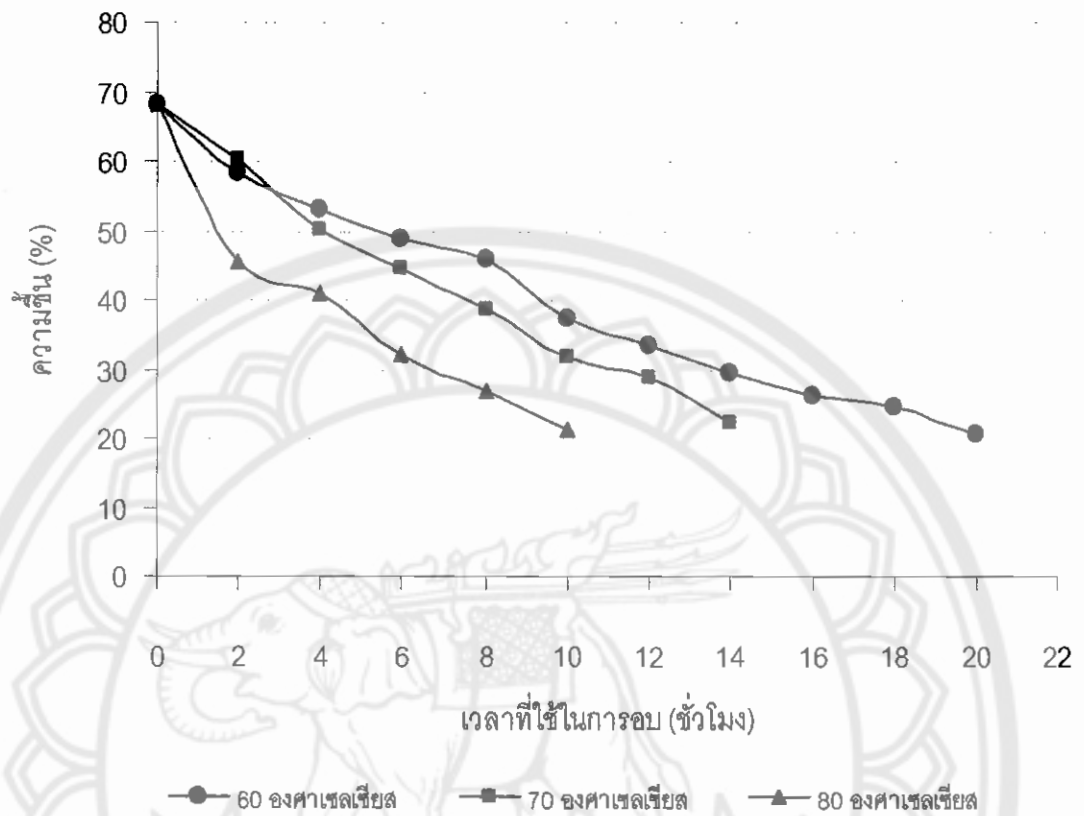
จากภาพ 1 และตาราง 3 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบด้วยลมร้อนมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้อบ โดยเมื่ออบที่ระดับอุณหภูมิ 60, 70, 80 องศาเซลเซียส จะใช้ระยะเวลาในการอบทั้งหมด 20, 14, 10 ชั่วโมง ตามลำดับ การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ น้ำในอาหารระเหยอย่างรวดเร็วทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นลง โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสถึง 2 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Falade and Abbo (2007) ในการอบแห้ง date plam ที่อุณหภูมิลมร้อน 50-80 องศาเซลเซียส พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 28, 21, 14 และ 13 ชั่วโมง ตามลำดับ

ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อของกล้วยอบ แสดงในภาพ 2 และตาราง 4 พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้วยในช่วงแรกของการอบรวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยที่เวลา 6 ชั่วโมงของการอบจะเห็นได้ว่ากล้วยอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจะมีความแน่นเนื้อมากกว่ากล้วยที่อบด้วยอุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ถึงประมาณ 2 เท่า

นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (caramelization) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทำให้กล้วยมีสีน้ำตาลเข้มคล้ำมากกว่าเมื่อใช้อุณหภูมิต่ำ จากภาพ 3 และตาราง 5 พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้นจะทำให้ L^* มีค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบการลดลงของค่า L^* ที่ระดับอุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส จะพบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ค่า L^* มีอัตราการลดลงมากที่สุด (ภาพ 3) เนื่องจาก อุณหภูมิ ความชื้นและ

ออกซิเจน ปัจจัยทั้งสามนี้มีผลต่ออาหารในระหว่างขั้นตอนการผลิต โดยอุณหภูมิที่สูงยิ่งทำให้ผลไม้อบแห้งมีสีน้ำตาลคล้ำเร็ว ความชื้นสูงก็เช่นเดียวกัน นอกจากนี้น้ำตาลรีดิวซ์อาจเกิดการแตกตัวไปเป็นเฟอร์ฟูรัล (furfurals) ถ้ามีแร่ธาตุ กรดอินทรีย์อยู่ เฟอร์ฟูรัลสามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนหรือสารประกอบเอมีนนำไปสู่การเกิดตรงควัตถุสีน้ำตาล (กุลยา จันทรอรุณ, 2541, หน้า 34) สอดคล้องกับค่า ΔE^* ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยสด โดยกล้วยอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีมากกว่ากล้วยอบที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส (ภาพ 4 และ ตาราง 6)



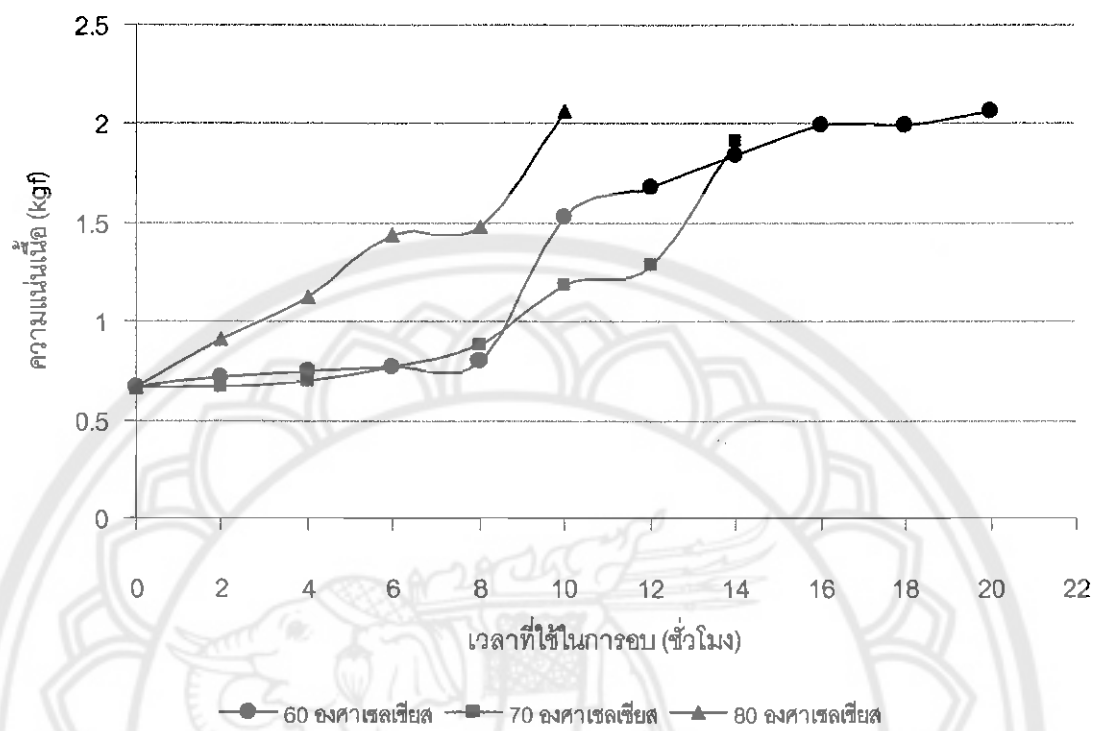


ภาพ 1 ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ของกล้วยอบที่อุณหภูมิต่างๆ

ตาราง 3 ความชื้น (เปอร์เซ็นต์) ของกล้วยอบที่อุณหภูมิต่างๆ

ระยะเวลาในการอบ(ชั่วโมง)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)		
	60 °C	70 °C	80 °C
0	68.24 ^a ±0.40	68.24 ^a ±0.40	68.24 ^a ±0.40
2	58.24 ^b ±0.09	60.22 ^b ±0.98	45.45 ^b ±0.50
4	53.14 ^c ±1.43	50.27 ^c ±0.53	41.08 ^c ±0.92
6	48.98 ^d ±2.35	44.62 ^d ±1.19	32.15 ^d ±1.40
8	45.96 ^e ±1.28	38.82 ^e ±1.52	26.76 ^e ±0.75
10	37.21 ^f ±2.16	31.74 ^f ±2.43	21.33 ^f ±1.05
12	33.31 ^g ±1.55	28.77 ^g ±0.88	
14	29.67 ^h ±2.15	22.38 ^h ±1.43	
16	26.31 ⁱ ±0.51		
18	24.51 ^j ±0.67		
20	20.76 ⁱ ±2.14		

a-j ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

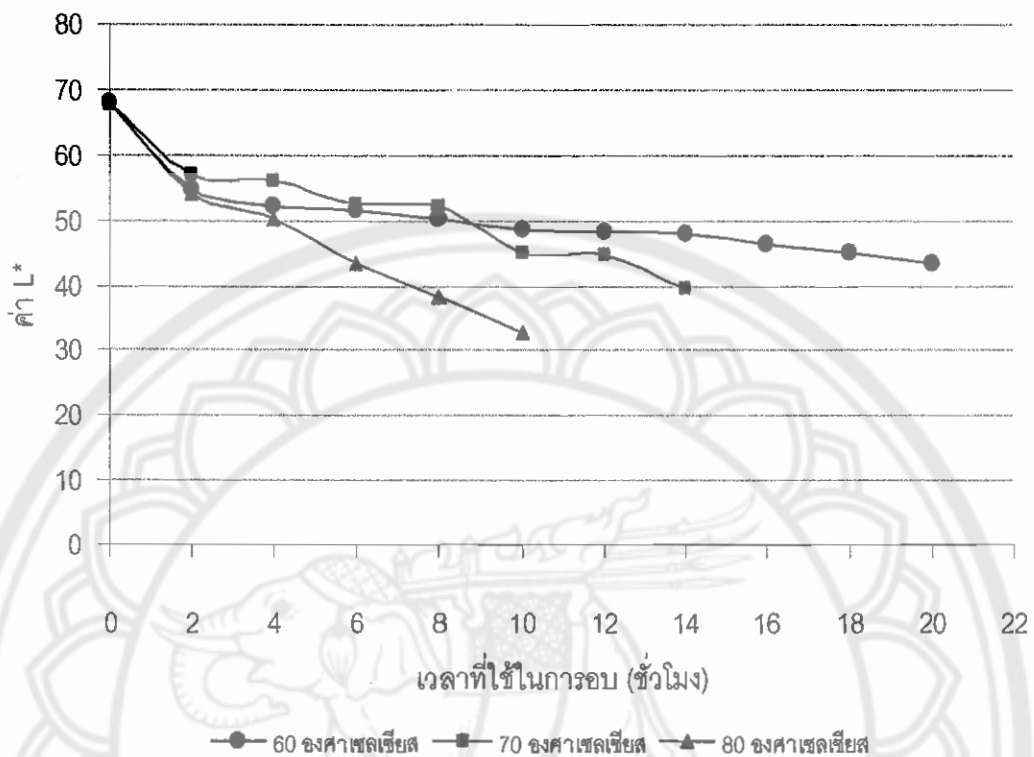


ภาพ 2 ความแน่นเนื้อ (kgf) ของกล้ามเนื้อที่อุณหภูมิต่างๆ

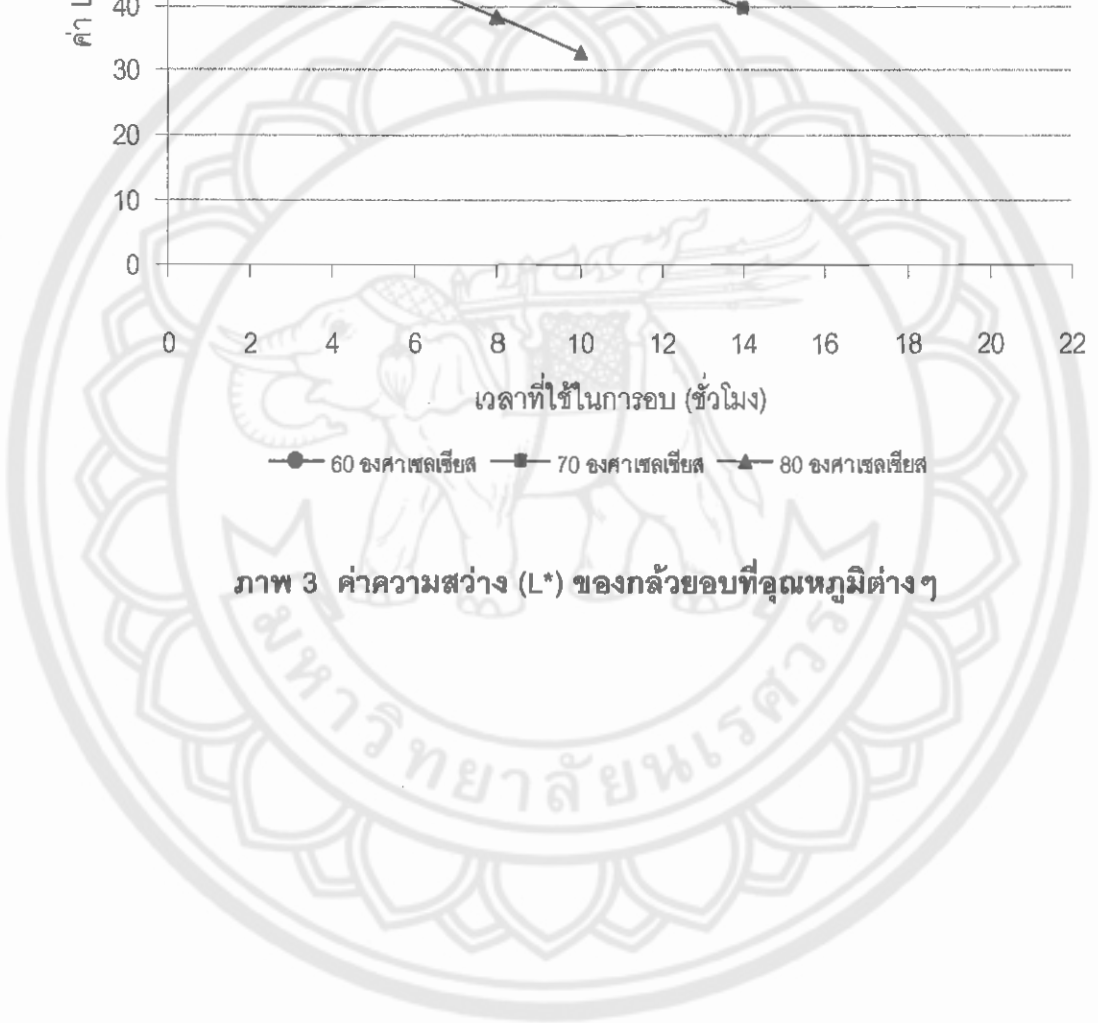
ตาราง 4 ความแน่นเนื้อ (kgf) ของกล้วยอบที่อุณหภูมิต่างๆ

ระยะเวลาในการอบ (ชั่วโมง)	ความแน่นเนื้อ (kgf)		
	60 °C	70 °C	80 °C
0	0.67 ^a ±0.04	0.67 ^a ±0.04	0.67 ^a ±0.04
2	0.72 ^a ±0.05	0.67 ^a ±0.02	0.91 ^b ±0.06
4	0.75 ^a ±0.03	0.70 ^a ±0.04	1.12 ^b ±0.10
6	0.77 ^a ±0.04	0.76 ^a ±0.07	1.44 ^c ±0.20
8	0.80 ^a ±0.09	0.87 ^a ±0.13	1.48 ^c ±0.41
10	1.53 ^b ±0.17	1.18 ^b ±0.20	2.02 ^d ±0.17
12	1.68 ^{bc} ±0.09	1.29 ^b ±0.16	
14	1.84 ^{cd} ±0.19	1.91 ^c ±0.22	
16	1.99 ^{de} ±0.16		
18	1.99 ^{de} ±0.38		
20	2.06 ^e ±0.24		

a-e ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวดิ่ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



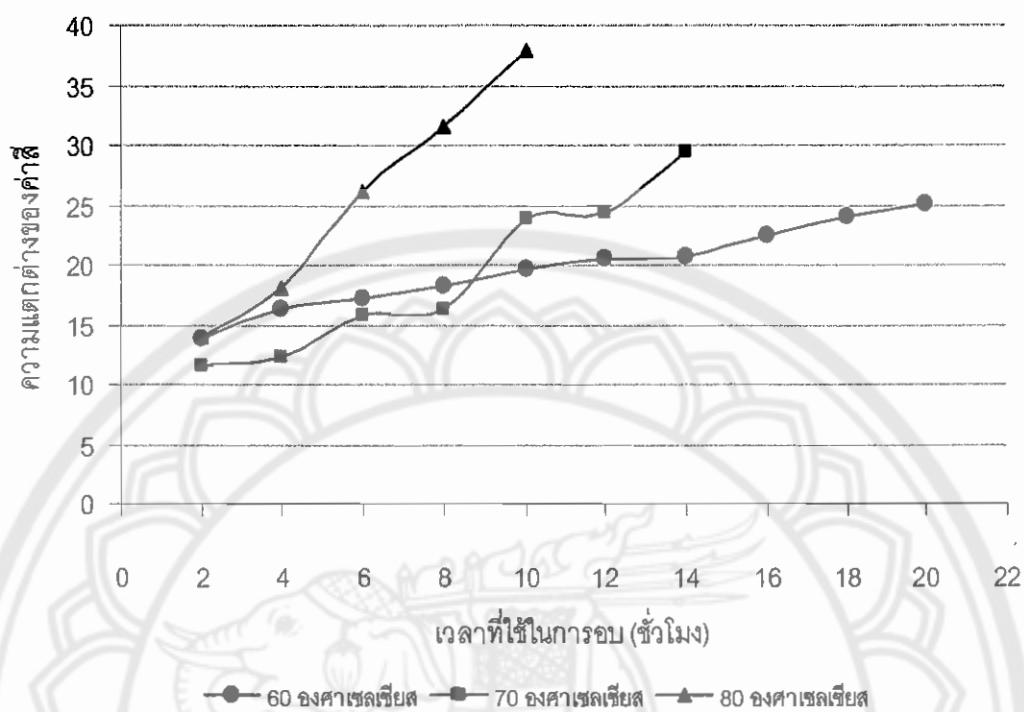
ภาพ 3 ค่าความสว่าง (L*) ของกล้วยอบที่อุณหภูมิต่างๆ



ตาราง 5 ค่าความสว่าง (L*) ของกล้วยอบที่อุณหภูมิต่างๆ

ระยะเวลาในการอบ (ชั่วโมง)	ค่า L*		
	60 °C	70 °C	80 °C
0	67.89 ^a ±0.07	67.89 ^a ±0.07	67.89 ^a ±0.07
2	54.61 ^b ±0.40	57.14 ^b ±0.48	54.07 ^b ±0.51
4	52.19 ^c ±0.07	56.11 ^c ±0.14	50.25 ^b ±0.21
6	51.42 ^d ±0.03	52.51 ^d ±0.57	43.37 ^c ±0.32
8	50.27 ^e ±0.40	51.99 ^d ±0.52	38.14 ^c ±0.48
10	48.64 ^f ±0.43	45.06 ^e ±0.55	32.63 ^d ±0.39
12	48.23 ^g ±0.12	44.70 ^e ±0.34	
14	47.98 ^g ±0.19	39.43 ^f ±0.26	
16	46.45 ^h ±0.41		
18	44.94 ⁱ ±0.17		
20	43.30 ^j ±0.99		

a-j ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



ภาพ 4 ค่าความแตกต่างค่าสี (ΔE^*) ของกล้วยอบที่อุณหภูมิต่างๆ

ตาราง 6 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) ของกล้วยอบที่อุณหภูมิต่างๆ

ระยะเวลาในการอบ (ชั่วโมง)	ค่า ΔE^*		
	60 °C	70 °C	80 °C
2	13.83 ^h ±0.51	11.57 ^d ±0.50	14.06 ^e ±0.72
4	16.31 ^g ±0.12	12.21 ^d ±0.11	18.08 ^d ±0.38
6	17.12 ^g ±0.20	15.72 ^c ±0.56	26.14 ^c ±0.52
8	18.26 ^f ±0.67	16.33 ^c ±0.55	31.63 ^b ±0.77
10	19.72 ^e ±0.50	23.94 ^b ±0.49	37.97 ^a ±0.69
12	20.48 ^{de} ±0.40	24.31 ^b ±0.50	
14	20.75 ^d ±0.12	29.50 ^a ±0.25	
16	22.47 ^c ±0.58		
18	24.01 ^b ±0.26		
20	25.80 ^a ±1.28		

a-h ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวดิ่ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2. คุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้ง

จากตาราง 7 พบว่า ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 20, 14 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ มีความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 1.91-2.06 kgf ซึ่งมากกว่าความแน่นเนื้อของกล้วยสดถึงประมาณ 3 เท่า เนื่องจากการหดตัวของโครงสร้างเมื่อมีการระเหยน้ำออกจากเซลล์ แสดงให้เห็นว่าถึงแม้การใช้อุณหภูมิต่ำ (60 และ 70 องศาเซลเซียส) แต่เมื่อใช้ระยะเวลาการอบนาน ก็มีผลต่อเนื้อสัมผัสของกล้วยไม่แตกต่างจากเมื่อใช้อุณหภูมิสูง (80 องศาเซลเซียส) แต่ใช้ระยะเวลาการอบสั้นกว่า ในขณะที่อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์มากกว่าเนื้อสัมผัส โดยกล้วยอบที่อุณหภูมิต่ำจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความสว่างสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยที่อบอุณหภูมิสูง ซึ่งจะเห็นได้จากกล้วยอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะมีค่าความสว่างสูงสุดและมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีน้อยที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Cano-Chauca, Ramos and Fuster (2002)

นอกจากนั้นยังพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบมีผลต่อค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) โดยอุณหภูมิสูงจะมีผลต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล ทำให้กล้วยอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมากที่สุด และมากกว่าเมื่ออบด้วยอุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 6.83 และ 11.38 เท่า ตามลำดับ การที่กล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ต่ำกว่ากล้วยอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นผลดีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีในระหว่างการเก็บรักษาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) ได้น้อยกว่าส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คงคุณภาพทางด้านสีซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ยาวนานกว่าการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในทำนองเดียวกันมีรายงานว่าค่ากิจกรรมเอนไซม์ PPO ของผล medlar ที่อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จะลดลงประมาณร้อยละ 60 และเมื่ออบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ถูกยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์ (Dincer, et al., 2002)

จากการตรวจวัดองค์ประกอบต้านอนุมูลอิสระพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีของกล้วยอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ลดลงมากที่สุดเนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสใช้เวลาการอบแห้งนานกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสถึงประมาณ 2 เท่า จึงทำให้มีการสูญเสียวิตามินซีมากกว่า ในขณะที่เมื่อใช้อุณหภูมิลมร้อนสูงขึ้นแต่ระยะเวลาการอบลดลงจะทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีลดลงน้อยกว่า นอกจากนั้น ภาพ 5 จะเห็นได้ว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณวิตามินซีในกล้วย

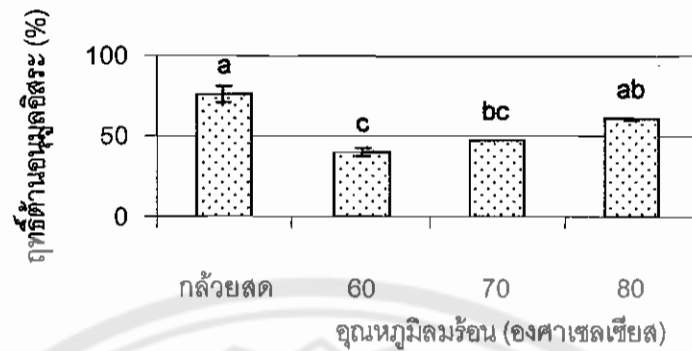
อบแห้ง อย่างไรก็ตามกล้วยอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Akyildiz, et al. (2004) ที่รายงานว่า การอบแห้งลูกพลับที่อุณหภูมิสูง (70 และ 90 องศาเซลเซียส) ทำให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (60 องศาเซลเซียส)

จากการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม จำนวน 20 คนโดยใช้แบบทดสอบการยอมรับ 9-Hedonic test (ตาราง 8) แสดงผลการยอมรับของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่ากล้วยอบที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่ากล้วยอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม กล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบทางด้านสีมากกว่า ($P \leq 0.05$) ในขณะที่กล้วยอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ (ภาพ 6) รสชาติ และเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากลักษณะปรากฏและสีที่คล้ำ ถึงแม้ว่าค่าความแน่นเนื้อจะไม่แตกต่างจากกล้วยอบที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ก็ตาม นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สูงกว่าอาจทำให้มีรสชาติหวานเกินความต้องการของผู้ทดสอบชิมอีกด้วย (ตาราง 7)

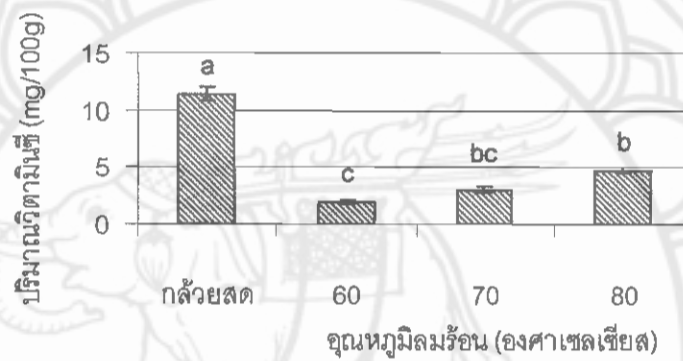
ตาราง 7 ผลของอุณหภูมิระดับต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกล้วยอบ

คุณสมบัติ	กล้วยสด	กล้วยอบ 60 องศาเซลเซียส	กล้วยอบ 70 องศาเซลเซียส	กล้วยอบ 80 องศาเซลเซียส
ความชื้น (%)	68.24 ^a ±0.40	20.76 ^b ±2.14	22.38 ^b ±1.43	21.33 ^b ±1.05
ความแน่นเนื้อ (kgf)	0.67 ^b ±0.04	2.06 ^a ±0.24	1.91 ^a ±0.22	2.02 ^a ±0.17
L*	67.89 ^a ±0.07	43.30 ^b ±0.99	39.43 ^c ±0.26	32.63 ^d ±0.39
ΔE*	-	25.80 ^c ±1.28	29.50 ^b ±0.25	37.97 ^a ±0.69
กิจกรรมของเอนไซม์ PPO (U/min/g)	-	0.205 ^a ±0.085	0.030 ^b ±0.013	0.018 ^b ±0.005
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (mg/g)	-	315.97 ^c ±11.70	709.12 ^b ±7.33	765.07 ^a ±12.49
การลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)	-	47.33 ^a ±5.75	37.66 ^b ±0.60	20.10 ^c ±1.79
การสูญเสียวิตามินซี (%)	-	82.46 ^a ±2.61	71.89 ^b ±4.89	57.92 ^c ±3.99
การเพิ่มขึ้นของฟีนอลิกทั้งหมด (%)	-	65.85 ^b ±0.32	73.85 ^a ±0.69	53.14 ^c ±1.18

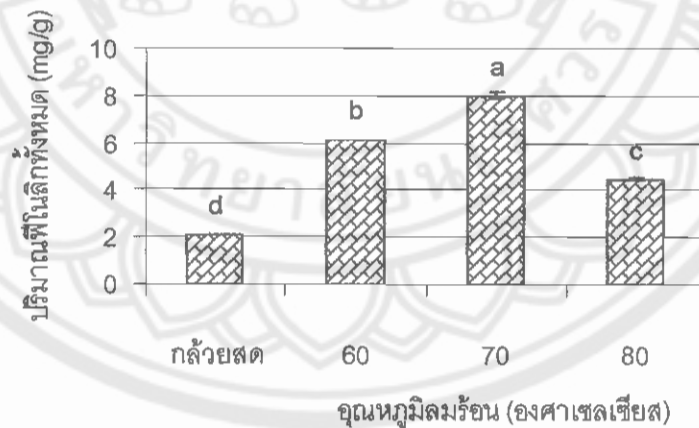
a-c ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



(a)



(b)



(c)

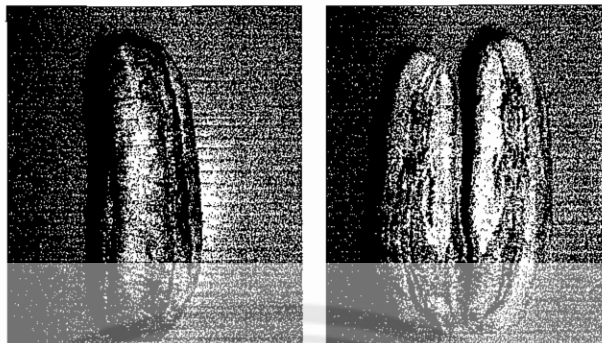
ภาพ 5 ผลของอุณหภูมิระดับต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติของกล้วยอบ (เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยสด) (a) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (b) ปริมาณวิตามินซีและ (c) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด

ตาราง 8 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบที่อบด้วยอุณหภูมิ
ระดับต่าง ๆ

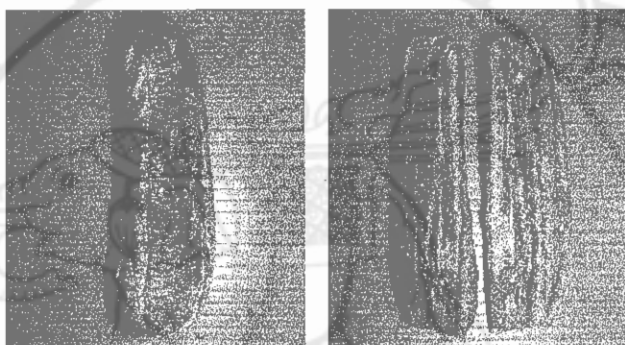
อุณหภูมิอบร้อน (องศาเซลเซียส)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความแข็ง	ความชอบ โดยรวม
60	5.75 ^{ab} ±1.29	5.15 ^b ±1.23	5.85 ^{ns} ±0.99	7.45 ^a ±0.99	7.25 ^a ±0.91	7.35 ^a ±0.99
70	6.55 ^a ±1.28	6.70 ^a ±1.38	6.10 ^{ns} ±1.17	6.45 ^b ±0.94	6.30 ^b ±1.17	6.75 ^a ±0.79
80	5.45 ^b ±1.43	5.40 ^b ±1.88	5.65 ^{ns} ±1.50	5.45 ^c ±1.85	4.70 ^c ±1.56	5.20 ^b ±2.04

a-c ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($P \leq 0.05$)

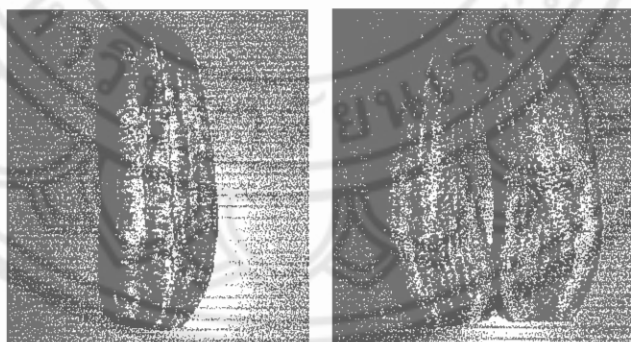
ns ตัวอักษรตามแนวตั้ง แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



ลมร้อน 60 องศาเซลเซียส



ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส



ลมร้อน 80 องศาเซลเซียส

ภาพ 6 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์กล้วยอบที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ตอนที่ 2 ผลของการใช้กระบวนการไมโครเวฟก่อนการอบด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกล้วยอบแห้ง

จากผลการทดลองในตอนต้นที่ 1 การใช้อุณหภูมิในการอบที่ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีกว่ากล้วยที่อบอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเฉพาะรสชาติและเนื้อสัมผัส และเนื่องจากกล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบน้อยกว่ากล้วยที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ถึง 6 ชั่วโมง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการศึกษาผลของการใช้กระบวนการไมโครเวฟในการจัดการเบื้องต้นก่อนการอบด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกล้วยอบแห้งต่อไป

1. ผลของระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการไมโครเวฟ

จากการทดลองใช้กำลังไมโครเวฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาทีและ 10 นาที ก่อนอบกล้วยน้ำว้าด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20 - 25 โดยน้ำหนัก เก็บตัวอย่างกล้วยระหว่างกระบวนการอบทุก ๆ 2 ชั่วโมง เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ความแน่นเนื้อ และค่าสี โดยแสดงเป็นค่าความสว่าง (L^*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) และตรวจวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้ง

จากกราฟการเปลี่ยนแปลงความชื้นของกล้วยที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟเป็นเวลา 5 นาทีและ 10 นาที (ภาพ 7 และตาราง 9) พบว่าสามารถลดความชื้นเริ่มต้นของกล้วยก่อนการอบด้วยลมร้อนลงได้ประมาณร้อยละ 1.14 และ 10.44 ตามลำดับ และกระบวนการไมโครเวฟยังมีผลต่ออัตราการทำให้แห้งด้วยลมร้อน เมื่อใช้ระยะเวลานานขึ้นจะช่วยลดระยะเวลาการอบด้วยลมร้อนดีขึ้น โดยเมื่อใช้ระยะเวลาในกระบวนการไมโครเวฟ 10 นาที ก่อนการอบลมร้อนจะสามารถลดระยะเวลาในการอบด้วยลมร้อนได้ 2 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 14.28 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ไมโครเวฟควบคู่กับลมร้อน จะช่วยเพิ่มอัตราการทำให้แห้ง (air drying rate) ซึ่งมีผลทำให้อาหารมีความพรุน (porous) และเกิดการขยายตัวของโครงสร้างทำให้การถ่ายเทของน้ำเกิดได้รวดเร็วขึ้น (Kostaropoulos and Saravacos, 1995) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองพบว่าการใช้เวลานานกว่า 10 นาที ที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม มีผลทำให้กล้วยเกิดการพองและแตกจากความร้อนที่เกิดขึ้น ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

จากผลการทดลองในตาราง 10 จะเห็นว่า การใช้ไมโครเวฟที่ กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์อาจเป็นเพราะกำลังไฟและระยะเวลาที่ใช้ต่ำจึงไม่เพียงพอต่อการทำลายโครงสร้างภายในของกล้วยได้จนถึงกับส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส ถึงแม้ว่าระยะเวลาจะไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อแต่กลับมีผลต่อ

สีของผลิตภัณฑ์โดยกล้วยที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาที จะมีค่าความสว่างต่ำสุด และให้ค่าความแตกต่างของค่าสีสูงสุด ทั้งนี้เพราะความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไมโครเวฟ เป็นเวลานานเป็นตัวเร่งให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนเนื่องจากการทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ (Van Dender, Baldiniv, and Melo, 1986)

ผลิตภัณฑ์กล้วยอบด้วยกระบวนการไมโครเวฟ-ลมร้อน มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์กล้วยที่อบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านเข้าไปในอาหารได้ดีจึงทำให้น้ำในอาหารร้อน (สายสนม ประดิษฐดวง, 2546, หน้า 201) ทำให้เอนไซม์ PPO ที่อยู่ในกล้วยเสียสภาพขณะที่ทำให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น เนื่องจากฟีนอลิกที่สะสมอยู่ในแวคิวโอลของพืช เมื่อเกิดความร้อนทำให้ฟีนอลิกที่ประกอบอยู่ในเซลล์แตกออกทำให้ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าการแตกออกของเซลล์นี้จะทำให้ออกซิเดทิฟเอนไซม์และไฮโดรไลติกเอนไซม์ถูกปล่อยออกมาด้วยแต่เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นทำให้เอนไซม์ถูกยับยั้งทำให้การสูญเสียฟีนอลิกลดลง (Gahler, Otto, and Böhm, 2003) ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาที จึงทำให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงกว่าการใช้กระบวนการไมโครเวฟเป็นเวลา 5 นาที

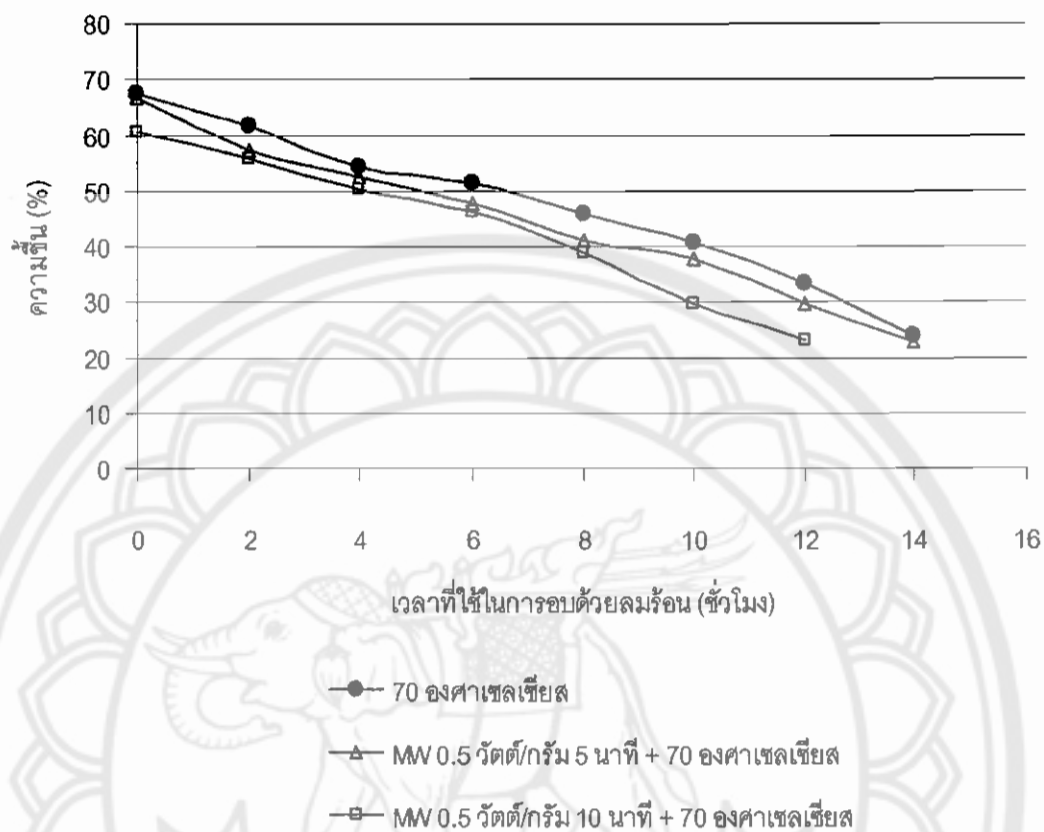
นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำกว่ากล้วยที่ไม่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟ โดยผลิตภัณฑ์กล้วยที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำที่สุด เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นเวลานานอาจทำให้น้ำตาลรีดิวซ์เกิดการแตกตัวไปเป็นเพอร์ฟิวรัล (furfurals) เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างการทำแห้งทำให้มีสีน้ำตาลเกิดขึ้น (กุลยา จันทรอรุณ, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่าง (L^*) และค่าความแตกต่างของค่า (ΔE^*) สีของผลิตภัณฑ์ที่พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาที มีค่า L^* ต่ำสุดและมีค่า ΔE^* มากสุด

การใช้ความร้อนทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีลดลง ดังภาพ 8 ถึงแม้ว่า กล้วยที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาที จะสามารถลดระยะเวลาการอบด้วยลมร้อนลงได้ แต่มีผลทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงมากกว่าการใช้กระบวนการไมโครเวฟที่เวลาน้อยกว่าและที่ไม่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟ ทั้งนี้เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่เป็นสารประกอบที่ไม่คงตัวจะสูญเสียได้ง่ายเมื่อโดนแสง ออกซิเจน และความร้อน ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ไมโครเวฟจึงมีผลต่อการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซี โดยยิ่งใช้เวลามากจะทำให้เกิดการสูญเสียมากขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zhang and Hamauzu (2004) ที่

ทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงของฟีนอลิก วิตามินซี แคโรทีนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระในบรอกโคลี ระหว่างกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 30, 60, 90, 120 และ 300 วินาที พบว่าเมื่อระยะเวลาในกระบวนการไมโครเวฟเพิ่มขึ้นปริมาณวิตามินซีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะลดลงทั้งดอกและลำต้นของบรอกโคลี โดยที่เวลา 300 วินาที พบว่ามีการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด

จากตาราง 11 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ ความชอบ 9-Hedonic test พบว่ากล้วยที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟก่อนการอบ ด้วยลมร้อนในทุกชุดการทดลองมีคะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ถึงแม้ว่าผลจากการวิเคราะห์ค่าความสว่างและค่าความแตกต่างของค่าสีจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้นอีกทั้งยังมีความแตกต่างที่สังเกตเห็นได้ด้วยตา ดังภาพ 9 แต่พบว่าไม่มีผลต่อคะแนนความชอบทางด้านสีและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่ากล้วยที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาที ผู้ทดสอบชิมมีความพึงพอใจต่อรสชาติน้อยที่สุด อาจเป็นเพราะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงทำให้เกิดรสฝาดไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้ทดสอบชิม

จากการศึกษาผลของระยะเวลาการใช้ไมโครเวฟก่อนการอบด้วยลมร้อนแสดงให้เห็นว่าระยะเวลา 5 นาที ให้ผลค่าความสว่างสูงกว่าและการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่า อีกทั้งผู้ทดสอบชิมชื่นชอบในรสชาติมากกว่าการใช้ไมโครเวฟที่ 10 นาที ดังนั้นจึงเลือกใช้ระยะเวลาในกระบวนการไมโครเวฟเป็นเวลา 5 นาที ในการศึกษาผลของกำลังไฟต่อไป



ภาพ 7 ปริมาณความชื้นของถั่วอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟที่ใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน

ตาราง 9 ปริมาณความชื้นของกล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟที่ใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน

ระยะเวลาในการอบ (ชั่วโมง)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)		
	ลมร้อน	MW 0.5 วัตต์/กรัม	MW 0.5 วัตต์/กรัม
	70 องศาเซลเซียส	5 นาที + ลมร้อน	10 นาที + ลมร้อน
0	67.64 ^e ±0.82	66.87 ^a ±1.09*	60.58 ^b ±2.11**
2	61.82 ^b ±2.35	57.32 ^b ±1.00	55.64 ^b ±0.42
4	54.45 ^c ±0.85	52.33 ^c ±2.01	50.29 ^c ±0.56
6	51.33 ^d ±0.72	47.70 ^d ±1.44	46.31 ^d ±0.83
8	45.84 ^e ±1.55	41.25 ^e ±1.48	38.98 ^e ±2.31
10	40.71 ^f ±0.80	37.73 ^f ±1.63	29.73 ^f ±2.13
12	33.50 ^g ±2.70	29.54 ^g ±2.13	23.23 ^g ±1.85
14	23.68 ^h ±2.35	22.59 ^g ±1.88	

a-h ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวดิ่ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

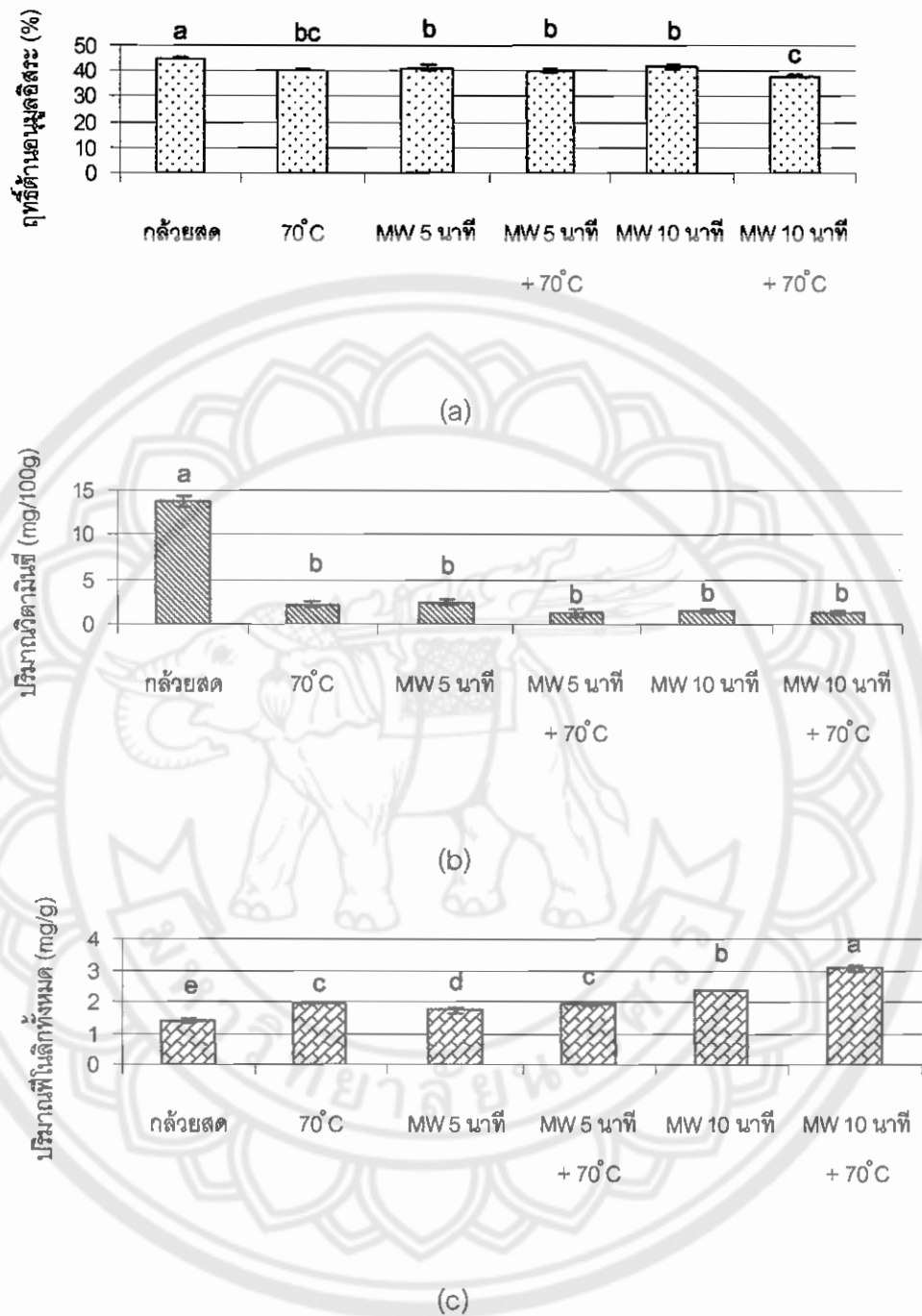
* แสดงปริมาณความชื้น (%) หลังจากผ่านกระบวนการไมโครเวฟ 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที

** แสดงปริมาณความชื้น (%) หลังจากผ่านกระบวนการไมโครเวฟ 0.5 วัตต์/กรัม 10 นาที

ตาราง 10 ผลของระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการไมโครเวฟต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟ

คุณสมบัติ	กล้วยผ่าน MW 0.5 วัตต์/กรัม			กล้วยอบร้อน 70 องศาเซลเซียส	
	กล้วยสด	5 นาที	10 นาที	กล้วยผ่าน MW 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที	กล้วยผ่าน MW 0.5 วัตต์/กรัม 10 นาที
ความชื้น (%)	67.64 ^a ±0.82	66.87 ^a ±1.09	60.58 ^b ±2.11	22.59 ^c ±1.88	23.23 ^c ±1.85
ความหนืด (kgf)	0.89 ^b ±0.06	0.86 ^b ±0.08	0.87 ^b ±0.07	2.74 ^a ±0.27	2.85 ^a ±0.24
L*	75.71 ^a ±0.81	66.65 ^b ±0.57	61.44 ^c ±0.36	53.37 ^d ±0.63	50.23 ^d ±0.80
ΔE*	-	12.26 ^d ±0.61	15.58 ^c ±0.36	23.25 ^b ±0.33	27.46 ^b ±1.36
กิจกรรมของเอนไซม์ PPO (U/min/g)	-	-	-	0.057 ^b ±0.038	0.038 ^b ±0.021
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (mg/g)	-	-	-	191.54 ^b ±6.39	141.39 ^c ±1.73
การลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)	-	10.67 ^b ±3.26	8.56 ^b ±2.34	11.54 ^{ab} ±3.24	15.72 ^a ±1.84
การสูญเสียวิตามินซี (%)	-	82.26 ^b ±5.85	89.41 ^a ±3.34	90.50 ^a ±6.45	90.25 ^a ±3.38
การเพิ่มขึ้นของฟีนอลทั้งหมด (%)	-	17.25 ^d ±8.66	40.21 ^b ±0.89	25.56 ^c ±1.62	53.74 ^a ±2.47

a-f ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



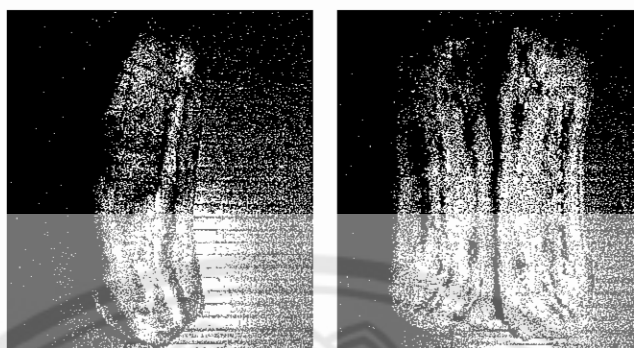
ภาพ 8 ผลของระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการไมโครเวฟต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของกล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟ (a) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (b) ปริมาณวิตามินซีและ (c) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

ตาราง 11 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟที่ใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน

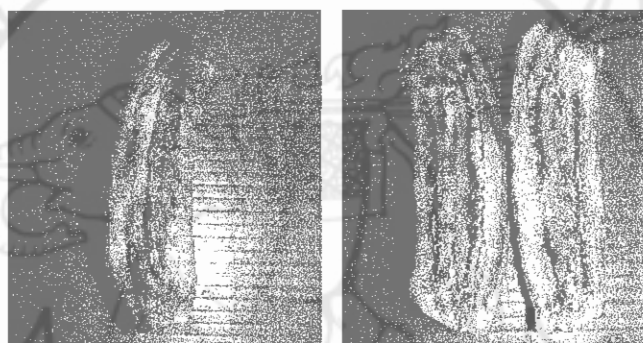
สภาวะการเตรียมผลัดกับเนื้อกล้วยอบ	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
MW 0.5วัตต์/กรัม 5 นาที + ลมร้อน	6.45 ^{ns} ±1.46	5.35 ^{ns} ±1.81	5.90 ^{ns} ±1.58	6.55 ^a ±1.93	6.15 ^{ns} ±2.00	6.65 ^{ns} ±1.75
MW 0.5วัตต์/กรัม 10 นาที + ลมร้อน	6.20 ^{ns} ±1.88	6.15 ^{ns} ±1.95	6.00 ^{ns} ±1.45	5.25 ^b ±1.80	5.70 ^{ns} ±1.80	5.75 ^{ns} ±1.94
ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส	6.25 ^{ns} ±1.33	5.85 ^{ns} ±1.78	6.05 ^{ns} ±1.31	6.40 ^b ±1.60	6.60 ^{ns} ±1.63	6.65 ^{ns} ±1.46

a-b ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

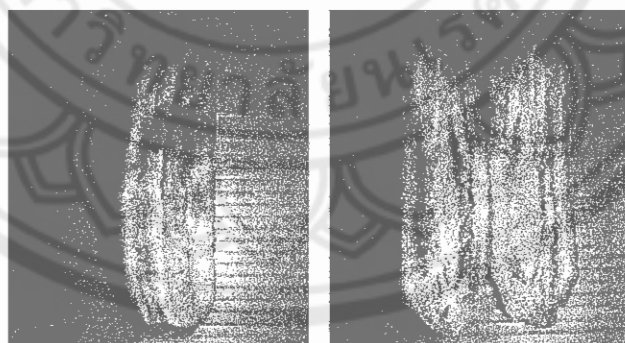
ns ตัวอักษรตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส



MW 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที



MW 0.5 วัตต์/กรัม 10 นาที

ภาพ 9 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์กล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟที่ใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน

2. ผลของกำลังไฟที่ใช้ในกระบวนการไมโครเวฟ

จากการทดลองใช้กำลังไมโครเวฟ 1.0 วัตต์/กรัม และ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาที ก่อนอบกล้วยน้ำว่าด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20 - 25 โดยน้ำหนัก เก็บตัวอย่างกล้วยระหว่างกระบวนการอบทุก ๆ 2 ชั่วโมง เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ความแน่นเนื้อ และค่าสี โดยแสดงเป็นค่าความสว่าง (L^*) และ ค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) และตรวจวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบพบว่า

การใช้กระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 1.0 วัตต์/กรัม และ 0.5 วัตต์/กรัม เวลา 5 นาที สามารถลดความชื้นเริ่มต้นของกล้วยก่อนการอบด้วยลมร้อนลงได้ร้อยละ 11.59 และ 1.14 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟ 1.0 วัตต์/กรัม สามารถลดความชื้นลงได้มากกว่าที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม ได้ถึงประมาณ 9 เท่า ดังแสดงใน ภาพ 10 และตาราง 12 แสดงให้เห็นว่าการใช้กำลังไฟไมโครเวฟสูงอาจทำให้เกิดความร้อนมากกว่าและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นได้รวดเร็วกว่าการใช้กำลังไฟต่ำ สอดคล้องกับผลการทดลองของ คำนึ่ง วาทยโยธา (2546) ในการศึกษาการอบกล้วยด้วยไมโครเวฟโดยใช้ระดับพลังงานไมโครเวฟ 3 ระดับ คือ 0.24, 0.40 และ 0.56 วัตต์/กรัม พบว่าเวลาและพลังงานที่ใช้ในการอบลดลงอย่างมากเมื่อใช้ระดับพลังงานไมโครเวฟสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่ากำลังไฟมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบด้วยลมร้อนโดยเมื่อใช้กระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 1.0 วัตต์/กรัม สามารถลดระยะเวลาการอบด้วยลมร้อนได้ 2 ชั่วโมง (คิดเป็นร้อยละ 14.28) เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อใช้กระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม และกระบวนการอบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว

ถึงแม้ว่ากล้วยที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม และ 1.0 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาที มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างจากกล้วยสด แต่เมื่อนำไปอบต่อด้วยลมร้อน พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยอบที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 1.0 วัตต์/กรัม มีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยที่ผ่านไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม และกล้วยอบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว

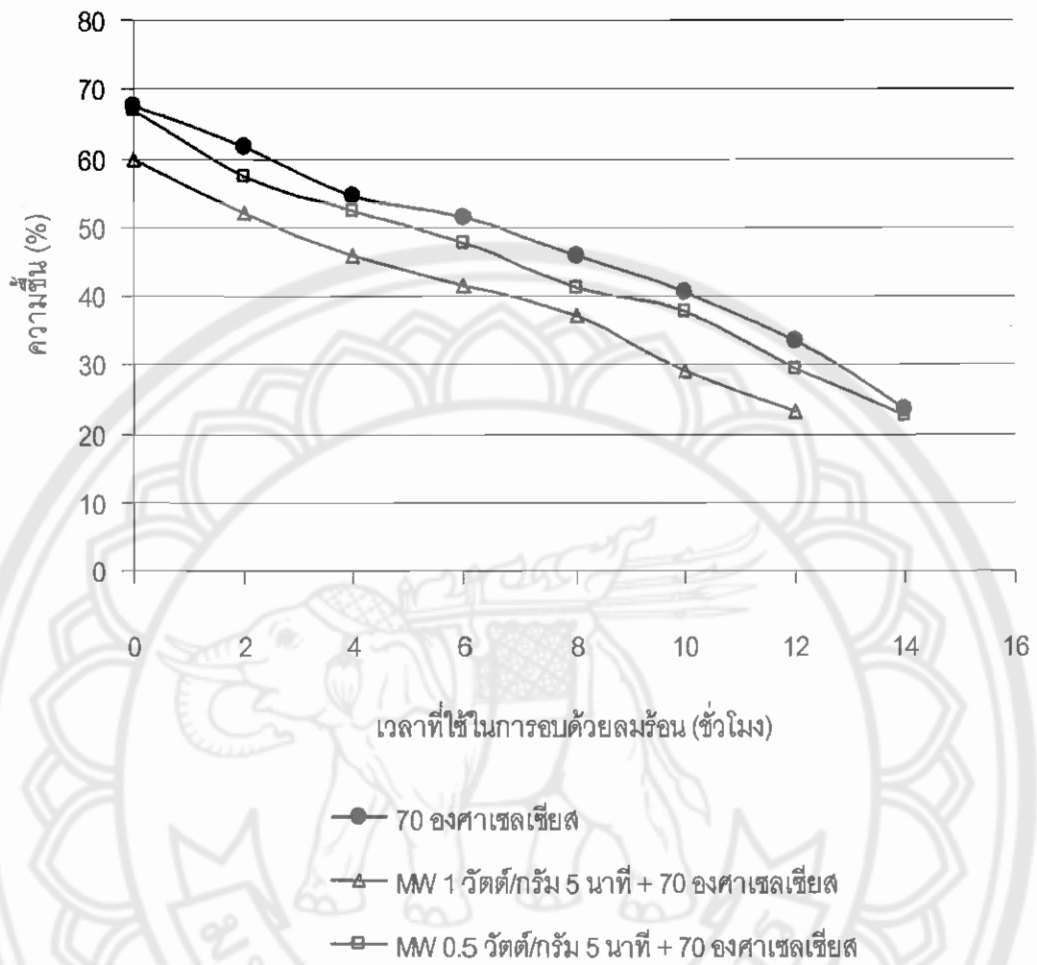
อย่างไรก็ตามการใช้กำลังไฟไมโครเวฟ 0.5 วัตต์/กรัม และ 1.0 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาที มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วย โดยให้ค่า L^* ต่ำกว่ากล้วยสด และเมื่อนำมาอบต่อด้วยลมร้อนจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า L^* ต่ำกว่ากล้วยที่อบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์กล้วยอบที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟแตกต่างกันในทั้ง 2 ระดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งค่า L^* และ ΔE^* นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม และ 1.0 วัตต์/กรัม มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ำกว่ากล้วยที่อบด้วย

ลมร้อนเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม และ 1.0 วัตต์/กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

กำลังไฟที่ใช้ในกระบวนการไมโครเวฟมีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, ปริมาณวิตามินซีและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ดังภาพ 11 และตาราง 13 พบว่าเมื่อใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟ 1.0 วัตต์/กรัม ทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงมากกว่าการใช้กระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม และการสูญเสียปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีการเพิ่มขึ้นจากปริมาณกรดฟีนอลิกมากกว่าซึ่งแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เป็นไปในทางเดียวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและวิตามินซีมาจากการที่วิตามินซีไม่ใช่สารต้านอนุมูลอิสระเพียงชนิดเดียวที่เป็นตัวกำหนดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในกล้วยมีหลายชนิด ได้แก่ คาทีชิน (catechin) (Someya, Yoshiki and Okubo, 2002) โดปามีน (dopamine) (Kanazawa and Sakakibara, 2000) เป็นต้น ซึ่งเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล ดังนั้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจึงเป็นผลรวมกันของทั้งวิตามินซีและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า กล้วยอบแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟ (0.5 วัตต์/กรัม และ 1.0 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาที) ก่อนการอบด้วยลมร้อนในทุกชุดการทดลองมีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แม้ว่าจากผลการวิเคราะห์สัมปัติทางกายภาพ พบว่า กล้วยที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 1.0 วัตต์/กรัม มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดและมีค่าความสว่างน้อยที่สุด นอกจากนั้นผู้ทดสอบชิมยังให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการใช้กำลังไฟที่ระดับ 0.5 วัตต์/กรัม และ 1.0 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาที ไม่สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสดีขึ้น ถึงแม้ว่าเมื่อพิจารณาจากลักษณะปรากฏ (ภาพ 12) จะพบความแตกต่างของสีและลักษณะเนื้อสัมผัสที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า แต่ความแตกต่างดังกล่าวอยู่ในช่วงที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการใช้กำลังไมโครเวฟสูง (1.0 วัตต์/กรัม) ไม่ได้มีผลช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในเรื่องของความชอบทางประสาทสัมผัส แต่กลับทำให้เกิดการสูญเสียฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเมื่อใช้กำลังไมโครเวฟต่ำ (0.5 วัตต์/กรัม) เมื่อใช้เวลา 5 นาที เท่ากันก่อนการอบด้วยลมร้อน จึงเลือกใช้กำลังไมโครเวฟที่ 0.5 วัตต์/กรัม ในการศึกษาผลของการอบสโมคกิ้งไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟในการจัดการเบื้องต้นก่อนการอบด้วยลมร้อนในตอนต่อไป



ภาพ 10 ปริมาณความชื้นของกล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟที่ใช้กำลังไฟแตกต่างกัน

ตาราง 12 ปริมาณความชื้นของกล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่าน การจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟที่ใช้กำลังไฟแตกต่างกัน

ระยะเวลาในการอบ (ชั่วโมง)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)		
	ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส	MW 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที + ลมร้อน	MW 1 วัตต์/กรัม 5 นาที + ลมร้อน
0	67.64 ^a ±0.82	66.87 ^a ±1.09*	59.80 ^a ±0.41**
2	61.82 ^b ±2.35	57.32 ^b ±1.00	51.97 ^b ±1.22
4	54.45 ^c ±0.85	52.33 ^c ±2.01	45.90 ^c ±1.90
6	51.33 ^d ±0.72	47.70 ^d ±1.44	41.67 ^d ±1.30
8	45.84 ^e ±1.55	41.25 ^e ±1.48	37.36 ^e ±2.00
10	40.71 ^f ±0.80	37.73 ^f ±1.63	29.12 ^f ±1.61
12	33.50 ^g ±2.70	29.54 ^g ±2.13	23.17 ^g ±1.69
14	23.68 ^h ±2.35	22.59 ^g ±1.88	

a-h ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

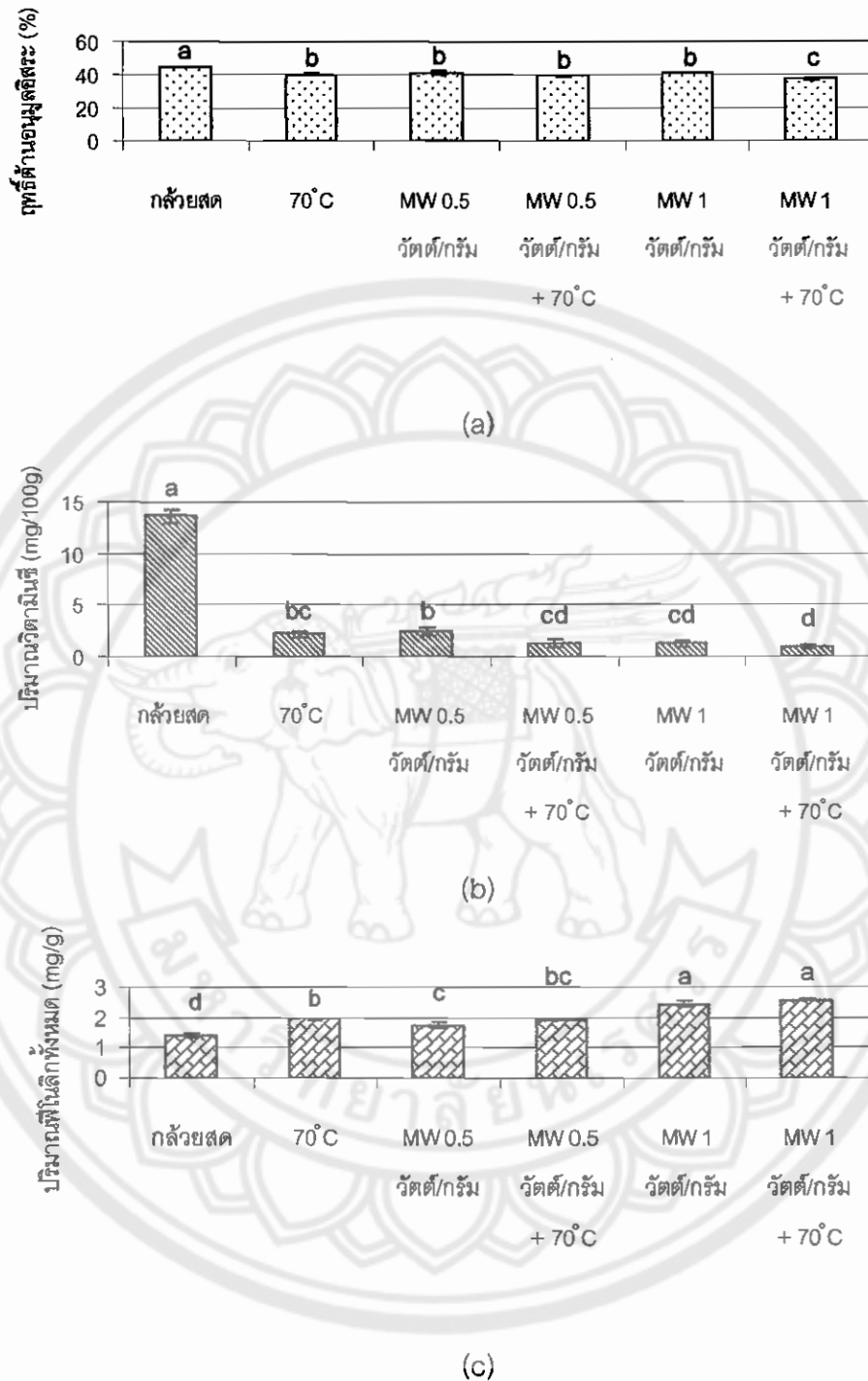
* แสดงปริมาณความชื้น (%) หลังจากผ่านกระบวนการไมโครเวฟ 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที

** แสดงปริมาณความชื้น (%) หลังจากผ่านกระบวนการไมโครเวฟ 1 วัตต์/กรัม 5 นาที

ตาราง 13 ผลของการล้างไฟที่ใช้ในกระบวนการไมโครเวฟต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟ

คุณสมบัติ	กล้วยผ่าน MW 5 นาที		กล้วยอบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส	
	กล้วยสด	0.5 วัตต์/กรัม 1 วัตต์/กรัม	กล้วยผ่าน MW 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที	กล้วยผ่าน MW 1 วัตต์/กรัม 5 นาที
ความชื้น (%)	67.64 ^a ±0.82	66.87 ^a ±1.09	22.59 ^a ±1.88	23.17 ^a ±1.69
ความแน่นเนื้อ (kgf)	0.89 ^c ±0.06	0.84 ^c ±0.27	2.74 ^b ±0.27	2.93 ^b ±0.26
L*	75.71 ^a ±0.81	66.65 ^b ±0.57	53.37 ^d ±0.63	52.49 ^d ±0.87
ΔE*	-	12.26 ^b ±0.61	23.25 ^b ±0.33	24.72 ^b ±1.21
กิจกรรมของเอนไซม์ PPO (U/min/g)	-	-	0.057 ^b ±0.038	0.066 ^b ±0.040
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (mg/g)	-	-	191.54 ^b ±6.39	141.39 ^c ±3.32
การลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)	-	10.67 ^b ±3.26	11.54 ^b ±3.24	16.99 ^c ±1.36
การสูญเสียวิตามินซี (%)	-	82.26 ^b ±5.85	90.50 ^c ±6.45	93.25 ^c ±2.45
การเพิ่มขึ้นของทีโนลทั้งหมด (%)	-	17.25 ^c ±8.66	25.56 ^b ±1.62	44.96 ^c ±0.50

a-f ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแอนโนน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

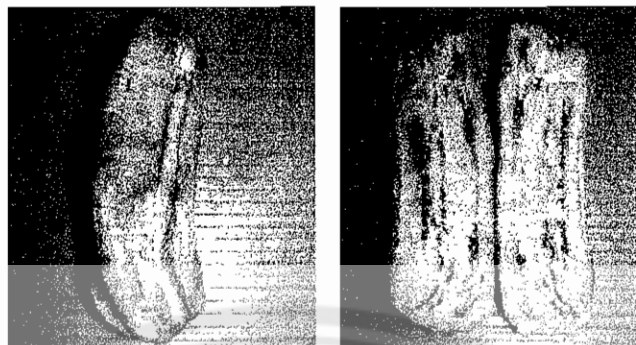


ภาพ 11 ผลของกำลังไฟที่ใช้ในกระบวนการไมโครเวฟต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของกล้วยอบ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟ (a) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (b) ปริมาณวิตามินซีและ (c) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด

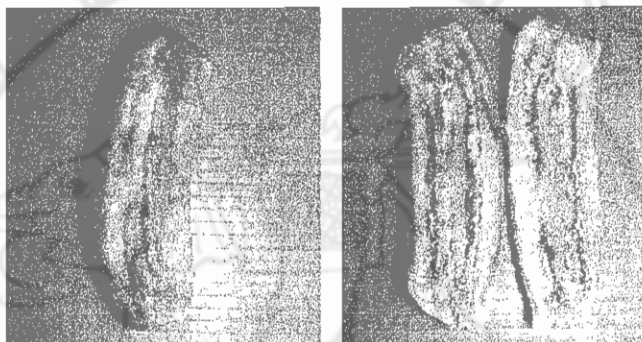
ตาราง 14 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟที่ใช้กำลังไฟแตกต่างกัน

ลักษณะการเตรียมผลิตภัณฑ์ที่กล้วยอบ	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
MW 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที + ลมร้อน	6.45 ^{ns} ±1.46	5.35 ^{ns} ±1.81	5.90 ^{ns} ±1.58	6.55 ^{ns} ±1.93	6.15 ^{ns} ±2.00	6.65 ^{ns} ±1.75
MW 1 วัตต์/กรัม 5 นาที + ลมร้อน	6.35 ^{ns} ±1.69	5.50 ^{ns} ±1.79	5.65 ^{ns} ±1.38	6.05 ^{ns} ±1.50	6.05 ^{ns} ±1.95	6.60 ^{ns} ±1.72
ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส	6.25 ^{ns} ±1.33	5.85 ^{ns} ±1.78	6.05 ^{ns} ±1.31	6.40 ^{ns} ±1.60	6.60 ^{ns} ±1.63	6.65 ^{ns} ±1.46

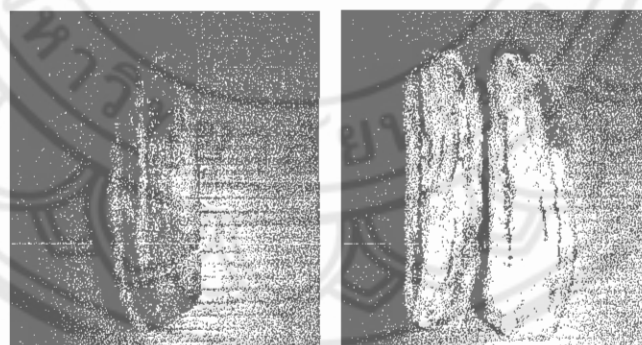
ns ตัวอักษรตามแนวตั้งแสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส



MW 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที



MW 1 วัตต์/กรัม 5 นาที

ภาพ 12 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์กล้วยอบด้วยที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟที่ใช้กำลังไฟแตกต่างกัน

ตอนที่ 3 ผลของการใช้กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟก่อนการอบด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกล้วยอบแห้ง

จากการทดลองกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ใช้สารละลายออสโมติก (NaCl : sucrose) ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 1:2 (15 ° Brix), 1:6 (30 ° Brix) และ 1:10 (45 ° Brix) เป็นเวลา 1 และ 3 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างหลังกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันเพื่อตรวจวัดการลดลงของน้ำหนัก (weight reduction), การสูญเสีย น้ำ (weight loss) และปริมาณของแข็งที่ได้รับ (solid gain) จากนั้นใช้กำลังไมโครเวฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาที ก่อนอบกล้วยน้ำว่าด้วยลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20 - 25 โดยน้ำหนัก เก็บตัวอย่างกล้วยระหว่างกระบวนการอบทุก ๆ 2 ชั่วโมง เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ความแน่นเนื้อ ค่าสี โดยแสดงเป็นค่าความสว่าง (L^*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) และตรวจวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้ง ได้ผลดังนี้

1. ผลของชนิดของสารละลายออสโมติกและเวลาที่ใช้ในกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน

จากตาราง 15 เมื่อใช้สารละลายผลระหว่างโซเดียมคลอไรด์และซูโครสในสัดส่วน 1:10 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้การลดลงของน้ำหนัก (weight reduction), การสูญเสีย น้ำ (weight loss) และปริมาณของแข็งที่ได้รับ (solid gain) มีค่าสูงสุด โดยเมื่อใช้อัตราส่วนซูโครสสูงจะทำให้ปริมาณของแข็งที่ได้รับสูงขึ้นและทำให้การลดลงของน้ำหนักสูงขึ้นเช่นกัน เนื่องมาจากเกิดการสูญเสีย น้ำมากขึ้น ซึ่งการใช้ซูโครสทำให้กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันเกิดขึ้นได้ดี เนื่องจากซูโครสมีมวลโมเลกุลสูง (Lenart, 1992 ; Saurel, et al., 1994) ทำให้ทนต่อแรงต้านได้สูงในการผ่านเข้าไปในเซลล์ของผลไม้ (Fernandes, et al., 2006b) อย่างไรก็ตามการใช้โซเดียมคลอไรด์ผสมกับซูโครสจะส่งผลให้เซลล์สูญเสีย น้ำได้มากกว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์หรือซูโครสเพียงอย่างเดียว เนื่องจากโซเดียมคลอไรด์สามารถแพร่ผ่านเข้าไปในไซโตพลาสซึมได้ทำให้เกิดการแพร่ผ่านเข้าไปถึงภายในเซลล์ (Isse and Schubert, 1992) นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการรวมกลุ่มของน้ำตาลที่ไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มไซโตพลาสซึมทำให้เกิดกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันได้เพิ่มขึ้น (Lenart and Flink, 1984) และเมื่อใช้กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะให้ผล การลดลงของน้ำหนัก, การสูญเสีย น้ำ และปริมาณของแข็งที่ได้รับมีแนวโน้มไปในทางเดียวกับการใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมง แต่ทำให้มีการลดลงของน้ำหนัก, การสูญเสีย น้ำ และปริมาณของแข็งที่ได้รับมากกว่า ดังจะเห็นได้อย่างชัดเจนจากผลการทดลองเมื่อใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสในสัดส่วน 1:10 จะเกิดการลดลงของน้ำหนักมากกว่าที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ถึง 2.22 เท่า เนื่องจากอุณหภูมิ, ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกและระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการออสโม

ติกดีไฮเดรชันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่สุดของน้ำและของแข็งในชั้นอาหาร (Mayor, et al., 2006)

ชนิดสารละลายออสโมติกมีผลต่อการสูญเสีย น้ำของผลิตภัณฑ์ ดังจะเห็นได้จากค่าความชื้นในตาราง 16 และ 17 เมื่อใช้อัตราส่วนของโซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครส 1:2 และ 1:6 สามารถลดความชื้นได้เล็กน้อยไม่แตกต่างทางสถิติกับกล้วยสด ($P>0.05$) แต่เมื่อใช้อัตราส่วนเป็น 1:10 ผลิตภัณฑ์จะมีความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยสดคิดเป็นร้อยละ 7.11 และเมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 3 ชั่วโมง (ตาราง 17) ความชื้นจะลดลงคิดเป็นร้อยละ 10.51

อัตราส่วนของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของกล้วย ($P>0.05$) เมื่อใช้เวลาออสโมติกดีไฮเดรชันที่ 1 ชั่วโมง และลดลงเล็กน้อยเมื่อใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสในสัดส่วน 1:6 อย่างไรก็ตามมีรายงานผลการทดลองของ Wais (2004) ซึ่งศึกษาผลของกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันและกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับลมร้อนของขึ้นกล้วยโดยใช้ซูโครสความเข้มข้น 69 องศาบริกซ์ พบว่า การใช้กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันทำให้เนื้อสัมผัสของกล้วยนิ่มมากกว่าผลสด แต่เมื่อทดลองใช้ระยะเวลาออสโมติกดีไฮเดรชันเพิ่มขึ้นเป็นเวลา 3 ชั่วโมง กลับพบว่ากระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อ โดยค่าความแน่นเนื้อของกล้วยที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันมีค่าไม่แตกต่างจากกล้วยผลสด

เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L^*) และค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE^*) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันมีสีคล้ำกว่ากล้วยสดและสีคล้ำเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการออสโมติกดีไฮเดรชันเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนของโซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครส 1:6 ให้สีคล้ำมากที่สุด และแตกต่างทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กับเมื่อใช้อัตราส่วนโซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครส 1:2 และ 1:10

นอกจากนั้นกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันมีผลทำให้เกิดการสูญเสียฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ ยิ่งใช้เวลาในการออสโมติกดีไฮเดรชันมากจะยิ่งมีการสูญเสียฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระและวิตามินซีมากขึ้น (ภาพ 13 และ 14) โดยเมื่อใช้สัดส่วนโซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครส 1:10 จะมีการสูญเสียฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระร้อยละ 20.07 และ 39.90 เมื่อใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมงและ 3 ชั่วโมงตามลำดับ ในขณะที่การสูญเสียวิตามินซีที่ระยะเวลาออสโมติก 1 ชั่วโมง ให้ค่าการลดลงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อใช้เวลาออสโมติกดีไฮเดรชันเป็น 3 ชั่วโมง พบว่า สัดส่วนโซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสมีผลต่อการสูญเสียวิตามินซี โดยการให้สัดส่วนโซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครส

1:6 ทำให้สูญเสียวิตามินซีมากที่สุด การสูญเสียวิตามินซีเกิดขึ้นเนื่องจากวิตามินซีเป็นสารอาหารโมเลกุลเล็กทำให้เกิดการไหลสู่สารละลายออสโมติกในระหว่างกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันได้ (Peiró, et al.,2006) ในขณะที่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุด



ตาราง 15 ผลของความเข้มข้นสารละลายออสโมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ต่อการลดลง
ของน้ำหนัก การสูญเสียน้ำและปริมาณของแข็งที่ได้รับของกล้วยสด

สารละลายออสโมติก ไซเตียมคลอไรด์:ซูโครส	การลดลงของน้ำหนัก (WR) (%)	
	1 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
1:2	0.95 ^b ±0.05	1.88 ^b ±0.13
1:6	2.29 ^a ±0.56	4.66 ^a ±1.01
1:10	2.63 ^a ±0.55	5.86 ^a ±1.02

สารละลายออสโมติก ไซเตียมคลอไรด์:ซูโครส	การสูญเสียน้ำ (WL) (%)	
	1 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
1:2	0.15 ^c ±0.01	0.30 ^c ±0.02
1:6	0.22 ^b ±0.01	0.45 ^b ±0.12
1:10	0.52 ^a ±0.01	0.68 ^a ±0.01

สารละลายออสโมติก ไซเตียมคลอไรด์:ซูโครส	ปริมาณของแข็งที่ได้รับ (SG) (%)	
	1 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
1:2	1.18 ^b ±0.02	2.53 ^b ±0.05
1:6	1.33 ^b ±0.23	4.56 ^a ±0.40
1:10	4.05 ^a ±0.24	4.59 ^a ±0.41

a-c ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($P \leq 0.05$)

ตาราง 16 ผลของสารละลายไขมันติดผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตไอศกรีมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกล้วยที่ผ่านกระบวนการผลิตไอศกรีม

คุณสมบัติ	อัตราส่วนของไขมันเคลือบไรต์ : ทุโครส		
	1:2	1:6	1:10
ความชื้น (%)	61.03 ^a ±0.48	59.45 ^b ±2.11	55.80 ^b ±1.69
ความแน่นเนื้อ (kgf)	0.56 ^a ±0.06	0.55 ^a ±0.03	0.54 ^{ab} ±0.04
L*	75.63 ^a ±0.19	74.00 ^b ±0.11	73.75 ^b ±0.64
ΔE*	-	6.38 ^{ns} ±0.14	6.62 ^{ns} ±0.23
การลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(%)	-	27.99 ^a ±3.05	20.07 ^b ±4.10
การสูญเสียวิตามินซี (%)	-	61.90 ^{ns} ±3.88	62.22 ^{ns} ±4.66
การเพิ่มขึ้นของฟีนอลทั้งหมด (%)	-	74.80 ^a ±3.55	64.98 ^c ±5.95

a-c ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวระนาบ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

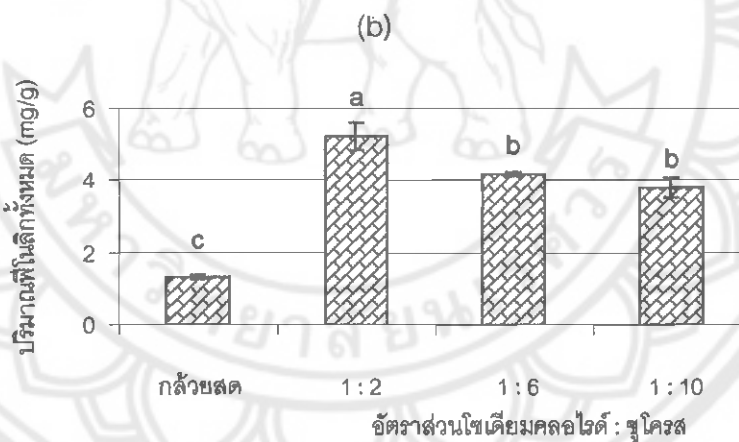
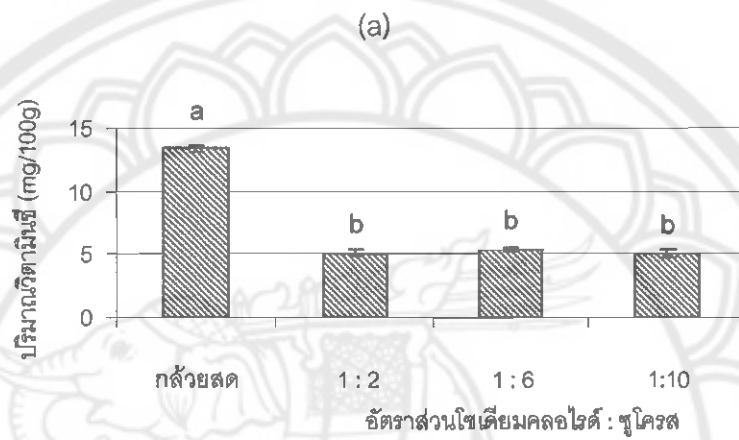
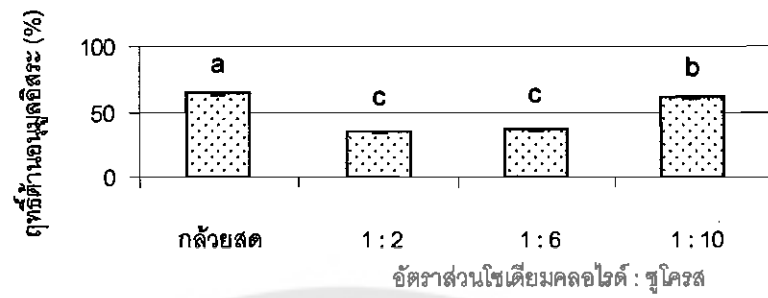
ns ตัวอักษรตามแนวระนาบแสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตาราง 17 ผลของสารละลายของโมดิฟายเออร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการของสโม่ติคที่เตรียมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของก๊วยที่ผ่านกระบวนการของสโม่ติคที่เตรียม

คุณสมบัติ	ก๊วยสด		อัตราส่วนโพลีเอทิลีนกลอไรด์ : ซูโครส	
	1:2	1:6	1:6	1:10
ความชื้น (%)	66.40 ^a ±0.55	63.18 ^b ±1.59	59.98 ^c ±2.24	59.42 ^d ±2.25
ความแน่นเนื้อ (kgf)	0.77 ^{ns} ±0.06	0.76 ^{ns} ±0.03	0.76 ^{ns} ±0.03	0.77 ^{ns} ±0.06
L*	75.24 ^a ±0.68	64.26 ^b ±0.26	63.18 ^c ±0.06	65.81 ^b ±0.16
ΔE*	-	12.16 ^a ±0.65	13.38 ^a ±1.36	11.88 ^b ±0.20
การลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(%)	-	45.81 ^a ±2.30	42.92 ^{ab} ±2.25	39.90 ^b ±2.02
การสูญเสียวิตามินซี (%)	-	66.73 ^c ±4.35	71.63 ^c ±4.34	69.80 ^b ±4.98
การเพิ่มขึ้นของฟีนอลทั้งหมด (%)	-	75.06 ^b ±0.48	71.91 ^c ±0.54	81.46 ^a ±0.52

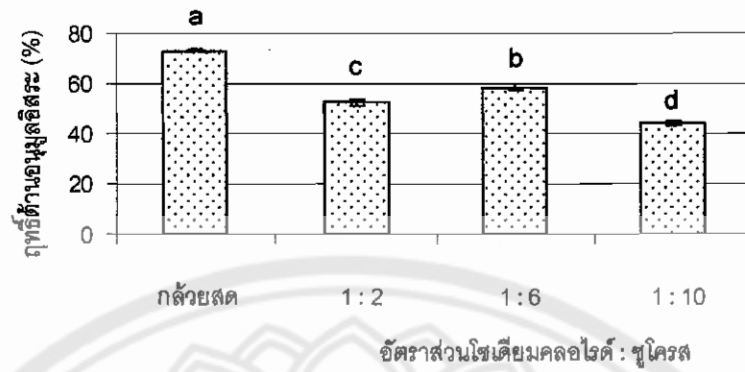
a-c ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ns ตัวอักษรตามแนวอนแสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

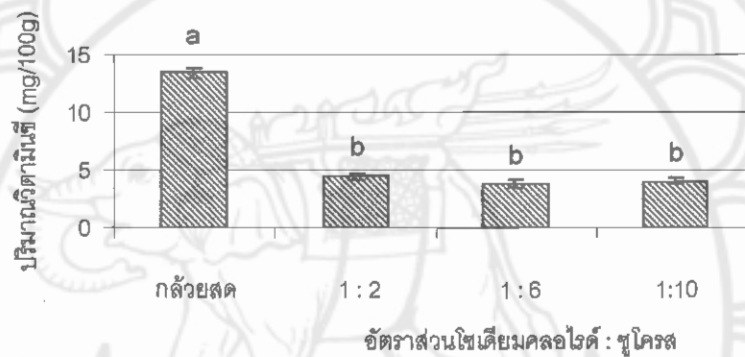


(c)

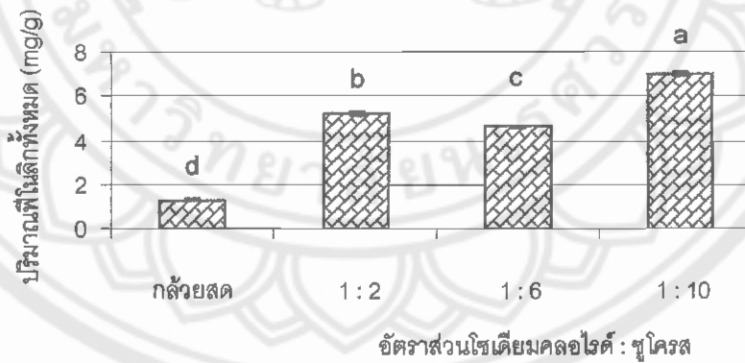
ภาพ 13 ผลของสารละลายออสโมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่อคุณสมบัติของกล้วยสด (a) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (b) ปริมาณวิตามินซีและ (c) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด



(a)



(b)



(c)

ภาพ 14 ผลของสารละลายออกซิเมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการออกซิเมติก ดีไฮเดรชันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ต่อคุณสมบัติของกล้วยสด (a) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (b) ปริมาณวิตามินซีและ (c) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

2. ผลของการใช้ออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟ

การใช้กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟจะมีผลต่อความชื้นเมื่อใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสในสัดส่วน 1:6 และ 1:10 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ตาราง 18) แต่เมื่อใช้ระยะเวลาออสโมติกดีไฮเดรชันเป็น 3 ชั่วโมง (ตาราง 19) จะพบว่า การใช้ซูโครสมากขึ้น ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากการใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสในอัตราส่วน 1:10 จะพบว่าปริมาณความชื้นน้อยกว่าการใช้กระบวนการไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว ถึงร้อยละ 7.11 และ 9.45 ที่ระยะเวลาออสโมติกดีไฮเดรชัน 1 ชั่วโมงและ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ และมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่าเมื่อใช้ไมโครเวฟเพียงอย่างเดียวร้อยละ 14.54 เมื่อใช้ระยะเวลาออสโมติกดีไฮเดรชัน 1 ชั่วโมง การใช้กระบวนการไมโครเวฟร่วมกับกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันมีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) โดยการใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสในสัดส่วน 1:6 จะให้ค่าความสว่างน้อยที่สุดทั้งที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีการลดลงเมื่อใช้กระบวนการไมโครเวฟ โดยกระบวนการไมโครเวฟทำให้กล้วยที่ผ่านสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครส 1:2 มีการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจากหลังกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันที่ระยะเวลาออสโมติก 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ถึงร้อยละ 34.41 และ 10.05 ตามลำดับ และจากการใช้กระบวนการไมโครเวฟร่วมกับกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันพบว่าไม่มีผลต่อการลดลงของวิตามินซีเมื่อเทียบกับการใช้กระบวนการไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว

นอกจากนั้นยังพบว่า การใช้กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟทำให้เกิดการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเมื่อใช้ไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว โดยเมื่อใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสในสัดส่วน 1:6 จะมีการสูญเสียฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าเมื่อใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสในสัดส่วนอื่น และมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่าเมื่อใช้สัดส่วน 1:2 และ 1:10 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของการสูญเสียวิตามินซีในทุกชุดการทดลอง ผลการทดลองในทำนองเดียวกันพบได้ทั้งในกระบวนการใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง (ภาพ 15 และ 16)

ตาราง 18 ผลของสารละลายออสโมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตกึ่งเค็มแช่เย็นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกล้วยอบที่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟ

คุณสมบัติ	กล้วยผ่าน MW 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที		
	1:2	1:6	1:10
ความชื้น (%)	59.21 ^a ±0.85	55.99 ^b ±0.95	55.00 ^b ±1.12
ความแน่นเนื้อ (kgf)	0.55 ^b ±0.04	0.54 ^b ±0.05	0.63 ^a ±0.07
L*	74.13 ^a ±0.62	70.06 ^c ±0.12	73.71 ^a ±0.05
ΔE*	2.56 ^c ±0.54	7.08 ^a ±0.23	6.46 ^b ±0.19
การลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(%)	27.72 ^c ±4.49	42.68 ^a ±2.81	40.49 ^{ab} ±1.85
การสูญเสียวิตามินซี (%)	75.58 ^{ns} ±4.45	74.99 ^{ns} ±5.99	77.64 ^{ns} ±2.35
การเพิ่มขึ้นของพีโนลิกทั้งหมด (%)	84.75 ^a ±1.37	83.68 ^a ±1.38	85.29 ^a ±0.43

a-c ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

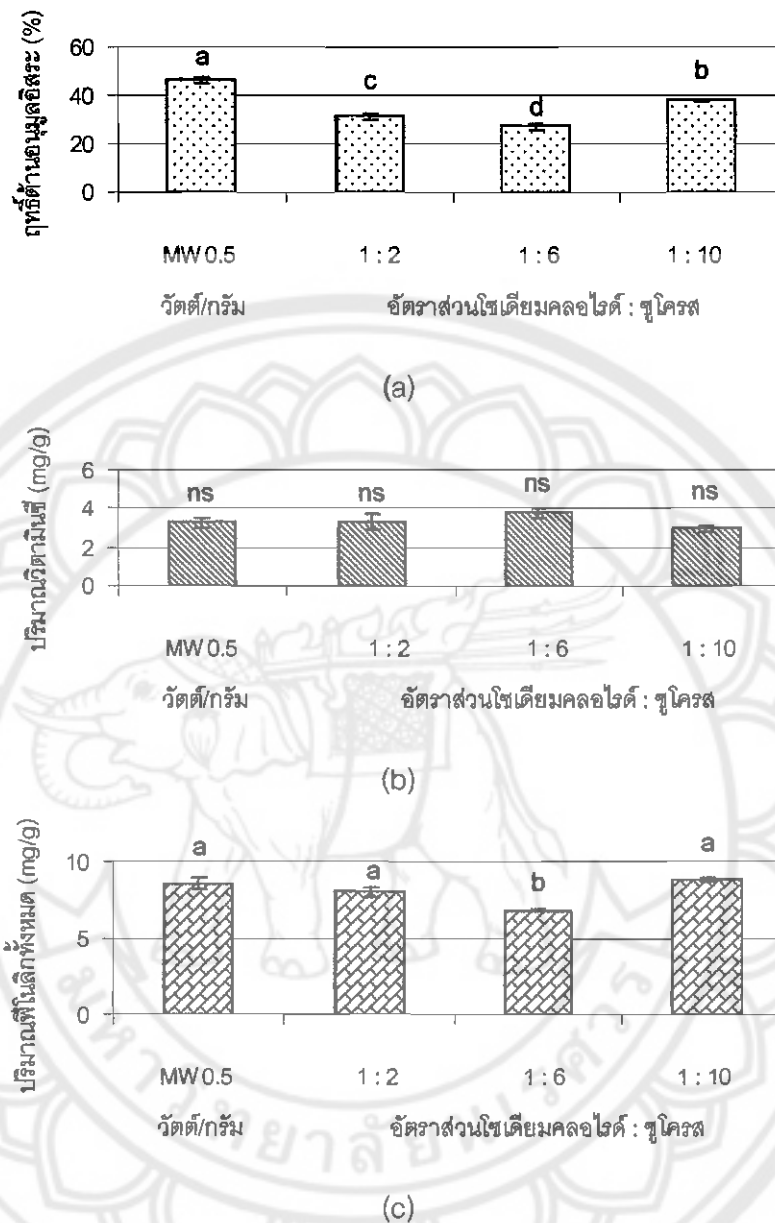
ns ตัวอักษรตามแนวอน แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตาราง 19 ผลของสารละลายขอสโมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการขอสโมติกไฮเดรชันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกล้วยอบที่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟ

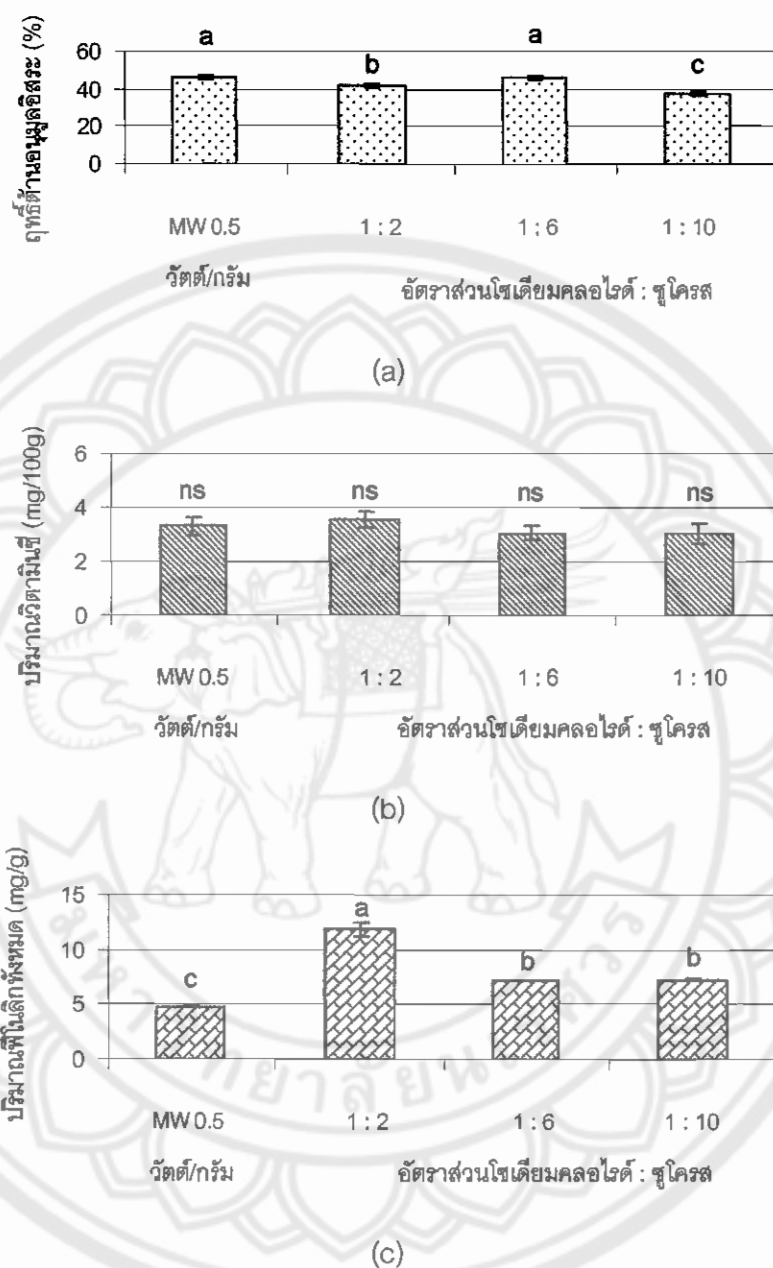
คุณสมบัติ	กล้วยผ่าน MW 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที		
	1:2	1:6	1:10
ความชื้น (%)	64.21 ^a ±2.23	60.18 ^b ±0.39	59.47 ^b ±0.79
ความแน่นเนื้อ (kgf)	0.71 ^b ±0.05	0.62 ^c ±0.07	0.79 ^a ±0.07
L*	67.98 ^b ±0.77	64.71 ^b ±0.29	63.57 ^c ±0.27
ΔE*	10.93 ^c ±0.26	12.22 ^b ±0.33	13.16 ^b ±0.31
การลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(%)	36.85 ^c ±3.81	50.93 ^b ±3.97	57.56 ^a ±3.57
การสูญเสียวิตามินซี (%)	75.29 ^{ns} ±4.50	73.26 ^{ns} ±4.45	77.03 ^{ns} ±3.75
การเพิ่มขึ้นของทีโนติกทั้งหมด (%)	72.75 ^c ±0.43	88.89 ^b ±1.35	81.88 ^b ±0.12

a-c ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ns ตัวอักษรตามแนวอน แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพ 15 ผลของสารละลายออสไมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการออสไมติก ดีไฮเดรชันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟ ต่อคุณสมบัติของ กัลวยอบ (a) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (b) ปริมาณวิตามินซีและ (c) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด



ภาพ 16 ผลของสารละลายออสเมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการออสเมติกดิไฮเดรชันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟ ต่อคุณสมบัติของกล้วยอบ (a) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (b) ปริมาณวิตามินซี และ (c) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด

3. ผลของการใช้ออสโมติก ร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟและลมร้อน

จากภาพ 17 แสดงให้เห็นว่าผลของอัตราส่วนโซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสเมื่อใช้ระยะเวลาออสโมติกดีไฮเดรชันที่ 1 ชั่วโมง ไม่ช่วยลดระยะเวลาในการอบด้วยลมร้อน (ตาราง 20) แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาออสโมติกดีไฮเดรชัน 3 ชั่วโมง พบว่าสามารถลดระยะเวลาการอบด้วยลมร้อนลงได้ถึงร้อยละ 12.5 ที่อัตราส่วนโซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครส 1:2 และเมื่อใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสในอัตราส่วน 1:6 และ 1:10 สามารถลดระยะเวลาการอบแห้งด้วยลมร้อนลงได้เท่ากันคือร้อยละ 25 (ตาราง 21) แสดงให้เห็นว่าการใช้อัตราส่วนของซูโครสมากขึ้นจะมีผลทำให้ระยะเวลาการอบแห้งด้วยลมร้อนลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Fernades, et al. (2006b) ที่ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันและการอบด้วยลมร้อนของมะละกอ ใช้กระบวนการอบด้วยลมร้อนและกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน 4 แบบคือ 50 องศาเซลเซียส 50 องศาบริกซ์, 50 องศาเซลเซียส 70 องศาบริกซ์, 70 องศาเซลเซียส 50 องศาบริกซ์ และ 70 องศาเซลเซียส 70 องศาบริกซ์ ตามด้วยการอบด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้สารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสสูงและอุณหภูมิสูง คือ 70 องศาเซลเซียส 70 องศาบริกซ์ สามารถลดระยะเวลาการทำแห้งได้ดีกว่าสภาวะอื่นเมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว

จากตาราง 22 และ 23 พบว่าผลิตภัณฑ์กั๊วอบแห้งที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับลมร้อนมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างจากกั๊วอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนและกั๊วอบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว ($P \leq 0.05$) ยกเว้นเมื่อใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสในสัดส่วน 1:6 และใช้ระยะเวลาออสโมติกดีไฮเดรชันที่ 1 ชั่วโมง ที่มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และจากการตรวจวัดค่าความสว่าง (L^*) พบว่ากั๊วอบที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง จะให้ค่าความสว่าง (L^*) มากกว่าและมีค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE^*) น้อยกว่ากั๊วอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนและกั๊วอบลมร้อนเพียงอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่าการใช้กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันเป็นเวลานานร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟและลมร้อนนั้นสามารถทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าสีเกิดขึ้นได้น้อยลง ซึ่งจากผลการศึกษาของ Wais (2004) ที่ศึกษาผลของกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันและกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับลมร้อนของชิ้นกั๊วและแอปเปิ้ล โดยใช้ซูโครสความเข้มข้น 47 และ 69 องศาบริกซ์ สำหรับแอปเปิ้ลและกั๊วตามลำดับ ร่วมกับลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.5 เมตร/วินาที พบว่าเมื่อใช้กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันที่ระยะเวลา 4 และ 12 ชั่วโมง ร่วมกับการอบด้วยลมร้อน ทำให้ลักษณะปรากฏในแอปเปิ้ลดีขึ้น เนื่องจากมีค่าความสว่างมากขึ้น แต่สำหรับกั๊วจะมีการเกิดสี

น้ำตาลซ้ำแต่มีการเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และมีการสูญเสียความสว่างมากเมื่อผ่านกระบวนการ ออสโมติกดีไฮเดรชันและกระบวนการอบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว

ในขณะที่ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ของกล้วยอบแห้งที่ผ่าน กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันมีค่าต่ำกว่ากล้วยที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน โดยเมื่อใช้ระยะเวลาออสโมติกดีไฮเดรชันมากจะยิ่งทำให้ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งมีค่ากิจกรรม เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสน้อย ซึ่งที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง จะมีค่ากิจกรรมเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดสน้อยกว่าผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งที่ไม่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน มากถึงประมาณร้อยละ 90 และ 93 ตามลำดับ และอัตราส่วนของซูโครสที่ใช้ในกระบวนการ ออสโมติกไม่มีผลต่อค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ทั้งที่ระยะเวลาออสโมติก 1 และ 3 ชั่วโมง

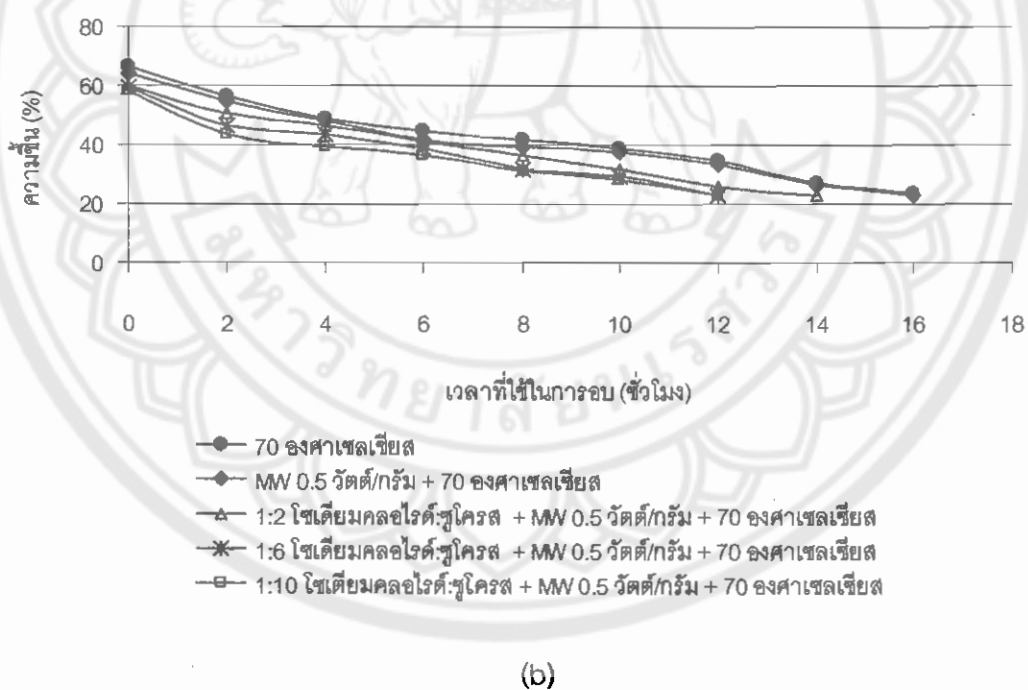
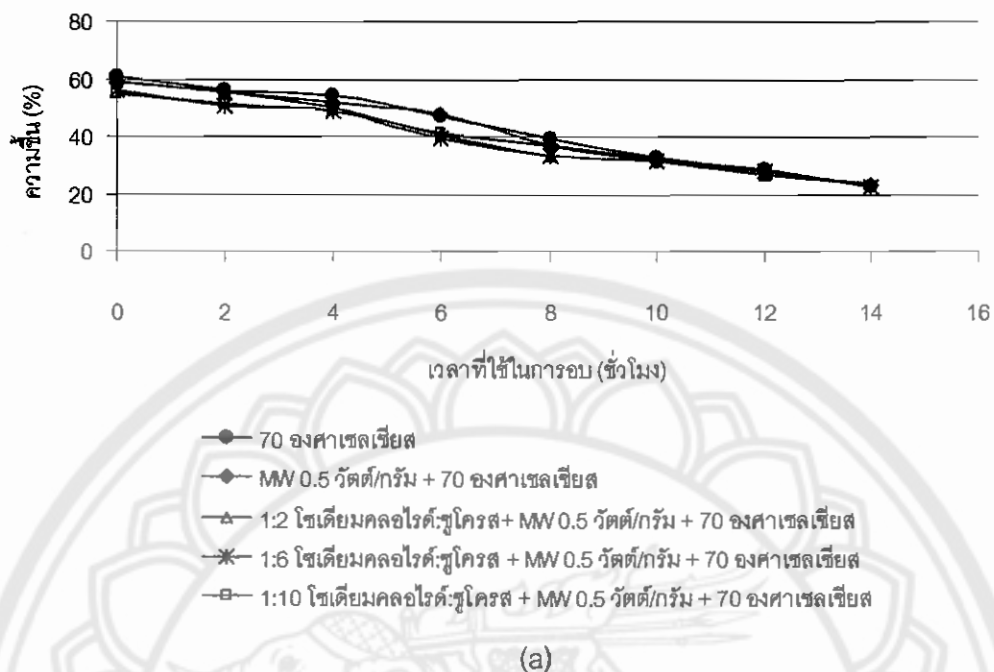
นอกจากนั้นยังพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับ ไมโครเวฟและลมร้อนมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อยกว่ากล้วยที่อบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว อาจ เนื่องจากการสูญเสียของน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างกระบวนการออสโมติก โดยจะเห็นได้จากปริมาณ น้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการออสโมติกที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง จะมีปริมาณน้ำตาล รีดิวซ์น้อยกว่าที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณวิตามินซีและปริมาณฟีนอลทั้งหมดของ ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งพบว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสในอัตราส่วน 1:10 ร่วมกับ กระบวนการไมโครเวฟและลมร้อนจะทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงน้อยสุดและให้ค่าไม่แตกต่าง จากกล้วยอบลมร้อนเพียงอย่างเดียว ในขณะที่มีการเพิ่มขึ้นของฟีนอลทั้งหมดมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ตามถึงแม้จะมีรายงานว่ากระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันสามารถทำให้เกิดการคงตัวของวิตามิน ซี และซีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการอบด้วยลมร้อน นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ใน กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันที่สูงจะมีผลในการป้องกันการสูญเสียวิตามินซีระหว่าง กระบวนการลมร้อนได้อีกด้วย (Torregiani and Bertolo, 2001) แต่จากการทดลองพบว่า กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟมีผลทำให้มีการสูญเสียปริมาณวิตามินซี มากกว่าเมื่อใช้การอบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะเมื่อใช้ระยะเวลาการออสโมติกดีไฮ เดรชันที่ 3 ชั่วโมง (ภาพ 18 และ 19)

จากตาราง 24 และ 25 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่ากล้วยที่ผ่าน และไม่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันมีคะแนนความชอบทางด้านสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ แม้ว่าผลิตภัณฑ์กล้วยอบออสโมติกดีไฮเดรชันที่ 1 ชั่วโมงจะคล้ำกว่าและกล้วยอบออสโมติกดีไฮ

เดรชันที่ 3 ชั่วโมง จะสว่างกว่ากล้วยอบไมโครเวฟและกล้วยอบลมร้อนก็ตามจากการสังเกตด้วยตา
ดั่งภาพ 20 และ 21 นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสยังมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติ
($P>0.05$) เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดความแน่นเนื้อ และจากผลการยอมรับ
ทางด้านรสชาติยังแสดงให้เห็นว่าการใช้ไซเตียมคลอไรด์ร่วมกับซูโครสไม่มีผลต่อคะแนนทางด้าน
รสชาติ แม้ว่าจะผ่านการอบไมติกดีไฮเดรชันที่ 1 หรือ 3 ชั่วโมงก็ตาม





ภาพ 17 ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ของกล้วยอบออสไมติกพร้อมกับไมโครเวฟและลมร้อน กล้วยอบไมโครเวฟพร้อมกับลมร้อนและกล้วยอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อใช้การออสไมติกที่ไฮดรเจนที่ระยะเวลาต่างๆ (a) 1 ชั่วโมง (b) 3 ชั่วโมง

ตาราง 20 ความชื้นของกล้วยอบอบสโมคติกดีไฮเดรชันเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาที และลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาใน (ชั่วโมง)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)				
	ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส	MW 0.5วัตต์/กรัม 5 นาที + ลมร้อน	1:2 1 ชั่วโมง + MW + ลมร้อน	1:6 1 ชั่วโมง + MW + ลมร้อน	1:10 1 ชั่วโมง + MW + ลมร้อน
0	61.03 ^a ±0.48	59.21 ^a ±0.85*	59.05 ^a ±0.81**	55.99 ^a ±0.95**	55.00 ^a ±1.12**
2	55.98 ^b ±0.17	55.68 ^b ±0.20	55.32 ^a ±0.06	50.49 ^b ±0.51	51.33 ^b ±0.40
4	54.06 ^b ±0.66	51.89 ^c ±2.60	50.33 ^b ±0.13	48.95 ^b ±0.39	48.98 ^c ±0.39
6	46.97 ^c ±1.98	47.84 ^d ±0.46	40.75 ^c ±3.96	39.23 ^c ±1.21	40.99 ^d ±1.84
8	39.37 ^d ±1.01	36.93 ^e ±3.90	33.29 ^d ±2.90	33.36 ^d ±0.95	37.31 ^e ±1.59
10	32.59 ^e ±2.57	31.79 ^f ±0.47	31.61 ^d ±2.35	31.51 ^d ±0.64	32.45 ^f ±1.21
12	28.47 ^f ±0.83	28.06 ^g ±1.81	26.93 ^e ±2.81	28.23 ^e ±1.63	28.58 ^g ±1.56
14	22.74 ^g ±1.99	23.06 ^h ±2.42	23.70 ^e ±0.72	22.49 ^f ±1.60	22.58 ^h ±2.09

a-h ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวดิ่ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

* แสดงปริมาณความชื้น (%) หลังจากผ่านกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาที

** แสดงปริมาณความชื้น (%) หลังจากผ่านกระบวนการอบสโมคติกดีไฮเดรชัน 1 ชั่วโมง และกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที

ตาราง 21 ความชื้นของกล้วยอบอบอสไมติกดีไฮเดรชันเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมงร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาที และลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา ในการอบ (ชั่วโมง)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)				
	ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส	MW 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที + ลมร้อน	1:2 3 ชั่วโมง + MW + ลมร้อน	1:6 3 ชั่วโมง + MW + ลมร้อน	1:10 3 ชั่วโมง + MW + ลมร้อน
0	66.40 ^a ±0.55	64.21 ^a ±2.23*	60.18 ^a ±0.39**	59.47 ^a ±0.79**	58.14 ^a ±0.39**
2	56.66 ^b ±1.40	54.71 ^b ±1.79	50.44 ^b ±2.56	46.62 ^b ±1.40	43.79 ^b ±0.93
4	49.06 ^c ±2.34	48.17 ^c ±0.93	46.28 ^b ±0.60	43.37 ^c ±1.15	39.14 ^c ±1.26
6	44.69 ^d ±0.84	41.65 ^d ±1.08	41.25 ^c ±0.65	38.73 ^d ±1.20	36.40 ^c ±1.46
8	41.56 ^{de} ±0.46	39.46 ^{de} ±0.78	36.44 ^d ±1.99	31.97 ^e ±1.90	30.98 ^d ±0.94
10	38.99 ^e ±1.44	37.63 ^e ±0.23	32.02 ^e ±1.08	29.37 ^e ±0.77	28.01 ^e ±1.70
12	34.81 ^f ±1.39	33.29 ^f ±1.84	29.43 ^f ±1.08	22.93 ^f ±1.45	22.96 ^f ±1.94
14	27.19 ^g ±0.88	26.73 ^g ±1.68	22.96 ^f ±0.61		
16	23.49 ^h ±1.31	22.90 ^h ±0.37			

a-h ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

* แสดงปริมาณความชื้น (%) หลังจากผ่านกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาที

** แสดงปริมาณความชื้น (%) หลังจากผ่านกระบวนการอบอบอสไมติกดีไฮเดรชัน 3 ชั่วโมง และกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาที

ตาราง 22 ผลของสารละลายออกซิเมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการออกซิเมติกที่ไฮเดรชันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกล้วยลมด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสที่ผ่านและไม่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการไมโครเวฟ

คุณสมบัติ	ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส		
	1:2	1:6	1:10
ความชื้น (%)	22.27 ^a ±1.99	23.70 ^b ±0.72	22.49 ^b ±1.60
ความแฉะเนื้อ (kg/g)	0.81 ^b ±0.15	0.92 ^{ab} ±0.09	1.03 ^c ±0.13
L*	54.84 ^a ±0.44	49.98 ^c ±1.03	52.32 ^b ±0.94
ΔE*	21.60 ^c ±0.79	27.55 ^a ±1.10	24.79 ^b ±1.36
กิจกรรมของเอนไซม์ PPO (U/min/g)	1.264 ^a ±0.254	1.006 ^b ±0.061	0.164 ^c ±0.017
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (mg/g)	794.20 ^a ±8.69	793.31 ^a ±6.94	685.73 ^b ±10.42
การลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(%)	48.11 ^b ±2.18	42.99 ^c ±3.20	56.06 ^a ±5.08
การสูญเสียวิตามินซี (%)	91.96 ^{ab} ±2.29	86.59 ^b ±4.66	92.94 ^a ±2.71
การเพิ่มขึ้นของฟีนอลทั้งหมด (%)	85.93 ^b ±0.66	89.50 ^a ±1.57	89.71 ^a ±0.34

a-c ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวระนาบ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ns ตัวอักษรตามแนวระนาบ แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

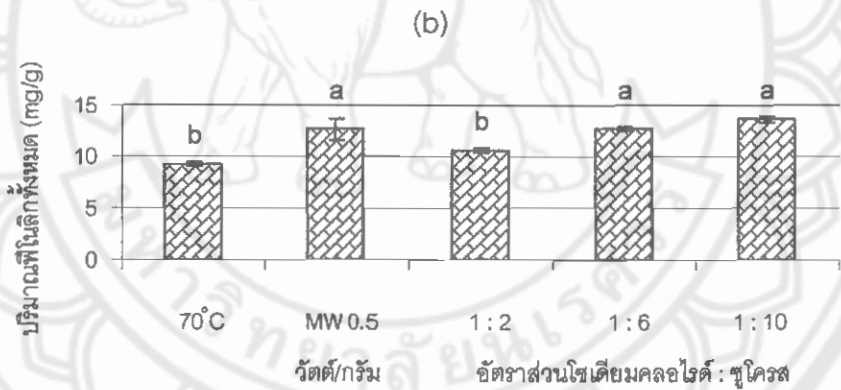
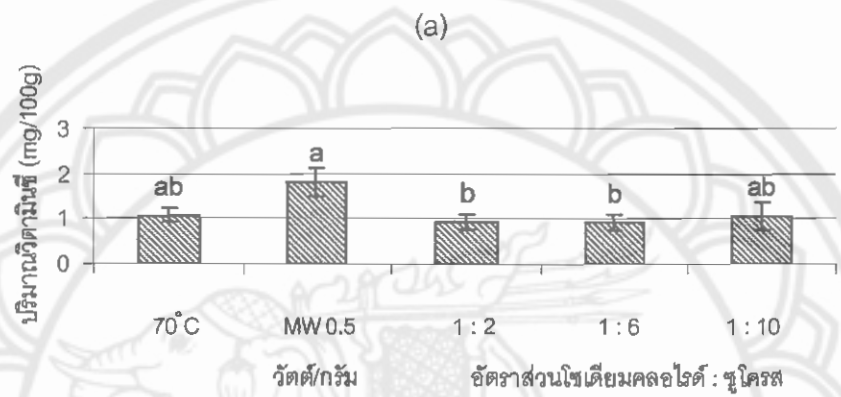
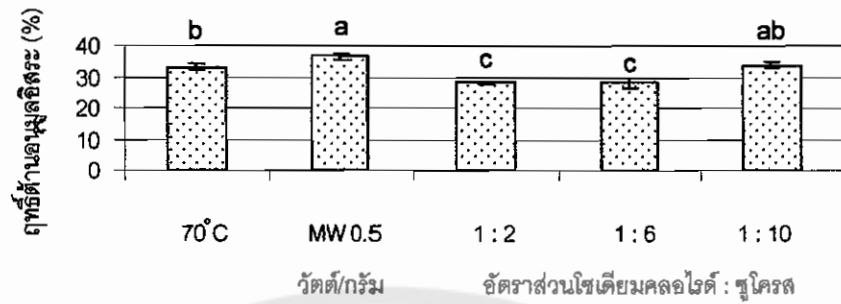
ตาราง 23 ผลของสารละลายออกซิเมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการออกซิเมติกไฮเดรชันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกล้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสที่ผ่านการจัดการเบื้องต้นด้วยกระบวนการอบแห้ง

ไมโครเวฟ

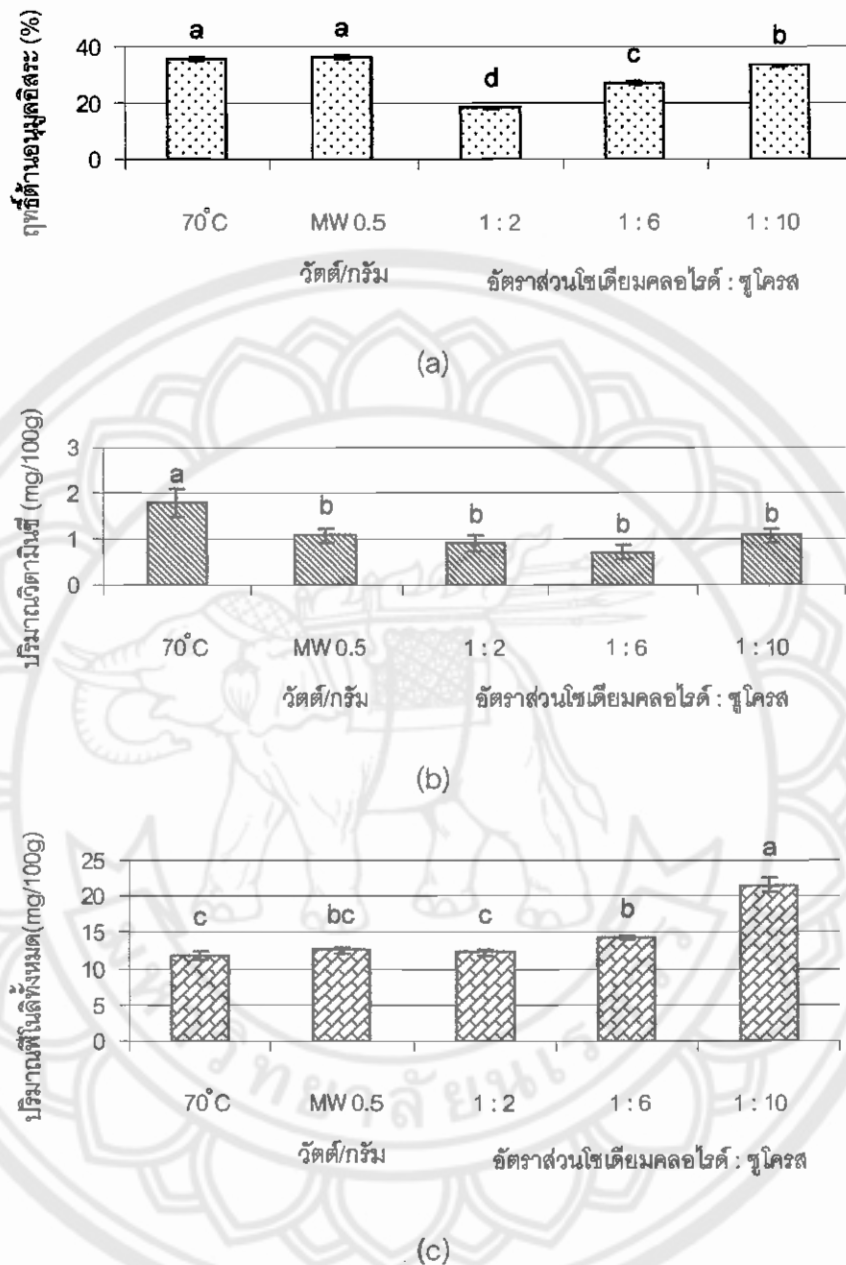
คุณสมบัติ	ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส			
	กล้วยผ่าน MW 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที			
	1:2	1:6	1:10	
ความชื้น (%)	23.49 ^b ±1.31	22.90 ^b ±0.37	22.93 ^b ±1.45	22.96 ^b ±1.94
ความแน่นเนื้อ (kgf)	0.79 ^{ab} ±0.10	0.85 ^{ab} ±0.17	0.72 ^b ±0.07	0.87 ^a ±0.11
L*	45.14 ^c ±0.37	46.96 ^c ±0.34	48.80 ^b ±0.33	51.87 ^a ±0.50
ΔE*	31.88 ^a ±0.41	29.23 ^a ±0.50	27.35 ^a ±0.51	25.45 ^a ±1.10
กิจกรรมของเอนไซม์ PPO (U/min/g)	1.056 ^a ±0.120	1.006 ^a ±0.086	0.082 ^b ±0.033	0.085 ^b ±0.017
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (mg/g)	702.18 ^a ±16.21	634.45 ^a ±12.58	669.71 ^b ±12.48	673.31 ^{ab} ±16.04
การลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ(%)	52.90 ^c ±1.99	51.74 ^c ±2.27	75.03 ^a ±0.82	54.53 ^c ±1.82
การสูญเสียวิตามินซี (%)	86.75 ^b ±4.61	91.96 ^a ±2.29	93.27 ^a ±2.58	94.39 ^a ±2.24
การเพิ่มขึ้นของกรดที่ในลักษณะกรด (%)	88.99 ^a ±1.02	89.84 ^a ±0.70	89.41 ^a ±0.52	93.92 ^a ±0.57

a-c ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวระนาบ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ns ตัวอักษรตามแนวระนาบ แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพ 18 ผลของสารละลายออสไมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการออสไมติก ดีไฮเดรชันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟและลมร้อน ต่อ คุณสมบัติของกล้วยอบ (a) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (b) ปริมาณวิตามินซีและ (c) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด



ภาพ 19 ผลของสารละลายออสโมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการออสโมติก ดีไฮเดรชันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟและลมร้อน ต่อคุณสมบัติของกล้วยอบ (a) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (b) ปริมาณวิตามินซีและ (c) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

ตาราง 24 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบซึ่งผลผลิตมักซ์กัด้วยขอบเขตโมดิกทีไฮเตรชันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ร่วมกับกระบวนกาไรโมโครเวฟที่ กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาทีและลดมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

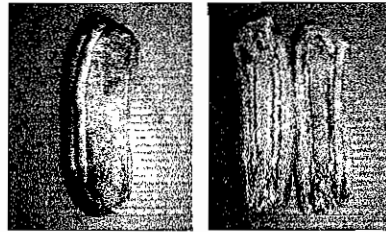
สภาวะที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์กัด้วยอบ	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1:2 โขเดียมคลอไรด์:ซูโครส + MW + ลมร้อน	6.94 ^{ns} ±1.17	6.78 ^{ns} ±1.31	6.10 ^{ns} ±1.24	6.26 ^{ns} ±1.09	5.94 ^{ns} ±1.39	6.21 ^{ns} ±1.08
1:6 โขเดียมคลอไรด์:ซูโครส + MW + ลมร้อน	7.10 ^{ns} ±1.69	7.05 ^{ns} ±1.61	6.31 ^{ns} ±1.56	6.57 ^{ns} ±1.70	6.57 ^{ns} ±1.67	6.57 ^{ns} ±1.67
1:10 โขเดียมคลอไรด์:ซูโครส + MW + ลมร้อน	6.57 ^{ns} ±1.46	6.52 ^{ns} ±1.74	6.21 ^{ns} ±1.47	6.21 ^{ns} ±1.08	6.26 ^{ns} ±1.28	6.15 ^{ns} ±1.01
MW + ลมร้อน	6.60 ^{ns} ±1.87	6.90 ^{ns} ±1.91	6.35 ^{ns} ±1.42	6.50 ^{ns} ±1.23	6.15 ^{ns} ±1.53	6.60 ^{ns} ±0.88
ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส	6.80 ^{ns} ±1.39	6.55 ^{ns} ±1.53	7.10 ^{ns} ±1.41	6.00 ^{ns} ±1.62	5.95 ^{ns} ±1.79	6.40 ^{ns} ±1.31

ns ตัวอักษรตามแนวตั้ง แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

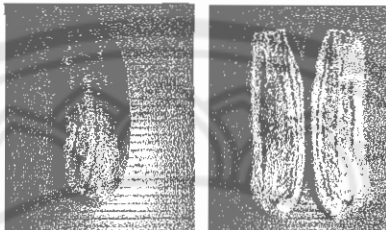
ตาราง 25 คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชูกำลัง 3 ชั่วโมง ร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟที่ กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาทีและลดปริมาณที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

สภาวะที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์กึ่งยอบ	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1:2 ไซเตียมคลอไรด์:ซูโครส + MW + ลมร้อน	7.05 ^{ns} ±1.14	6.90 ^{ns} ±1.16	6.00 ^{ns} ±1.07	5.90 ^{ns} ±1.80	6.10 ^{ns} ±1.80	6.65 ^{ns} ±1.08
1:6 ไซเตียมคลอไรด์:ซูโครส + MW + ลมร้อน	6.65 ^{ns} ±1.56	6.60 ^{ns} ±1.53	6.50 ^{ns} ±1.19	6.05 ^{ns} ±1.73	5.80 ^{ns} ±1.57	6.05 ^{ns} ±1.43
1:10 ไซเตียมคลอไรด์:ซูโครส + MW + ลมร้อน	6.00 ^{ns} ±1.74	6.30 ^{ns} ±1.94	6.00 ^{ns} ±1.41	6.15 ^{ns} ±1.66	6.00 ^{ns} ±1.65	5.95 ^{ns} ±1.35
MW + ลมร้อน	6.15 ^{ns} ±1.98	5.95 ^{ns} ±1.90	6.55 ^{ns} ±1.35	6.15 ^{ns} ±1.87	6.55 ^{ns} ±2.08	6.80 ^{ns} ±1.01
ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส	6.60 ^{ns} ±1.50	6.20 ^{ns} ±1.67	6.75 ^{ns} ±1.16	6.90 ^{ns} ±1.58	6.25 ^{ns} ±1.65	6.60 ^{ns} ±1.18

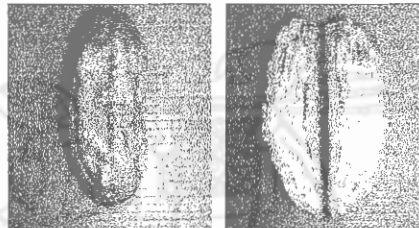
ns ตัวอักษรตามแนวตั้ง แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



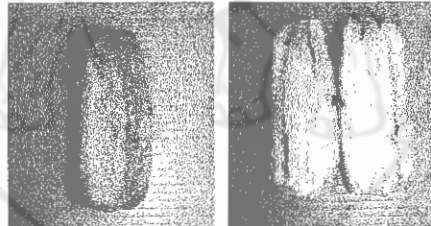
ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส



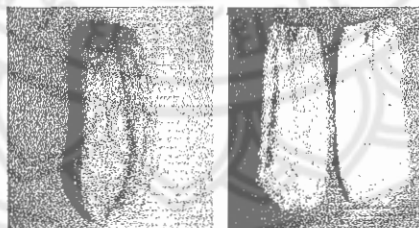
MW 0.5 วัตต์/กรัม 5 นาที



1:2 ไฮเดียมคลอไรด์:ซูโครส

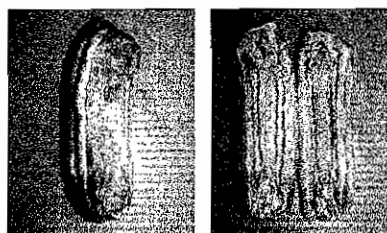


1:6 ไฮเดียมคลอไรด์:ซูโครส

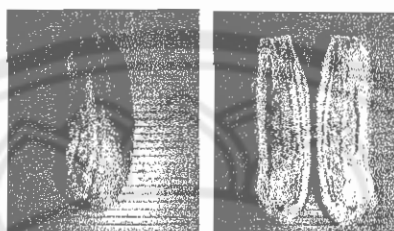


1:10 ไฮเดียมคลอไรด์:ซูโครส

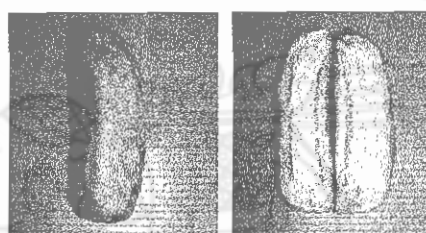
ภาพ 20 ผลของสารละลายออสโมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการออสโมติก ดีไฮเดรชันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์กั้วขอบ



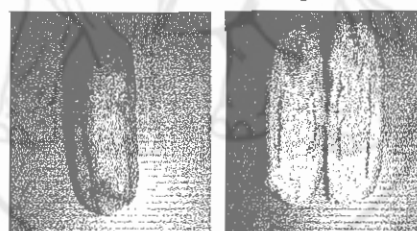
ลมร้อน 70 องศาเซลเซียส



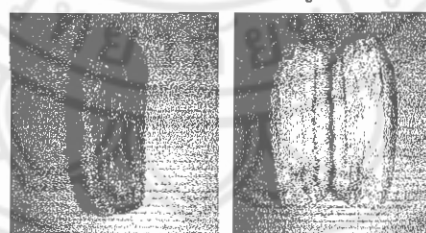
MW 0.5 วัดต์/กรัม 5 นาที



1:2 โซเดียมคลอไรด์:ซูโครส



1:6 โซเดียมคลอไรด์:ซูโครส



1:10 โซเดียมคลอไรด์:ซูโครส

ภาพ 21 ผลของสารละลายออสโมติกผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการออสโมติกดิไฮเดรชันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์กั้วยอบ

ตอนที่ 4 ผลของกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟก่อนการอบด้วยลมร้อน ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา
 การทดลองในส่วนนี้ใช้ผลิตภัณฑ์กล้วยตากที่มีจำหน่ายทางการค้า, กล้วยอบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส, กล้วยอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาทีร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสและกล้วยอบแห้งที่ผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อซูโครสในสัดส่วน 1:10 เป็นเวลา 1 ชั่วโมงร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟที่กำลังไฟ 0.5 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 5 นาทีและตามด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เก็บรักษาโดยบรรจุถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) และปิดผนึกโดยไม่ใช่สุญญากาศและวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 ± 10 ตรวจสอบวัดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 7 วัน ในระหว่างกระบวนการเก็บรักษา

เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นพลาสติกชนิด PP ออกซิเจนสามารถซึมผ่านได้ถึง 240 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541, หน้า 2) ทำให้มีออกซิเจนทำปฏิกิริยากับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยอาศัยเอนไซม์เกิดขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้จากกราฟค่าความสว่าง (L^*) (ภาพ 22) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ทุกชุดการทดลอง มีค่าความสว่าง (L^*) ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้น โดยกล้วยอบออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อนมีค่าความสว่างสูงสุดถึง 49.91 ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา และเมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลานาน 7 วัน พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์กล้วยตากกล้วยอบลมร้อน กล้วยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน และกล้วยอบออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อนลดลงถึงร้อยละ 0.09, 3.41, 10.84, 7.11 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวันแรกของการเก็บรักษา แม้ว่าค่าความสว่าง (L^*) กล้วยอบออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อนจะลดลงมากถึงร้อยละ 7.11 แต่ยังให้ค่าความสว่างสูงสุดเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา (21 วัน) นอกจากนี้กล้วยอบออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อน จะมีการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของค่าสี (ΔE^*) มากกว่าทุกชุดการทดลอง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 14 วันและ 21 วัน

สำหรับความชื้นของผลิตภัณฑ์ในแต่ละชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นเพียงเล็กน้อย เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้น (ภาพ 23 และตาราง 27) โดยเมื่อเก็บรักษาได้เป็นเวลา 21 วัน จะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วงร้อยละ -9.13 ถึง +2.24 โดยกล้วยอบด้วยลมร้อนมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นมากที่สุด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา อาจเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่า a_w แม้ว่าจะใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด PP ที่มีการป้องกันความชื้นได้ดีและมีการปิดผนึก แต่อาหารจะยังคงดูดซึมหรือคายน้ำต่อไป

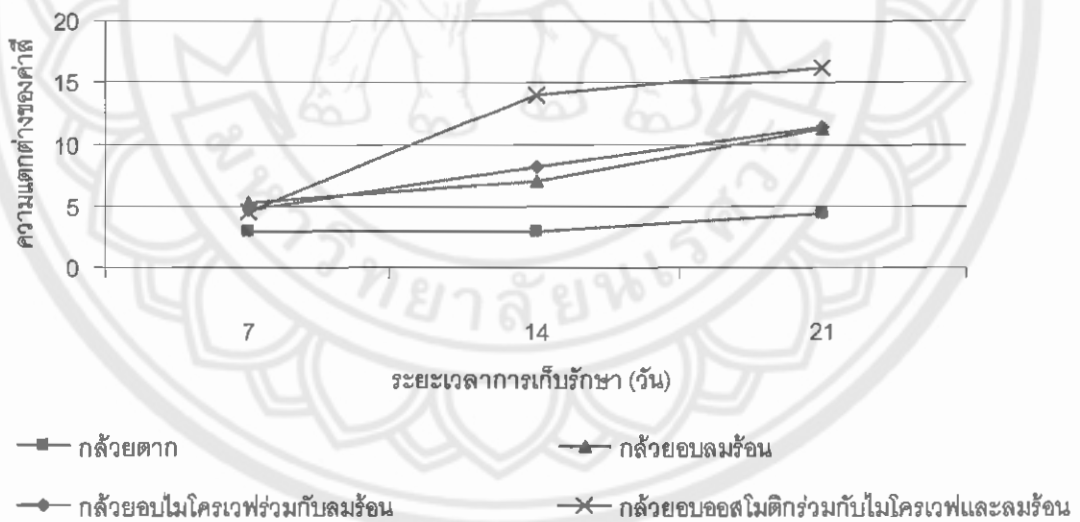
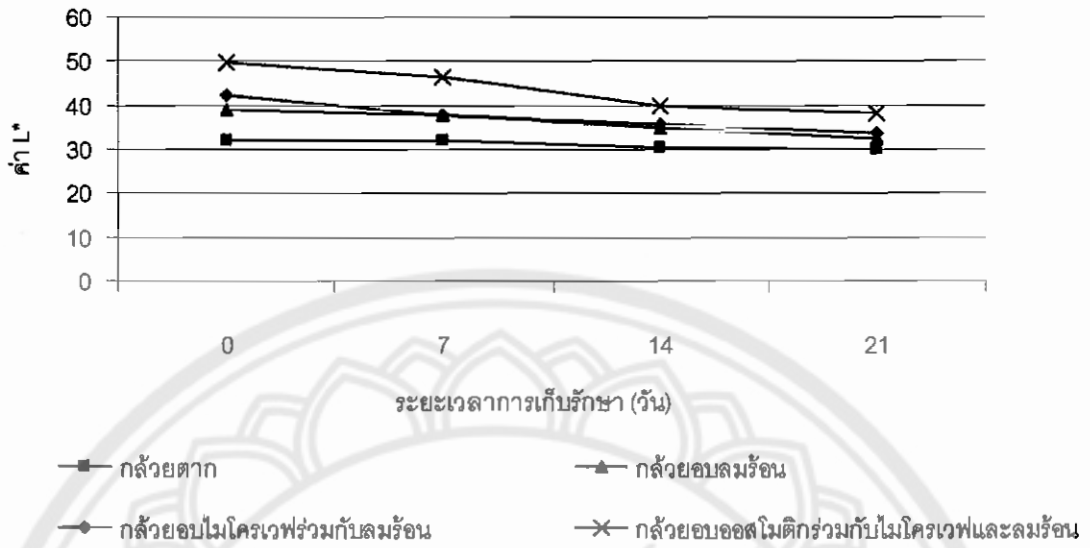
จนกระทั่งสภาวะสมดุลของปริมาณอากาศในช่องว่างของบรรจุภัณฑ์เกิดขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ภายในได้สภาวะสมดุลนี้จะเป็นสภาพที่จะไม่ดูดซึมหรือคายน้ำต่อไปอีก ซึ่งค่าสมดุลของอาหารแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541 หน้า 125 -126) ซึ่งการดูดซึมและคายน้ำภายในบรรจุภัณฑ์มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยพบว่ากล้วยตากซึ่งมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในทุกชุดการทดลอง นอกจากนี้ยังมีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งต่างจากผลิตภัณฑ์กล้วยอบอบสไมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อนที่มีค่าลดลง (ภาพ 24 และตาราง 28)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ในทุกชุดการทดลองจะลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นจะเห็นได้จากภาพ 25 และตาราง 29 โดยในวันแรกของการเก็บรักษาจะพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อผ่านระยะเวลาการเก็บรักษานาน 7 วัน กล้วยอบอบสไมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อนแสดงการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ถึงร้อยละ 20.80 แต่เมื่อผ่านระยะเวลาการเก็บรักษานาน 21 วัน กลับพบว่า ผลิตภัณฑ์กล้วยอบอบสไมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อนยังคงเหลือฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด โดยกล้วยตาก กล้วยอบลมร้อน กล้วยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน กล้วยอบอบสไมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อน มีการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระถึงร้อยละ 87.76, 76.40, 71.13 และ 65.15 ตามลำดับ นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ในทุกชุดการทดลองจะมีการสูญเสียฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอย่างมากเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 7 วัน โดยมีการลดลงมากถึงร้อยละ 50 ของเริ่มต้น

เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ ดังภาพ 26 และตาราง 30 โดยผลิตภัณฑ์กล้วยอบลมร้อนและกล้วยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดในวันแรกของการเก็บรักษา แต่กล้วยตากมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงสุดและมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดโดยให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็วมากกว่าผลิตภัณฑ์อื่น แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไปนาน 7 วัน ผลิตภัณฑ์กล้วยอบลมร้อน กล้วยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน และกล้วยอบอบสไมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานที่กำหนดเช่นกัน โดยเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาจะพบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยอบอบสไมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อนมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำที่สุด นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ทุกชุดการทดลองไม่พบปริมาณยีสต์และราในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาและวันที่ 7 ของการเก็บรักษา แต่เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน พบว่ามีผลิตภัณฑ์กล้วยตาก

เท่านั้นที่มียีสต์และราเกิดขึ้นโดยมีปริมาณยีสต์และรา 2.36 Log CFU/กรัม ซึ่งมีค่ามากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ คือกำหนดให้มีปริมาณยีสต์และราได้ไม่เกิน 2 Log CFU/กรัม และเมื่อผ่านระยะเวลาการเก็บรักษานาน 21 วัน ผลิตรภัณฑ์ทุกชุดการทดลองจะมีปริมาณยีสต์และราเกิดขึ้น โดยตรวจพบปริมาณยีสต์และรามากที่สุดในกลุ่มยัดตาก อย่างไรก็ตามไม่สามารถสังเกตการเสื่อมเสียได้ด้วยตา ดังแสดงในภาพ 27 แต่เมื่อเก็บรักษามากกว่า 21 วัน จะสามารถสังเกตพบการเสื่อมเสียจากราได้อย่างชัดเจนบนผิวผลิตรภัณฑ์ดังแสดงในภาพ 28





(b)

ภาพ 22 ค่าสีของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งที่สภาวะต่างๆ (a) ค่าความสว่าง (L*) และ (b) ค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE^*)

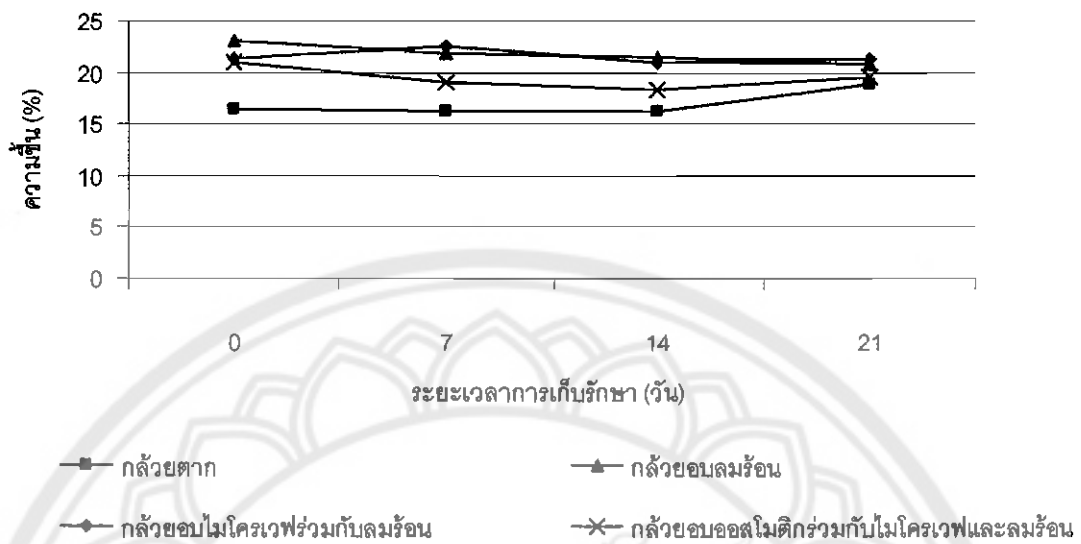
ตาราง 26 ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งที่สภาวะต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	ค่า L^*			
	0 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน
กล้วยตาก	32.02 ^{ad} ±0.18	31.99 ^{ac} ±0.27	30.36 ^{bd} ±0.58	30.09 ^{bd} ±0.23
กล้วยอบลมร้อน	38.98 ^{ac} ±0.78	37.65 ^{bb} ±0.44	34.73 ^{cc} ±0.32	32.55 ^{dc} ±0.77
กล้วยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน	42.43 ^{ab} ±0.41	37.83 ^{bb} ±0.74	35.65 ^{cb} ±0.12	33.73 ^{db} ±1.11
กล้วยอบอบสไมติกร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อน	49.91 ^{aa} ±1.16	46.36 ^{ba} ±0.39	39.84 ^{ca} ±0.51	38.27 ^{da} ±0.47

ผลิตภัณฑ์	ค่า ΔE^*		
	7 วัน	14 วัน	21 วัน
กล้วยตาก	2.99 ^{bb} ±0.55	2.94 ^{bd} ±0.27	4.41 ^{ac} ±0.58
กล้วยอบลมร้อน	5.31 ^{ca} ±0.73	6.99 ^{bc} ±0.27	11.20 ^{ab} ±0.29
กล้วยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน	4.70 ^{ca} ±0.80	8.15 ^{bb} ±0.22	11.34 ^{ab} ±1.41
กล้วยอบอบสไมติกร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อน	4.53 ^{ca} ±0.58	14.02 ^{ba} ±0.79	16.20 ^{aa} ±0.43

a-d ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

A-D ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพ 23 ปริมาณความชื้น(%) ของผลิตภัณฑ์กัล้วยอบแห้งที่สภาวะต่างๆ

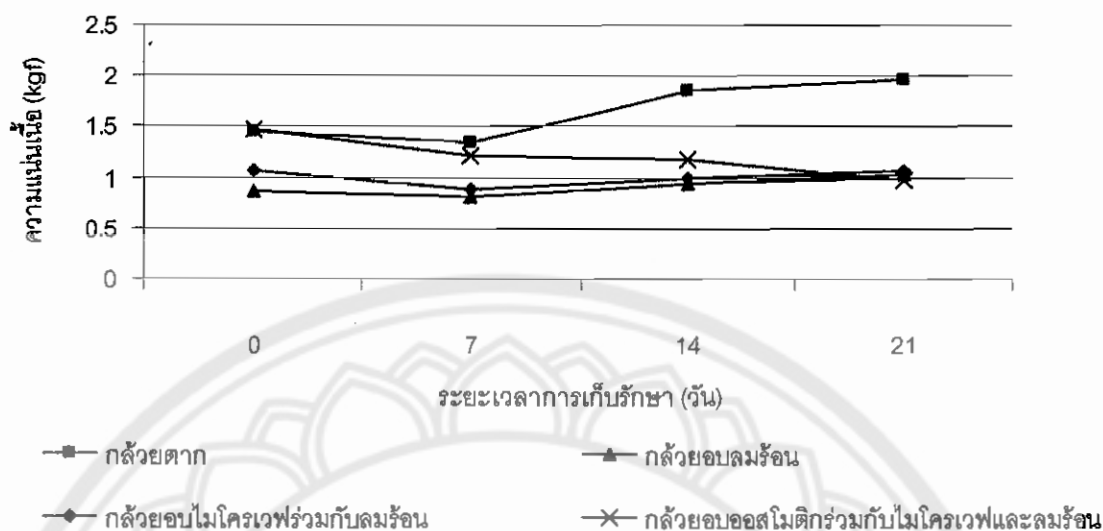
ตาราง 27 ปริมาณความชื้น (%) ของผลิตภัณฑ์กัล้วยอบแห้งที่สภาวะต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	ความชื้น (%)			
	0 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน
กัล้วยตาก	16.50 ^{nsB} ±0.80	16.23 ^{nsC} ±0.88	16.22 ^{nsC} ±1.00	16.87 ^{nsB} ±1.77
กัล้วยอบลมร้อน	22.99 ^{aA} ±0.86	21.94 ^{abA} ±0.51	21.53 ^{abA} ±1.24	20.89 ^{bA} ±1.27
กัล้วยอบไมโครเวฟร่วมกับ ลมร้อน	21.26 ^{nsA} ±1.60	22.53 ^{nsA} ±1.82	21.05 ^{nsA} ±0.13	21.33 ^{nsA} ±1.14
กัล้วยอบอบสไมติกร่วมกับ ไมโครเวฟและลมร้อน	20.97 ^{aA} ±0.52	19.02 ^{abB} ±0.58	18.37 ^{bb} ±0.16	19.56 ^{baB} ±1.50

a-b ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

A-C ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ns ตัวอักษรตามแนวนอน แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพ 24 ความแน่นเนื้อ (kgf) ของผลิตภัณฑ์ก้วยอบแห้งที่สภาวะต่างๆ

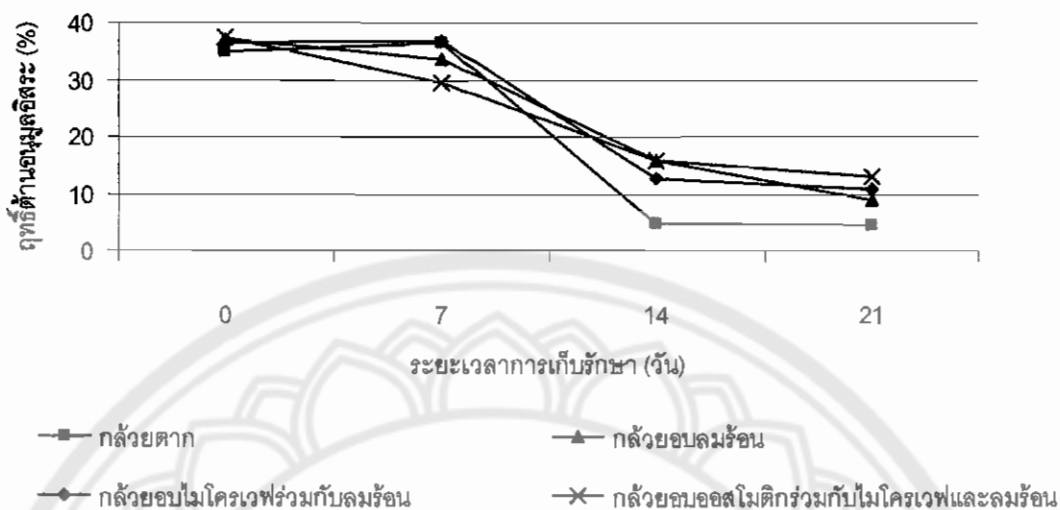
ตาราง 28 ความแน่นเนื้อ (kgf) ของผลิตภัณฑ์ก้วยอบแห้งที่สภาวะต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	ความแน่นเนื้อ (kgf)			
	0 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน
ก้วยตาก	1.57 ^{ba} ±0.19	1.35 ^{ba} ±0.11	1.85 ^{ba} ±0.07	1.97 ^{ba} ±0.11
ก้วยอบลมร้อน	0.87 ^{nsb} ±0.14	0.80 ^{nsb} ±0.04	0.94 ^{nsb} ±0.12	1.03 ^{nsb} ±0.19
ก้วยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน	1.07 ^{nsb} ±0.08	0.89 ^{nsb} ±0.17	1.00 ^{nsb} ±0.08	1.07 ^{nsb} ±0.05
ก้วยอบอบสไมติกร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อน	1.47 ^{ba} ±0.06	1.22 ^{ba} ±0.83	1.17 ^{bb} ±0.06	0.98 ^{cb} ±0.89

a-c ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

A-B ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns ตัวอักษรตามแนวนอน แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพ 25 ฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ (%) ของผลิตภัณฑ์ก้าวยอบแห้งที่สภาวะต่างๆ

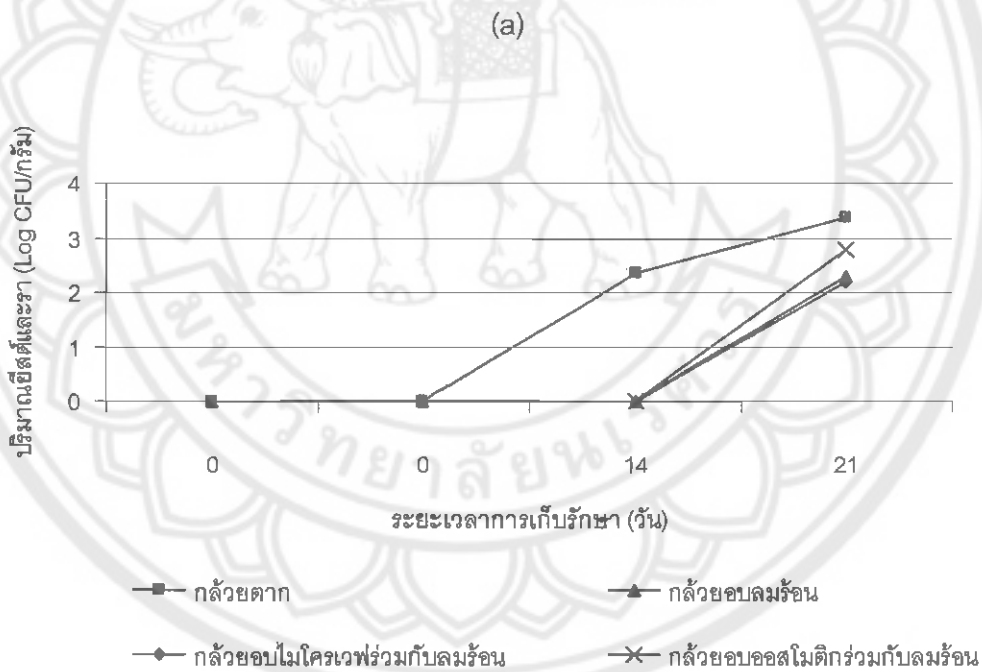
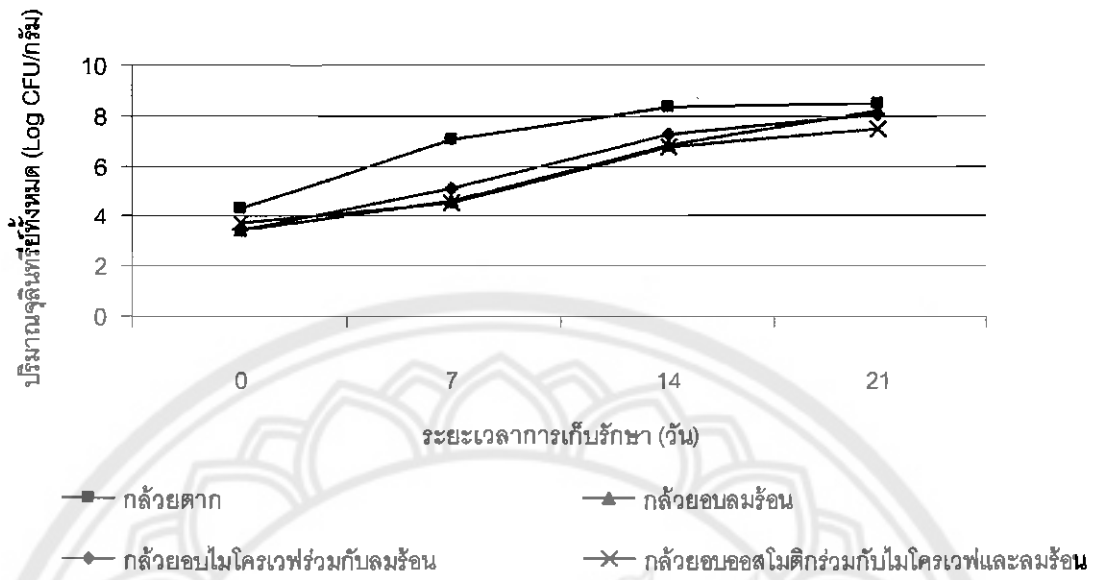
ตาราง 29 ฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ (%) ของผลิตภัณฑ์ก้าวยอบแห้งที่สภาวะต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	ฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ (%)			
	0 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน
ก้าวยตาก	34.98 ^{aNS} ±3.57	36.52 ^{aA} ±1.97	4.85 ^{bB} ±1.94	4.50 ^{bC} ±1.28
ก้าวยอบลมร้อน	37.04 ^{aNS} ±3.30	33.59 ^{aA} ±1.62	15.71 ^{bA} ±3.71	8.74 ^{bB} ±1.94
ก้าวยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน	36.53 ^{aNS} ±2.10	36.89 ^{aA} ±1.99	12.57 ^{bA} ±1.38	10.65 ^{bAB} ±1.12
ก้าวยอบอบสไมติกร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อน	37.39 ^{aNS} ±1.59	29.61 ^{bB} ±2.50	15.86 ^{cA} ±0.94	13.03 ^{cA} ±1.13

a-c ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

A-C ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

NS ตัวอักษรตามแนวตั้ง แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



(b)

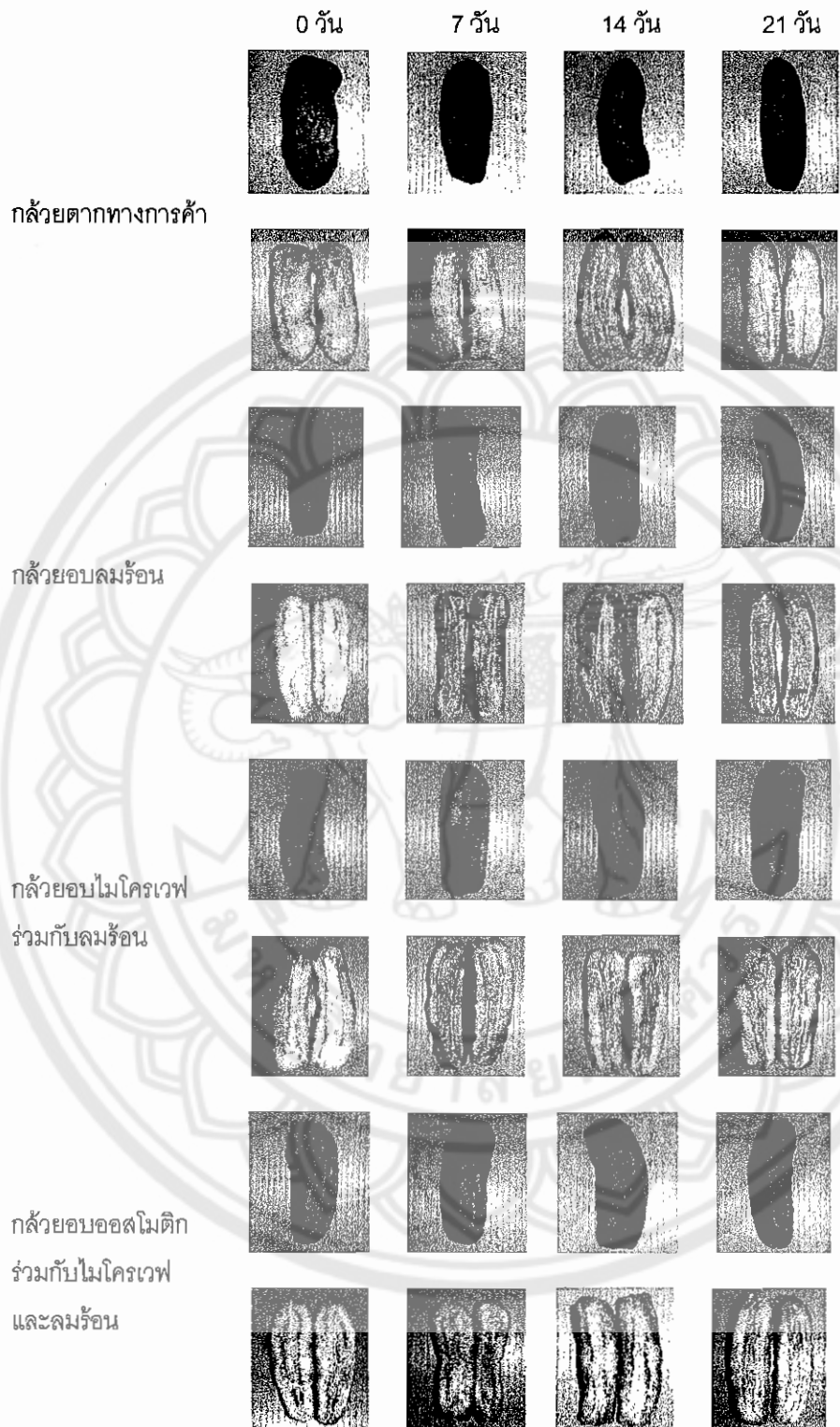
ภาพ 26 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งที่สภาวะต่างๆ (a) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log CFU/กรัม) (b) ปริมาณยีสต์และรา (Log CFU/กรัม)

ตาราง 30 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log CFU/กรัม) และปริมาณยีสต์และรา (Log CFU/กรัม) ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งที่สภาวะต่างๆ

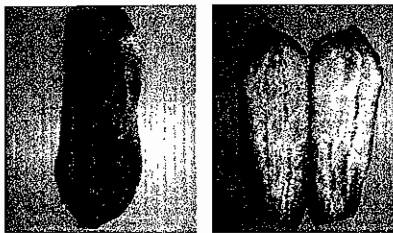
ผลิตภัณฑ์	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log CFU/กรัม)			
	0 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน
กล้วยตาก	4.32 ^{dA} ±0.09	7.02 ^{CA} ±0.11	8.32 ^{bA} ±0.04	8.50 ^{aA} ±0.11
กล้วยอบลมร้อน	3.47 ^{dC} ±0.16	4.63 ^{CC} ±0.08	6.83 ^{bC} ±0.35	8.18 ^{aA} ±0.17
กล้วยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน	3.45 ^{dC} ±0.16	5.14 ^{CB} ±0.43	7.25 ^{bB} ±0.11	8.03 ^{aA} ±0.51
กล้วยอบอบสไมติกร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อน	3.75 ^{dB} ±0.12	4.54 ^{CC} ±0.08	6.77 ^{bC} ±0.19	7.50 ^{BB} ±0.17
ผลิตภัณฑ์	ปริมาณยีสต์และรา (Log CFU/กรัม)			
	0 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน
กล้วยตาก	ไม่พบ	ไม่พบ	2.36 ^b ±0.22	3.38 ^{aA} ±0.08
กล้วยอบลมร้อน	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	2.28 ^C ±0.29
กล้วยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	2.19 ^C ±0.19
กล้วยอบอบสไมติกร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อน	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	2.78 ^B ±0.05

a-d ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

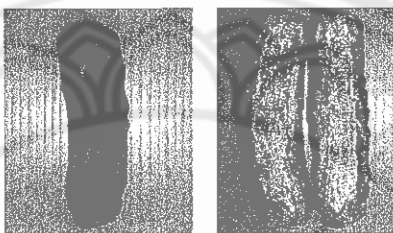
A-C ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



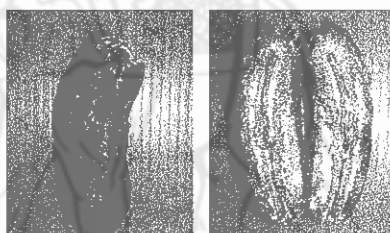
ภาพ 27 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางคุณภาพผลิตภัณฑ์กล้วยตาก กล้วยอบลมร้อน กล้วยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนและกล้วยอบอบอสไมติกร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อนในระหว่างการเก็บรักษา โดยแสดงลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน



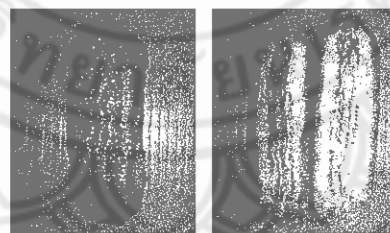
กล้วยตากทางการค้า



กล้วยอบลมร้อน



กล้วยอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน



กล้วยอบอบสไมติกร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อน

ภาพ 28 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์กล้วยตาก กล้วยอบลมร้อน กล้วยอบไมโครเวฟ ร่วมกับลมร้อนและกล้วยอบอบสไมติกดีไฮเดรชันร่วมกับไมโครเวฟและลมร้อน หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลามากกว่า 21 วัน