บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 คุณภาพของวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตข้าวเหนียวกล้องอบพอง

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของวัตถุดิบหลัก 6 ชนิด ได้แก่ ข้าวเหนียวกล้องทั้งเมล็ด ข้าวเหนียวกล้องหัก ปลายข้าวเหนียวกล้อง แป้งข้าวเหนียวกล้องหยาบ แป้งข้าวเหนียวกล้องละเอียด และแป้งข้าวเจ้ากล้องละเอียด พบว่า คุณภาพทางด้านเคมีของวัตถุดิบหลักแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ข้าวเหนียวกล้องหักมีปริมาณความชื้นสูงที่สุดเป็นร้อยละ 11.85 ± 0.59 (ตาราง 4.1) ส่วนวัตถุดิบหลักที่เหลือมีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณโปรตีน และไขมันในข้าวเหนียวกล้องหักมีค่าสูงสุดเป็น ร้อยละ 8.14 ± 0.77 และ 3.91 ± 0.13 ตามลำดับ โดยในส่วนของปริมาณเส้นใยมีแป้งข้าวเหนียวกล้องหยาบมีปริมาณเส้นใยสูงสุดที่ร้อยละ 3.62 ± 0.22 ซึ่งมีความแตกต่างกันกับแป้งข้าวกล้องละเอียดทั้ง 2 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งอาจเกิดจากในระหว่างการโม่ เครื่องโม่ ๆ เยื่อหุ้มเมล็ดไม่ละเอียดพอที่จะลอดตะแกรงร่อนขนาด 80 mesh จึงทำให้แป้งข้าวเหนียวกล้องหยาบมีปริมาณเส้นใยสูงกว่าแป้งข้าวกล้องละเอียดทั้ง 2 ชนิด สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่า ข้าวเหนียวกล้องหักมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุดคือ ร้อยละ 85.04 ± 1.86 ส่วนปริมาณอะไมโลส พบว่า ข้าวเหนียวกล้องมีปริมาณต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้ากล้อง มีค่าอยู่ในช่วง ร้อยละ 5.32-5.65 ในขณะเดียวกันแป้งข้าวเจ้ากล้องมีปริมาณ อะไมโลสสูงกว่าข้าวเหนียวกล้องที่ร้อยละ 14.65 จะเห็นได้ว่าวัตถุดิบหลักทั้งสองชนิดนี้ มีปริมาณอะไมโลสที่แตกต่างกันมาก ซึ่งสอดคล้องกับการที่ในเมล็ดข้าวเจ้าประกอบไปด้วยอะไมโลสประมาณ ร้อยละ 15-30 และในเมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยอะไมโลสเพียง ร้อยละ 5-7 (กรมการข้าว, 2554ข)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 คุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง[1/]

คุณภาพทางเคมี	ข้าวเหนียวกล้องทั้งเมล็ด	ข้าวเหนียวกล้องหัก	ปลายข้าวเหนียวกล้อง	แป้งข้าวเหนียวกล้องหยาบ	แป้งข้าวเหนียวกล้องละเอียด	แป้งข้าวเจ้ากล้องละเอียด
ความชื้น(ร้อยละ)	$11.35^{ab}\pm0.13$	$11.85^{a}\pm0.59$	$11.38^{ab}\pm0.19$	$11.48^{ab}\pm0.23$	$11.52^{ab}\pm0.10$	$11.21^{b}\pm0.29$
โปรตีน (ร้อยละ)	$6.94^{c}\pm0.12$	$8.14^{a}\pm0.77$	$7.91^{ab}\pm0.14$	$7.03^{c}\pm0.11$	$7.40^{bc}\pm0.48$	$7.19^{bc}\pm0.22$
ไขมัน (ร้อยละ)	$3.71^{a}\pm0.07$	$3.91^{a}\pm0.13$	$3.85^{a}\pm0.12$	$3.14^{b}\pm0.14$	$2.95^{b}\pm0.17$	$2.29^{c}\pm0.21$
เส้นใย (ร้อยละ)	$3.09^{b}\pm0.24$	$2.91^{bc}\pm0.09$	$2.75^{bc}\pm0.42$	$3.62^{a}\pm0.22$	$2.05^{c}\pm0.19$	$2.60^{c}\pm0.22$
เถ้า (ร้อยละ)	$1.41^{abc}\pm0.14$	$1.37^{abc}\pm0.09$	$1.25^{c}\pm0.10$	$1.53^{ab}\pm0.11$	$1.31^{bc}\pm0.16$	$1.56^{a}\pm0.17$
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	$73.50^{b}\pm0.31$	$71.81^{c}\pm0.72$	$72.86^{b}\pm0.28$	$73.19^{b}\pm0.28$	$74.78^{a}\pm0.85$	$75.15^{a}\pm0.40$
อะไมโลส (ร้อยละ)	$5.32^{b}\pm0.16$	$5.49^{b}\pm0.28$	$5.65^{b}\pm0.28$	$5.46^{b}\pm0.35$	$5.56^{b}\pm0.10$	$14.65^{a}\pm0.30$

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ผลของรูปแบบข้าวเหนียวกล้องต่อคุณภาพของข้าวเหนียวกล้องอบพอง

4.2.1 ความเป็นไปได้ในการใช้ข้าวเหนียวกล้องรูปแบบต่าง ๆ ผลิตเป็นข้าวเหนียวกล้องอบพอง

เมื่อนำข้าวเหนียวกล้องแบบที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ 3 ชนิด คือ ข้าวเหนียวกล้องทั้งเมล็ด ข้าวเหนียวกล้องหัก ปลายข้าวเหนียวกล้อง ไปผลิตเป็นข้าวเหนียวกล้องอบพอง ตามกรรมวิธีที่กำหนดในช่วงที่ทำให้เป็นรูปร่าง พบว่า มีลักษณะเป็นแผ่นกลมเหมือนกัน แต่ถ้าทำจากข้าวเหนียวกล้องทั้งเมล็ด เมล็ดข้าวเกาะกันไม่แน่น มีลักษณะร่วน ต่างกับลักษณะของข้าวเหนียวกล้องหัก และปลายข้าวเหนียวกล้องที่มีลักษณะคล้ายกันคือ มีรูปร่างเป็นแผ่นกลม เมล็ดข้าวเกาะกันดี หลังการอบพองด้วยไมโครเวฟสังเกตพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด มีการพองตัวที่ดี แต่เกิดการแตกร่วนของผลิตภัณฑ์ และไม่เกาะกันเป็นรูปร่าง ในกรณีของข้าวเหนียวกล้องชนิดที่มีอนุภาคขนาดเล็ก 2 ชนิด คือ แป้งข้าวเหนียวกล้องหยาบ และแป้งข้าวเหนียวกล้องละเอียด เมื่อนำไปผ่านการผลิต ข้าวเหนียวกล้องอบพอง หลังจากการทำให้เป็นรูปร่างสังเกตพบว่า มีลักษณะคล้ายกันคือ เป็นแผ่นบางและกลมตามรูปร่างของแบบพิมพ์ เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำให้เป็นรูปร่างแล้วไปอบพองด้วยเตาอบไมโครเวฟ พบว่า ลักษณะของแป้งข้าวเหนียวกล้องหยาบที่อบพองแล้ว มีการพองตัวขึ้นเล็กน้อย ส่วนแป้งข้าวเหนียวกล้องละเอียดมีการพองตัวที่ดีกว่า

ดังนั้นชนิดของวัตถุดิบหลักที่มีความเป็นไปได้ในการ ผลิตข้าวเหนียวกล้องอบพอง พบว่า มีข้าวเหนียวกล้อง 2 ชนิด ที่มีความเป็นได้ที่จะนำไปผลิตเป็นข้าวเหนียวกล้องอบพอง คือ แป้งข้าวเหนียวกล้องหยาบ และแป้งข้าวเหนียวกล้องละเอียด เนื่องจากเมื่อนำไปอบพองแล้วยังสามารถคงรูปร่าง และไม่แตก ส่วนข้าวหนียวกล้องทั้งเมล็ด ข้าวเหนียวกล้องหัก และปลายข้าวเหนียวกล้อง เมื่อนำไปอบพองแล้วไม่สามารถคงรูปร่าง และแตกหัก

4.2.2 คุณภาพของข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ได้จากรูปแบบข้าวเหนียวกล้องที่เลือกมา

นำข้าวเหนียวกล้องที่เลือกมา 2 ชนิด คือ แป้งข้าวเหนียวหยาบ และแป้งข้าวเหนียวละเอียด ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ พบว่า ความชื้นหลังอบแห้ง มีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันคือในช่วงร้อยละ 20.98- 21.95 เมื่อนำไปอบพอง พบว่า ค่า L a* และ b* ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วง 0.84- 81.91 0.78-0.81 และ 16.67-17.25 ตามลำดับ (ตาราง 4.2) ค่าสีของข้าวเหนียวกล้องอบพองเป็นค่าสีที่แสดงถึงลักษณะเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยค่า L แสดงถึง ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 ค่า a* แสดงถึง ค่าสีแดง และสีเขียว โดยค่า a* เป็นบวก คือสีแดง ค่า a* เป็นลบ คือสีเขียว ส่วนค่า a* เป็นศูนย์ คือสีเทา ค่า b* แสดงถึงค่าสีเหลือง และสีน้ำเงิน โดยค่า b* เป็นบวก คือสีเหลือง b* เป็นลบ คือสีน้ำเงิน ส่วน b* เป็นศูนย์ คือสีเทา อัตราการขยายปริมาตร ของผลิตภัณฑ์ที่ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากข้าวเหนียวกล้อง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราการขยายปริมาตรของแป้งข้าวเหนียวละเอียดมีอัตราการขยายปริมาตรสูงกว่าเท่ากับ 2.03±0.13 เท่า ซึ่งสูงกว่าแป้งข้าวเหนียวหยาบ และผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด มีค่าแรงต้านการเจาะทะลุ และปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 22.91-24.86 นิวตัน และร้อยละ 5.01-5.57 ตามลำดับ

เมื่อทำการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับลักษณะทางประสาทสัมผัส ทั้ง 7 ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ความแข็ง ความกรอบ ความเนียนของเนื้อ กลิ่น รสชาติ และ ความชอบรวม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตาราง 4.2)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า แป้งข้าวเหนียวกล้องละเอียดมีความเหมาะสมในการทำข้าวเหนียวกล้องอบพองด้วยไมโครเวฟมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jomduang (1994) ที่พบว่าขนาดของเม็ดแป้งมีความสัมพันธ์ กับการพองตัว ถ้าขนาดของเม็ดแป้งยิ่งเล็กยิ่งทำให้มีการพองตัวได้ดี ทำให้มีอัตราการขยายปริมาตรสูงที่สุด นอกจากนั้น ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวกล้องอบพองจะมีความสัมพันธ์ กับอัตราการขยายปริมาตรของข้าวเหนียวกล้องอบพองโดยปริมาณความชื้นต่ำจะมีอัตราการพองตัวสูง ซึ่งแป้งข้าวเหนียวกล้องละเอียดที่มีความชื้นต่ำจึงทำให้มีอัตราการขยายปริมาตรสูงขึ้นตามไปด้วย แป้งข้าวเหนียวกล้องละเอียดจึงมีความเหมาะสมที่จะเลือกไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ได้จากข้าวเหนียวกล้องชนิดต่าง ๆ

ลักษณะคุณภาพ[1/]	ชนิดของข้าวเหนียวกล้อง	
	แป้งข้าวเหนียวหยาบ	แป้งข้าวเหนียวละเอียด
คุณภาพทางกายภาพ และเคมี		
ค่าสี L[ns]	80.84±0.63	81.91±0.59
a*[ns]	0.78±0.15	0.81±0.16
b*[ns]	17.25±0.55	16.67±0.66
อัตราการขยายปริมาตร (เท่า)	1.42[b]±0.15	2.03[a]±0.13
ค่าแรงต้านการเจาะทะลุ[ns] (นิวตัน)	22.91±3.13	24.86±4.71
ปริมาณความชื้น[ns] (ร้อยละ)	5.37±0.26	5.01±0.29
ลักษณะทางประสาทสัมผัส		
ลักษณะปรากฏ[ns]	6.70±1.25	6.50±1.52
ความแข็ง[ns]	5.78±1.76	5.72±2.06
ความกรอบ[ns]	6.46±1.67	6.82±1.42
ความเนียนของเนื้อ[ns]	6.30±1.49	6.42±1.63
กลิ่น[ns]	6.14±1.34	5.68±1.63
รสชาติ[ns]	5.62±1.65	5.24±1.85
ความชอบรวม[ns]	6.00±1.55	5.90±1.56

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละลักษณะคุณภาพ ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ผลการเติมแป้งข้าวเจ้ากล้อง และการนวดแป้งนึ่งสุกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง

จากผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง ที่ผลิตจากแป้งข้าวเหนียวกล้องจากข้อ 4.2 ผสมกับแป้งข้าวเจ้ากล้อง 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 5 10 และ 15 เติมน้ำแล้วนวดผสมเป็นก้อนแป้ง นึ่งจนสุก แบ่งแป้งสุกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนหนึ่งนำไปนวดนาน 10 นาที ปั้นใส่พิมพ์ทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร แช่เย็นให้คงตัวที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หั่นเป็นแผ่น อบแห้ง นำไปวิเคราะห์คุณภาพ ปัจจัยเดี่ยวด้านการเติมแป้งข้าวเจ้ากล้องไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวกล้องก่อนอบพอง ซึ่งมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันในช่วงร้อยละ 20.30-20.47 เมื่อนำไปอบพอง พบว่าการเติมแป้งข้าวเจ้ากล้องมีผลต่อค่าสี อัตราการขยายปริมาตร และปริมาณความชื้น ของข้าวเหนียวกล้องอบพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่เติมแป้งข้าวเจ้ากล้องร้อยละ 5 มีค่าสี L (ความสว่าง) a* (สีแดง และสีเขียว) และ b* (สีเหลือง และสีน้ำเงิน) สูงสุด คือมีค่า 81.69$\pm$0.62 ค่าสีแดง 1.86$\pm$0.39 ค่าสีเหลือง 21.21$\pm$3.62 (ตาราง 4.3) ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่เติมแป้งข้าวเจ้ากล้องร้อยละ 10 มีอัตราการขยายปริมาตรสูงสุดที่ 3.11$\pm$0.51 เท่า โดยการแป้งเติมข้าวเจ้ากล้องร้อยละ 15 มีผลทำให้ค่าแรงต้านการเจาะทะลุของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำสุดที่ 18.78 นิวตัน และผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 4.96-5.76 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเติมแป้งข้าวเจ้ากล้องลงไปผสมกับแป้งข้าวเหนียวกล้อง ผลิตภัณฑ์มีอัตราการขยายปริมาตร และแรงต้านการเจาะทะลุที่ดีขึ้น เนื่องจากในแป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลสอยู่ประมาณ ร้อยละ 14.65 (ตาราง 4.1) โดยปริมาณอะไมโลสจะส่งผลต่อการเกิดเจลาติไนซ์เซชั่นและรีโทรเกรเดรชั่น ของผลิตภัณฑ์ให้เกิดสมบูรณ์ขึ้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวได้ดี และมีความหนาแน่นลดลง (ธงชัย, 2536)

ปัจจัยเดี่ยวในด้านการนวดแป้งไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวกล้องก่อนอบพอง โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 20.30-20.49 จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง พบว่า การนวดแป้งมีผลต่อค่าสี อัตราการขยายปริมาตร และค่าแรงต้านการเจาะทะลุ ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผ่านการนวดมีค่า L อัตราการขยายปริมาตรมากกว่า และค่าแรงต้านการเจาะทะลุต่ำกว่า คือ 81.90$\pm$0.62 2.96$\pm$0.48 และ 17.75$\pm$5.48 ตามลำดับ (ตาราง 4.3) ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ไม่ผ่านการนวดจะมีค่า a* และ b* สูงกว่าข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผ่านการนวด คือมีค่าสีแดง เท่ากับ 1.81$\pm$0.32 มีค่าสีเหลือง เท่ากับ 20.80$\pm$3.50 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นที่ใกล้เคียงกันคือ 5.43$\pm$0.62 และ 5.59$\pm$0.61 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อทำการนวด ผลิตภัณฑ์มีอัตราการขยายปริมาตร และแรงต้านการเจาะทะลุที่ดีขึ้น เนื่องจากการนวดทำให้อนุภาคของเม็ดแป้งเล็กลง มีขนาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สม่ำเสมอกัน และยังทำให้ความชื้นภาคในแป้งนึ่งสุกกระจายตัวกันอย่างสม่ำเสมอทั่วแป้งนึ่งสุก (ขนิษฐา, 2549) เมื่อนำไปอบพองจึงทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวไปดี และสม่ำเสมอ ซึ่งทำให้อัตราการขยายปริมาตร และแรงต้านการเจาะทะลุดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการนวด

เมื่อพิจารณาผลของปัจจัยร่วมทั้งสองปัจจัย คือ การเติมแป้งข้าวเจ้ากล้อง และการนวดแป้ง พบว่าปัจจัยร่วมทั้งสองมีผลต่อคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองแบบเติมแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 10 และไม่ผ่านการนวด มีค่าความสว่าง เท่ากับ 82.39 ± 0.46 (ตาราง 4.4) ในส่วนของค่า a* และ b* มีผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองแบบเติมแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 5 และไม่ผ่านการนวด มีค่าสีแดงสูงสุด 2.12 ± 0.40 และค่าสีเหลือง 23.39 ± 4.11 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองเติมแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 10 และผ่านการนวด มีอัตราการขยายปริมาตรสูงสุด 3.56 ± 0.29 เท่า และค่าแรงต้านการเจาะทะลุต่ำสุด 17.55 ± 5.24 นิวตัน ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง มีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันในช่วง ร้อยละ 4.94-6.32

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง มาทำการตรวจสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลของปัจจัยเดี่ยวในด้านการเติมแป้งข้าวเจ้ากล้อง มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่เติมแป้งข้าวเจ้ากล้องร้อยละ 10 ได้รับการยอมรับสูงกว่าในด้านรสชาติที่ 4.89 ± 1.82 ส่วนคุณภาพที่เหลือทั้ง 6 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตาราง 4.5) ปัจจัยเดี่ยวในด้านการนวดแป้ง มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดได้รับการยอมรับสูงกว่าในด้านลักษณะปรากฏ ความเนียนของเนื้อ และความชอบรวมที่ 6.00 ± 1.62 5.50 ± 1.85 และ 5.52 ± 1.64 ตามลำดับ ส่วนคุณภาพที่เหลือทั้ง 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตาราง 4.5) เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างการนวดแป้ง และการเติมแป้งข้าวเจ้ากล้อง พบว่า ปัจจัยร่วมทั้ง 2 ปัจจัย มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่เติมแป้งข้าวเจ้ากล้องร้อยละ 10 และผ่านการนวด ได้รับการยอมรับสูงสุด (ตาราง 4.6)

จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าข้าวเหนียวกล้องอบพองที่เติมแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 10 และผ่านการนวด เพราะเป็นผลิตภัณฑ์มีอัตราการขยายปริมาตรสูงสุด และมีค่าแรงด้านการเจาะทะลุต่ำสุด สอดคล้องกับการศึกษาของขนิษฐา (2549) ที่ทำการศึกษาผลของการเติมแป้งข้าวเจ้า พบว่าเมื่อเติมแป้งข้าวเจ้าขึ้นระดับหนึ่งอัตราการขยายปริมาตรจะลดลง และค่าแรงด้านการเจาะทะลุสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่เติมแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 10 และผ่านการนวด จึงเหมาะสมที่จะเลือกไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ผลของปัจจัยเดี่ยว (การเติมแป้งข้าวเจ้ากล้อง และการนวดแป้ง) ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง

ปัยจัยเดี่ยว[1/]	ค่าสี			อัตราการขยายปริมาตร (เท่า)	ค่าแรงต้านการเจาะทะลุ (นิวตัน)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
	L	a*	b*			
แป้งข้าวเจ้ากล้อง (ร้อยละ)						
0	80.72^{b}±1.78	1.66^{b}±0.24	19.80^{b}±0.92	2.51^{b}±0.28	21.41^{a}±5.15	5.67^{a}±0.80
5	81.69^{a}±1.16	1.86^{a}±0.39	21.21^{a}±3.62	2.62^{b}±0.29	21.61^{a}±4.87	5.76^{a}±0.61
10	82.20^{a}±0.44	1.67^{b}±0.16	18.33^{c}±0.69	3.11^{a}±0.51	20.74^{a}±4.19	5.65^{a}±0.32
15	81.67^{a}±0.57	1.79^{ab}±0.11	19.25^{bc}±0.49	2.64^{b}±0.45	18.78^{b}±3.47	4.96^{b}±0.28
การนวดแป้ง						ns
นวด	81.90^{a}±0.62	1.68^{b}±0.14	18.99^{b}±0.46	2.96^{a}±0.48	17.75^{b}±3.02	5.59±0.61
ไม่นวด	81.24^{b}±1.56	1.81^{a}±0.32	20.80^{a}±3.50	2.48^{b}±0.27	23.52^{a}±4.00	5.43±0.62

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในแต่ละกลุ่มปัจจัย ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างการนวดแป้ง และการเติมแป้งข้าวเจ้ากล้อง ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง

ปัจจัยร่วม[1/]		ค่าสี			อัตราการขยายปริมาตร (เท่า)	ค่าแรงต้านการเจาะทะลุ (นิวตัน)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
แป้งข้าวเจ้ากล้อง (ร้อยละ)	การนวดแป้ง	L	a*	b*			
0	นวด	81.97^{abc}±0.90	1.74^{bcd}±0.15	19.26^{bc}±0.40	2.45^{de}±0.28	17.42^{b}±2.85	6.32^{a}±0.18
5	นวด	82.19^{ab}±0.45	1.61^{cd}±0.05	19.03^{bc}±0.48	2.79^{c}±0.22	17.76^{b}±3.16	5.38^{cd}±0.53
10	นวด	82.01^{ab}±0.35^{c}	1.55^{d}±0.06	18.59^{c}±0.24	3.56^{a}±0.29	17.55^{b}±2.37	5.73^{abc}±0.41
15	นวด	81.42^{bc}±0.42	1.81^{b}±0.10	19.09^{bc}±0.42	3.03^{b}±0.23	18.26^{b}±3.70	4.94^{d}±0.22
0	ไม่นวด	79.47^{d}±1.48	1.59^{cd}±0.28	20.34^{b}±0.94	2.56^{d}±0.28	25.39^{a}±2.73	5.01^{cd}±0.55
5	ไม่นวด	81.19^{c}±1.44	2.12^{a}±0.40	23.39^{a}±4.11	2.45^{de}±0.27	25.47^{a}±3.00	6.14^{ab}±0.48
10	ไม่นวด	82.39^{a}±0.46	1.78^{bc}±0.13	18.07^{c}±0.89	2.67^{cd}±0.17	23.93^{a}±2.24	5.57^{bcd}±0.26
15	ไม่นวด	81.91^{abc}±0.61	1.77^{bc}±0.12	19.40^{bc}±0.50	2.24^{e}±0.17	19.29^{b}±3.24	4.98^{cd}±0.38

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 ผลของปัจจัยเดี่ยว (การนวดแป้ง และการเติมแป้งข้าวเจ้ากล้อง) ต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง

ปัจจัยเดี่ยว[1/]	ลักษณะปรากฏ	ความแข็ง	ความกรอบ	ความเนียนของเนื้อ	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
แป้งข้าวเจ้ากล้อง (ร้อยละ)	ns	ns	ns	ns	ns		ns
0	5.63±1.55	5.17±1.78	5.44±1.71	4.98±1.67	4.74±1.81	4.25^{b}±1.99	5.16±1.56
5	5.73±1.62	5.55±1.80	5.86±1.55	5.33±1.80	5.12±1.61	4.51^{ab}±1.83	5.41±1.60
10	5.73±1.61	5.53±1.64	5.78±1.58	5.30±1.58	5.10±1.73	4.89^{a}±1.82	5.29±1.60
15	5.95±1.44	5.59±1.69	5.82±1.75	5.48±1.86	5.00±1.57	4.83^{a}±1.86	5.56±1.49
การนวดแป้ง		ns	ns		ns	ns	
นวด	6.00^{a}±1.62	5.44±1.83	5.69±1.71	5.50^{a}±1.85	4.97±1.71	4.53±1.92	5.52^{a}±1.64
ไม่นวด	5.51^{b}±1.46	5.48±1.62	5.76±1.59	5.06^{b}±1.59	5.01±1.66	4.71±1.82	5.20^{b}±1.47

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในแต่ละกลุ่มปัจจัย ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างการนวดแป้ง และการเติมแป้งข้าวเจ้ากล้อง ต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง

ปัจจัยร่วม[1/]		ลักษณะปรากฏ	ความแข็งเมื่อกัด	ความกรอบ	ความเนียนของเนื้อ	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม[ns]
แป้งข้าวเจ้ากล้อง (ร้อยละ)	การนวดแป้ง							
0	นวด	6.04^{a}±1.56	4.72^{b}±1.86	5.24^{b}±1.76	5.00^{ab}±1.80	4.40^{b}±1.81	3.94^{b}±1.96	5.28±1.49
5	นวด	5.96^{a}±1.78	5.58^{a}±1.77	5.68^{ab}±1.54	5.60^{ab}±1.94	5.16^{ab}±1.52	4.36^{ab}±1.83	5.60±1.50
10	นวด	5.90^{a}±1.67	5.82^{a}±1.72	6.12^{a}±1.65	5.70^{a}±1.68	5.30^{a}±1.78	5.06^{a}±1.86	5.64±1.82
15	นวด	6.08^{a}±1.50	5.64^{a}±1.83	5.74^{ab}±1.83	5.70^{a}±1.92	5.02^{ab}±1.65	4.76^{ab}±1.90	5.54±1.75
0	ไม่นวด	5.22^{b}±1.45	5.62^{a}±1.58	5.64^{ab}±1.66	4.96^{ab}±1.55	5.08^{ab}±1.77	4.56^{ab}±1.98	5.04±1.64
5	ไม่นวด	5.50^{ab}±1.42	5.52^{a}±1.84	6.04^{a}±1.55	5.06^{ab}±1.63	5.08^{ab}±1.71	4.66^{ab}±1.84	5.22±1.68
10	ไม่นวด	5.56^{ab}±1.55	5.24^{ab}±1.51	5.44^{ab}±1.45	4.90^{b}±1.37	4.90^{ab}±1.68	4.72^{ab}±1.78	4.94±1.27
15	ไม่นวด	5.82^{ab}±1.38	5.54^{a}±1.57	5.90^{ab}±1.68	5.26^{ab}±1.79	4.98^{ab}±1.50	4.90^{a}±1.69	5.58±1.20

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 ผลของระยะเวลาในการแช่เย็นให้แป้งสุกคงตัว

จากผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผลิตจากแป้งข้าวเหนียวกล้อง และผสมแป้งข้าวเจ้ากล้องร้อยละ 10 และผ่านการนวด ปั้นใส่พิมพ์ทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร แล้วทำการแช่เย็นเบื้องต้นก่อนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากแม่พิมพ์ไปแช่เย็นให้คงตัวต่อ ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน 4 ช่วงเวลา คือ 10 12 14 และ 16 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์ค่าแรงตัดให้ขาด ซึ่งค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง ให้ค่าแรงตัดให้ขาดต่ำที่สุดคือ 32.05$\pm$3.97 นิวตัน (ตาราง 4.7) ส่วนระยะเวลาที่ให้ค่าแรงตัดให้ขาดสูงที่สุด คือ ที่ระยะเวลา 16 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 47.79$\pm$2.66 นิวตัน แต่ที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง ไม่สามารถหั่นผลิตภัณฑ์ให้เป็นแผ่นได้ จึงเลือกเฉพาะที่ระยะเวลา 12 14 และ 16 ชั่วโมง ทำการหั่นเป็นแผ่น อบแห้ง นำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวกล้องก่อนอบพอง ซึ่งมีความชื้นใกล้เคียงกันในช่วงร้อยละ 22.03-22.20

เมื่อนำไปอบพอง พบว่าระยะเวลาในการแช่เย็นมีผลต่อค่า a* b* แรงต้านการเจาะทะลุ และปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวกล้องอบพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่แช่เย็นที่ระยะเวลา 14 ชั่วโมง มีค่า a* และ b* สูงที่สุด คือ 2.21$\pm$0.10 และ 21.41$\pm$0.97 ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแรงต้านการเจาะทะลุต่ำที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ที่แช่เย็นที่ระยะเวลา 16 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 19.75$\pm$3.21 นิวตัน และผลิตภัณฑ์มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5.27-6.08 โดยระยะเวลาในการแช่เย็นไม่มีผลต่อค่า L และอัตราการขยายปริมาตร ซึ่งผลิตภัณฑ์มีค่า L อยู่ในช่วง 80.52-82.00 มีอัตราการขยายปริมาตรอยู่ในช่วง 3.51-3.56 เท่า ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาการแช่เย็นที่ต่างกันค่าแรงต้านการเจาะทะลุของผลิตภัณฑ์จะมีค่าต่างกัน ซึ่งเกิดจากในระหว่างการแช่เย็นจะเกิดการรีโทรเกรเดชันของแป้ง ซึ่งทำให้อนุภาคของแป้งจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ และจับตัวกันแน่นขึ้น ซึ่งเมื่อทำการแช่เย็นนานขึ้นการเกิดรีโทรเกรเดชัน ก็จะเกิดได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ทำให้เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปอบพอง ผลิตภัณฑ์ที่แช่เย็นนานกว่าจึงมีค่าแรงต้านการเจาะทะลุที่ต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์ที่แช่เย็นที่ระยะเวลาสั้นกว่า

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง มาตรวจสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าระยะเวลาในการแช่เย็นมีผลต่อคุณภาพต่อคุณภาพด้านความแข็ง และความชอบรวม โดยผลิตภัณฑ์ที่แช่เย็นที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ได้รับการยอมรับสูงกว่าในด้านความแข็งที่ 7.30$\pm$1.15 และผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับด้านความชอบรวมคือสูงกว่า คือ ผลิตภัณฑ์ที่แช่เย็นที่ระยะเวลา 14 ชั่วโมง มีค่าการยอมรับที่ 7.44$\pm$1.23 (ตาราง 4.8) ส่วนคุณภาพที่เหลือทั้ง 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผ่านการแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน[1/]

ลักษณะคุณภาพ		เวลาในการแช่เย็น (ชั่วโมง)			
		10	12	14	16
คุณภาพก่อนอบพอง					
แรงตัดให้ขาดหลังแช่เย็น (นิวตัน)		32.05^{c}±3.97	39.20^{b}±4.44	39.70^{b}±2.18	47.79^{a}±2.66
คุณภาพหลังอบพอง					
ค่าสี	L^{ns}	-[2/]	81.22±1.23	80.52±3.24	82.00±1.76
	a*	-	1.62^{c}±0.07	2.21^{a}±0.10	2.11^{b}±0.11
	b*	-	19.89^{b}±0.79	21.41^{a}±0.97	19.58^{b}±0.54
อัตราการขยายปริมาตร (เท่า)^{ns}		-	3.56±0.06	3.51±0.10	3.51±0.14
ค่าแรงต้านการเจาะทะลุ (นิวตัน)		-	29.29^{a}±3.88	24.22^{b}±2.97	19.75^{c}±3.21
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)^{ns}		-	6.08^{a}±0.26	5.30^{b}±0.38	5.27^{b}±0.40

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละลักษณะคุณภาพ ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2/ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากก้อนแป้งอ่อนตัวมากจนไม่สามารถหั่นให้เป็นแผ่นบางได้

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง ที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดที่สามารถหั่นเป็นผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สั้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Keeratipibul *et al.* (2008) ที่ใช้เวลาในการแช่เย็นให้แป้งคงตัว นานถึง 2 วัน โดยที่ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ยังมีคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส มีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่แช่เย็นที่ระยะเวลาที่นานกว่า ด้วยเหตุนี้การแช่เย็นนาน 12 ชั่วโมง จึงมีความเหมาะสมที่จะเลือกไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.8 ลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผ่านการแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน[1/]

ลักษณะคุณภาพ	เวลาในการแช่เย็น (ชั่วโมง)			
	10	12	14	16
ลักษณะปรากฏ[ns]	-	6.18±0.69	6.20±0.90	6.54±1.13
ความแข็ง	-	7.30[a]±1.15	6.66[b]±1.53	7.16[ab]±1.13
ความกรอบ[ns]	-	7.54±0.95	7.58±0.86	7.14±1.40
ความเนียนของเนื้อ[ns]	-	6.84±1.07	7.18±0.83	6.70±1.62
กลิ่น[ns]	-	6.28±1.55	6.20±1.71	6.00±2.02
รสชาติ[ns]	-	5.46±1.83	6.06±1.74	6.08±1.95
ความชอบรวม	-	6.82[b]±1.32	7.44[a]±1.23	6.86[b]±1.55

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละลักษณะคุณภาพ ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2/ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากก้อนแป้งอ่อนตัวมากจนไม่สามารถหั่นให้เป็นแผ่นบางได้

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.5 ผลของความหนา และความชื้นหลังอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวเหนียวกล้องอบพอง

จากผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผลิตจากแป้งข้าวเหนียวกล้อง และผสมแป้งข้าวเจ้ากล้องร้อยละ 10 และผ่านการนวด ปั้นใส่พิมพ์ทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร แล้วนำไปแช่เย็นเบื้องต้นก่อนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากแม่พิมพ์ไปบรรจุในถุงพลาสติก แช่เย็นให้คงตัวต่ออีก 12 ชั่วโมง หั่นที่ความหนาต่างกัน 3 ระดับ คือ 2.5 3.5 และ 4.5 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนจนได้ความชื้น 5 ระดับ คือ ร้อยละ 14 16 18 20 และ 22 นำไปวิเคราะห์คุณภาพปัจจัยเดี่ยวด้านความหนาของผลิตภัณฑ์ก่อนอบพอง พบว่า ความหนาไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นก่อนอบพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันในช่วงร้อยละ 18.17-18.43 เมื่อนำไปอบพอง พบว่า ความหนามีผลต่อค่าสี อัตราการขยายปริมาตรและแรงต้านการเจาะทะลุ ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่มีความหนา 4.5 มิลลิเมตร มีค่า L สูงสุด คือ 81.96±1.51

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และมีผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่มีความหนา 2.5 มิลลิเมตร มีค่า a* b* อัตราการขยายปริมาตรสูงสุด และแรงต้านการเจาะทะลุต่ำสุด คือ มีค่า 1.98±0.34 19.15±1.74 3.62±0.22 เท่า และ 25.07±3.36 นิวตัน (ตาราง 4.9) โดยความหนาไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น ซึ่งมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5.52-5.59 และจากผลการทดลองข้างต้น พบว่า ความหนามีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากความหนามีผลต่อการผ่านของคลื่นไมโครเวฟ (วัชรินทร์, 2531) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาที่ต่างกันมีอัตราการขยายปริมาตรที่แตกต่างกัน ดังจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่หนาน้อยที่สุดมีการขยายปริมาตรสูงที่สุด เนื่องการผลิตภัณฑ์ถูกทำให้มีอุณหภูมิสูงในระยะเวลาสั้นที่สุด

ปัจจัยเดี่ยวในด้านความชื้นหลังอบแห้ง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากอบแห้งมีความชื้นใกล้เคียงกับค่าที่กำหนด คือ มีปริมาณความชื้นที่ร้อยละ 14.30±0.42 16.23±0.30 18.37±0.33 20.31±0.34 และ 22.43±0.41 (ตาราง 4.9) เมื่อนำไปอบพอง พบว่า ความชื้นหลังอบแห้งมีผลต่อค่าสี อัตราการขยายปริมาตร และแรงต้านการเจาะทะลุ ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่มีความชื้นหลังอบแห้งร้อยละ 18 มีค่า L สูงสุดที่ 82.45±1.39 ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่มีความชื้นหลังอบแห้งร้อยละ 22 มีค่า a* สูงสุด เท่ากับ 2.06±0.16 ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่มีความชื้นหลังอบแห้งร้อยละ 16 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีค่า b* อัตราการขยายปริมาตรสูงสุด และแรงต้านการเจาะทะลุต่ำสุด คือ มีค่า 19.46±1.80 3.57±0.19 เท่า และ 29.25±5.28 นิวตัน โดยความชื้นหลังอบแห้งไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นซึ่งมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5.44-5.73 และจากผลการทดลองข้างต้น พบว่าความชื้นมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการพองตัวจากการที่ความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนสูงจึงเกิดการระเหยตัวอย่างรวดเร็ว และดันผลิตภัณฑ์เกิดรูพรุนกระจายทั่ว (ผลิตภัณฑ์จากข้าว, 2554) ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ความชื้นต่ำผลิตภัณฑ์มีอัตราการขยายตัวสูง โดยเกิดจากที่ความชื้นต่ำเมื่อเกิดการพองตัวผิวนอกของผลิตภัณฑ์จะแห้งไม่มีความชื้นเหลืออยู่จึงไม่เกิดการยุบตัวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการการยุบตัวเกิดจากผิวนอกของผลิตภัณฑ์หลังอบพองมีความชื้นเหลืออยู่ผิวนอก ทำให้ผิวนอกนิ่ม และไม่คงตัว

เมื่อพิจารณาผลของปัจจัยร่วมทั้งสองปัจจัย คือ ความหนา และความชื้นหลังอบแห้ง พบว่าปัจจัยร่วมทั้งสองมีผลต่อค่าสี อัตราการขยายปริมาตร และแรงต้านการเจาะทะลุ ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์แบบที่มีความหนา 3.5 มิลลิเมตร และความชื้นหลังอบแห้ง 18 มีค่า L สูงสุด คือ 83.10±0.39 (ตาราง 4.10) ในส่วนของค่า a* และ b* มีผลิตภัณฑ์แบบที่มีความหนา 2.5 มิลลิเมตร และความชื้นหลังอบแห้ง 16 มีค่าสูงสุด คือ ค่าสีแดง เท่ากับ 2.52±0.10 และค่าสีเหลือง เท่ากับ 21.68±0.42 ผลิตภัณฑ์แบบที่มีความหนา 3.5 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และความชื้นหลังอบแห้ง 14 มีอัตราการขยายปริมาตรสูงสุด 3.78±0.17 เท่า ส่วนค่าแรงต้านการเจาะทะลุของผลิตภัณฑ์แบบที่มีความหนา 2.5 มิลลิเมตร และความชื้นหลังอบแห้ง 14 มีค่า เท่ากับ 23.17±2.26 นิวตัน ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันในช่วงร้อยละ 5.32-6.09

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง มาทำการตรวจสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลของปัจจัยเดี่ยวด้านความหนา มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องที่มีความหนา 3.5 มิลลิเมตร ได้รับการยอมสูงกว่าในทุกคุณภาพ (ตาราง 4.11) ปัจจัยเดี่ยวด้านความความชื้นหลังอบแห้ง มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นด้านความกรอบที่มีคะแนนการยอมรับในช่วง 5.35-5.69 โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ได้รับการยอมรับสูงกว่าด้านลักษณะปรากฏ คือผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่มีความชื้นหลังอบแห้งร้อยละ 16 ส่วนผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ได้รับการยอมรับสูงกว่าด้านความแข็ง ความเนียนของเนื้อ และกลิ่น คือผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่มีความชื้นหลังอบแห้งร้อยละ 18 มีคะแนนการยอมรับ เท่ากับ 5.13±1.75 5.29±1.55 และ 5.35±1.61 ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่มีความชื้นหลังอบแห้งร้อยละ 14 ได้รับการยอมรับด้านรสชาติ และความชอบรวมสูงกว่า คือ 5.66±2.15 และ 6.25±1.76 (ตาราง 4.11) เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างความหนา และความชื้นหลังอบแห้ง พบว่าทั้งสองปัจจัยมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่มีความหนา 3.5 มิลลิเมตร และความชื้นหลังอบแห้งร้อยละ 14 16 และ 18 ได้รับการยอมรับสูงใกล้เคียงกัน (ตาราง 4.12) ซึ่งสอดคล้องกับการยอมรับในด้านปัจจัยเดี่ยวทั้งสองปัจจัย

จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่มีความหนา 3.5 มิลลิเมตร และความชื้นหลังอบแห้งร้อยละ 14 16 และ 18 เนื่องจากมีอัตราการพองตัวที่สูง ความหนาแน่นต่ำ และมีคะแนนการยอมรับที่สูงใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jomduang (1994) ที่พบว่าความชื้นที่เหมาะสมก่อนการอบพอง คือ ร้อยละ 14-20 แต่ในทางปฏิบัติที่ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นร้อยละ 14 มีการแตกร้าวหลังการอบแห้งเป็นปริมาณมาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการทดลองขั้นต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นหลังอบแห้งร้อยละ 17 ไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 ผลของปัจจัยเดี่ยว (ความชื้นหลังอบแห้ง และความหนาของแผ่น) ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง

ปัจจัยเดี่ยว[1/]	ความชื้นก่อนอบพอง (ร้อยละ)	ค่าสี			อัตราการขยายปริมาตร (เท่า)	ค่าแรงต้านการเจาะทะลุ (นิวตัน)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
		L	a*	b*			
ความหนา (มิลลิเมตร)	ns						ns
2.5	18.17±2.97	81.64^{ab}±1.27	1.98^{a}±0.34	19.15^{a}±1.74	3.62^{a}±0.22	25.07^{b}±3.36	5.59±0.43
3.5	18.38±2.97	81.33^{b}±2.07	1.82^{b}±0.23	19.85^{b}±1.32	3.45^{b}±0.33	34.50^{a}±4.28	5.52±0.41
4.5	18.43±3.05	81.96^{a}±1.51	1.66^{c}±0.30	17.79^{c}±1.01	3.29^{c}±0.35	34.54^{a}±5.73	5.55±0.55
ความชื้น (ร้อยละ)							ns
14	14.30^{e}±0.42	81.58^{bc}±1.37	1.62^{e}±0.34	18.57^{b}±0.93	3.64^{a}±0.30	30.43^{c}±6.08	5.44±0.48
16	16.23^{d}±0.30	81.04^{c}±1.68	1.93^{b}±0.44	19.46^{a}±1.80	3.57^{a}±0.19	29.25^{c}±5.28	5.53±0.41
18	18.37^{c}±0.33	82.45^{a}±1.39	1.80^{c}±0.14	18.01^{c}±1.03	3.36^{b}±0.35	29.83^{c}±4.20	5.63±0.46
20	20.31^{b}±0.34	82.29^{ab}±1.20	1.71^{d}±0.19	17.22^{d}±0.87	3.36^{b}±0.33	31.95^{b}±6.17	5.73±0.47
22	22.43^{a}±0.41	80.86^{c}±1.99	2.06^{a}±0.16	19.72^{a}±1.11	3.34^{b}±0.37	35.40^{a}±7.77	5.44±0.49

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในแต่ละกลุ่มปัจจัย ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างความชื้นหลังอบแห้ง และความหนาของแผ่น ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง

ปัจจัยร่วม[1/]		ปริมาณความชื้นก่อนอบพอง (ร้อยละ)	หลังอบพอง					
ความหนา (มิลลิเมตร)	ความชื้น (ร้อยละ)		ค่าสี			อัตราการขยายปริมาตร (เท่า)	ค่าแรงต้านการเจาะทะลุ (นิวตัน)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)[ns]
			L	a*	b*			
2.5	14	14.07^{e}±0.37	81.60^{abc}±1.78	1.96^{c}±0.08	19.23^{cd}±1.12	3.61^{abcd}±0.28	23.17^{h}±2.26	5.40±0.42
	16	16.08^{d}±0.40	80.59^{cd}±0.74	2.52^{a}±0.10	21.68^{a}±0.42	3.74^{ab}±0.18	24.20^{gh}±3.79	5.32±0.32
	18	18.47^{c}±0.26	81.77^{abc}±1.33	1.92^{cd}±0.08	19.05^{de}±0.90	3.62^{abcd}±0.22	25.99^{fg}±2.55	5.62±0.15
	20	20.08^{b}±0.17	82.25^{ab}±1.06	1.50^{i}±0.13	16.65^{i}±0.37	3.63^{abc}±0.19	25.35^{fgh}±3.57	6.09±0.30
	22	22.15^{a}±0.28	82.01^{abc}±0.58	2.01^{c}±0.07	19.16^{cd}±0.30	3.51^{abcde}±0.22	26.64^{f}±3.46	5.53±0.60
3.5	14	14.40^{e}±0.49	81.87^{abc}±1.33	1.71^{gh}±0.06	18.44^{ef}±0.53	3.78^{a}±0.17	34.78^{bc}±3.10	5.43±0.23
	16	16.41^{d}±0.19	80.64^{cd}±2.45	1.77^{fg}±0.08	19.08^{de}±0.81	3.54^{abcd}±0.12	32.89^{cde}±3.70	5.52±0.11
	18	18.22^{c}±0.33	83.10^{a}±0.39	1.64^{h}±0.07	19.79^{c}±0.37	3.33^{defg}±0.36	31.53^{de}±3.88	5.44±0.39
	20	20.41^{b}±0.31	81.66^{abc}±1.43	1.78^{efg}±0.11	18.14^{fg}±0.78	3.24^{efg}±0.30	36.99^{b}±4.38	5.76±0.55
	22	22.48^{a}±0.39	79.38^{d}±2.17	2.22^{b}±0.15	20.83^{b}±1.16	3.35^{cdefg}±0.34	36.29^{b}±4.01	5.45±0.72
4.5	14	14.43^{e}±0.47	81.28^{bc}±0.93	1.18^{j}±0.11	18.06^{fg}±0.65	3.52^{abcd}±0.37	33.34^{cd}±3.96	5.49±0.83
	16	16.21^{d}±0.30	81.89^{abc}±1.19	1.51^{i}±0.04	17.63^{gh}±0.54	3.45^{bcdef}±0.16	30.66^{e}±3.96	5.75±0.65
	18	18.41^{c}±0.45	82.49^{ab}±1.82	1.83^{ef}±0.06	17.20^{hi}±0.68	3.12^{g}±0.27	31.95^{de}±3.17	5.83±0.75
	20	20.45^{b}±0.47	82.97^{a}±0.74	1.86^{de}±0.04	16.87^{i}±0.47	3.20^{fg}±0.32	33.51^{cd}±3.31	5.33±0.27
	22	22.65^{a}±0.50	81.20^{bc}±1.92	1.95^{c}±0.10	19.19^{cd}±0.73	3.15^{g}±0.45	43.25^{a}±3.62	5.36±0.26

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 ผลของปัจจัยเดี่ยว (ความชื้นหลังอบแห้ง และความหนาของแผ่น) ต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง

ปัจจัยเดี่ยว[1/]	ลักษณะปรากฏ	ความแข็ง	ความกรอบ	ความเนียนของเนื้อ	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
ความหนา (มิลลิเมตร)							
2.5	4.63^{b}±1.59	4.21^{c}±1.80	5.31^{b}±1.87	4.66^{b}±1.82	4.31^{b}±1.60	4.34^{b}±2.12	5.16^{b}±2.02
3.5	5.10^{a}±1.58	5.10^{a}±1.77	5.78^{a}±1.43	5.10^{a}±1.64	5.56^{a}±1.83	5.33^{a}±1.98	6.05^{a}±1.75
4.5	4.74^{b}±1.65	4.78^{b}±1.73	5.38^{b}±1.62	5.15^{a}±1.51	5.46^{a}±1.46	5.61^{a}±1.76	6.13^{a}±1.56
ความชื้น (ร้อยละ)			ns				
14	4.91^{a}±1.72	4.61^{b}±1.85	5.35±1.69	5.07^{a}±1.62	5.31^{a}±1.93	5.66^{a}±2.15	6.25^{a}±1.76
16	5.03^{a}±1.71	4.81^{ab}±1.77	5.51±1.57	5.07^{a}±1.72	5.31^{a}±1.68	5.53^{ab}±1.85	5.99^{ab}±1.73
18	4.98^{a}±1.51	5.13^{a}±1.75	5.69±1.67	5.29^{a}±1.55	5.35^{a}±1.61	5.17^{b}±1.87	6.13^{a}±1.74
20	4.75^{ab}±1.59	5.00^{ab}±1.75	5.47±1.74	4.93^{a}±1.58	5.05^{a}±1.63	5.12^{b}±2.06	5.64^{b}±1.85
22	4.47^{b}±1.50	3.93^{c}±1.65	5.44±1.64	4.49^{b}±1.80	4.53^{b}±1.67	3.99^{c}±1.79	4.90^{c}±1.79

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในแต่ละกลุ่มปัจจัย ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างความชื้นหลังอบแห้ง และความหนาของแผ่น ต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง

ปัจจัยร่วม[1/]		ลักษณะปรากฏ	ความแข็ง	ความกรอบ	ความเนียนของเนื้อ	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
ความหนา (มิลลิเมตร)	ความชื้น (ร้อยละ)							
2.5	14	4.64^{bcd}±1.80	4.40^{de}±1.91	5.46^{b}±1.75	4.72^{b}±1.84	3.94^{f}±1.65	4.56^{ef}±2.21	5.40^{bc}±1.98
	16	4.50^{cd}±1.83	4.28^{de}±1.87	5.30^{ab}±2.02	4.82^{ab}±1.83	4.48^{def}±1.68	4.42^{fg}±2.07	5.26^{c}±1.97
	18	4.64^{bcd}±1.32	4.38^{de}±1.74	5.34^{ab}±2.00	5.06^{ab}±1.75	4.92^{cde}±1.34	4.76^{def}±1.94	5.52^{bc}±1.82
	20	4.62^{bcd}±1.58	4.62^{d}±1.76	5.42^{b}±1.69	4.70^{b}±1.72	4.36^{ef}±1.48	4.48^{fg}±2.34	4.84^{cde}±2.13
	22	4.76^{bcd}±1.39	3.38^{f}±1.51	5.04^{ab}±1.91	4.00^{c}±1.84	3.86^{f}±1.65	3.48^{h}±1.82	4.78^{cd}±2.16
3.5	14	5.24^{abc}±1.66	4.84^{bcd}±1.82	5.70^{ab}±1.49	5.42^{ab}±1.58	6.46^{a}±1.66	6.40^{a}±2.06	6.70^{a}±1.57
	16	5.58^{a}±1.46	4.80^{cd}±1.86	5.58^{ab}±1.39	5.12^{ab}±1.77	5.82^{b}±1.56	6.22^{ab}±1.52	6.54^{a}±1.28
	18	5.30^{ab}±1.53	5.46^{abc}±1.76	6.10^{a}±1.25	5.26^{ab}±1.52	5.54^{bc}±1.74	5.34^{cde}±1.74	6.48^{a}±1.80
	20	4.88^{abcd}±1.55	5.78^{a}±1.63	5.80^{ab}±1.44	4.98^{ab} ±1.53	5.36^{bc}±1.90	4.94^{def}±1.80	6.06^{ab}±1.67
	22	4.50^{cd}±1.53	4.60^{d}±1.50	5.70^{ab}±1.56	4.70^{b}±1.75	4.64^{de}±1.85	3.76^{gh}±1.59	4.48^{d}±1.37
4.5	14	4.84^{bcd}±1.67	4.58^{d}±1.83	5.16^{b}±1.67	5.06^{ab}±1.35	5.52^{bc}±1.59	6.02^{abc}±1.73	6.64^{a}±1.40
	16	5.00^{abc}±1.69	5.36^{abc}±1.41	5.52^{b}±1.76	5.26^{ab}±1.56	5.62^{bc}±1.51	5.94^{abc}±1.36	6.16^{ab}±1.67
	18	5.00^{abc}±1.62	5.56^{ab}±1.53	5.62^{ab}±1.61	5.54^{a}±1.33	5.60^{bc}±1.68	5.42^{bcd}±1.90	6.40^{a}±1.43
	20	4.74^{bcd}±1.65	4.60^{d}±1.62	5.32^{ab}±1.56	5.10^{ab}±1.47	5.44^{bc}±1.25	5.94^{abc}±1.72	6.02^{ab}±1.44
	22	4.14^{d}±1.55	3.82^{ef}±1.71	5.30^{b}±1.54	4.78^{ab}±1.74	5.10^{bcd}±1.22	4.72^{def}±1.75	5.44^{bc}±1.64

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6 เปรียบเทียบคุณภาพของข้าวเหนียวกล้องอบพองกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

จากผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผลิตจากแป้งข้าวเหนียวกล้อง และผสมแป้งข้าวเจ้ากล้องร้อยละ 10 และผ่านการนวด ปั้นใส่พิมพ์ทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร แล้วทำการแช่เย็นเบื้องต้นก่อนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากแม่พิมพ์ไปบรรจุในถุงพลาสติก แช่เย็นให้คงตัวต่ออีก 12 ชั่วโมง หั่นที่ความหนา 3.5 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนจนเหลือความชื้นร้อยละ 17 อบพอง ทำการปรุงรสข้าวเหนียวกล้องอบพองทั้งหมด 2 รสชาติ คือ บาร์บิคิว และสาหร่าย โดยฉีดพ่นข้าวเหนียวกล้องอบพองด้วยน้ำมันพืช (ร้อยละ 8) ให้ทั่ว จากนั้นค่อย ๆ โรยผงปรุงรส (ร้อยละ 12) ลงไปให้ผงปรุงรสเกาะติดข้าวเหนียวกล้องอบพองดี จากนั้นทำการเปรียบเทียบคุณภาพกับอาหารขบเคี้ยวประเภทอบพองจากข้าวทางการค้า 3 ชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 1 ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 2 และผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 3 นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 แบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองแบบไม่ปรุงรส มีปริมาณโปรตีนสูงสุดและปริมาณไขมันต่ำสุด ที่ ร้อยละ 8.93 ± 0.02 และ 1.56 ± 0.08 (ตาราง 4.13) ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเส้นใย และเถ้าสูงใกล้เคียงกัน คือ ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองแบบรสสาหร่าย และผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 2 ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และปริมาณอะไมโลสสูงสุด คือ ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 1 มีค่าที่ ร้อยละ 84.24 ± 0.38 และ 22.72 ± 0.16 ตามลำดับ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งข้าวเจ้าเป็นองค์ประกอบหลัก จึงมีอะไมโลสในปริมาณสูง

เมื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า อัตราการขยายปริมาตรของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผลิตได้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.33-3.38 เท่า (ตาราง 4.13) ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 1 มีค่า L สูงสุด ค่าแรงต้านการเจาะทะลุและปริมาณความชื้นต่ำสุด ที่ 87.21 ± 0.64 13.38 ± 1.04 และ 3.15 ± 0.11 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองแบบรสบาร์บิคิว มีค่า a* และ b* สูงสุดที่ 0.35 ± 0.17 และ 19.24 ± 0.49 ตามลำดับ ด้านความหนาแน่นผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผลิตได้ มีความหนาแน่นต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าอยู่ในช่วง 0.25-0.26 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

เมื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 1 ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด และผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองแบบรสสาหร่ายได้รับคะแนนการยอมรับรองลงมาโดยมีคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วง 6.11-7.08 (ตาราง 4.14) คืออยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ด้วยเหตุนี้ ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองแบบรสสาหร่ายจึงเหมาะสมที่จะเลือกไปใช้ในการทดลองต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.13 คุณภาพทางเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ได้ และผลิตภัณฑ์ทางการค้า[1/]

คุณภาพ	ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผลิตได้			ผลิตภัณฑ์ทางการค้า		
	ไม่ปรุงรส	รสสาหร่าย	รสบาร์บีคิว	ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 3
คุณภาพทางเคมี						
ความชื้น(ร้อยละ)	$5.01^{b}\pm0.12$	$5.49^{a}\pm0.13$	$5.66^{a}\pm0.10$	$3.15^{d}\pm0.11$	$4.96^{bc}\pm0.15$	$4.78^{b}\pm0.10$
โปรตีน (ร้อยละ)	$8.93^{a}\pm0.02$	$8.65^{c}\pm0.03$	$7.55^{d}\pm0.02$	$6.70^{e}\pm0.11$	$8.79^{b}\pm0.03$	$7.64^{d}\pm0.09$
ไขมัน (ร้อยละ)	$1.56^{c}\pm0.08$	$9.10^{a}\pm0.14$	$9.20^{a}\pm0.22$	$3.56^{b}\pm0.15$	$1.77^{c}\pm0.09$	$1.81^{c}\pm0.17$
เส้นใย (ร้อยละ)	$2.02^{c}\pm0.06$	$3.29^{b}\pm0.12$	$2.16^{c}\pm0.10$	$0.84^{d}\pm0.07$	$4.26^{a}\pm0.09$	$0.90^{d}\pm0.04$
เถ้า (ร้อยละ)	$1.51^{b}\pm0.09$	$2.41^{a}\pm0.14$	$1.77^{b}\pm0.15$	$1.51^{b}\pm0.11$	$2.45^{a}\pm0.09$	$1.69^{b}\pm0.23$
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	$80.97^{c}\pm0.26$	$71.06^{f}\pm0.21$	$73.66^{e}\pm0.14$	$84.24^{a}\pm0.38$	$77.77^{d}\pm0.21$	$82.62^{b}\pm0.17$
อะไมโลส (ร้อยละ)	$9.17^{b}\pm0.15$	$8.64^{c}\pm0.27$	$8.78^{c}\pm0.12$	$22.72^{a}\pm0.16$	$7.08^{e}\pm0.07$	$7.62^{d}\pm0.17$
คุณภาพทางกายภาพ						
ค่าสี L	$81.65^{b}\pm0.56$	$75.09^{c}\pm0.93$	$73.15^{d}\pm0.57$	$87.21^{a}\pm0.64$	$55.35^{f}\pm1.62$	$65.82^{e}\pm2.21$
ค่าสี a*	$1.96^{d}\pm0.17$	$0.35^{e}\pm0.17$	$11.29^{a}\pm0.92$	$0.45^{e}\pm0.17$	$2.70^{c}\pm0.84$	$8.28^{b}\pm0.59$
ค่าสี b*	$19.77^{c}\pm0.42$	$19.24^{cd}\pm0.49$	$36.24^{a}\pm1.17$	$16.13^{e}\pm0.62$	$18.48^{d}\pm1.83$	$23.03^{b}\pm0.77$
อัตราการขยายปริมาตร (เท่า)^{ns}	3.33 ± 0.23	3.38 ± 0.23	3.36 ± 0.16	-[2/]	-	-
ความหนาแน่น (กรัม/เซนติเมตร^3)	$0.26^{c}\pm0.03$	$0.25^{c}\pm0.03$	$0.25^{c}\pm0.02$	$0.32^{ab}\pm0.03$	$0.32^{b}\pm0.02$	$0.34^{a}\pm0.02$
ค่าแรงต้านการเจาะทะลุ (นิวตัน)	$30.89^{a}\pm3.43$	$31.60^{a}\pm3.33$	$31.92^{a}\pm3.84$	$13.38^{d}\pm1.04$	$15.79^{c}\pm2.92$	$26.02^{b}\pm4.67$

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

2/ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า ที่ผ่านการทำให้พองตัวมาแล้ว

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.14 ลักษณะทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ได้ และผลิตภัณฑ์ทางการค้า[1/]

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองที่ผลิตได้			ผลิตภัณฑ์ทางการค้า		
	ไม่ปรุงรส	รสสาหร่าย	รสบาร์บีคิว	ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 3
ลักษณะปรากฏ	$5.90^{c}\pm1.37$	$6.36^{c}\pm1.14$	$5.87^{c}\pm1.61$	$7.86^{a}\pm0.98$	$7.17^{b}\pm1.13$	$7.06^{b}\pm1.30$
ความแข็ง	$6.02^{cd}\pm1.67$	$6.52^{bc}\pm1.59$	$5.90^{d}\pm1.52$	$7.76^{a}\pm1.23$	$6.90^{b}\pm1.22$	$6.72^{b}\pm1.51$
ความกรอบ	$6.82^{b}\pm1.30$	$7.08^{b}\pm1.18$	$6.25^{c}\pm1.32$	$7.96^{a}\pm1.01$	$7.36^{b}\pm1.31$	$6.96^{b}\pm1.56$
ความเนียนของเนื้อ	$6.39^{b}\pm1.48$	$6.61^{b}\pm1.81$	$6.02^{b}\pm1.66$	$7.62^{a}\pm1.13$	$6.22^{b}\pm1.74$	$6.56^{b}\pm1.43$
กลิ่น	$5.44^{d}\pm1.50$	$6.11^{c}\pm1.83$	$4.62^{e}\pm1.97$	$7.96^{a}\pm0.99$	$7.36^{ab}\pm1.44$	$6.89^{b}\pm1.99$
รสชาติ	$5.59^{d}\pm1.66$	$6.69^{b}\pm1.86$	$5.96^{cd}\pm2.03$	$8.50^{a}\pm0.41$	$7.12^{b}\pm1.53$	$6.47^{bc}\pm1.89$
ความชอบรวม	$6.17^{d}\pm1.97$	$6.97^{bc}\pm1.72$	$6.48^{cd}\pm1.49$	$8.47^{a}\pm0.58$	$7.32^{b}\pm1.29$	$6.90^{bc}\pm1.94$

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.7 คุณ ภาพข้าวเหนียวกล้องอบพองระหว่างการเก็บรักษานาน 12 สัปดาห์

นำผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองจากข้อที่ 4.6 แบบไม่ปรุงรส และปรุงรสสาหร่าย มาบรรจุในถุงที่ต่างกัน 2 ชนิด คือ ถุงอลูมินัมฟอยล์ และถุงพลาสติกลามิเนต ทำการปิดปากถุงสนิท แล้วทำการเก็บรักษาอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยจะทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทุก ๆ 2 สัปดาห์ ยกเว้นลักษณะทางประสาทสัมผัส ทำการวิเคราะห์ทุก ๆ 4 สัปดาห์ แล้วนำข้อมูลคุณภาพที่อายุการเก็บรักษา 0 4 8 และ 12 สัปดาห์ ไปวิเคราะห์ พบว่าในสัปดาห์แรกที่ทำการเก็บรักษาคุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 รูปแบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ยกเว้นคุณภาพด้านความหนาแน่น และปริมาณความชื้น ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.24-0.25 ลูกบาศก์เซนติเมตร และร้อยละ 5.33-5.53 ตามลำดับ (ตาราง 4.15) โดยผลิตภัณฑ์แบบไม่ปรุงรส บรรจุในอลูมินัมฟอยล์ มีค่าสี L สูงที่สุด และค่า Thiobarbituric acid (TBA) ต่ำที่สุด ที่ 82.42$\pm$1.09 และ 0.15$\pm$0.02 mg.malonaldehye/kg.sample ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a* และ b* สูงที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์รสสาหร่าย บรรจุในอลูมินัมฟอยล์ มีค่าเท่ากับ 1.43$\pm$0.17 และ 17.87$\pm$0.52 ตามลำดับ และมีผลิตภัณฑ์แบบไม่ปรุงรส บรรจุในพลาสติกลามิเนต มีค่าแรงต้านการเจาะทะลุ และค่า Water activity (Aw) ต่ำที่สุด ที่ 28.62$\pm$1.88 นิวตัน และ 0.288$\pm$0.009 ตามลำดับ

เมื่อเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 รูปแบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ยกเว้นคุณภาพด้านความหนาแน่น และปริมาณความชื้น ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.25-0.26 ลูกบาศก์เซนติเมตร และร้อยละ 5.48-5.83 ตามลำดับ (ตาราง 4.16) โดยผลิตภัณฑ์แบบไม่ปรุงรส บรรจุในอลูมินัมฟอยล์ มีค่าสี L สูงที่สุด ค่า TBA และค่า Aw ต่ำที่สุด ที่ 81.45$\pm$1.09 0.30$\pm$0.02 mg.malonaldehye/kg.sample และ 0.320$\pm$0.004 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a* และ b* สูงที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์รสสาหร่าย บรรจุในพลาสติกลามิเนต มีค่าเท่ากับ 2.05$\pm$0.46 และ 19.86$\pm$1.22 ตามลำดับ และมีผลิตภัณฑ์แบบไม่ปรุงรส บรรจุในพลาสติกลามิเนต มีค่าแรงต้านการเจาะทะลุต่ำที่สุด ที่ 31.57$\pm$1.59 นิวตัน

เมื่อเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ พบว่า คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 รูปแบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ยกเว้นคุณภาพด้านความหนาแน่น ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.25-0.27 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ตาราง 4.17) โดยผลิตภัณฑ์แบบไม่ปรุงรส บรรจุในอลูมินัมฟอยล์ มีค่าสี L สูงที่สุด ค่าแรงต้านการเจาะทะลุ ค่า TBA ค่า Aw และปริมาณความชื้นต่ำที่สุด ที่ 80.83$\pm$1.52 34.13$\pm$1.63 นิวตัน 0.94$\pm$0.04 mg.malonaldehye/kg.sample 0.323$\pm$0.005 และร้อยละ 5.53$\pm$0.23 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a* สูงที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์รสสาหร่าย บรรจุในพลาสติกลามิเนต มีค่าเท่ากับ 1.57$\pm$0.28 และมีผลิตภัณฑ์รสสาหร่าย บรรจุในอลูมินัมฟอยล์ มีค่า b* สูงที่สุด ที่ 19.20$\pm$0.89

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเก็บรักษานาน 12 สัปดาห์ พบว่า คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 รูปแบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นคุณภาพด้านความหนาแน่น ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.26-0.28 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ตาราง 4.18) โดยผลิตภัณฑ์แบบไม่ปรุงรส บรรจุในอลูมินัมฟอยล์ มีค่าสี L สูงที่สุด ค่าแรงต้านการเจาะทะลุ ค่า TBA ค่า Aw และปริมาณความชื้นต่ำที่สุด ที่ 79.81$\pm$1.30 35.86$\pm$2.40 นิวตัน 1.42$\pm$0.03 mg.malonaldehye/kg.sample 0.328$\pm$0.004 และร้อยละ 5.72$\pm$0.17 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a* สูงที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์รสสาหร่าย บรรจุในพลาสติกลามิเนต มีค่าเท่ากับ 1.38$\pm$0.31 และมีผลิตภัณฑ์รสสาหร่าย บรรจุในอลูมินัมฟอยล์ มีค่า b* สูงที่สุด ที่ 18.55$\pm$0.79

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางกายภาพ และเคมี ในระหว่างการเก็บรักษานาน 12 สัปดาห์ พบว่า ค่าสี L a* และ b* ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองทั้ง 4 ชนิด มีค่าลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพ 4.1) เนื่องจากการสลายตัวของสารสีในผลิตภัณฑ์ โดยการสลายตัวเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษา (นิธิยา, 2549) แต่ในคุณภาพด้านความหนาแน่น แรงต้านการเจาะทะลุ ค่า TBA ค่า Aw และปริมาณความชื้น มีค่าสูงขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพ 4.2 4.3 4.4 4.5 และ 4.6) โดยค่า Aw มีค่าสูงเนื่องจากมีความชื้นบางส่วนซึมผ่านบรรจุภัณฑ์เข้าไป ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วยเหตุนี้จึงทำให้ค่าความหนาแน่นมีค่าสูงขึ้น และยังทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่เปราะมีความเหนียวขึ้น จึงทำให้ค่าแรงต้านการเจาะทะลุของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ส่วนค่า TBA ที่สูงขึ้นเกิดขึ้นจากออกซิเจนซึมผ่านบรรจุภัณฑ์เข้าไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง มาทำการตรวจสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษานาน 0 4 8 และ 12 สัปดาห์ ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 รูปแบบ มีคะแนนการยอมรับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องรสสาหร่าย บรรจุในอลูมินัมฟอยล์ ได้รับการยอมรับสูงกว่าในทุกสัปดาห์ (ตาราง 4.15 4.16 4.17 และ 18) โดยในสัปดาห์สุดท้ายมีคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วง 6.72-7.59 คือ ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองทั้ง 4 ชนิด สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยที่ยังมีคุณภาพ และคะแนนการยอมรับที่ดีอยู่ และมีผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองรสสาหร่าย บรรจุในอลูมินัมฟอยล์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และคะแนนการยอมรับดีที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.15 ผลของการปรุงรสชาติ และบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองในระหว่างการเก็บรักษาสัปดาห์แรก[1/]

	ไม่ปรุงรส ถุงอลูมินัมฟอยล์	ไม่ปรุงรส ถุงพลาสติกลามิเนต	รสสาหร่าย ถุงอลูมินัมฟอยล์	รสสาหร่าย ถุงพลาสติกลามิเนต
คุณภาพทางกายภาพและเคมี				
ค่าสี L	82.42^{a}±1.09	82.02^{a}±1.14	77.70^{b}±1.39	78.47^{b}±1.54
ค่าสี a*	1.82^{c}±0.17	1.43^{d}±0.17	2.55^{a}±0.16	2.22^{b}±0.36
ค่าสี b*	17.66^{b}±0.91	17.87^{b}±0.52	20.53^{a}±1.22	19.98^{a}±1.00
ความหนาแน่น^{ns} (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.24±0.03	0.24±0.03	0.24±0.02	0.25±0.04
แรงต้านการเจาะทะลุ (นิวตัน)	29.05^{bc}±3.38	28.62^{c}±1.88	31.24^{a}±3.47	30.91^{ab}±3.38
Thiobarbituric acid (mg.malonaldehye/kg. sample)	0.15^{b}±0.02	0.16^{b}±0.03	0.22^{a}±0.02	0.19^{ab}±0.03
Water activity	0.295^{b}±0.011	0.288^{b}±0.009	0.342^{a}±0.005	0.347^{a}±0.005
ปริมาณความชื้น^{ns} (ร้อยละ)	5.33±0.16	5.37±0.19	5.53±0.10	5.52±0.13
ลักษณะทางประสาทสัมผัส				
ลักษณะปรากฏ	6.92^{c}±0.66	7.00^{c}±0.49	7.81^{a}±0.65	7.52^{b}±0.51
ความแข็ง	7.00^{ab}±0.89	6.66^{b}±1.09	7.24^{a}±0.76	7.34^{a}±0.74
ความกรอบ	7.15^{b}±0.93	6.78^{c}±1.08	7.59^{a}±0.74	7.41^{ab}±0.86
กลิ่น	8.05^{ab}±0.54	8.13^{a}±0.63	7.81^{b}±0.63	7.86^{ab}±0.85
รสชาติ	6.17^{b}±1.25	6.21^{b}±1.16	7.57^{a}±0.86	7.64^{a}±0.96
ความชอบรวม	7.00^{d}±0.80	7.24^{c}±0.58	8.24^{a}±0.44	7.94^{b}±0.56

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละลักษณะคุณภาพ ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.16 ผลของการปรุงรสชาติ และบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองหลังการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์[1/]

	ไม่ปรุงรส ถุงอลูมินัมฟอยล์	ไม่ปรุงรส ถุงพลาสติกลามิเนต	รสสาหร่าย ถุงอลูมินัมฟอยล์	รสสาหร่าย ถุงพลาสติกลามิเนต
คุณภาพทางกายภาพและเคมี				
ค่าสี L	81.45^{a}±1.09	81.30^{a}±1.13	76.86^{b}±1.20	77.32^{b}±1.27
ค่าสี a*	1.73^{b}±0.30	1.34^{c}±0.16	2.03^{a}±0.20	2.05^{a}±0.46
ค่าสี b*	17.18^{b}±0.74	17.14^{b}±0.84	19.69^{a}±1.01	19.86^{a}±1.22
ความหนาแน่น^{ns} (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.25±0.03	0.26±0.03	0.25±0.02	0.26±0.01
แรงต้านการเจาะทะลุ (นิวตัน)	32.35^{bc}±1.92	31.57^{c}±1.59	32.98^{ab}±1.76	34.27^{a}±2.76
Thiobarbituric acid (mg.malonaldehye/kg. sample)	0.30^{d}±0.02	0.37^{c}±0.02	0.56^{b}±0.03	0.89^{a}±0.05
Water activity	0.320^{c}±0.004	0.353^{b}±0.006	0.356^{b}±0.006	0.369^{a}±0.003
ปริมาณความชื้น^{ns} (ร้อยละ)	5.48±0.23	5.67±0.13	5.70±0.24	5.83±0.14
ลักษณะทางประสาทสัมผัส				
ลักษณะปรากฏ	6.68^{c}±0.79	6.46^{c}±0.82	7.68^{a}±0.58	7.10^{b}±0.80
ความแข็ง	6.73^{a}±0.96	5.53^{c}±1.40	7.15^{a}±0.80	6.13^{b}±1.10
ความกรอบ	6.35^{bc}±1.12	6.05^{c}±1.40	7.38^{a}±0.97	6.68^{b}±1.03
กลิ่น	7.71^{a}±1.18	7.55^{ab}±0.94	7.58^{ab}±0.95	7.15^{b}±1.03
รสชาติ	5.68^{b}±1.23	5.30^{b}±1.10	7.38^{a}±0.78	7.24^{a}±0.93
ความชอบรวม	6.17^{b}±1.05	6.13^{b}±1.05	7.88^{a}±0.59	7.75^{a}±0.77

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละลักษณะคุณภาพ ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.17 ผลของการปรุงรสชาติ และบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองหลังการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์[1/]

	ไม่ปรุงรส ถุงอลูมินัมฟอยล์	ไม่ปรุงรส ถุงพลาสติกลามิเนต	รสสาหร่าย ถุงอลูมินัมฟอยล์	รสสาหร่าย ถุงพลาสติกลามิเนต
คุณภาพทางกายภาพและเคมี				
ค่าสี L	80.83^{a}±1.52	80.35^{a}±1.11	76.30^{b}±1.47	76.39^{b}±1.52
ค่าสี a*	1.03^{b}±0.29	1.03^{b}±0.11	1.43^{a}±0.21	1.57^{a}±0.28
ค่าสี b*	15.99^{b}±0.88	16.22^{b}±0.46	19.20^{a}±0.89	18.82^{a}±1.02
ความหนาแน่น^{ns} (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.25±0.02	0.27±0.02	0.26±0.02	0.26±0.02
แรงต้านการเจาะทะลุ (นิวตัน)	34.13^{b}±1.63	35.20^{ab}±2.09	34.85^{ab}±1.34	35.96^{a}±1.90
Thiobarbituric acid (mg.malonaldehye/kg. sample)	0.94^{d}±0.04	1.29^{c}±0.04	1.43^{b}±0.05	1.84^{a}±0.03
Water activity	0.323^{c}±0.005	0.366^{b}±0.002	0.366^{b}±0.007	0.377^{a}±0.003
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	5.53^{b}±0.23	5.81^{ab}±0.14	5.79^{ab}±0.17	5.98^{a}±0.19
ลักษณะทางประสาทสัมผัส				
ลักษณะปรากฏ	5.83^{b}±1.16	5.69^{b}±0.96	7.02^{a}±0.99	6.68^{a}±0.86
ความแข็ง	6.53^{b}±1.06	5.39^{c}±1.24	7.05^{a}±0.90	5.60^{c}±1.12
ความกรอบ	6.17^{bc}±1.38	5.67^{c}±1.34	7.21^{a}±1.17	6.43^{b}±1.61
กลิ่น	7.15^{a}±1.04	6.65^{b}±1.01	7.16^{a}±1.04	6.59^{b}±1.12
รสชาติ	5.51^{b}±1.25	5.24^{b}±1.45	6.93^{a}±1.18	6.83^{a}±0.95
ความชอบรวม	5.74^{c}±1.10	5.57^{c}±1.11	7.71^{a}±0.81	7.19^{b}±0.83

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละลักษณะคุณภาพ ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

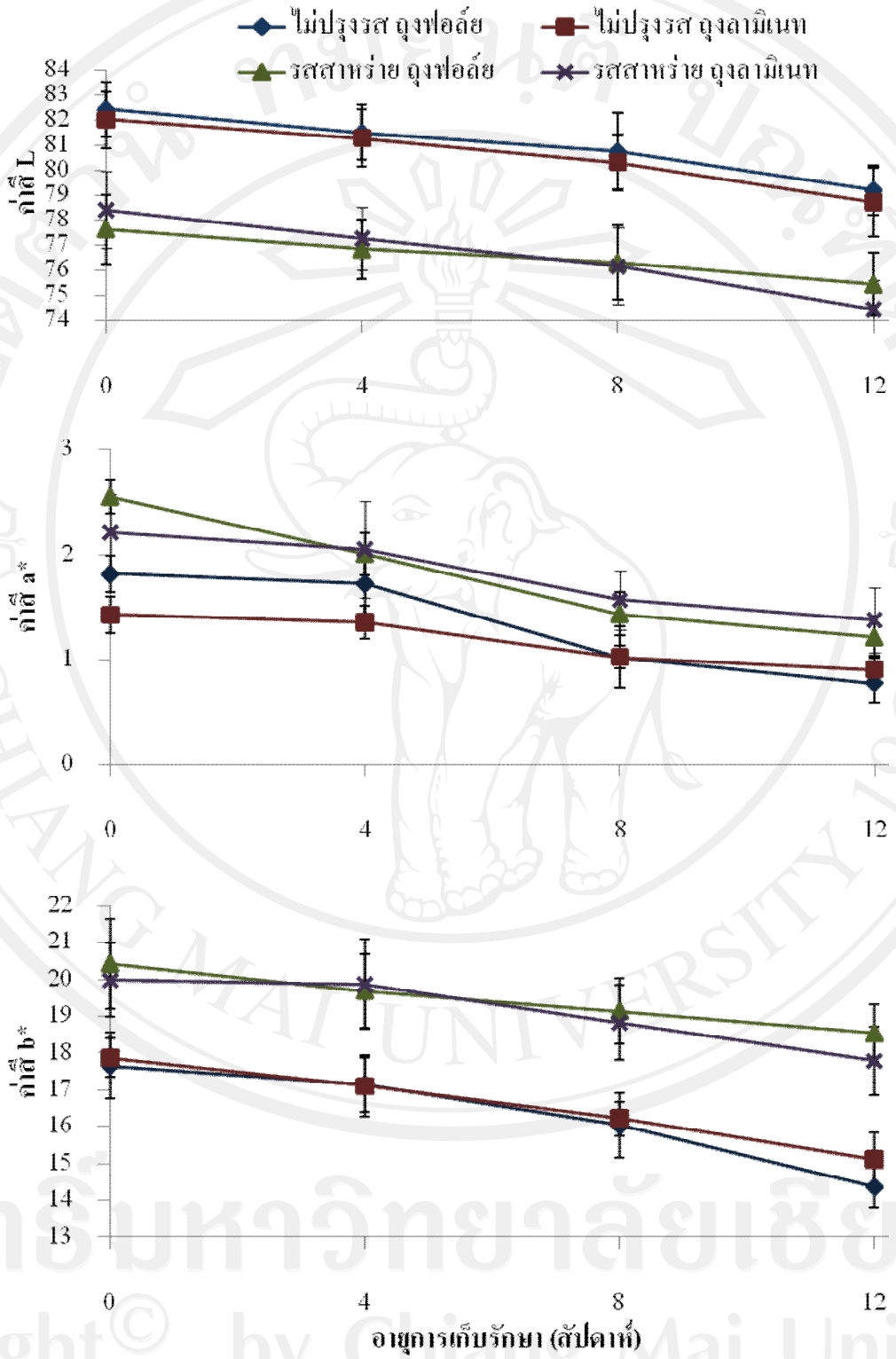
ตาราง 4.18 ผลของการปรุงรสชาติ และบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพองหลังการเก็บรักษานาน 12 สัปดาห์[1/]

	ไม่ปรุงรส ถุงอลูมินัมฟอยล์	ไม่ปรุงรส ถุงพลาสติกลามิเนต	รสสาหร่าย ถุงอลูมินัมฟอยล์	รสสาหร่าย ถุงพลาสติกลามิเนต
คุณภาพทางกายภาพและเคมี				
ค่าสี L	79.81^{a}±1.30	78.63^{b}±1.38	75.48^{c}±1.26	74.54^{c}±1.16
ค่าสี a*	0.78^{b}±0.20	0.91^{b}±0.13	1.22^{a}±0.20	1.38^{a}±0.31
ค่าสี b*	14.26^{d}±0.64	15.16^{b}±0.73	18.55^{a}±0.79	17.79^{b}±0.92
ความหนาแน่น^{ns} (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.26±0.03	0.28±0.03	0.28±0.02	0.28±0.03
แรงต้านการเจาะทะลุ (นิวตัน)	35.86^{b}±2.40	36.76^{ab}±1.64	36.39^{ab}±2.31	37.73^{a}±1.83
Thiobarbituric acid (mg.malonaldehye/kg. sample)	1.42^{d}±0.03	1.85^{c}±0.07	2.16^{b}±0.03	2.93^{a}±0.06
Water activity	0.328^{c}±0.004	0.390^{a}±0.006	0.371^{b}±0.005	0.390^{a}±0.003
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	5.72^{c}±0.17	6.20^{ab}±0.19	5.89^{bc}±0.16	6.24^{a}±0.17
ลักษณะทางประสาทสัมผัส				
ลักษณะปรากฏ	5.49^{b}±1.15	5.33^{b}±1.16	6.94^{a}±0.92	6.55^{a}±0.78
ความแข็ง	6.10^{b}±1.14	5.16^{c}±1.23	6.98^{a}±1.08	5.22^{c}±1.30
ความกรอบ	5.73^{bc}±1.10	5.43^{c}±1.21	6.98^{a}±1.20	6.07^{b}±1.13
กลิ่น	7.12^{a}±1.16	6.12^{b}±0.98	7.27^{a}±1.04	5.85^{b}±1.11
รสชาติ	5.33^{b}±1.30	5.08^{b}±1.20	6.72^{a}±1.20	6.51^{a}±1.24
ความชอบรวม	5.25^{c}±1.33	5.19^{c}±1.14	7.59^{a}±1.03	6.21^{b}±1.20

หมายเหตุ 1/ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละลักษณะคุณภาพ ตัวอักษรที่ต่างกันของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

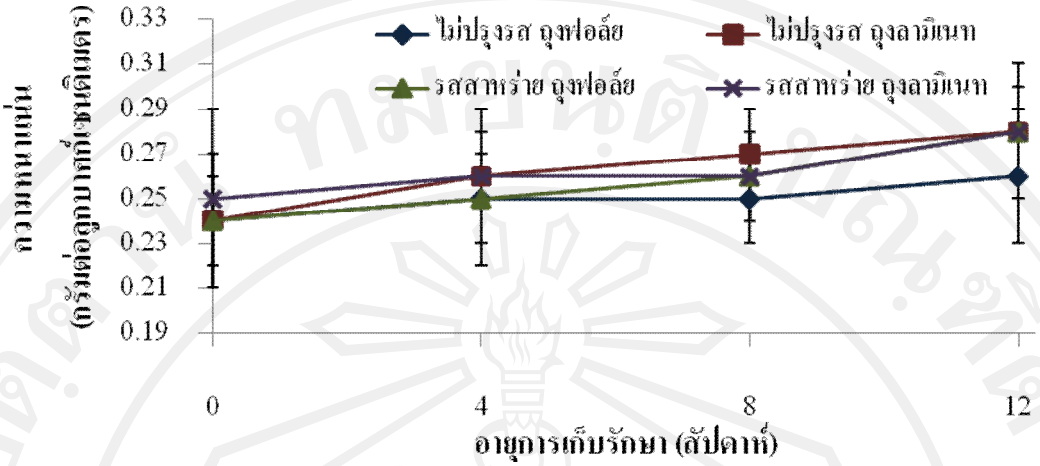
ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

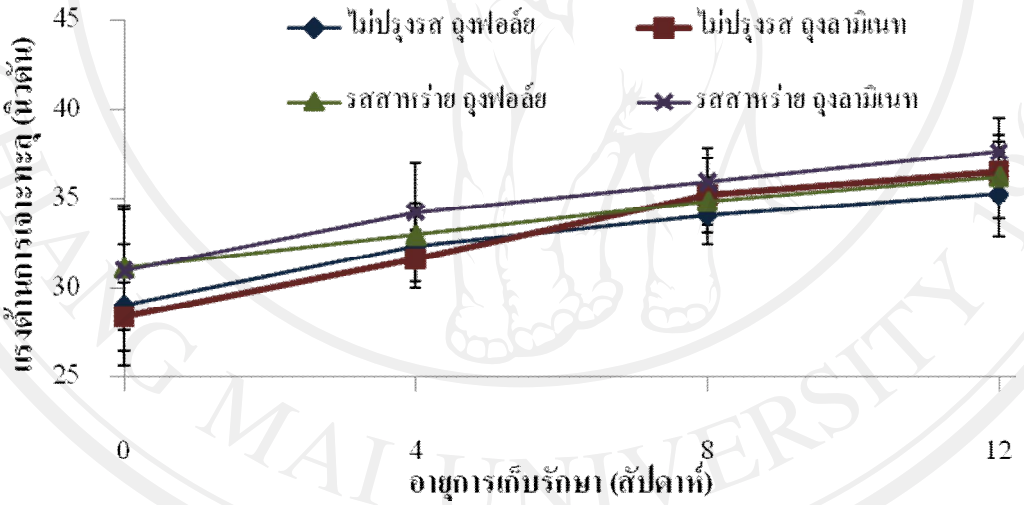


ภาพ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L a* และ b* ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง ในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

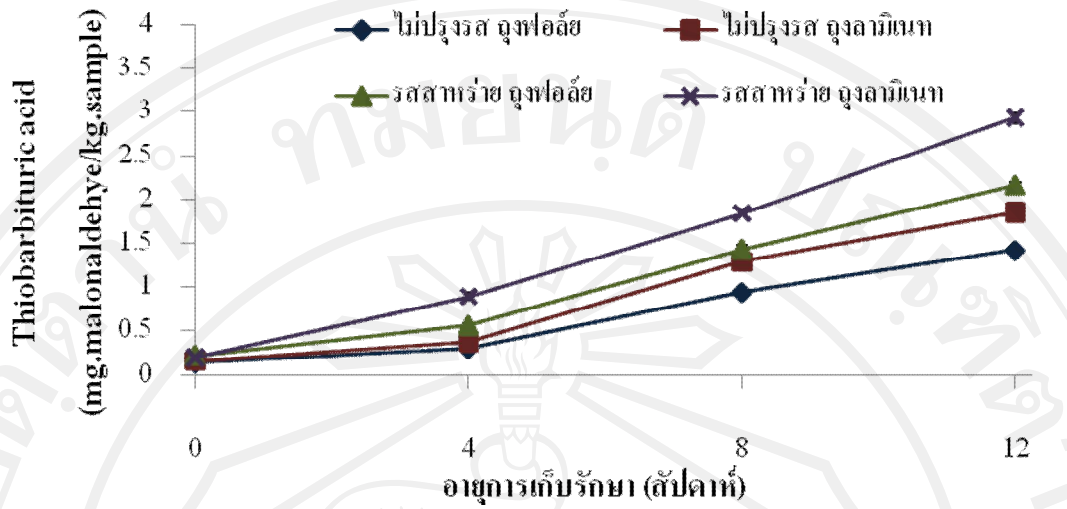


ภาพ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง ในระหว่างการเก็บรักษา

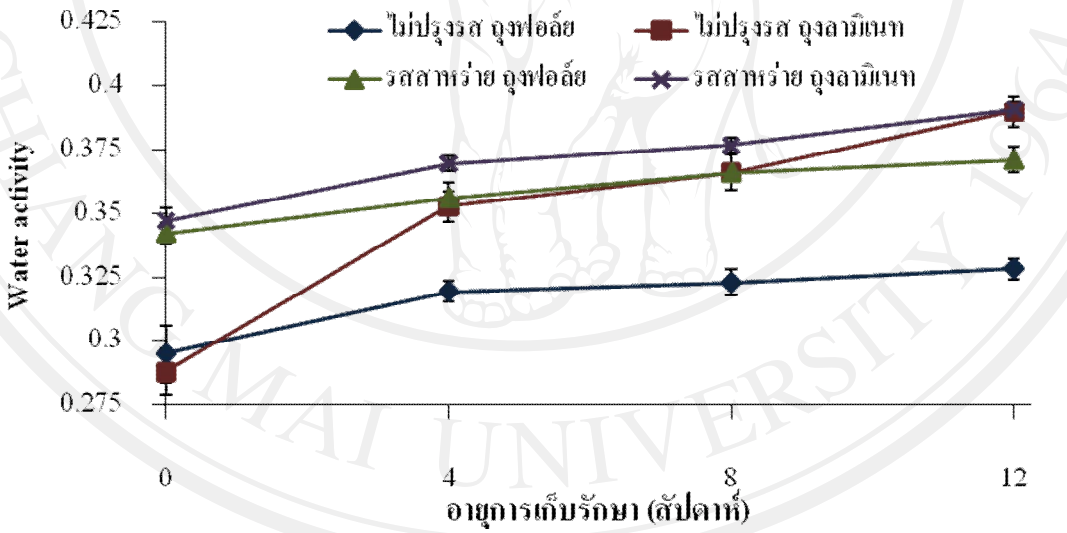


ภาพ 4.3 การเปลี่ยนแปลงแรงต้านการเจาะทะลุของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง ในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

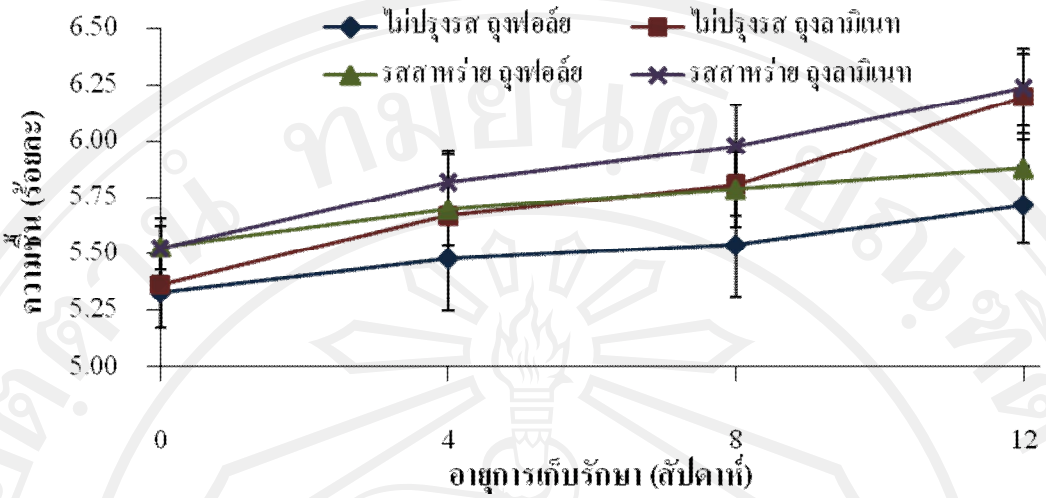


ภาพ 4.5 การเปลี่ยนแปลง Thiobarbituric acid ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง ในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพ 4.5 การเปลี่ยนแปลง Water activity ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง ในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.6 การเปลี่ยนแปลง ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกล้องอบพอง ในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved