SWU Sci. J. Vol. 23 No. 2 (2007)

บทความวิจัย

ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของขนมไทย

อรัญญา มิ่งเมือง*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของขนมไทย 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วกวน ฝอยทอง ทองเอก และปุยฝ้าย โดยบรรจุขนมใน 3 สภาวะ คือ A สภาวะบรรยากาศปกติ B สภาวะปรับสภาพบรรยากาศโดยใช้แก๊สผสม CO_2 20% และ N_2 80% และ C สภาวะปรับสภาพบรรยากาศ โดยใช้แก๊สผสม CO_2 60% และ N_2 40% วัดคุณภาพระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 28 วัน พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และความเป็นกรดด่างของขนมทั้ง 4 ชนิด ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บในทุกสภาวะ ($p > 0.05$) คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมส่วนใหญ่อยู่ในระดับยอมรับได้จนกระทั่งขนมเกิดเชื้อราที่มองเห็นได้ ในสภาวะ A ถั่วกวน ทองเอก และปุยฝ้ายมีอายุการเก็บเพียง 3 วัน ส่วนฝอยทองมีอายุการเก็บเป็น 10 วัน อายุการเก็บสิ้นสุดเนื่องจากเกิดเชื้อราที่มองเห็นได้ สภาวะ C ซึ่งใช้แก๊สที่มีปริมาณ CO_2 สูงมีประสิทธิภาพดีในการยืดอายุการเก็บขนมทุกชนิดที่ใช้ในการทดลอง โดยยืดอายุการเก็บของถั่วกวน ทองเอก และปุยฝ้ายเป็น 10 วัน และยืดอายุการเก็บของฝอยทองเป็นมากกว่า 28 วัน

คำสำคัญ: การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ ขนมไทย

สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: arunya@swu.ac.th

Effects of Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Thai Desserts

Arunya Mingmuang*

ABSTRACT

The objective of this research is to study the effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the quality of 4 Thai desserts, Tou Guon (sweetened mungbean cake), Foi Tong, Tong Eak, and Pui Fai, during 28 days storage. The desserts were packed in A: air package, B: MAP with 20% CO_2 and 80% N_2 and C: MAP with 60% CO_2 and 40% N_2. The results showed non-significant ($p > 0.05$) changes in moisture content, water activity and pH of the desserts. The sensory evaluation panelists still accepted most desserts until visible mold growth were detected. In air packs, shelf life of Tou Guon, Foi Tong, Tong Eak, and Pui Fai were only 3 days and that of Foi Tong was 10 days due to visible mold growth. MAP with high CO_2 (60%) was the most effective condition to extend the shelf life of the desserts. The shelf life of Tou Guon, Foi Tong, Tong Eak, and Pui Fai were extended to 10 days and that of Foi Tong were extended to > 28 days.

Keywords: modified atmosphere packaging, Thai desserts

Division of Food Science and Nutrition, Department of Home Economics, Faculty of Science, Srinakharinwirot university

*Corresponding author, e-mail: arunya@swu.ac.th

บทนำ

ขนมไทยเป็นเอกลักษณ์ด้านวัฒนธรรมประจำชาติไทยอย่างหนึ่ง แต่การจำหน่ายขนมไทยหลายประเภทยังมีข้อจำกัด เนื่องจากมีอายุการเก็บสั้นมาก ลักษณะของขนมที่ประกอบด้วยแป้ง กะทิ ไข่ น้ำตาล เป็นแหล่งที่ดีของการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ การที่ขนมมีอายุการเก็บสั้นทำให้ช่วงระยะเวลาในการวางจำหน่ายสั้น การจัดจำหน่ายไปสถานที่ห่างไกลจากที่ผลิต หรือต่างประเทศแทบจะเป็นไปไม่ได้ นโยบายของประเทศไทยที่จะส่งเสริมสินค้าที่แสดงออกถึงวัฒนธรรมในส่วนนี้จึงทำได้ยาก รัฐบาลซึ่งมีนโยบายในการผลักดันและส่งเสริมให้อุตสาหกรรมขนมไทยมีมาตรฐานในการผลิตและสามารถส่งออกได้ จึงมีการมอบหมายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งให้ความรู้แก่ผู้ประกอบการในด้านการรักษาคุณภาพของขนมไทยด้วย [1]

การควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นในขนม เป็นวิธีหนึ่งที่จะยืดอายุของขนมได้ แต่การใช้ระบบบรรจุภัณฑ์ที่สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าจะสามารถเพิ่มอายุการเก็บได้อีก การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) หมายถึง รูปแบบของการบรรจุที่แก๊สภายในภาชนะบรรจุมีอัตราส่วนเปลี่ยนแปลงไปจากอากาศปกติ ซึ่งในสภาวะดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในอากาศปกติ จะทำให้มีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ โดยเฉพาะการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ การเน่าเสีย และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการสัมผัสกับออกซิเจน สภาวะที่เหมาะสมภายในบรรจุภัณฑ์ที่ปรับสภาพบรรยากาศ เพื่อชะลอการเจริญของเชื้อและชะลอการเสื่อมเสียจะแตกต่างกันตามชนิดของผลิตภัณฑ์ [2]

ในงานวิจัยนี้ ใช้ถั่วกวน ฝอยทอง ทองเอก และปุยฝ้ายเป็นตัวอย่างในการศึกษา เนื่องจากขนมทั้ง 4 ชนิดมีลักษณะที่แตกต่างกัน และเป็นตัวแทนของขนมไทยชนิดต่างๆ ถั่วกวนเป็นส่วนผสมของขนมอื่น เช่น เม็ดขนุน ลูกชุบ เป็นต้น ฝอยทองมีวิธีการทำคล้ายคลึงกับขนมอื่น เช่น ทองหยิบ ทองหยอด เป็นต้น ทองเอกเป็นขนมที่ใช้วิธีการกวนส่วนผสมของแป้ง ไข่ น้ำตาล และกะทิ เช่นเดียวกับขนมเสน่ห์จันทน์ จ่ามงกุฎ และขนมปุยฝ้ายเป็นขนมที่ใช้วิธีการนึ่งเช่นเดียวกับขนมสาลี่ ขนมถ้วยฟู โดยจะศึกษาผลของการปรับสภาพบรรยากาศของ CO_2 ต่อ N_2 ในอัตราส่วนต่างๆ ต่อคุณภาพระหว่างการเก็บขนมทั้ง 4 ชนิด

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การผลิตขนมชนิดต่างๆ

ขนมทั้ง 4 ชนิดเตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีที่แสดงในหนังสือตำรับขนมไทย [3] และทำการบรรจุภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากขนมเย็นลงจนมีอุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียส

การบรรจุและสภาวะของแก๊ส

ขนมแต่ละชนิด นำมาวางในถาดพลาสติกโพลีสไตรีน ถาดละประมาณ 100 กรัม แล้วนำถาดขนมใส่ในถุงพลาสติก PE/PA/PE บรรจุใน 3 สภาวะ คือ A สภาวะบรรยากาศปกติ B สภาวะ MAP โดยใช้แก๊สผสม CO_2 20% และ N_2 80% และ C สภาวะ MAP โดยใช้แก๊สผสม

CO_2 60% และ N_2 40% การบรรจุใช้เครื่องบรรจุ HENKOVAC รุ่น Het Sterrenbeeld 36 (Netherlands) ขนมที่บรรจุแล้วนำมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 28 วัน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

การประเมินคุณภาพ

ขนมแต่ละชนิดจะถูกนำมาประเมินคุณภาพสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ดังนี้

- ปริมาณความชื้น โดยใช้วิธีการอบแห้ง ในเครื่องอบแห้ง (Memmert รุ่น ULM 700, Germany) [4]
- ปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้ Water activity meter (pa_w kit รุ่น Tawkil, USA)
- ความเป็นกรดด่าง (pH) โดยใช้ pH meter (Denver instrumentt, model 250)
- คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณยีสต์และรา (yeast mold plate count) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) [5] โดยอายุการเก็บจะสิ้นสุดเมื่อปรากฏเชื้อราที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือมีปริมาณยีสต์ราเกินกว่า 2.70 log CFU/ g หรือมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินกว่า 6 log CFU/ g ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่แสดงว่าอาหารเสีย ไม่เหมาะสมในการบริโภคอีกต่อไป [6]
- คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ทดสอบการยอมรับทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส การยอมรับรวม (9-point hedonic scale) ใช้ผู้ทดสอบ 8 คน โดยอายุการเก็บจะสิ้นสุดเมื่อคะแนนการยอมรับต่ำกว่า 5 คะแนน
- ปริมาณแก๊ส O_2 และ CO_2 ในบรรจุภัณฑ์วัดโดยเครื่อง Oxybaby®V O_2/ CO_2 (Witt-Gasetechnik)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลของตัวแปรโดยวิธี analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) และ pH

ค่าปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และความเป็นกรดด่าง ของขนมทั้ง 4 ชนิด ในทุกสภาวะของการเก็บมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะการลดลงเล็กน้อยของความชื้นของขนม ($p > 0.05$) ผลการวิเคราะห์ พบว่าถั่วกวนมีปริมาณความชื้นประมาณ 26 - 30% และ pH 6.12 - 6.34 (ไม่ได้วัดค่า a_w) ฝอยทองมีปริมาณความชื้นประมาณ 22-24%, a_w 0.82-0.85 และ pH 6.34-6.61 ทองเอกปริมาณความชื้นประมาณ 32-35%, a_w 0.91-0.93 และ pH 6.22-6.32 ปุยฝ้ายมีปริมาณความชื้นประมาณ 38-39% a_w 0.92-0.93 และ pH 6.68-6.73 Ooraikul and Stiles [7] พบว่า ประสิทธิภาพของการใช้ MAP ในการชะลอการเสื่อมเสียของ

อาหาร ขึ้นกับองค์ประกอบและสมบัติของอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง a_w ต้องไม่สูงกว่า 0.96 ซึ่งจากข้อมูลการวัดค่า a_w ของขนมในการทดลองนี้มีค่าไม่เกิน 0.96

คุณภาพทางจุลินทรีย์

ปริมาณยีสต์และราของขนมทั้ง 4 ชนิด (ไม่ได้แสดงข้อมูล) พบว่า ถั่วกวน ทองเอก และปุยฝ้ายที่บรรจุในสภาวะอากาศปกติ จะเกิดราที่สามารถมองเห็นได้ ภายหลังการเก็บเพียง 7 วัน ส่วนฝอยทองที่บรรจุในสภาวะอากาศปกติ จะเกิดราที่สามารถมองเห็นได้ ภายหลังการเก็บ 14 วัน ในสภาวะที่มีการปรับสภาพบรรยากาศทั้ง 2 สภาวะนั้น ไม่พบราที่มองเห็นได้บนถั่วกวนตลอดการเก็บ 21 วัน แต่ตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบภายหลังการเก็บ 14 วัน การเก็บฝอยทองในสภาวะที่มีการปรับสภาพบรรยากาศ ที่ใช้ปริมาณ CO_2 20% (แบบ B) จะเกิดราที่สามารถมองเห็นได้ ภายหลังการเก็บ 21 วัน แต่ที่สภาวะที่ใช้ปริมาณ CO_2 60% (แบบ C) ไม่พบราที่มองเห็นได้บนขนมตลอดการเก็บ 28 วัน ส่วนทองเอก และปุยฝ้าย การเก็บในสภาวะที่มีการปรับสภาพบรรยากาศ สภาวะ B และ C พบราที่มองเห็นได้ภายหลังการเก็บ 10 และ 14 วัน ตามลำดับ

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของขนมทั้ง 4 ชนิด ที่เก็บในสภาวะต่างๆ แสดงในตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของถั่วกวนที่เก็บในบรรยากาศปกติยังไม่เกินเกณฑ์ แต่อายุการเก็บของถั่วกวนสิ้นสุด เนื่องจากเกิดเชื้อราที่มองเห็นได้หลังจากเก็บ 7 วัน ส่วนถั่วกวนที่เก็บในสภาวะปรับสภาพบรรยากาศ B และ C มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินกว่า 6 log CFU/ g หลังจากการเก็บ 17 และ 21 วัน ตามลำดับ สำหรับฝอยทองที่เก็บในบรรยากาศปกติ เนื่องจากเกิดเชื้อราที่มองเห็นได้หลังจากเก็บ 14 วัน จึงเป็นการสิ้นสุดอายุการเก็บ ทั้งๆ ที่พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดยังไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด การเก็บฝอยทองในสภาวะปรับบรรยากาศทั้งสองสภาวะ พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินเกณฑ์ ตลอดการเก็บ 28 วัน ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของทองเอก และปุยฝ้ายที่เก็บในสภาวะบรรยากาศปกติมีปริมาณเกินเกณฑ์หลังจากการเก็บ 7 วัน ซึ่งเป็นวันเดียวกับที่พบราที่มองเห็นได้ ส่วนในสภาวะปรับบรรยากาศ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของขนมทั้ง 2 ชนิดไม่เกินเกณฑ์ ตลอดการเก็บ 14 วัน แต่อายุการเก็บของขนมสิ้นสุดเนื่องจากการพบเชื้อราที่มองเห็นได้ จะเห็นว่าสาเหตุหลักที่ทำให้ขนมไทยมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ เกิดจากเชื้อราที่มองเห็นได้ ซึ่งใน มผช.1/ 2546 ขนมไทย ก็ได้กำหนดคุณลักษณะว่า “ต้องไม่มีราปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน” ไว้เป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน

ตารางที่ 1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/ g) (ค่าเฉลี่ย ± SD) ของขนมที่เก็บในสภาวะปกติ และในสภาวะปรับสภาพบรรยากาศ (* เริ่มปรากฏราที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า)

ชนิดขนม	วันที่	สภาวะ		
		A	B	C
ถั่วกวน	0	< 1	< 1	<1
	3	2.64 ± 0.03	2.49 ± 0.02	2.60 ± 0.42
	7	3.88 ± 0.58*	3.99 ± 0.07	2.61 ± 0.12
	10	4.46 ± 0.05	4.87 ± 1.15	4.66 ± 0.03
	14	4.70 ± 1.09	5.48 ± 0.06	5.54 ± 1.02
	17	-	6.22 ± 0.04	5.73 ± 0.02
	21	-	7.06 ± 0.02	6.60 ± 0.01
ฝอยทอง	0	1.90 ± 1.02	1.90 ± 1.02	1.90 ± 1.02
	3	3.28 ± 0.41	2.33 ± 0.15	2.51 ± 0.62
	7	4.45 ± 0.10	2.02 ± 0.09	1.56 ± 0.87
	10	4.43 ± 0.14	3.36 ± 0.03	2.56 ± 0.05
	14	4.42 ± 0.39*	2.47 ± 1.40	1.19 ± 0.15
	17	-	4.06 ± 1.25	2.97 ± 0.76
	21	-	3.09 ± 0.12*	2.04 ± 0.05
	24	-	3.32 ± 0.03	4.00 ± 0.32
	28	-	4.02 ± 0.34	4.02 ± 0.34
ทองเอก	0	< 1	<1	< 1
	3	3.91 ± 0.02	3.56 ± 0.02	3.53 ± 0.02
	7	6.77 ± 0.04*	3.94 ± 0.02	3.86 ± 0.02
	10	-	5.05 ± 0.02*	3.97 ± 0.02
	14	-	5.60 ± 0.02	5.01 ± 0.02*
ปุยฝ้าย	0	< 1	< 1	< 1
	3	3.74± 0.34	3.44 ± 1.40	3.40 ± 0.02
	7	6.47 ± 1.25*	3.79 ± 0.06	3.91 ± 0.43
	10	-	3.91 ± 0.22*	4.52 ± 0.67
	14	-	5.15 ± 0.96	5.02 ± 0.72*

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมในระหว่างการเก็บ แสดงในตารางที่ 2 พบว่า คะแนนการยอมรับโดยรวมของขนมทุกชนิด ในการเก็บทุกสภาวะมีแนวโน้มลดลง และยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (อย่างน้อยระดับ 5-6 หมายถึง เฉยๆ ถึง ชอบเล็กน้อย) จนกระทั่งมีเชื้อรา

ตารางที่ 2 คะแนนการยอมรับโดยรวม (ค่าเฉลี่ย ± SD) (9-hedonic scale, 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด 5 หมายถึง เฉย ๆ และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด)

ชนิดขนม	วันที่	สภาวะ		
		A	B	C
ถั่วกวน	0	$8.6^{a} \pm 0.8$	$8.6^{a} \pm 0.8$	$8.7^{a} \pm 0.8$
	3	$7.0^{b} \pm 1.3$	$7.5^{a} \pm 1.4$	$7.8^{ab} \pm 1.2$
	7	-	$6.8^{a} \pm 1.4$	$6.9^{c} \pm 1.2$
	10	-	$5.5^{b} \pm 1.5$	$5.8^{d} \pm 1.9$
	14	-	-	$4.7^{e} \pm 2.2$
ฝอยทอง	0	$7.6^{a} \pm 0.7$	$7.9^{a} \pm 0.6$	$7.9^{a} \pm 0.6$
	3	$7.4^{ab} \pm 0.7$	$7.8^{a} \pm 0.7$	$7.6^{ab} \pm 0.9$
	7	$7.0^{ab} \pm 0.8$	$7.9^{a} \pm 0.6$	$7.9^{a} \pm 0.6$
	10	$6.6^{b} \pm 0.7$	$7.8^{a} \pm 0.5$	$7.8^{a} \pm 0.7$
	14	-	$7.5^{a} \pm 0.6$	$7.4^{ab} \pm 0.5$
	17	-	$7.1^{b} \pm 0.8$	$7.0^{b} \pm 0.8$
	21	-	-	$7.1^{ab} \pm 0.6$
	24	-	-	$6.9^{b} \pm 0.8$
	28	-	-	$7.0^{b} \pm 0.5$
ทองเอก	0	$7.2^{a} \pm 1.1$	$7.2^{a} \pm 1.1$	$7.2^{a} \pm 1.1$
	3	$6.4^{b} \pm 0.7$	$6.5^{b} \pm 0.8$	$6.9^{b} \pm 1.0$
	7	-	$5.9^{c} \pm 0.7$	$6.3^{c} \pm 0.6$
	10	-	-	$5.9^{d} \pm 0.8$
ปุยฝ้าย	0	$6.9^{a} \pm 0.6$	$6.9^{a} \pm 0.6$	$6.9^{a} \pm 0.6$
	3	$6.3^{b} \pm 0.4$	$6.4^{b} \pm 0.5$	$6.7^{ab} \pm 0.5$
	7	-	$5.4^{c} \pm 0.3$	$5.9^{b} \pm 0.5$
	10	-	-	$5.8^{b} \pm 0.2$

หมายเหตุ: $^{a, b, c, \cdots}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันของขนมแต่ละชนิด แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

ปรากฏให้เห็น นอกจากถั่วกวนที่เก็บในสภาวะปรับบรรยากาศซึ่งผู้ทดสอบไม่ยอมรับ หลังจากเก็บไว้ 10 วัน ทั้งๆ ที่ยังไม่เกิดราที่มองเห็นได้ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดยังไม่เกินเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส เป็นการให้ความเชื่อมั่นว่า คุณภาพในการบริโภคของขนมจะยังคงเหมาะสม ก่อนที่ขนมจะหมดอายุเนื่องจากคุณภาพทางจุลินทรีย์

ปริมาณแก๊ส CO_2 และ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ และอายุการเก็บ

ปริมาณแก๊ส CO_2 และ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุขนม แสดงในตารางที่ 3 และ 4 พบว่า การบรรจุโดยใช้อากาศปกติ ปริมาณแก๊ส CO_2 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และ ปริมาณ O_2 มีค่าลดลง Suppakul และคณะ [6] ซึ่งทำการทดลองเก็บฝอยทองในสภาวะอากาศปกติ MAP และการใช้สารดูดซับออกซิเจน พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแก๊สภายในบรรจุภัณฑ์ที่เป็นอากาศปกติในลักษณะเดียวกัน โดยให้เหตุผลว่าปริมาณ O_2 ลดลง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนมีการใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโตและมีการปลดปล่อย CO_2 ส่วนการบรรจุแบบ MAP พบว่า ปริมาณแก๊ส CO_2 มีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณ O_2 มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่แก๊สสามารถซึมผ่านถุงพลาสติกได้ เนื่องจากสมบัติของพลาสติก อย่างไรก็ตามพบว่าในการใช้แก๊ส CO_2 ปริมาณมาก ถึงแม้มีการลดลงของปริมาณแก๊สในบรรจุภัณฑ์ ก็ยังสามารถรักษาคุณภาพของขนมได้ โดยการชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ งามทิพย์ ภู่วโรดม และคณะ [8] ให้ข้อสังเกตในการเก็บขนมโมจิในสภาวะปรับสภาพบรรยากาศว่า CO_2 สามารถละลายได้ดีในส่วนน้ำ และไขมันที่เป็นส่วนประกอบของขนม และส่วนหนึ่งจะซึมออกนอกบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้ยังกล่าวว่าสภาวะที่เชื้อราจะไม่สามารถเจริญได้ ต้องรักษาปริมาณ O_2 ให้ต่ำกว่า 2% นอกจากจะมี CO_2 อยู่ด้วยในปริมาณมาก เช่น ประมาณ 40% ก็อาจยอมให้มี O_2 สูงกว่านี้ได้

ตารางที่ 5 แสดงอายุการเก็บของขนมในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ พบว่า การบรรจุแบบ MAP ที่มีส่วนผสมของ CO_2 ในปริมาณมาก (60%) คือสภาวะ C สามารถยืดอายุการเก็บของขนมไทยในการทดลองนี้ได้ดี โดยยืดอายุการเก็บของถั่วกวน ทองเอก และปุยฝ้ายจาก 3 วัน เป็น 10 วัน และยืดอายุการเก็บของฝอยทองจาก 10 วัน เป็น 28 วัน จะเห็นได้ว่าสภาวะ MAP สามารถยืดอายุการเก็บของฝอยทองได้มากกว่าขนมชนิดอื่น อาจเนื่องจากค่า a_w ของฝอยทองมีค่าต่ำกว่าขนมชนิดอื่น โดย a_w ของฝอยทองซึ่งอยู่ในช่วง 0.82-0.85 จะถูกจัดให้เป็นกลุ่มของ intermediate moisture food (a_w 0.60 - 0.85) สาเหตุหลักของการเสื่อมเสียของอาหารเกิดจากเชื้อรา [9] ซึ่งสามารถยับยั้งได้โดย CO_2 ในขณะที่ขนมชนิดอื่นมีความชื้นสูง และ a_w สูงกว่า 0.90 ซึ่งยังเป็นช่วงที่เชื้อยีสต์และราเจริญได้ดี [9] ถึงแม้ MAP ที่มี CO_2 สูงจะสามารถชะลอการเจริญของเชื้อราได้ดี แต่เนื่องจากปริมาณ CO_2 ลดลงเรื่อยๆ ทำให้ผลในการยับยั้งเชื้อราสิ้นสุดลง และเนื่องจาก CO_2 แทบจะไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของยีสต์ ขนมจึงเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 3 ปริมาณ CO_2 (%) ภายในภาชนะบรรจุขนมที่เก็บในสภาวะต่างๆ

วันที่	ถั่วกวน			ฝอยทอง			ทองเอก			ปุยฝ้าย		
	A	B	C	A^{ns}	B^{ns}	C^{ns}	A^{ns}	B^{ns}	C^{ns}	A^{ns}	B^{ns}	C^{ns}
0	-	-	-	0.0	20.8	59.6	0.0	19.0	54.8	0.0	19.7	53.4
3	-	-	-	0.0	18.4	58.7	0.0	18.3	50.4	0.0	18.8	52.6
7	-	-	-	0.3	17.7	58.0	0.9*	14.8	43.7	0.9*	16.2	46.3
10	-	-	-	0. 5	17.4	51.7	-	13.6*	41.0	-	15.2*	42.0
14	-	-	-	1.4*	16.9	43.5	-	12.1	38.8*	-	12.2	38.5*
17	-	-	-	1.9	15.6	40.0	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	13.3*	32.2	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	11.9	29.3	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	28.3	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: A สภาวะอากาศปกติ, B สภาวะ MAP (CO_2 20%, N_2 80%), C สภาวะ MAP (CO_2 60%, N_2 40%)

- หมายถึง ไม่ได้ทำการวัด

* หมายถึง เริ่มปรากฏราที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า

ตารางที่ 4 ปริมาณ O_2 (%) ภายในภาชนะบรรจุขนมที่เก็บในสภาวะต่างๆ

วันที่	ถั่วกวน			ฝอยทอง			ทองเอก			ปุยฝ้าย		
	A	B	C	A^{ns}	B^{ns}	C^{ns}	A^{ns}	B^{ns}	C^{ns}	A^{ns}	B^{ns}	C^{ns}
0	-	-	-	20.9	0.8	0.8	20.8	0.8	0.5	20.5	0.3	0.4
3	-	-	-	20.8	0.8	1.0	20.3*	0.4	0.6	20.5*	0.6	1.6
7	-	-	-	20.0	1.4	1.2	20.1	1.4	1.3	20.3	1.2	1.3
10	-	-	-	19.6	1.5	1.3	-	1.8*	1.8	-	2.2*	1.6
14	-	-	-	18.8*	1.8	2.5	-	2.0	1.9*	-	-	1.6*
17	-	-	-	-	2.9	3.3	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	3.3*	3.7	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	4.7	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	5.0	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: A สภาวะอากาศปกติ, B สภาวะ MAP (CO_2 20%, N_2 80%), C สภาวะ MAP (CO_2 60%, N_2 40%)

- หมายถึง ไม่ได้ทำการวัด

* หมายถึง เริ่มปรากฏราที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า

ตารางที่ 5 อายุการเก็บ (วัน) ของขนมที่เก็บในสภาวะต่างๆ

ขนม	สภาวะ		
	A	B	C
ถั่วกวน	3	10	10
ฝอยทอง	10	17	> 28
ทองเอก	3	7	10
ปุยฝ้าย	3	7	10

หมายเหตุ: A สภาวะอากาศปกติ, B สภาวะ MAP (CO_2 20%, N_2 80%), C สภาวะ MAP (CO_2 60%, N_2 40%)

สรุปผลการทดลอง

ขนมไทยโดยทั่วไปมีอายุการเก็บสั้น และในปัจจุบันการจำหน่ายขนมไทยยังไม่สามารถกระจายไปสู่ต่างประเทศเพราะข้อจำกัดดังกล่าว การใช้การบรรจุแบบ MAP เป็นอีกวิธีที่จะสามารถแก้ปัญหาได้ เนื่องจากความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา อย่างไรก็ตามขนมที่มีความชื้น และ a_w สูง การใช้ MAP ก็ไม่ได้ทำให้อายุการเก็บเพิ่มขึ้นมากนัก เช่น ถั่วกวน ทองเอก และปุยฝ้าย ตามที่พบในงานวิจัยนี้ หากสามารถปรับสูตรหรือกระบวนการผลิตเพื่อให้ขนมมีความชื้น หรือ a_w ต่ำลง เช่น โดยการใช้น้ำตาล หรือการลดความชื้นโดยการกวนให้นานขึ้น โดยไม่ทำให้คุณภาพของขนมเสียไป ก็จะเป็นอีกทางหนึ่งที่จะเสริมกับการใช้ MAP ในการยืดอายุการเก็บ การบรรจุแบบต่างๆ ทั้ง MAP หรือการใช้สารดูดซับออกซิเจน ควรได้มีการศึกษาเมื่อจะใช้กับขนมแต่ละชนิด เนื่องจากประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมเสียอาจแตกต่างกัน ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดอายุการเก็บของขนม รวมทั้งเป็นแนวทางในการศึกษาผลของการใช้ MAP กับขนมชนิดอื่นๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัยโดยงานวิจัยเรื่อง “ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของถั่วกวนและฝอยทอง” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์) ประจำปี 2547

เอกสารอ้างอิง

1. กฤษณา พงศ์ศรีเจริญกุล. 2546. ขนมไทยสื่อวัฒนธรรมจากครัวไทยสู่ชาวโลก. *วารสารสถาบันอาหาร* 29: 16-28.
2. Perry, R. T. 1993. Introduction. In: Perry, R. T. (Ed.). Principle and Application of Modified Atmosphere Packaging of Foods. Glasgow. Blackie Academic and Professional. p. 1-17.
3. ตำรับขนมไทย. 2539. สำนักพิมพ์แสงแดด. กรุงเทพ. 136 หน้า
4. Bradley, R. L. Jr. 1994 Moisture and Total Solids Analysis, In: Nielsen, S. S. (Ed.). Introduction to the Chemical Analysis of Foods. Boston. Jones and Bartlett Publishers. p. 93-111.
5. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th Ed. Washington, DC. Association of Official Analytical Chemists.
6. Suppakul, P., Thanathammathorn, T. and Samerasut, O. 2005. Shelf Life Extension of Foi Tong by Active and Modified Atmosphere Packaging. Proceeding of the 7th Agro-Industrial Conference, 22-24 June 2005. CD-ROM. Chiang Mai. Faculty of Engineering and Agro-industry. Maejo University.
7. Ooraikul, B. and Stiles, M. E. 1991. Modified Atmosphere Packaging of Foods. England. Ellis Horwood. 293 p.
8. งามทิพย์ ภู่วโรดม วัชรี ชีวศรีรุ่งเรือง และสุทธาทิพย์ ลูกอินทร์. 2541. การบรรจุแบบแอคตีฟเพื่อเพิ่มอายุการเก็บของขนมโมจิ. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์* 4: 451-460.
9. Jay, J. M. 2000. Modern Food Microbiology. Maryland. Aspen Publishers, Inc. 679 p.

ได้รับบทความวันที่ 20 ตุลาคม 2549
ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 9 เมษายน 2550