

การบรรจุแบบแอคทีฟเพื่อเพิ่มอายุการเก็บของขนมโมจิ

Active Packaging for Extending Shelf-Life of Moji Cake

งามทิพย์ ภู่วโรดม วะรี ชิวศรีรุ่งเรือง และ สุทธาทิพย์ ลูกอินทร์

Ngamtip Poovarodom, Watcharee Cheevasrirungrueng, and Sutthathip Lookin

ABSTRACT

The objectives of this research are : (1) to study the effect of active packaging, i.e., MAP 60% CO₂ + 40% N₂, N₂ 100%, and O₂-absorber, on the quality changes of Moji cake during storage, and (2) to study the effect of packaging materials. Moji cake flavored “Bai Toey” was selected to be the sample of this study ; OPP/PE represented a low barrier film and PET/PE/Al/EMAA a high barrier film. The results showed that the quality deterioration was mainly caused by mould growth and moisture loss. The shelf-life of all samples packaged under any gas atmosphere in OPP/PE was only 7 days while the samples packaged under normal atmosphere could be stored for 5 days. In case of the high barrier film, it was found that O₂-absorber was the most effective method. It could extend the samples' shelf-life to at least 31 days. The shelf-life of 17 and 7 days were reported in case of MAP and N₂100%. So, N₂-flushed packaging is not recommended for extending shelf-life of Moji cake.

Key words : bakery products, MAP, nitrogen-flushed packaging, oxygen absorber

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการบรรจุแบบแอคทีฟ 3 วิธีคือ (1) MAP ประกอบด้วย CO₂ 60% + N₂ 40% (2) N₂ 100% และ (3) การใช้สารดูดกลืนออกซิเจน ต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมโมจิระหว่างการเก็บรักษา โดยเปรียบเทียบกับ การบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติและศึกษาผล

ของวัสดุบรรจุต่อประสิทธิภาพของการบรรจุดังกล่าว ขนมโมจิรสใบเตยเป็นตัวอย่างในการศึกษานี้ฟิล์ม OPP/PE และ PET/PE/Al/EMAA เป็นวัสดุบรรจุ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมโมจิเกิดจากเชื้อราและการสูญเสียความชื้นเป็นสำคัญ การใช้ฟิล์ม OPP/PE ซึ่งป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ต่ำไม่เหมาะสมกับการบรรจุแบบแอคทีฟ อายุการเก็บของขนมโมจิมีค่าเพียง 7 วัน ไม่ว่าจะ

ใช้การบรรจุแบบแอกติฟแบบใด การบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติจะเก็บได้ 5 วัน ส่วนการใช้ฟิล์ม PET/PE/Al/EMAA ซึ่งป้องกันการซึมผ่านก๊าซและไอน้ำได้ดีมากจะช่วยเพิ่มอายุการเก็บของขนมโมจิได้ พบว่าการใช้สารดูดกลืนออกซิเจนจะมีอายุการเก็บมากกว่า 31 วัน ใช้ MAP เก็บได้ 17 วัน และ N_2 100% เก็บได้ 7 วัน การใช้ N_2 100% จึงไม่เหมาะสมกับการบรรจุขนมโมจิที่ต้องการอายุการเก็บนานๆ

คำนำ

โมจิเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของจังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดใกล้เคียง ขนมโมจิประกอบด้วยแป้งเหนียวเป็นเปลือกนอก ถั่วผสมมะพร้าวทึนหั่นเป็นเส้น มีหลายกลิ่นรสได้แก่ ใบเตย กาแฟ โกโก้ นม และสตอเบอรี่ ขนมโมจิเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง (intermediate moisture food) มีอายุการเก็บเพียง 5-7 วัน การเสื่อมเสียคุณภาพที่พบมากที่สุดคือ การเจริญเติบโตของรา และการสูญเสียความชื้นทำให้เนื้อแป้งแข็งกระด้างจากการสำรวจตลาดขนมโมจิพบว่า การบรรจุส่วนใหญ่ใช้กล่องกระดาษขาวมีช่องหน้าต่างที่ฝาบน ภายในกล่องจะรองพื้นด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำหรือพอลิพรอพิลีน และใช้แผ่นฟิล์มเดียวกันปิดบนขนมอีกชั้นหนึ่ง การบรรจุดังกล่าวไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของรา และป้องกันการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้ จึงมักพบขนมโมจิเสื่อมเสียคุณภาพก่อนถึงผู้บริโภค

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคของการบรรจุแบบแอกติฟมาใช้เพื่อเพิ่มอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยอาศัยหลักการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์

ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นให้มีความคงตัว (stability) และคุณภาพตลอดการเก็บรักษา (Rooney, 1995) สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบโดยทั่วไปนิยมใช้การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging หรือ MAP), การบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน (nitrogen-flushed packaging) และการบรรจุโดยใช้สารดูดกลืนออกซิเจน (oxygen absorber) การใช้ MAP ต้องเลือกชนิดและสัดส่วนของก๊าซให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ Ooraikul and Stiles (1991) ได้ศึกษาผลของ MAP ต่อการชะลอการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่างๆ และพบว่าประสิทธิภาพของ MAP ในการชะลอการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์นั้นแตกต่างกันขึ้นกับองค์ประกอบและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์เป็นสำคัญ การใช้ MAP จะมีประสิทธิภาพดีเมื่อผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w ไม่สูงเกินกว่า 0.96 และมีค่าความเป็นกรด-เบสไม่เกิน 6.5

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารไว้ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนหรือมีได้ไม่เกิน 0.4% จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้เป็นอย่างดี (Smith, 1993) จึงนิยมใช้ MAP ที่มี CO_2 และ N_2 ในสัดส่วนต่างๆ หรือ N_2 100% หรือใช้สารดูดกลืนออกซิเจนในการบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบซึ่งมักเสื่อมเสียได้ง่ายจากเชื้อรา เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาโดยไม่จำเป็นต้องใช้วัตถุกันเสีย การพิจารณาเลือกการบรรจุดังกล่าวซึ่งจัดเป็นการบรรจุแบบแอกติฟให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของแต่ละวิธีก่อนเสมอ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการบรรจุแบบแอกติฟ 3 วิธี คือ (1) MAP ประกอบด้วย CO_2 60% + N_2 40% (2) N_2 100% และ (3) ใช้สารดูดกลืนออกซิเจนต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมโมจิ โดยเปรียบเทียบกับ การบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ และศึกษาผลของวัสดุบรรจุต่อ

ประสิทธิภาพของการบรรจุดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกวิธีการบรรจุ และวัสดุบรรจุที่เหมาะสมกับอายุการเก็บของขนมโมจิตามต้องการได้ถูกต้อง และใช้เป็นแนวทางในการกำหนดอายุการเก็บซึ่งต้องระบุบนภาชนะบรรจุให้ถูกต้อง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเลือกขนมโมจิเป็นตัวอย่างการวิจัย

1.1 วัดค่าความชื้น และ a_w ที่อุณหภูมิห้องของขนมโมจิ 5 รสได้แก่ ใบเตย โกโก้ กาแฟ สตรอเบอรี่ และนม ซึ่งผลิตในวันเดียวกันและผู้ผลิตรายเดียวกัน โดยวัดค่าของแป้งและไส้แยกกัน

1.2 เลือกขนมโมจิที่มีค่าความชื้น หรือ a_w สูงที่สุด เป็นตัวอย่างสำหรับดำเนินการวิจัยต่อไป

2. การศึกษา Desorption Isotherm ของขนมโมจิตัวอย่าง ที่อุณหภูมิห้อง

2.1 นำขนมโมจิตัวอย่างเก็บไว้ในเคชิกเคเตอร์ที่บรรจุสารละลายเกลืออิ่มตัวของ K_2SO_4 (97% RH) จนถึงสมดุล หรือประมาณ 2 สัปดาห์

2.2 นำตัวอย่างในข้อ 2.1 ไปเก็บในเคชิกเคเตอร์ที่บรรจุสารละลายอิ่มตัวของเกลือชนิดต่าง ๆ ที่ให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ตามต้องการ (Shafiu, 1995) เก็บไว้ให้สมดุล (ประมาณ 1 เดือน) สำหรับเคชิกเคเตอร์ที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 60% จะใช้เอทิลแอลกอฮอล์เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบนขนมก่อนที่จะถึงสมดุล

2.3 นำตัวอย่างที่สมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ในเคชิกเคเตอร์แล้วมาตรวจวัดค่าความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content, Me) และค่า a_w

2.4 นำค่าความชื้นสมดุล และค่า a_w มาสร้างกราฟ desorption isotherm

3. การหาค่าความชื้นวิกฤต (critical moisture content, Mc) ของขนมโมจิตัวอย่าง

3.1 เก็บขนมโมจิในสภาวะควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 50% เพื่อให้เกิดการสูญเสียความชื้น

3.2 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมโมจิตัวอย่างทุกวัน โดยวิธี magnitude estimation scaling ที่ระดับความน่าเชื่อถือ 99% จนกระทั่งผู้ทดสอบตั้งแต่ 1 คนขึ้นไปใน 10 คน ไม่ยอมรับคุณภาพของตัวอย่าง

3.3 ตรวจวัดค่าความชื้นสุดท้ายของตัวอย่างที่ผู้ทดสอบยอมรับคุณภาพ และกำหนดให้ค่าความชื้นนี้เป็นค่าความชื้นวิกฤตของตัวอย่าง

4. การศึกษาผลของการบรรจุ และวัสดุบรรจุต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมโมจิ

4.1 บรรจุขนมโมจิ 4 ลูก ใส่ถาดแล้วบรรจุในถุงพลาสติก 2 ชนิดคือ OPP/PE ความหนา 0.046 มิลลิเมตร อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 1.948 กรัม/ตารางเมตร•24 ชั่วโมง ที่ 30°C 65%RH และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน 1900 มิลลิตร/ตารางเมตร•24 ชั่วโมง•บรรยากาศ ที่ 30°C 65%RH และ PET/PE/Al/EMAA ความหนา 0.080 มิลลิเมตร อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 0.3 กรัม/ตารางเมตร•24 ชั่วโมง ที่ 30°C 65%RH และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน 0.16 มิลลิตร/ตารางเมตร•24 ชั่วโมง •บรรยากาศ ที่ 30°C 65%RH

4.2 บรรจุตัวอย่างข้อ 4.1 โดยใช้เทคนิคการบรรจุ 4 วิธีดังนี้

4.2.1 บรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ

4.2.2 บรรจุภายใต้ MAP โดยมี CO_2 60% + N_2 40%

4.2.3 บรรจุภายใต้ N_2 100%

4.2.4 บรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ โดยมีสารดูดกลิ่นออกซิเจน (Ageless Z50, Mitsubishi

Gas Chemical Co.,Inc. ประเทศไทย)

4.3 เก็บตัวอย่างทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน

4.4 นำตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ทุก 2-3 วัน จนกระทั่งคุณภาพของตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับ หรือ จนกระทั่งครบ 1 เดือน

4.4.1 วิเคราะห์หาอัตราส่วนของก๊าซภายในภาชนะบรรจุโดยเครื่อง O₂ & CO₂ Analyser Servomex 1450B

4.4.2 ตรวจวัดความชื้น และ a_w ที่อุณหภูมิห้อง ของขนมโมจิ

4.4.3 ตรวจดูลักษณะภายนอก เชื้อราและกลิ่นของขนมโมจิโดยการตรวจพินิจ

ผลและวิจารณ์

การเลือกขนมโมจิตัวอย่าง

ผลการตรวจวัดค่าความชื้นเริ่มต้น (initial moisture content, M_i) และ a_w เริ่มต้นของแป้งและไส้ของขนมโมจิ 5 รส (Table 1) พบว่าขนมโมจิรสใบเตยมีค่าความชื้น 27.74% และ a_w 0.8807 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างอื่น จึงมีโอกาสเกิดการเสื่อมเสียจากเชื้อราและการสูญเสียความชื้นได้ง่ายที่สุดนอกจากนี้ค่า a_w ของส่วนแป้งและไส้ยังมีค่าใกล้เคียงกันมาก การถ่ายเทความชื้นระหว่างแป้ง และไส้จะต่ำ จึงไม่มีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการศึกษาผลของวัสดุบรรจุต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของตัวอย่างจากการสูญเสียความชื้น ดังนั้นขนมโมจิรสใบเตยจึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวอย่างทดลองสำหรับการวิจัยต่อไป

Table 1 Initial moisture content (dry basis) and a_w at room temperature of Moji cakes with various flavors.

Flavors	% moisture content ¹		a_w ²	
	Crust	Filling	Crust	Filling
Bai Toey	27.74 (0.046) ³	34.40 (0.348)	0.8807 (0.014)	0.8869 (0.013)
Cocoa	26.91 (0.325)	35.32 (0.146)	0.8456 (0.004)	0.8951 (0.010)
Coffee	26.78 (0.123)	33.42 (0.048)	0.8631 (0.006)	0.8874 (0.014)
Strawberry	27.73 (0.123)	33.52 (0.149)	0.8615 (0.006)	0.8907 (0.010)
Milk	26.87 (0.037)	31.85 (0.439)	0.8512 (0.003)	0.8595 (0.005)

1 Average of 3 replications

2 Average of 2 replications

3 Standard deviation ()

การศึกษา Desorption Isotherm ของขนมโมจิรสไบเตย

เนื่องจากค่า a_w เริ่มต้นของขนมโมจิมีค่าสูง ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลมีค่าสูงกว่าความชื้นสัมพัทธ์ปกติของอากาศ ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษา ขนมโมจิจึงมีแนวโน้มสูญเสียความชื้นไปในอากาศทำให้เนื้อแป้งแห้งและแข็งกระด้างจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของขนมโมจิ กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่สมดุล ปรากฏอยู่ในกราฟ Desorption Isotherm ของขนมโมจิทั้งส่วนแป้งและไส้ เพื่อใช้ในการประเมินความคุ้มครองที่ผลิตภัณฑ์ต้องการจากภาชนะบรรจุ และใช้ในการพิจารณาเลือกวัสดุบรรจุที่เหมาะสม

จาก Figure 1-2 พบว่า Desorption Isotherm ของส่วนแป้งและไส้ของขนมโมจิมีรูปร่างเป็นตัวเอส (S-shape) หรือ sigmoid curve ซึ่งเป็นลักษณะกราฟของอาหารจำพวกแป้งที่มีความชื้นสูงโดยเฉพาะขนมอบเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม (Paine, 1992) และเส้นกราฟมีความชันสูงมากช่วง a_w มีค่าตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไป

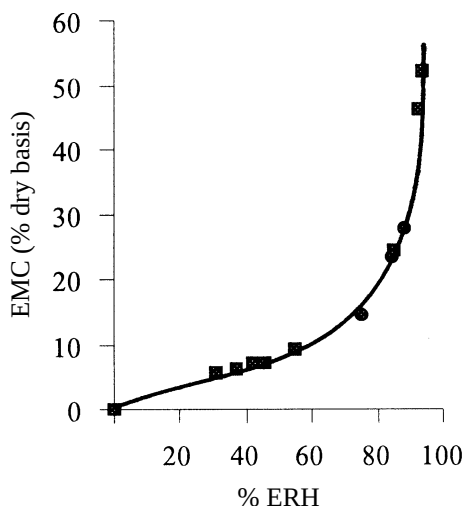


Figure 1 Desorption Isotherm curve of Moji crust.

แสดงว่าการควบคุมหรือการชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วยวิธีการลดความชื้นเพื่อให้ a_w ลดลงด้วยนั้นเป็นแนวทางที่ไม่เหมาะสมกับขนมโมจิ เนื่องจากจะมีผลเสียต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการศึกษหานแนวทางเพื่อเพิ่มอายุการเก็บของขนมโมจิควรมุ่งเน้นการใช้การบรรจุแบบแอคทีฟที่เหมาะสม

การหาค่าความชื้นวิกฤต (critical moisture content, Mc) ของขนมโมจิตัวอย่าง

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมโมจิตัวอย่างเก็บในสภาวะควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 50% โดยวิธี magnitude estimation scaling ที่ระดับความน่าเชื่อถือ 99% ปรากฏว่าผู้ทดสอบเริ่มไม่ยอมรับคุณภาพของตัวอย่างเมื่อความชื้นของส่วนแป้งและไส้เท่ากับ 24.35% และ 30.99% ตามลำดับ ดังนั้นจึงกำหนดค่าความชื้นวิกฤต (Mc) ของขนมโมจิรสไบเตย ของส่วนแป้งเป็น 24.35% และส่วนไส้เป็น 30.99%

การศึกษาเกี่ยวกับการเสื่อมเสียคุณภาพของ

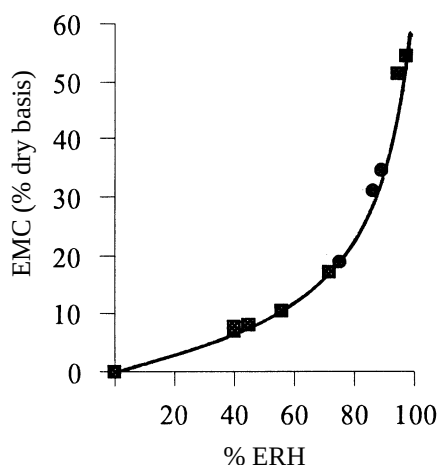


Figure 2 Desorption Isotherm curve of Moji filling.

ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงความชื้น มักกำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (equilibrium relative humidity, ERH) ของสภาวะที่ใช้เก็บรักษาไว้เท่ากับ 75% (Robertson, 1993) เมื่อพิจารณา Figure 1-2 จะพบว่าค่า M_i , M_c , และ M_e อยู่ในช่วงที่กราฟมีความชันสูง และค่า M_c จะใกล้เคียงกับค่า M_i แสดงว่าขนมโมจิต้องการความคุ้มครองจากภาชนะบรรจุสูงมาก เพื่อชะลอการสูญเสียความชื้น และเพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษา ดังนั้นจึงควรเลือกใช้วัสดุบรรจุที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ อย่างไรก็ตามจะต้องพิจารณาปัจจัยอื่นได้แก่การเจริญเติบโตของเชื้อราด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุบรรจุคุณสมบัติสูงเกินความต้องการ (overpackaging) ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นด้วย

การศึกษาผลของการบรรจุและวัสดุบรรจุต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมโมจิรสใบเตย

จาก Table 2 พบว่าการบรรจุขนมโมจิใน OPP/PE โดยใช้สารดูดกลืนออกซิเจนสามารถลดปริมาณ O_2 ภายในภาชนะบรรจุได้อย่างรวดเร็วจนเหลือเพียง 1.6% และสามารถรักษาระดับใกล้เคียงนี้ไว้ได้ 7 วัน จากการสังเกตพบการยุบตัวของภาชนะบรรจุด้วย

เนื่องจากความดันภายในต่ำกว่าความดันบรรยากาศ หลังจากนั้นปริมาณ O_2 จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากออกซิเจนภายนอกสามารถซึมผ่านฟิล์ม OPP/PE ได้ง่ายและเมื่อสารดูดกลืนออกซิเจนอิ่มตัวไม่สามารถดูดกลืนออกซิเจนได้อีก ปริมาณ O_2 ที่ตรวจพบจึงมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 10 พร้อมกับพบการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งสอดคล้องกับการที่ตรวจพบปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มขึ้นอย่างมากจากที่เชื้อราปล่อยออกมา

สำหรับการบรรจุด้วย CO_2 60% + N_2 40% และ N_2 100% พบว่าปริมาณ O_2 เริ่มต้นต่ำมากคือ 0.2% และ 0.6% ตามลำดับ และพบว่าปริมาณ O_2 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจาก OPP/PE ไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีเพียงพอ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ CO_2 ในกรณีการบรรจุด้วย CO_2 60% + N_2 40% จะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจาก CO_2 ส่วนหนึ่งสามารถ ละลายได้ดีในน้ำและไขมันที่อยู่ในตัวอย่างและอีกส่วนหนึ่งซึมผ่านออกไปภายนอก ทำให้ความดันภายในต่ำกว่าความดันบรรยากาศมากและมากกว่ากรณีการบรรจุด้วย N_2 100% และเมื่อเชื้อราเจริญเติบโต ปริมาณ O_2 จะลดลงอย่างรวดเร็ว

Table 2 Changes in headspace O_2 and CO_2 (% v / v) of Moji cakes packaged under various gas atmosphere in OPP / PE and stored under ambient conditions.

Storage Time (days)	Air Packaging		O ₂ absorber		CO ₂ 60 % + N ₂ 40 %		N ₂ 100 %	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
0	20.3	0.3	20.3	0.3	0.2	52.1	0.6	0.4
3	20.4	0.3	1.6	0.2	15.2	7.4	9.8	0.3
5	20.4	0.1	1.4	0.1	17.9	1.3	14.7	0.1
7	<u>19.2</u>	<u>1.1</u>	1.2	0.3	19.2	0.6	16.5	0.3
10	—	—	<u>9.6</u>	<u>5.8</u>	<u>2.0</u>	<u>0.2</u>	<u>19.3</u>	<u>0.2</u>

Note: underlined values correspond to visible mould growth

เมื่อเปรียบเทียบอายุการเก็บของขนมโมจิที่บรรจุแบบแอคทีฟกับที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติจะพบว่ามีความเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย การบรรจุแบบแอคทีฟจะมีอายุการเก็บ 7 วัน เท่ากันทุกกรณี ในขณะที่การบรรจุแบบปกติสามารถเก็บได้ 5 วัน (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับที่พบในท้องตลาดทั่วไป

การใช้ PET/PE/Al/EMAA ซึ่งเป็นฟิล์มที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีมากจะพบว่า (Table 3) การใช้สารดูดกลืนออกซิเจนสามารถรักษาระดับ O_2 ให้ต่ำกว่า 1% ได้นานกว่า 15 วัน และหลังจากนั้นจะสูงกว่า 1% เล็กน้อยอีกมากกว่า 16 วัน ตลอดระยะเวลา รวม 31 วัน ตรวจไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ผิวและปริมาณ CO_2 มีน้อยมากสำหรับการบรรจุด้วย CO_2 60% + N_2 40% พบว่า O_2 จะเพิ่มขึ้น และ CO_2 ลดลง เช่นเดียวกับกรณีการ

บรรจุโดยใช้ OPP/PE แต่ในอัตราที่ช้ากว่าเนื่องจากอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์มมีค่าต่ำ และสังเกตพบเชื้อราเมื่อเก็บรักษาไว้ 19 วัน ส่วนในกรณี N_2 100% จะพบว่า O_2 เพิ่มขึ้นแต่ในอัตราที่ช้ากว่าการบรรจุเดียวกันนี้ที่ใช้ OPP/PE หลังจากเก็บไว้ 10 วัน ตรวจพบว่า O_2 ลดลงอย่างรวดเร็ว (จาก 4.5% เป็น 0.2%) ในขณะที่ CO_2 เพิ่มขึ้นสูง (จาก 0.3% เป็น 5.3%) และพบการเจริญเติบโตของเชื้อรา

จากการตรวจหาปริมาณ O_2 และ CO_2 ในภาชนะบรรจุทุกกรณีพบว่า การเก็บรักษาขนมโมจิในสถานะที่เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ต้องรักษาระดับ O_2 ให้ต่ำกว่า 2% แต่หากมี CO_2 มากเพียงพออยู่ด้วยเช่นประมาณ 40% ที่สมดุล อาจยอมให้มีปริมาณ O_2 สูงขึ้นได้เป็นประมาณ 8% จาก Table 4 พบว่าการบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติของขนมโมจิ

Table 3 Changes in headspace O_2 and CO_2 (% v/v) of Moji cakes packaged under various gas atmosphere in PET/PE/Al/EMAA and stored under ambient conditions.

Storage Time (days)	Air Packaging		O_2 -absorber		CO_2 60% + N_2 40%		N_2 100%	
	O_2	CO_2	O_2	CO_2	O_2	CO_2	O_2	CO_2
0	20.3	0.3	20.3	0.3	0.3	53.2	0.7	0.4
3	20.3	0.3	0.1	0.2	5.1	39.9	3.8	0.3
5	20.3	0.2	0.4	0.2	3.4	44.1	2.6	0.2
7	<u>18.9</u>	<u>1.1</u>	0.3	0.2	2.8	46.2	4.5	0.5
10			0.2	0.2	5.4	38.6	<u>0.2</u>	<u>5.3</u>
12			0.3	0.3	2.8	44.6		
15			0.2	0.1	4.5	44.9		
17			2.3	0.1	8	32.1		
19			1.4	0.1	<u>7.6</u>	<u>36.9</u>		
21			1.7	0.1				
24			1.5	0.3				
26			1.6	0				
29			1.3	0				
31			1.4	0				

Note: underlined values correspond to visible mould growth

Table 4 Mould-Free Shelf-life of Moji cakes packaged under various gas atmosphere in different films and the corresponding moisture content of crust and filling.

Gas Atmosphere	OPP/PE			PET/PE/Al/EMAA		
	days ¹	Crust ²	Filling ²	days ¹	Crust ²	Filling ²
Air	5	28.1	34.73	5	27.18	31.04
N ₂ 100 %	7	28.97	34.04	7	29.39	34.17
CO ₂ 60 % + N ₂ 40 %	7	27.98	33.82	17	27.35	30.69
O ₂ -absorber	7	29.2	34.61	> 31	27.22	31.32

1 Mould-Free Shelf-life of Moji

2 Average moisture content (%) of 3 replications

มีอายุการเก็บเพียง 5 วัน และไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุบรรจุที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและไอน้ำต่ำมาก เนื่องจากจะเพิ่มต้นทุนการผลิตโดยไม่ได้ประโยชน์ การบรรจุภายใต้ N₂ 100% ไม่สามารถช่วยเพิ่มอายุการเก็บของขนมโมจิได้เพียงพอ และการใช้วัสดุบรรจุทั้ง 2 ชนิด มิได้ให้ผลที่แตกต่างกัน การใช้ CO₂ จะช่วยเพิ่มอายุการเก็บได้ดีมากขึ้น และต้องใช้วัสดุบรรจุที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำ การใช้ CO₂ 60% + N₂ 40% นับว่าเหมาะสมเนื่องจากสามารถรักษาความชื้นขนมได้ถึงสูงถึงประมาณ 40% การใช้สารดูดกลืนออกซิเจนจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยต้องใช้ฟิล์มที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำมากเท่านั้น โดยจะเก็บรักษาได้มากกว่า 31 วัน นอกจากนี้ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำเพียงพอที่จะรักษาค่าความชื้นของขนมโมจิให้สูงกว่าค่าความชื้นวิกฤตได้ตลอดการเก็บรักษา

สรุป

ขนมโมจิเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง

ความชื้นเริ่มต้นของส่วนแป้งมีค่าอยู่ในช่วง 26.67-27.74% ส่วนไส้ 31.85-35.32% และค่า a_w ของส่วนแป้งอยู่ในช่วง 0.8512-0.8807 ส่วนไส้ 0.8595-0.8951 มีอายุการเก็บ 5-7 วัน การบรรจุโดยวิธีแอกติฟโดยใช้สารดูดกลืนออกซิเจน และวัสดุบรรจุที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำต่ำ จะสามารถเพิ่มอายุการเก็บของขนมโมจิรสใบเตยได้ไม่น้อยกว่า 31 วัน ส่วนการใช้ CO₂ 60% + N₂ 40% จะช่วยเพิ่มอายุการเก็บได้เป็น 17 วัน การบรรจุด้วย N₂ 100% ไม่เหมาะสมกับขนมโมจิเนื่องจากอายุการเก็บเพิ่มเพียงเล็กน้อยคือเป็น 7 วัน การบรรจุแบบแอกติฟทั้ง 3 วิธีโดยใช้วัสดุบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ต่ำไม่สามารถช่วยเพิ่มอายุการเก็บของขนมโมจิรสใบเตยได้อย่างน่าพอใจ จากข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดอายุการเก็บของขนมโมจิบรรจุด้วยวิธีต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องต่อไป

เอกสารอ้างอิง

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. โรงพิมพ์ลินคอร์นโปรโมชัน,

- กรุงเทพ. 173 น.
- Ooraikul, B. and M.E. Stiles. 1991. Modified Atmosphere Packaging of Food. Ellis Horwood, England. 293 p.
- Paine, F.A. 1992. A Handbook of Food Packaging. 2 nd ed., Blackie Academic and Professional, Glasgow. 497 p.
- Robertson, G.L. 1993. Food Packaging : Principle and Practice. Marcel Dekker, Inc., New York. 676 p.
- Rooney, M.L. 1995. Active Food Packaging. Blackie Academic and Professional, Glasgow. 260 p.
- Shafiur, L. 1995. Food Properties Handbook. CRC Press Inc., New York. 500 p.
- Smith, J.P. 1993. Bakery Products, pp. 134-165. In R.T. Parry (ed.). Principle and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods. Blackie Academic and Professional, Glasgow.
-
- วันรับเรื่อง : 12 มี.ค. 41
- วันรับตีพิมพ์ : 6 ก.ค. 41