Agricultural Sci. J. 38 : 5 (Suppl.) : 229-233 (2007) ว. วิทย. กษ. 38 : 5 (พิเศษ) : 229-233 (2550)

การยืดอายุการเก็บข้าวซ้อมมือโดยใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ และสารดูดกลืนออกซิเจน

Extending shelf life of brown rice by using different packaging materials and oxygen absorber

พรชัย ราชตนะพันธุ์[1] **และ วิรงรอง ทองดีสุนทร**[2]

Pornchai Rachtanapun[1], and Wirongrong Tongdeesoontorn[2]

Abstract

Effects of oxygen absorber and packaging material types (foil, PVDC, PE, and PP bags) on shelf life of cargo rice (brown rice) were studied. The amount of oxygen and carbon dioxide in the bags related to gas permeability of packages. It can be ordered from high to low permeability as PE > PP > PVDC > foil. Higher content of oxygen in PE and PP bags were caused of insect and mold infestation which represented the end of shelf life. The shelf life of brown rice in PE and PP bags with and without oxygen absorber was 105 days, and in PVDC without oxygen absorber was 150 days. Shelf life of brown rice in PVDC with oxygen absorber and in foil with and without oxygen absorber was longer than 180 days. Types of packaging materials and use of oxygen absorber had no effect on a_w and moisture content of brown rice. Amount of hexanal (a rancid odor) was measured by SPME-GC. Packaging with oxygen absorber could reduce hexanal content of brown rice. Therefore, the use of foil and PVDC packages with oxygen absorber can extend shelf life of brown rice.

Keywords: Shelf life, brown rice, packaging materials, oxygen absorber

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารดูดซับออกซิเจน (oxygen absorber) และชนิดของบรรจุภัณฑ์ (ถุง PE PP PVDC และอะลูมินัมฟอยล์ (aluminum foil)) ต่ออายุการเก็บรักษาข้าวซ้อมมือ พบว่า ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงมีค่าสอดคล้องกับการยอมให้ก๊าซผ่านของถุงแต่ละชนิดโดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ PE > PP > PVDC > foil และปริมาณออกซิเจนที่มีมากในถุง PE และ PP เป็นสาเหตุให้เกิดมอดและราได้เร็วกว่าในถุง PVDC และ foil การเกิดมอดและราเป็นตัวบ่งชี้การสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาข้าวซ้อมมือ ข้าวซ้อมมือในถุง PE และ PP ทั้งที่มีและไม่มี oxygen absorber จะมีอายุการเก็บ 105 วัน และข้าวซ้อมมือในถุง PVDC ที่ไม่มี oxygen absorber จะเก็บไว้ได้ 150 วัน ในขณะที่ข้าวซ้อมมือในถุง PVDC ที่มี oxygen absorber และถุง foil ทั้งที่มีและไม่มี oxygen absorber มีอายุการเก็บมากกว่า 180 วัน ชนิดของบรรจุภัณฑ์และ oxygen absorber ไม่มีผลต่อค่า a_w และปริมาณความชื้น เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณ hexanal ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นหืนโดยใช้ SPME-GC พบว่า ในบรรจุภัณฑ์ที่มี oxygen absorber จะมีปริมาณ hexanal เกิดขึ้นน้อยกว่าถุงที่ไม่มี oxygen absorber ดังนั้น การใช้ ถุง aluminum foil และ PVDC ร่วมกับ oxygen absorber สามารถยืดอายุการเก็บรักษาข้าวซ้อมมือได้

คำสำคัญ: อายุการเก็บ ข้าวซ้อมมือ บรรจุภัณฑ์ และ สารดูดซับออกซิเจน

บทนำ

ข้าวซ้อมมือหรือข้าวกล้องมีคุณค่าทางโภชนาการอย่างมากเนื่องจากเป็นอาหารที่มีกากหรือมีเส้นใยมาก ซึ่งช่วยลดการดูดซึมไขมัน ป้องกันท้องผูก ช่วยลดโอกาสเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคหัวใจ และโรคเส้นเลือดในสมองตีบ นอกจากนี้ข้าวซ้อมมือยังเป็นแหล่งอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินบี 1 ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดโรคเหน็บชา และยังอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ อีกมากมาย (กองโภชนาการ, 2549) ถึงแม้ว่าข้าวซ้อมมือจะมีคุณค่าทางอาหารต่อร่ายกายแต่การผลิตข้าวซ้อมมือก็ยังประสบปัญหาเรื่องอายุการเก็บรักษาสั้น โดยสามารถเก็บได้ไม่เกิน 6 เดือน (Herbst, 2006) หากเก็บไว้เป็นเวลานานจะเกิดกลิ่นหืนอันเนื่องมาจากการแตกโมเลกุลด้วยน้ำ (hydrolytic) ของไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) หรือฟอสโฟลิปิด (phospholipid) ที่เป็นส่วนประกอบของน้ำมันในรำข้าว ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ (free fatty acids) รวมทั้งการเกิด

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

[1] Department of Packaging Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[2] Department of Biotechnology, Graduate School, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

ออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acids) ในรำข้าวทำให้เกิดสารประกอบที่ระเหยได้ในกลุ่มอัลดีไฮด์ คีโตน และแอลกอฮอล์ ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน (Gordon, 2001) และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับข้าวซ้อมมือ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องมอดและเชื้อราที่เกิดขึ้นในข้าวซ้อมมือมีมากกว่าในข้าวขัดสีโดยจะเกิดขึ้นหลังอายุการเก็บตั้งแต่ 2 เดือนขึ้นไป การเกิดกลิ่นหืน มอด และเชื้อราในข้าวซ้อมมือจึงเป็นอุปสรรคต่อการเก็บรักษาและการส่งออกข้าวซ้อมมือเป็นอย่างมาก ดังนั้น ในการศึกษานี้คณะผู้วิจัยได้เลือกศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด ได้แก่ ถุง PE, PP PVDC และ aluminum foil ร่วมกับสารดูดกลืนออกซิเจนเพื่อยืดอายุการเก็บข้าวซ้อมมือ โดยป้องกันการเกิดมอด และชะลอการเกิดกลิ่นหืน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. บรรจุข้าวซ้อมมือในถุงแต่ละชนิด คือ ถุง PE, ถุง PP, ถุง PVDC และ ถุง aluminum foil ปริมาตร 304.80±0.47 ลูกบาศก์เซนติเมตร อีกชุดการทดลองใส่ oxygen absorber (wonderkeep RP-200) 1 ซอง ต่อถุงก่อนปิดผนึก เก็บที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30°C)
2. หาปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงข้าวซ้อมมือ นำถุงข้าวซ้อมมือแต่ละชนิดมาหาปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงด้วยเครื่อง Head space analyzer 6600 (Ilinois instruments)
3. หาค่า water activity (a_w) ของข้าวซ้อมมือจากถุงแต่ละชนิด โดยใช้เครื่อง a_w analyzer (Novasina)
4. หาปริมาณความชื้นของข้าวซ้อมมือ โดยอบในตู้อบลมร้อนที่ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง คำนวณหาปริมาณความชื้น ดังสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ ความชื้น (wet basis)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวก่อนอบ - น้ำหนักข้าวหลังอบ}}{\text{น้ำหนักข้าวก่อนอบ}} \times 100$$

5. หาปริมาณ hexanal ของข้าวซ้อมมือจากบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดโดยใช้ SPME-GC โดยดัดแปลงจากวิธีของ Wongpornchai และคณะ (2004)

ผลและวิจารณ์

1. การหาปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงข้าวซ้อมมือ

การหาปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ที่มีและไม่มี oxygen absorber ด้วย head space analyzer ผลที่ได้แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ดังแสดงใน รูปที่ 1

ถุง PE และ ถุง PP (รูปที่ 1a) มีแนวโน้มของปริมาณของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์คล้ายๆ กัน คือ ค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เนื่องจาก ถุง PE และ ถุง PP เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้น้อย เมื่อมีปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบในข้าว และการหายใจของไข่และตัวอ่อนของมอดเกิดขึ้นทำให้มีการใช้ออกซิเจนภายในถุง แต่ออกซิเจนจากนอกถุงจะแพร่ผ่านเข้าสู่ในถุงได้ง่าย จึงทำให้ปริมาณออกซิเจนภายในค่อนข้างคงที่ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจในถุงค่อนข้างคงที่ด้วย แม้ใช้ร่วมกับ oxygen absorber ออกซิเจนจะถูกดูดซับไปในช่วงแรกเท่านั้น แต่ออกซิเจนจากภายนอกถุงที่แพร่เข้ามาได้มากจะทำให้ oxygen absorber หมดประสิทธิภาพไป ทำให้ปริมาณออกซิเจนภายในเพิ่มขึ้นจนค่อนข้างคงที่ ดังรูปที่ 1b ปริมาณออกซิเจนที่มีมากพอในถุง PE และ PP ทั้งที่มีและไม่มี oxygen absorber จึงทำให้เกิดแมลงและเชื้อราขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บ 105 วัน ซึ่งนับเป็นจุดสิ้นสุดอายุการเก็บข้าวซ้อมมือในบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว

สำหรับถุง PVDC และ aluminum foil ที่ไม่มี oxygen absorber (รูปที่ 1a) มีแนวโน้มของปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่คล้ายกัน คือ ใน 30 วันแรก ออกซิเจนในถุงถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบในข้าวและการหายใจของไข่และตัวอ่อนของมอด แต่เพราะ PVDC และ aluminum foil เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีมาก ทำให้ออกซิเจนจากภายนอกถุงแพร่เข้าในถุงได้น้อยทำให้ปริมาณออกซิเจนในถุงลดลงมาก จนกระทั่งเมื่อออกซิเจนจากภายนอกแพร่เข้ามาได้มากพอกับออกซิเจนที่ใช้ ปริมาณของออกซิเจนในถุงจึงค่อนข้างคงที่ ในขณะเดียวกันก็มีคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นจากการหายใจค่อยๆเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลทำให้อัตราการหายใจของข้าวซ้อมมือลดลง ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่แพร่เข้าในถุงมีมากกว่าปริมาณออกซิเจนที่ข้าวใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชันและการหายใจ ปริมาณออกซิเจนในถุงจึงสะสมเพิ่มมากขึ้นจนสมดุลกับปริมาณออกซิเจนภายนอกถุงและค่อนข้างคงที่ สำหรับการใช้ถุง PVDC และ aluminum foil ร่วมกับ oxygen absorber ก็มีแนวโน้มของปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่คล้ายคลึงกัน (รูป 1b) โดยออกซิเจน

ในถุงจะถูก oxygen absorber ดูดซับไป ปริมาณออกซิเจนที่มีเล็กน้อยในถุงจึงคงที่จนกระทั่ง oxygen absorber หมดประสิทธิภาพ ปริมาณออกซิเจนในถุงจึงเริ่มเพิ่มขึ้นจนเข้าสู่สมดุล เนื่องจาก aluminum foil มีคุณสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซได้ดีกว่า PVDC จึงทำให้การเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซิเจนในถุง foil เกิดขึ้นช้ากว่าในถุง PVDC ทั้งที่มีและไม่มี oxygen absorber จากรูปที่ 1a ปริมาณออกซิเจนที่เหลือจากการหายใจในถุง PVDC ที่มีปริมาณมากกว่าในถุง foil เป็นสาเหตุให้เกิดมอดในถุง PVDC ที่ไม่มี oxygen absorber เมื่อเก็บได้ 150 วันด้วย ในขณะที่ข้าวซ้อมมือที่บรรจุในถุง PVDC ที่มี oxygen absorber และ ถุง foil ทั้งที่มีและไม่มี oxygen absorber สามารถเก็บได้นานกว่า 180 วัน

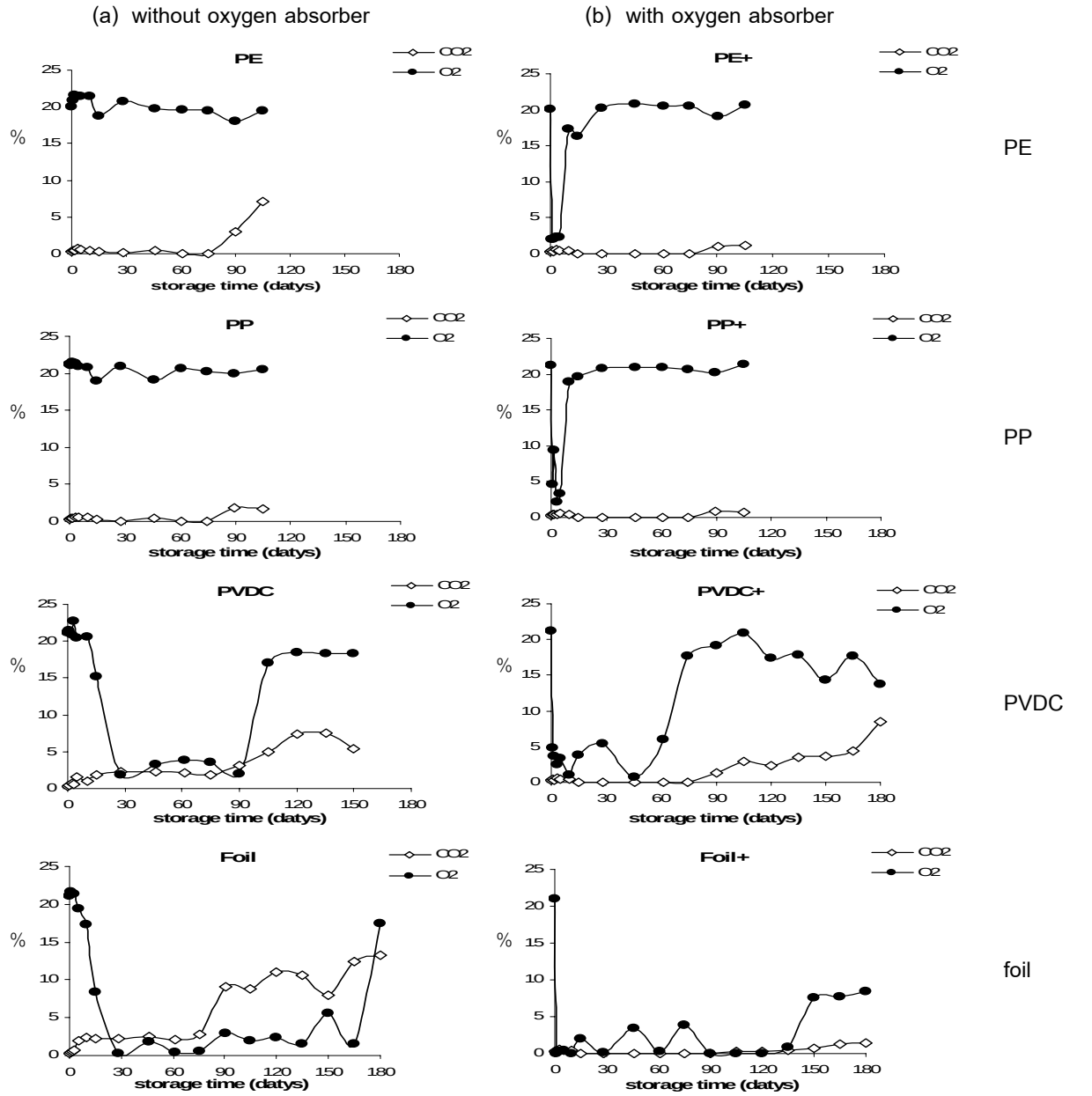

Figure 1 Effects of packaging types and oxygen absorber on $\%CO_2$ and $\%O_2$ in packages of brown rice (a) without and (b) with oxygen absorber

เมื่อเรียงลำดับตามความสามารถในการป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดสามารถเรียงลำดับจากน้อยไปหามากได้ดังนี้ PE < PP < PVDC < aluminum foil ซึ่งมีผลสอดคล้องกับคุณสมบัติ (งามทิพย์, 2538) และอัตราการแพร่ผ่านของก๊าซออกซิเจน (OTR) ของบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว (Plastic Design Library, 1995; The National Academies Press, 2002) จึงสามารถสรุปได้ว่า ถุง aluminum foil เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการแพร่ผ่านของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับถุง PE PP และ PVDC ซึ่งจะช่วยยืดอายุการเก็บข้าวซ้อมมือได้นานกว่า 180 วัน และการใช้บรรจุภัณฑ์ที่

สามารถป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซได้ดีมากอย่าง PVDC และ aluminum foil ร่วมกับ oxygen absorber ทำให้ปริมาณออกซิเจนเริ่มต้นมีปริมาณน้อยมากและรักษาระดับออกซิเจนให้ต่ำพอที่จะทำให้ไข่และตัวอ่อนของมอดที่มีอยู่ในข้าวซ้อมมืออยู่แล้วไม่สามารถเจริญเติบโตได้และตายไปในที่สุด ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการใช้ oxygen absorber ในบรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษาลูกเกดแห้ง (Tarr *et al*., 2005) จึงช่วยยืดอายุการเก็บข้าวซ้อมมือได้

2. การหาค่า a_w และปริมาณความชื้นของข้าวซ้อมมือในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด

และความชื้นในข้าวเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่ออายุการเก็บของข้าวซ้อมมือ ค่า a_w ของข้าวซ้อมมือที่บรรจุในถุงทั้ง 4 ชนิด ทั้งที่มีและไม่มี oxygen absorber มีแนวโน้มที่เหมือนกัน คือ ค่อนข้างคงที่ โดยสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นของข้าวซ้อมมือ (Modi *et al*., 2006) ทั้งนี้เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดมีคุณสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของไอน้ำได้ดี แสดงว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อ a_w และปริมาณความชื้นของข้าวซ้อมมือ

3. การหาปริมาณ hexanal ในข้าวซ้อมมือโดยใช้ SPME-GC

การหาปริมาณ hexanal ในข้าวซ้อมมือที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด ทั้งที่มีและไม่มี oxygen absorber เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 เดือน เนื่อง hexanal เป็นสารประกอบหนึ่งที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัวในข้าวซ้อมมือและเป็นส่วนประกอบของกลิ่นหืนอีกด้วย hexanal จึงถูกจัดเป็นดัชนีตัวหนึ่งในการชี้วัดความหืนที่เกิดขึ้นทั้งในข้าว (Wongpornchai *et al*., 2004) จากการทดลองพบว่า ในกลุ่มที่มีการใส่ oxygen absorber ในถุง มีการกำจัดออกซิเจนตั้งแต่เริ่มเก็บ ทำให้ชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันจึงมีปริมาณ hexanal น้อยกว่ากลุ่มที่ไม่มี oxygen absorber (รูปที่ 2) แนวโน้มปริมาณที่ลดลงของ hexanal อันเนื่องมาจากการกำจัดปริมาณออกซิเจนด้วยการเติม oxygen absorber แสดงให้เห็นว่า ออกซิเจนเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในข้าวซ้อมมือ เมื่อมีการกำจัดออกซิเจนโดยใช้ oxygen absorber ก็จะช่วยลดการเกิดกลิ่นหืนอีกด้วย

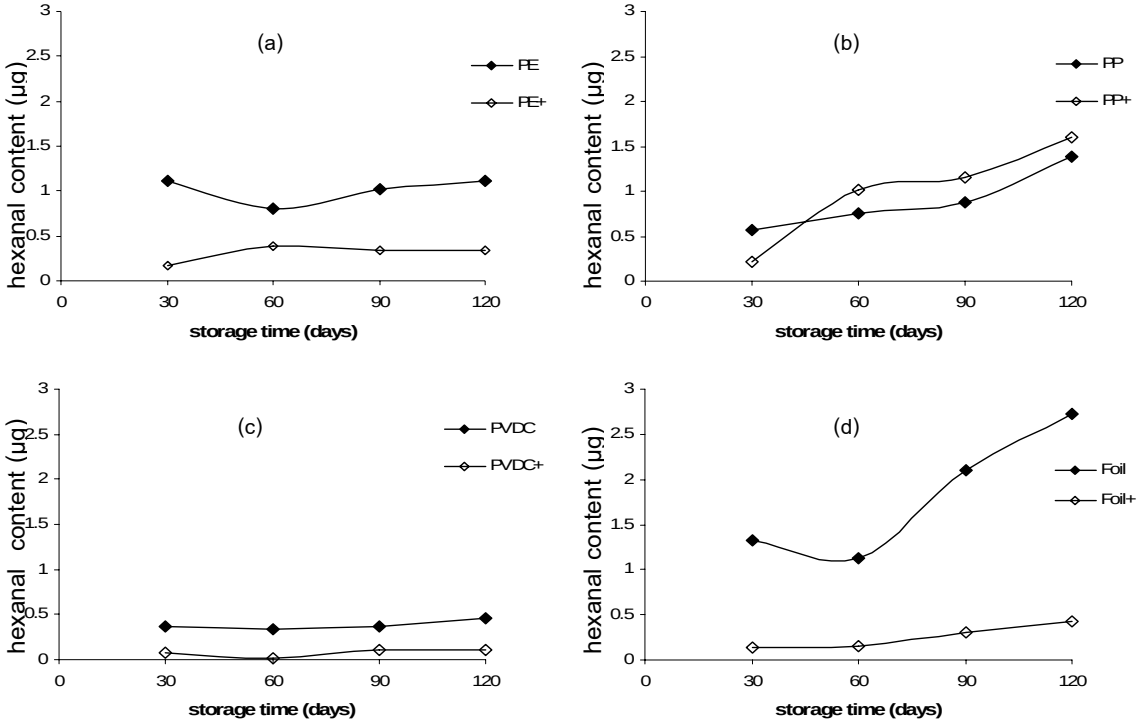

Figure 2 Effects of packaging types and oxygen absorber on hexanal content in (a) PE bags (b) PP bags (c) PVDC bags and (d) aluminum foil bags

สรุป

ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์สัมพันธ์กับค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซของบรรจุภัณฑ์นั้นๆ โดยเมื่อเรียงจากค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซจากมากไปน้อยได้แก่ ถุง PE, PP, PVDC และ aluminum foil การแพร่ผ่านของออกซิเจนได้ดีของถุง PE และ PP ทำให้เกิดมอดและเชื้อราซึ่งจัดว่าเป็นการสิ้นสุดอายุการเก็บข้าวซ้อมมือในบรรจุภัณฑ์

ดังกล่าว ซึ่งสามารถเก็บได้ 105 วัน ในขณะที่ข้าวซ้อมมือในถุง PVDC ที่ไม่ใส่ oxygen absorber มีอายุการเก็บ 150 วัน ข้าวซ้อมมือในถุง PVDC ที่มี oxygen absorber และถุง foil ทั้งที่ไม่มีและมี oxygen absorber มีอายุการเก็บตั้งแต่ 180 วันขึ้นไป ชนิดของบรรจุภัณฑ์และการใช้ oxygen absorber ไม่มีผลต่อค่า a_w และปริมาณความชื้นของข้าวซ้อมมือตลอดอายุการเก็บ การใช้ oxygen absorber ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ช่วยลดการเกิด hexanal ของข้าวซ้อมมือในบรรจุภัณฑ์นั้นๆ โดยเฉพาะข้าวซ้อมมือที่บรรจุในถุง PVDC เกิด hexanal น้อยที่สุด ดังนั้นการใช้ บรรจุภัณฑ์ PVDC และ aluminum foil ร่วมกับ oxygen absorber ช่วยยืดอายุการเก็บข้าวซ้อมมือได้

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ. 2549. ข้าวซ้อมมือและข้าวกล้อง. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: http://nutrition.anamai.moph.go.th/1675/old1675/Html/menu16/m1610.html (26 ตุลาคม 2549)

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. หลักการบรรจุ. ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Gordon, M.H. (2001) The development of oxidative rancidity in foods. In: Antioxidants in food practical applications (Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. eds.), CRC Press, New York, pp. 7-21.

Herbst, S T. 2006. Rice. (Online). Available: http://www.internationalrecipesonline.com/recipes/dictionary.pl?5773 (October 26, 2006)

Modi, V.K., G.S.S. Gowda, P.Z. Sakhere, N.S. Mahendrakar, and D.N. Rao. 2006. Pre-processed spice mix formulation and changes in its quality during storage. LWT 39:613-620.

Plastics Design Library (1995) Barrier materials - an overview. In: Permeability and other film properties of plastics and elastomers, Norwich, New York.

Tarr, C.R. and P.R. Clingeleffer. 2005. Use of an oxygen absorber for disinfestations of consumer packages of dried vine fruit and its effect on fruit colour. J. Stored Product Res. 41:77-89.

The National Acadenies Press. 2002. High-Energy, Nutrient-Dense Emergency Relief Food Product. (Online). Available: http://www.nap.edu/books/030908315X/html/115.html (26 Oct 2006)

Wongpornchai, S., K. Dumri, S. Jongkaewwattana, and B. Siri. 2004. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105. Food Chem. 87:407-414.