



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษา คุณภาพข้าวสารเพื่อการส่งออก

โดย

งามชื่น คงเสรี
พลศรี สว่างจิต

สุนันทา วงศ์ปิยชน
ประนอม มงคลบรรจง

ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

สถาบันวิจัยข้าว

กรมวิชาการเกษตร

สิงหาคม 2539

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษา
คุณภาพข้าวสารเพื่อการส่งออก

โดย

งามชื่น คงเสรี
พุลศรี สว่างจิต

สุนันทา วงศ์ปิยชน
ประนอม มงคลบรรจง

ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

สถาบันวิจัยข้าว

กรมวิชาการเกษตร

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
คำนำ	2
วิธีดำเนินการ	2
การสำรวจสถานการณ์การส่งออกข้าวบรรจุถุงในปัจจุบัน	4
คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ	5
การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพข้าว	6
สรุปผลการทดลอง	20
คำแนะนำ	20
เอกสารอ้างอิง	21

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ เพื่อรักษาคุณภาพข้าวสารเพื่อการส่งออก

บทคัดย่อ

จากการสำรวจผู้ประกอบการผลิตข้าวบรรจุถุง 15 ราย ซึ่งเป็นผู้ส่งออกข้าว 14 ราย ปัญหาที่พบได้แก่การเกิดแมลงและการเสื่อมคุณภาพของข้าว รวมทั้งค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน การขนส่ง และค่าบรรจุภัณฑ์สูง มีบางรายระบุถึงปัญหาวัสดุและการปิดผนึกถุง เพื่อรักษาคุณภาพข้าวสารโดยการปรับปรุงภาชนะบรรจุ จึงทำการเก็บรักษาข้าวสารในภาชนะบรรจุต่างๆ นาน 6 เดือน โดยทำการทดลอง 2 ชุด ชุดแรกใช้ข้าวจากฤดูนาปรัง 2538 ที่มีอมิโลส 28% ทำการบรรจุ 9 วิธี คือ ในกระสอบ พลาสติกสาน (polypropylene : PP) ถุง พลาสติก (polyethylene : PE) ถุงไนลอนประกบ (NY15/PE17/PE70 : Ny) ถุงไนลอนปิดผนึกภายใต้สูญญากาศที่ -0.9 bar (Ny-V) ถุงไนลอนประกบพร้อม (Ny-A) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ประกบ (OPP20/PE20/AL/PE20/PE40 : Al) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกสูญญากาศที่ -0.9 bar (Al - V) ถุงอลูมิเนียมฟอยล์พร้อมสารดูดออกซิเจน (Al - A) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกสูญญากาศเก็บในห้อง 15°C (Al - V15) สำหรับเปรียบเทียบ ชุดที่ 2 นำข้าวหอมที่ผ่านการขัดขาวและขัดมันบรรจุในกระสอบพลาสติก ถุงพลาสติก ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ และถุงไนลอน สำหรับถุงไนลอน นอกจากการปิดผนึกปกติ ยังปิดผนึกพร้อมสารดูดออกซิเจนและปิดผนึกสูญญากาศ ผลการทดลองพบว่า การบรรจุข้าวในถุงต่างๆ โดยปิดผนึกปกติไม่สามารถป้องกันการเกิดแมลงได้ โดยเฉพาะในถุง PP และ PE ปริมาณแมลงและหนอนในถุงเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อยี่ดระยะเวลาเก็บ การทำลายของแมลงมีผลให้ข้าวสุกมีกลิ่นเหม็น ข้าวสุกที่มีกลิ่นเหม็นจะมีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระและ ค่าปริมาณเปอร์ออกไซด์ ในน้ำมันที่สกัดได้ด้วย การใช้ระบบการปิดผนึกแบบสูญญากาศ หรือการใส่สารดูดออกซิเจน ในถุงไนลอนประกบและถุงอลูมิเนียมฟอยล์ จะช่วยป้องกันการเกิดแมลง ชะลอการเพิ่มขึ้นของกลิ่นสาบและการลดลงของกลิ่นหอมในข้าวหอม แต่คุณภาพข้าวสุกจะมีความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันลดลงเล็กน้อย สำหรับข้าวที่เก็บในสภาพอุณหภูมิ 15°C นอกจากจะสามารถป้องกันการเกิดแมลงและกลิ่นสาบได้ ยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวสุกได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวขัดมันมีกลิ่นหอมมากกว่าข้าวขัดขาวเล็กน้อย

คำนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าในตลาดต่างประเทศ ข้าวไทยเป็นข้าวที่มีคุณภาพดี ทั้งด้านกายภาพและการบริโภค ที่สนองความต้องการผู้บริโภคทุกกลุ่ม ซึ่งผู้บริโภคในแต่ละท้องที่มีความต้องการข้าวที่มีคุณภาพการบริโภคแตกต่างกัน เช่น ชาวฮ่องกง นิยมข้าวเมล็ดยาวที่มีข้าวสุกนุ่ม ในขณะที่ชาวสิงคโปร์ชอบข้าวร่วน โดยธรรมชาติแล้วเมล็ดข้าวจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพตามระยะเวลาและสภาพการเก็บ เช่น การปรากฏของแมลง การเกิดกลิ่นสาบ การลดลงของกลิ่นหอม ความนุ่ม และความเหนียว ของข้าวสุกการเปลี่ยนแปลงโดยไม่มีการควบคุม มักก่อผลเสียอย่างมากในการตลาด การปรับปรุงวิธีการบรรจุข้าวสารที่เหมาะสมจะสามารถป้องกันการพัฒนาของแมลงและชะลอความเสียหายได้ ทั้งนี้ จะช่วยสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพข้าวไทยต่อผู้ซื้อ การวิจัยดำเนินการ ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ระหว่างเดือน สิงหาคม 2538 – กันยายน 2540 จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงวิธีการบรรจุข้าวสารเพื่อป้องกันการพัฒนาของแมลงและชะลอการเสื่อมคุณภาพ โดยมีการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 แนวทาง คือ

1. การสำรวจสถานการณ์ส่งออกข้าวบรรจุถุงในปัจจุบัน
2. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพข้าวสาร
3. การเก็บรักษาข้าวหอมขัดขาวและขัดมันในภาชนะบรรจุต่างๆ

วิธีดำเนินการ

1. อุปกรณ์
 - 1.1 เครื่องบดข้าว (Brabender Quadumat miller)
 - 1.2 เครื่องปิดผนึกถุงพร้อมระบบสุญญากาศ
 - 1.3 เครื่อง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometr)
 - 1.4 เครื่องระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator)
 - 1.5 หม้อต้มน้ำไฟฟ้า (water bath)
 - 1.6 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Nitrogen analysis apparatus)
 - 1.7 เครื่องผสมแป้งในหลอดแก้ว (Vortex mixer)
 - 1.8 หม้อหุงข้าวไฟฟ้า (electric rice cooker)
 - 1.9 ถุงบรรจุข้าวต่างๆ ได้แก่ ถุงกระสอบพลาสติก ถุงพลาสติก ถุงไนลอนประกบหลายชั้น ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ประกบหลายชั้น
 - 1.10 สารดูดออกซิเจน (oxygen absorber)
 - 1.11 กรงกันแมลง

1.12 เครื่องแก้วต่างๆ

1.13 ข้าวสารจากฤดูนาปรัง

1.14 ข้าวหอมสารที่ผ่านการขัดขาวและขัดมัน

2. วิธีการ

2.1 การสำรวจสถานการณ์ส่งออกข้าวบรรจุถุงในปัจจุบัน ดำเนินการโดยส่งแบบสอบถามไปยังผู้ประกอบการที่ดำเนินการผลิตข้าวบรรจุถุงเพื่อการส่งออก จำนวน 14 ราย

2.2 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพข้าวสาร

2.2.1 การรักษาข้าวสารขาวในภาชนะบรรจุต่างๆ เมล็ดข้าวสารที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้าวที่เก็บเกี่ยวจากฤดูนาปรัง พ.ศ. 2538 ทำการเก็บข้าวสารในสภาพห้องปกติ โดยบรรจุข้าวสาร 2,000 กรัม ในถุงชนิดและสภาพการปิดผนึกต่างๆ ดังนี้ : ถุงกระสอบพลาสติกปิดผนึกปกติ (PP), ถุง Polyethylene ปิดผนึกปกติ (PE) , สำหรับถุงไนลอนออลูมิเนียมฟอยล์ประกบหลายชั้น และถุงออลูมิเนียมฟอยล์ประกบหลายชั้น ทำการปิดผนึกถุง 3 แบบ คือ ปิดผนึกปกติ (NY และ AL) ปิดผนึกระบบสูญญากาศที่ - 0.9 bar : (Ny - V และ AL - V) หรือใส่ สารดูดออกซิเจน (oxygen absorber or Ageless) และปิดผนึกปกติ : (Ny - A และ AL - A) ทั้งนี้ มีข้าวบรรจุถุงออลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกสูญญากาศ และเก็บในห้อง 15°C 65% RH (A1 - V15) สำหรับเปรียบเทียบ เพื่อป้องกันแมลงภายนอก จึงเก็บถุงข้าวในกรงกันแมลงอีกชั้นหนึ่งและเก็บข้าวในช่วงเดือนสิงหาคม 2538 - กุมภาพันธ์ 2539 ทำการทดลอง 2 ชั่วโมง โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติของเมล็ดทุกเดือน โดยตรวจหาจำนวนแมลงหนอน ปริมาณอมิโลส (7 และ 9) ปริมาณโปรตีน (2) การสลายเมล็ดในด่าง (10) ความคงตัวของแป้งสุก (4) ปริมาณกรดไขมันอิสระโดยวิธี A.A.C.C. (1) ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันโดยวิธี IUPAC (6) และ คุณสมบัติการรับประทานของข้าวสุก โดยวิธีประสาทสัมผัสและให้คะแนนของคุณลักษณะ (Organoleptic)

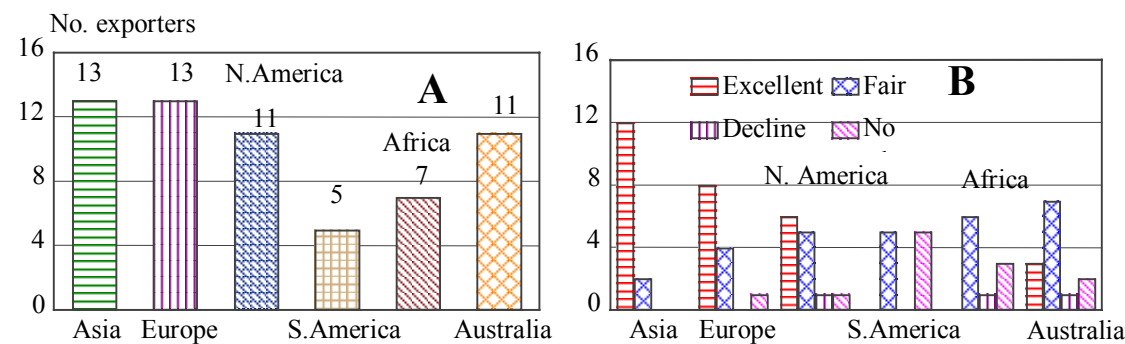
2.2.2 การรักษาข้าวหอมที่ผ่านการขัดขาวและขัดมันในภาชนะบรรจุต่างๆ นำเมล็ดข้าวสารหอมมะลิจากฤดูนาปี 2539 ที่ผ่านการขัดขาว (ธรรมดา) และขัดมันจากโรงสีผู้ส่งออก มาบรรจุในถุงชนิดต่างๆ ดังนี้ ถุงกระสอบพลาสติก(PP) ถุง polyethylene (PE) ถุงออลูมิเนียมฟอยล์ประกบหลายชั้นปิดผนึก (A1) ถุงไนลอนประกบหลายชั้นโดยทำการปิดผนึกปกติ(Ny) ปิดผนึกระบบสูญญากาศที่ -0.9 her (Ny-V) และพร้อมสารดูดออกซิเจนแล้วปิดผนึก (Ny-A) และถุงไนลอน ปิดผนึก และเก็บในห้อง 15°C. ทำการวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับข้าวชุดแรก

ผลการทดลอง

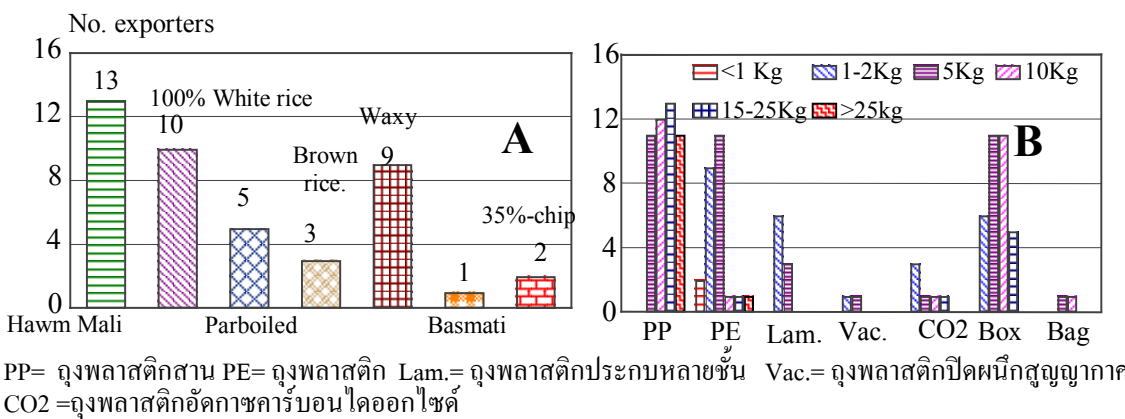
1. การสำรวจสถานการณ์การส่งออกข้าวบรรจุถุงในปัจจุบัน

จากการสำรวจผู้ประกอบการผลิตข้าวบรรจุถุง เพื่อส่งออกในระหว่างเดือนธันวาคม 2538 14 ราย เป็นผู้ประกอบการค้าข้าวมาแล้ว 3-50 ปี พบว่า ตลาดข้าวบรรจุถุงส่งออกที่สำคัญที่มีผู้ส่งออกข้าวบรรจุถุง หลายราย คือ ตลาด ในเอเชีย และยุโรปโดยมีประเทศในทวีป อเมริกาเหนือ และออสเตรเลีย เป็นตลาดรองลงมา (ภาพที่ 1A) ตลาดเหล่านี้เป็นตลาดที่พิถีพิถันด้านคุณภาพและสุขอนามัย มุมมองของผู้ส่งออกเห็นว่า เอเชียยังคงเป็นตลาดที่ดีมาก (ตามความเห็นของผู้ ส่งออก 12 ราย) ตลาดใน ยุโรปและอเมริกาเหนืออยู่ในระดับที่ค่อนข้างดี (ดีมาก 8 ราย และ 6 ราย ตามลำดับ) ตลาดออสเตรเลียอยู่ในระดับพอใช้ (เห็นว่าดีมาก 5 ราย พอใช้ 7 ราย) สำหรับในทวีปอเมริกาใต้และแอฟริกันนั้น แนวโน้มการขยายตลาดยังไม่ค่อยดี (ภาพที่ 1 B) ชนิดข้าวที่ผู้ส่งออกนำมาบรรจุถุงส่วนใหญ่เป็นข้าวหอมมะลิ (13 ราย) และมี 10 และ 9 ราย ที่ส่งออกข้าวขาว 100% และข้าวเหนียวบรรจุถุง ข้าวชนิดอื่นที่นำมาบรรจุถุงได้แก่ ข้าวเหนียว (5 ราย) ข้าวกล้อง (3 ราย) ข้าวบาสมาดิ (1 ราย) มีผู้นำข้าวหัก 35% และปลายข้าวบรรจุถุงส่งออก 2 ราย (ภาพที่ 2A) ขนาดการบรรจุข้าวถุง ส่วนใหญ่มีน้ำหนัก 1-2, 5, 10 และ 15-25 กก. มีผู้ส่งเพียง 3 รายที่ส่งออกข้าวถุงขนาดเล็กกว่า 1 กก. วัสดุที่นิยมใช้ส่วนใหญ่ คือ กระสอบพลาสติกสาน (polypropylene : PP) โดยมีผู้ผลิต 10-13 ราย ใช้บรรจุข้าว 5-25 กก. สำหรับถุงพลาสติก (polyethylene : PE) นิยมใช้บรรจุข้าว 1-5 กก. ถุงพลาสติกชนิดประกบหลายชั้น (laminated) ใช้สำหรับมาบรรจุข้าวขนาด 1-5 กก. และมีผู้นำระบบปิดผนึกถุงด้วยระบบสูญญากาศ หรืออัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาบรรจุข้าว 1-5 กก. เพียง 3 ราย ทั้งนี้ ถุงอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาจบรรจุข้าวถุงขนาด 10-25 กก. มีผู้ส่งออกถึง 10 ราย ที่ส่งออกข้าวบรรจุถุงขนาด 5-10 กก. (ภาพที่ 2B)

ปัญหาการส่งออกข้าวบรรจุถุงที่มีอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ 1. การเกิดแมลงและการเสื่อมของคุณภาพของข้าว 2. ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานและการขนส่งสูง 3. ค่าวัสดุทำถุงราคาสูง 4. การแตกและปริมาณของถุงระหว่างการขนส่ง อย่างไรก็ตาม การป้องกันการเกิดของแมลงและชะลอการเสื่อมคุณภาพของข้าวเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยสร้างความเชื่อถือแก่ผู้บริโภคร่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศที่เป็นตลาดข้าวบรรจุถุง ซึ่งมีความระมัดระวังด้านสุขลักษณะสูง ตั้งแต่มีการประกาศใช้ระบบ WTO ในการค้า บางประเทศคำนึงถึงความปลอดภัยจากการใช้สารเคมี ดังนั้นการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพข้าวครั้งนี้ จึงหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีก่อนการบรรจุ



ภาพที่ 1 จำนวนผู้ส่งออกข้าวบรรจุถุง (A) และมุมมองของผู้ส่งออกต่อตลาดข้าว (B) ในทวีปต่างๆ



ภาพที่ 2 ชนิดข้าว (A) และชนิดวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุข้าวขนาดต่างๆ (B) เพื่อการส่งออก

2. คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ

กระสอบพลาสติก (PP) ไม่สามารถป้องกันออกซิเจนและไอน้ำได้ และจากการศึกษาวัสดุทำภาชนะบรรจุ พบว่าถุงพลาสติก (PE) มีการซึมผ่านของออกซิเจนได้มาก 1895 มล/ม² - วัน มีเพียงถุงไนลอน (NY) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (AL) ประกบกันหลายชั้นเท่านั้น ที่สามารถชะลอ

การซึมผ่านของออกซิเจนและไอน้ำได้ ดังแสดง ในตารางที่ 1 ทั้งนี้ ถุง AL ยังสามารถป้องกันมิให้แสงผ่านได้ด้วย การปิดผนึกถุง NY และ AL ระบบสุญญากาศ - 0.9 bar หรือพร้อมถุงบรรจุสารดูดออกซิเจน (Oxygen absorber) จะช่วยลดปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในถุงได้

ตารางที่ 1 อัตราการซึมของออกซิเจนและไอน้ำผ่านวัสดุทำภาชนะบรรจุ

	อัตราการซึมผ่าน	
	O ₂ ^{1/} มล./ม ² - วัน	ไอน้ำ ^{2/} ก./ม ² - วัน
PE (75) ^{3/}	1895	3.6
NY (NY15/PE17/PE70) ^{3/}	36	3.8
AL (OPP20)/PE20/AL7/PE53 ^{3/}	0.1	1.4

- 1/ ทดสอบภายใต้สภาพ 20-25°ซ 60-80% RH
2/ ทดสอบภายใต้สภาพ 38°ซ 90% RH
3/ ตัวเลขแสดงความหนาของ film เป็นไมครอน (μm)

3. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพข้าว

3.1 การเก็บรักษาข้าวสารขาวในภาชนะบรรจุต่างๆ

3.1.1 คุณสมบัติเมล็ดข้าวก่อนการเก็บรักษา

เมล็ดข้าวสารก่อนการเก็บรักษา เป็นข้าวเก็บเกี่ยวจากฤดูนาปรัง แป้งในเมล็ดมีอมิโลสสูง 28.06% (ตารางที่ 2.) ความคงตัวของแป้งสุกเป็นชนิดปานกลาง (ค่าการไหลของแป้งสุก 43.7 มม.) การสลายเมล็ดในด่างมีค่า 5.25 ซึ่งจัดเป็นแป้งที่มีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลาง โปรตีน 6.84% และมีกรดไขมันอิสระ 16.34 มก. KOH/100 ก. เมื่อหุงต้มข้าวในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าโดยใช้ น้ำหุงต้ม 1.9 เท่า ของน้ำหนักข้าวสาร และประเมินคุณภาพข้าวสุกโดยวิธีประสาทสัมผัสจากผู้ชิม 8 คน ปรากฏว่า ข้าวสุกเป็นข้าวไม่มีกลิ่นหอม (คะแนน 1.0) ไม่นุ่มและไม่แข็ง (คะแนน 5.37) สีค่อนข้างขาวนวล (คะแนน 6.19) ผิวเมล็ดมีความเลื่อมมันเล็กน้อย (คะแนน 5.19) และเมล็ดเกาะติดกันเล็กน้อย (คะแนน 5.81)แม้ว่าข้าวสารจะเป็นข้าวอมิโลสสูง แต่เนื่องจากเป็นข้าวเก็บเกี่ยวใหม่ๆ ข้าวสุกจึงไม่แข็งกระด้าง แต่ก็ไม่นุ่ม และยังคงมีความเหนียวเกาะติดกันบ้าง

3.1.2 การเปลี่ยนแปลงเมล็ดข้าวสารระหว่างการเก็บรักษา

ในช่วงเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน ระหว่างสิงหาคม 2538 - กุมภาพันธ์ 2539
ห้องที่เก็บข้าวสารมีอุณหภูมิ 20.1-33.2^oซ ความชื้นสัมพัทธ์ 51-95%RH ข้าวสารที่เก็บเกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของข้าวสารและคุณภาพข้าวสุกก่อนการเก็บเกี่ยว

คุณภาพทางกายภาพ	เมล็ดเหลือง %	0.02
	เมล็ดเสีย %	0.37
	สิ่งเจือปน %	0.04
คุณสมบัติทางเคมีของข้าวสาร	ปริมาณอมิโลส %	28.06
	ความคงตัวแป้งสุก มม.	43.7
	การสลายเมล็ดในด่าง	5.25
	โปรตีน %	6.84
	กรดไขมันอิสระ มก. KOH/100 ก.	16.13
	กลิ่นหอม	1.0
คุณภาพข้าวสุก	กลิ่นเหม็น	1.0
	ความขาว	6.19
	ความเลื่อมมัน	5.19
	ความเหนียว	5.81
	ความนุ่ม	5.37

คะแนนคุณภาพข้าวสุก :

กลิ่นหอม	: 1 = ไม่หอม	5 = หอมปานกลาง	9 = หอมมาก
กลิ่นเหม็น	: 1 = ไม่เหม็น	5 = เหม็นปานกลาง	9 = เหม็นอับมาก
ความขาว	: 1 = คล้ำหรือเหลือง	5 = คล้ำหรือเหลืองจางๆ	9 = ขาวจัด
ความเลื่อมมัน	: 1 = ค้านมาก	5 = มันเล็กน้อย	9 = มันมาก
ความเหนียว	: 1 = ร่วน	5 = ไม่เหนียว - ไม่ร่วน	9 = เหนียวติดกัน
ความนุ่ม	: 1 = แข็งมาก	5 = ไม่นุ่ม - ไม่แข็ง	9 = เละ

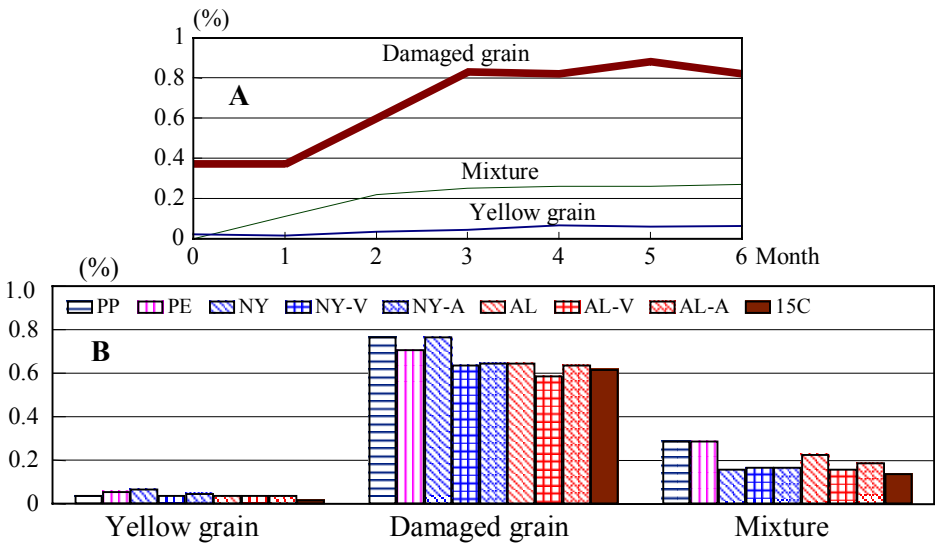
- **การเกิดแมลง** เมื่อเก็บไว้ครบ 1 เดือน ข้าวที่บรรจุในถุง PP, PE และ NY จะมีแมลงและตัวหนอนปรากฏ 4, 3 และ 8 ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ในขณะที่ข้าวในถุง AL เริ่มมีแมลงปรากฏ 1 ตัว ในเดือนที่ 2 ทั้งถุง PP และ PE ปริมาณแมลงและหนอน เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากเมื่อเก็บไว้ 5-6 เดือน ข้าวในถุง AL แม้จะปรากฏแมลงภายหลัง แต่ก็เพิ่มขึ้นเป็นปริมาณเกือบ 188 ตัวในเดือนที่ 6 เช่นกัน ถุงที่มีแมลงปรากฏจะมีรอยกัดของแมลงทำ ลายถุงเป็นรูอยู่มากมาย และทำให้มีเมล็ดเสียเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3) การบรรจุข้าวในถุง NY และ AL ปิดผนึกด้วยระบบสุญญา

ตารางที่ 3 จำนวนหนอนและแมลงในถุงข้าวสารที่ปิดผนึกธรรมดา

เดือนเก็บ	ถุงบรรจุ			
	ถุง PP	ถุง PE	ถุง NY	ถุง AL
0	0	0	0	0
1	4	3	8	0
2	196	82	48	1
3	21	137	0	3
4	4	15	0	26
5	141	241	35	9
6	569	495	35	188

หมายเหตุ : ถุง NY และ AL ปิดผนึกสุญญากาศ หรือบรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจนไม่มีแมลงปรากฏ

PP= ถุงพลาสติกสาน PE= ถุงพลาสติก Ny= ถุงไนลอน AL= ถุงอลูมิเนียมฟอยล์



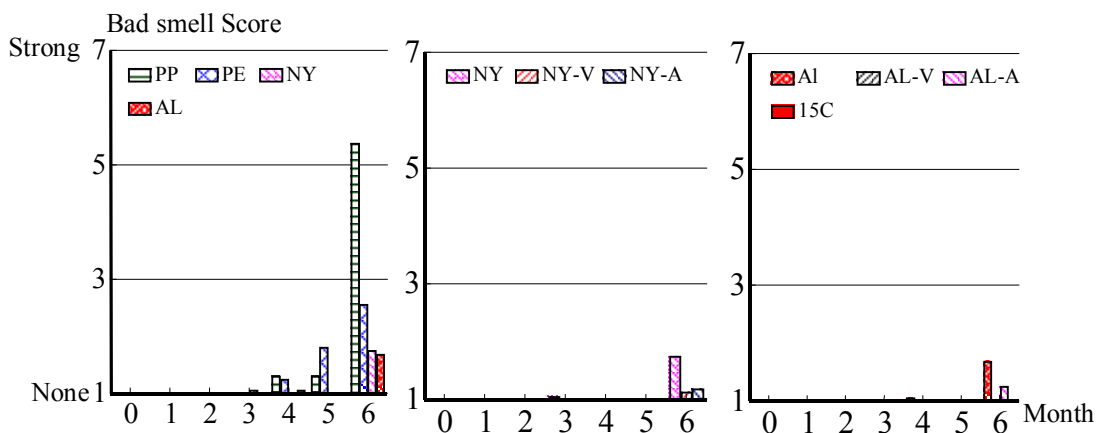
PP= ถุงพลาสติกสาน PE= ถุงพลาสติก NY= ถุงไนลอน NY-V =ถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศ NY-A =ถุงไนลอนบรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน AL= ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ AL-V =ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกสุญญากาศ AL-A =ถุงอลูมิเนียมฟอยล์บรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน 15C = ถุง AL ปิดผนึกสุญญากาศและเก็บที่ 15 °ซ

ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยปริมาณแมล็ดเหลือง แมล็ดเสียและสิ่งเจือปนของข้าวสารบรรจุถุงระหว่างการเก็บ (A) และของทุกเดือนในแต่ละภาชนะบรรจุ (B)

การหุงข้าวหรือบรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจนสามารถยับยั้งการพัฒนาของแมลงได้โดยไม่มีแมลงหรือตัวหนอนปรากฏในถุงข้าว ตลอดช่วงการเก็บ 6 เดือน แมลงที่พบมีทั้งด้วงวง (*Sitophilus spp.*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* Hbst.)

3.1.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวสุกระหว่างการเก็บรักษา

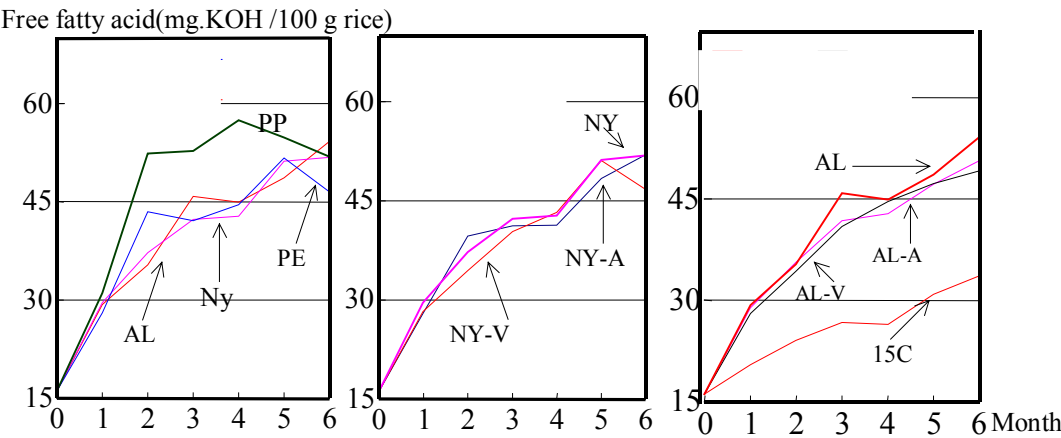
- กลิ่นเหม็นสาบของข้าวสุก คะแนนกลิ่นเหม็นสาบที่ผู้ชิมตรวจพบจะแตกต่างกันแล้วแต่ภาชนะและสภาพการปิดผนึก (ภาพที่ 4) ข้าวในถุง PP และ PE จะเริ่มพบกลิ่นสาบเล็กน้อยจากข้าวสุกเมื่อเก็บข้าวไว้ 4 เดือน และกลิ่นเหม็นนี้จะชัดเจนขึ้นเมื่อยัดอายุการเก็บออกไป โดยเฉพาะข้าวในถุง PP เมื่อเก็บครบ 6 เดือน จะมีกลิ่นรุนแรงจนถึงระดับคะแนน 5.3 หรือเหม็นปานกลาง ในถุงนี้มีแมลงพัฒนาขึ้นเป็นจำนวนมาก ตั้งแต่เดือนที่ 2 ในขณะที่ข้าวในถุง PE ข้าวสุกมีกลิ่นเหม็นสาบเล็กน้อย (คะแนน 2.6) ข้าวในถุงนี้เมื่อเก็บครบ 6 เดือน มีแมลงจำนวนมากเช่นกัน ในการหุงข้าวจะทำการล้างข้าว 2 ครั้งก่อน ซึ่งจะช่วยลดกลิ่นสาบลงบางส่วน ภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิดนี้จึงไม่เหมาะสมหากจะนำมาบรรจุข้าวส่งออกสู่ตลาดคุณภาพสูงในตลาดยุโรปที่ผู้บริโภคไม่นิยมล้างข้าวก่อนหุงต้มหรือมิฉะนั้นต้องทำการรมสารเคมีทำลายแมลงและไข่แมลงก่อนการขนส่ง ทั้งนี้ก๊าซ



PP= ถุงพลาสติกสาน PE= ถุงพลาสติก NY= ถุงไนลอน NY-V =ถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศ NY-A =ถุงไนลอนบรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน AL= ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ AL-V =ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกสุญญากาศ AL-A =ถุงอลูมิเนียมฟอยล์บรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน 15C = ถุง AL ปิดผนึกสุญญากาศและเก็บที่ 15 °ซ

ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงคะแนนกลิ่นเหม็นของข้าวสุกที่ประเมินโดยประสาทสัมผัส เมื่อเก็บข้าวสารในภาชนะบรรจุต่างๆ นาน 6 เดือน

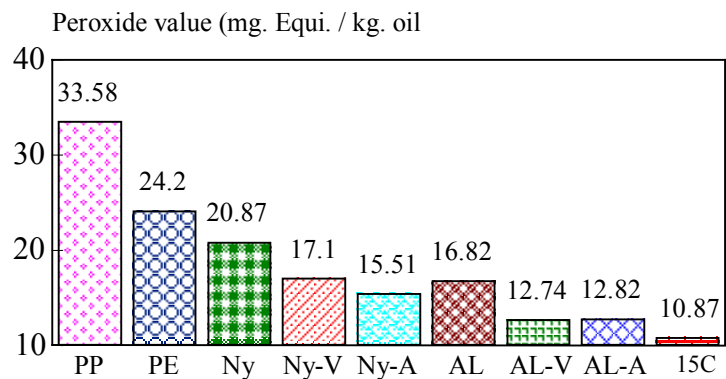
ของสารเคมีสามารถซึมผ่านถุงทั้ง 2 ชนิดนี้ได้ สำหรับข้าวที่บรรจุในถุง NY และ AL ในช่วง 5 เดือนแรก ผู้ประเมินส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุกลิ่นเหม็นสาบ ดังค่าเฉลี่ยของคะแนนกลิ่นเหม็นสาบต่ำมาก (1.0 - 1.06) แต่เมื่อเก็บครบ 6 เดือน คะแนนจะเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับเหม็นสาบอ่อนมาก (1.75 และ 1.69 ตามลำดับ) ซึ่งในถุงข้าวสารมีแมลงปรากฏอยู่บ้าง (35 และ 9 ตัว ตามลำดับ) การบรรจุข้าวในถุง NY และถุง AL ปิดผนึกระบบสุญญากาศหรือใส่สารดูดออกซิเจน นอกจากช่วยป้องกันการเกิดแมลง ข้าวสุกยังไม่ปรากฏกลิ่นสาบตลอดช่วง 6 เดือน กลิ่นเหม็นสาบในข้าวนี้เกิดจากการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระรวมกับค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่สกัดจากข้าวสาร ดังผลการวิเคราะห์ข้าวในทุกสภาพจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาเก็บ ทั้งนี้ ข้าวจากห้องเย็นจะมีการพัฒนาช้ากว่าที่ห้องปกติ (ภาพที่ 5) หากเปรียบเทียบระหว่างข้าวที่เก็บในห้องปกติในเดือนที่ 2 การเพิ่มของกรดไขมันอิสระถึงจุดสูงสุดของข้าวในถุง PP เร็วกว่าภาชนะอื่นอย่างเด่นชัด สำหรับถุง PE, NY และ AL ไม่ว่าปิดผนึกวิธีใดจะมี การเพิ่มปริมาณกรดไขมันในอัตราที่ช้ากว่าและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องคล้ายคลึงกัน เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ของน้ำมันที่สกัดได้จากข้าวที่เก็บไว้ 6 เดือน ปรากฏว่า ข้าวสารในถุง PP ซึ่งข้าวสุกมีกลิ่นเหม็นสาบมากที่สุด น้ำมันมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงที่สุด (33.6 มก.สมมูลย์/น้ำมัน 1 กก.) ดังภาพที่ 6 ส่วนข้าวในถุง PE ซึ่งข้าวสุกมีกลิ่นเหม็นสาบเล็กน้อยจะมีค่าเปอร์ออกไซด์ 24.2 มก.สมมูลย์/น้ำมัน 1 กก. สำหรับข้าวในถุง NY และ AL ที่ปิดผนึกธรรมดา ซึ่งมีคะแนนกลิ่นเหม็นสาบอ่อนมาก จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ 20.9 และ



PP= ถุงพลาสติกสาน PE= ถุงพลาสติก Ny= ถุงไนลอน NY-V=ถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศ NY-A =ถุงไนลอนบรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน AL= ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ AL-V =ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกสุญญากาศ AL-A =ถุงอลูมิเนียมฟอยล์บรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน 15C = ถุง AL ปิดผนึกสุญญากาศและเก็บที่ 15 °ซ

ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระในข้าวสารในถุงต่างๆ เมื่อเก็บนาน 6 เดือน

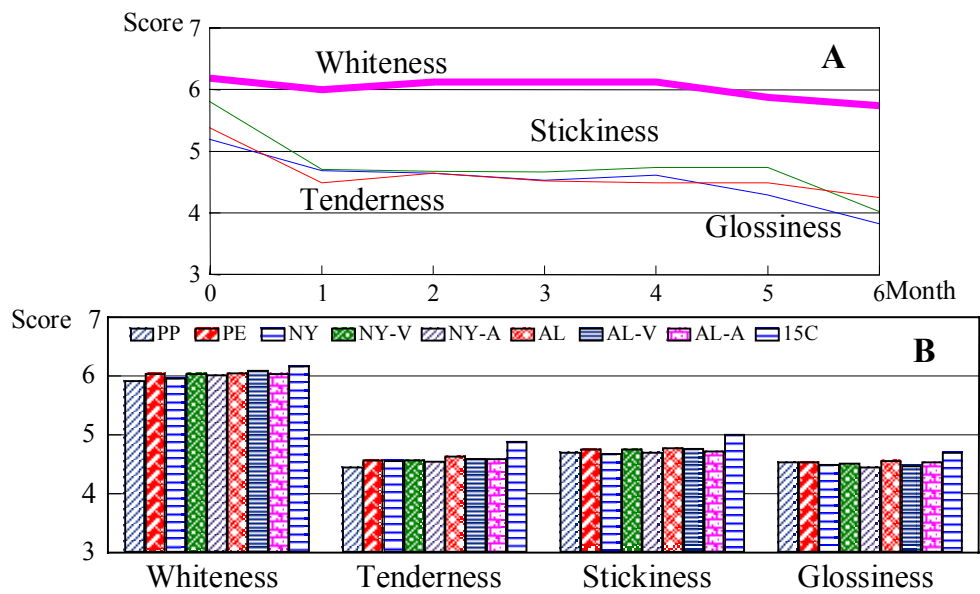
16.8 มก.สมมูลย์/น้ำมัน 1 กก. ตามลำดับ การเก็บข้าวสารที่ 15°ซ นอกจากจะช่วยชะลอการพัฒนากรดไขมันอิสระ ยังมีผลชะลอการเพิ่มค่าเปอร์ออกไซด์ด้วย ทั้งนี้ ข้าว ที่บรรจุถุง AL ที่ปิดผนึกระบบสุญญากาศหรือพร้อมสารดูดออกซิเจน จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ไม่ต่างจากข้าวที่เก็บในห้อง 15°ซ ทางสถิติ



PP= ถุงพลาสติกสาน PE= ถุงพลาสติก Ny= ถุงไนลอน NY-V =ถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศ NY-A =ถุงไนลอนบรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน AL= ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ AL-V =ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกสุญญากาศ AL-A =ถุงอลูมิเนียมฟอยล์บรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน 15C = ถุง AL ปิดผนึกสุญญากาศและเก็บที่ 15 °ซ

ภาพที่ 6 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่สกัดจากข้าวสารเมื่อเก็บในภาชนะบรรจุต่างๆ นาน 6 เดือน

- ความนุ่ม ความเหนียวและความเลื่อมมันและความขาวของข้าวสุก ก่อนการเก็บข้าวสุกมีคะแนนความนุ่ม 5.38 ซึ่งอยู่ในระดับไม่นุ่ม-ไม่แข็ง การลดลงของคะแนนความนุ่มในทุกภาชนะบรรจุในสภาพปกติคล้ายกัน คือมีความนุ่มลดลง เมื่อเก็บไว้ครบ 1 เดือน หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 6) ทั้งนี้ ความนุ่มของข้าวสุกจะน้อยกว่าข้าวที่เก็บในห้องเย็น ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการชะลอมิให้ข้าวสุกแข็งขึ้นไม่สามารถทำได้จากการปรับปรุงสภาพการบรรจุ แต่จะทำได้โดยเก็บในห้องอุณหภูมิต่ำเท่านั้น การเก็บรักษาทำให้ความเหนียวและความเลื่อมมันของข้าวสุกลดลงในทำนองเดียวกันกับความนุ่ม สำหรับความขาวของข้าวสุกจะมีสีคล้ำลงเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 7)



PP= ถุงพลาสติกสาน PE= ถุงพลาสติก NY= ถุงไนลอน NY-V =ถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศ NY-A =ถุงไนลอนบรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน AL= ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ AL-V =ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกสุญญากาศ AL-A =ถุงอลูมิเนียมฟอยล์บรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน 15C = ถุง AL ปิดผนึกสุญญากาศและเก็บที่ 15 °ซ

ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพบางประการของข้าวสุกที่หุงต้มจากข้าวสารของ
ภาชนะบรรจุระหว่างการเก็บ (A) และของเดือนในแต่ละภาชนะบรรจุ (B)

3.3 การเก็บรักษาข้าวหอมขัดขาวและขัดมัน ในภาชนะบรรจุต่างๆ

3.3.1 คุณสมบัติเมล็ดข้าวหอมก่อน

การเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์เมล็ดข้าวหอมมะลิที่ผ่านการขัดขาวปกติและขัดมัน พบว่าข้าวสารทั้งสองมีปริมาณเมล็ดเหลืองและเมล็ดเสียน้อยมากคือ 0.08 และ 0.09% ตามลำดับ ปริมาณสิ่งเจือปน 0.05 และ 0.20% เมล็ดข้าวสารขัดมันมีค่าความขาวสูงกว่าข้าวสารขัดขาวเล็กน้อย 43.8% และ 40.6% ตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 4 คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดใกล้เคียงกัน คือ เป็นข้าวอมิโลสต่ำ (17.0 และ 17.6% ตามลำดับ) แป้งสุกอ่อน มีค่าความคงตัวแป้งสุก 76 และ 77 มม. ค่าการสลายเมล็ดในด่าง 7.0 และ 6.9 ตามลำดับ ซึ่งประเมินเป็นชนิดแป้งที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก 1.74 และ 1.78 เท่าของความยาวเมล็ดข้าวสาร เมล็ดข้าวมีโปรตีน 6.44 และ 6.60% ตามลำดับ ข้าวสารขัดขาวมีกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) สูงกว่าข้าวสารขัดมัน คือ มีปริมาณ 13.4 และ 3.9 มก. KOH/100 ก. ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากระบบการขัดมันเป็นการนำข้าวสารที่ผ่านการขัดขาวมาปรับปรุงโดยการใช้ น้ำฟั่นฝอยในระหว่างการขัดมัน ทำให้ผิวเมล็ดเสื่อมมันขึ้น การที่เมล็ดข้าวสารถูกขัดผิวออกอีกครั้งย่อมช่วยลดปริมาณไขมันและกรดไขมันอิสระให้เหลือน้อยลง

เมื่อหุงต้มข้าวสารในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าโดยใส่น้ำ 1.7 เท่าของน้ำหนักข้าว และประเมินคุณภาพโดยวิธีประสาทสัมผัสพบว่าข้าวสุกมีกลิ่นหอม (คะแนนกลิ่นหอม 6.86 และ 7.34 ของข้าวขัดขาวและขัดมันตามลำดับ) ซึ่งอยู่ในระดับหอมค่อนข้างมาก และไม่ปรากฏกลิ่นเหม็นสาบ

ตารางที่ 4 คุณภาพเมล็ดข้าวสารหอมขัดขาวและขัดมันก่อนการเก็บรักษา

	ข้าวขัดขาว	ข้าวขัดมัน
คุณสมบัติทางกายภาพ		
ปริมาณเมล็ดเหลือง + เสีย (%)	0.08	0.09
สิ่งเจือปน (%)	0.05	0.20
ค่าความขาว (%)	40.6	43.8
คุณสมบัติแป้งข้าวสาร		
ปริมาณอมิโลส %	17.0	17.6
ความคงตัวแป้งสุก มม.	76	77
การสลายเมล็ดในด่าง	7.0	6.9
อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (เท่า)	1.74	1.78

โปรตีน %	6.44	6.60
กรดไขมันอิสระ มก. KOH/100 ก.	13.4	3.9
คุณภาพข้าวสุก		
กลิ่นหอม	6.86	7.34
กลิ่นสาบ	1.00	1.00
สี	7.15	7.42
ความเลื่อมมัน	7.34	7.88
ความเหนียว	7.19	7.73
เนื้อสัมผัส	7.28	7.54

(คะแนน 1.00) สีของข้าวสุกอยู่ในระดับขาวนวล (คะแนน 7.15 และ 7.42 ตามลำดับ) ผิวเมล็ดค่อนข้างมัน (คะแนน 7.34 และ 7.88) ข้าวสุกค่อนข้างเหนียว (คะแนน 7.19 และ 7.73) และนุ่ม (คะแนนเนื้อสัมผัส 7.28 และ 7.54) เป็นที่น่าสังเกตว่าข้าวที่หุงจากข้าวขัดมันมีกลิ่นหอม ความขาว ความเลื่อมมัน ความเหนียวและความนุ่มมากกว่าข้าวสุกที่ได้จากการขัดขาวเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4)

3.3.2 การเปลี่ยนแปลงเมล็ดข้าวสารของข้าวหอมในระหว่างการเก็บรักษา

เก็บรักษาข้าวสารระหว่างเดือนมีนาคม - กันยายน 2539 เป็นเวลา 6 เดือน สภาพห้องเก็บข้าวมีอุณหภูมิ 25- 42°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 34.0-89.5% RH ทั้งข้าวขัดขาวและขัดมันที่เก็บในถุง จะมีแมลงและตัวหนอนปรากฏอยู่มากมาย ตั้งแต่เดือนแรกดังแสดงในตารางที่ 5 ข้าวขัดขาวในถุง PE มีแมลงปรากฏในอัตราที่น้อยกว่า อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บข้าวนาน 6 เดือน ก็จะปรากฏแมลงมากมายเช่นกัน การขัดมันมีแนวโน้มช่วยลดการเกิดแมลงลง แต่ก็มีแมลง 1 ตัวปรากฏในถุง PE ในเดือนที่ 3 ดังนั้นหากจะป้องกันการเกิดของแมลง การบรรจุข้าวในถุง PE โดยไม่มีการทำลายแมลงก่อนอาจไม่ปลอดภัยเพียงพอ ในถุง AL ก็เช่นกัน เมื่อเก็บไว้ 5-6 เดือน ข้าวขัดขาวและขัดมันมีแมลง 1-3 ตัว เป็นที่น่าสังเกตว่า การบรรจุข้าวในถุง NY ไม่ว่าจะปิดผนึกธรรมดาปิดผนึกระบบสุญญากาศ บรรจุพร้อมสารดูด ออกซิเจน หรือเก็บที่อุณหภูมิ 15°ซ ภายในถุงข้าวไม่มีแมลงปรากฏเลย ไม่ว่าจะเป็นข้าวสารขัดขาวหรือขัดมัน ทั้งๆ ที่การทดลองก่อนหน้านี้มีแมลงเกิดขึ้น ตั้งแต่เก็บไว้ครบ 1 เดือน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้าวที่ศึกษาชุดนี้เป็นข้าวหอมคุณภาพดี ระบบการผลิตของผู้ประกอบการมีความพิถีพิถันในการผลิตมาก จึงทำให้ข้าวที่บรรจุ NY ในตอนนี้ไม่ปรากฏแมลงเลย แต่การที่แมลง

ในถุง PP มีปริมาณมากกว่าข้าวจากนาปรัง อาจ เนื่องจากสภาพห้องเก็บมีอุณหภูมิสูงเหมาะสมกับการขยายพันธุ์ของแมลงที่ติดเหลือค้างอยู่กับเมล็ด

3.3.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวสุกของข้าวหอมในระหว่างการเก็บ

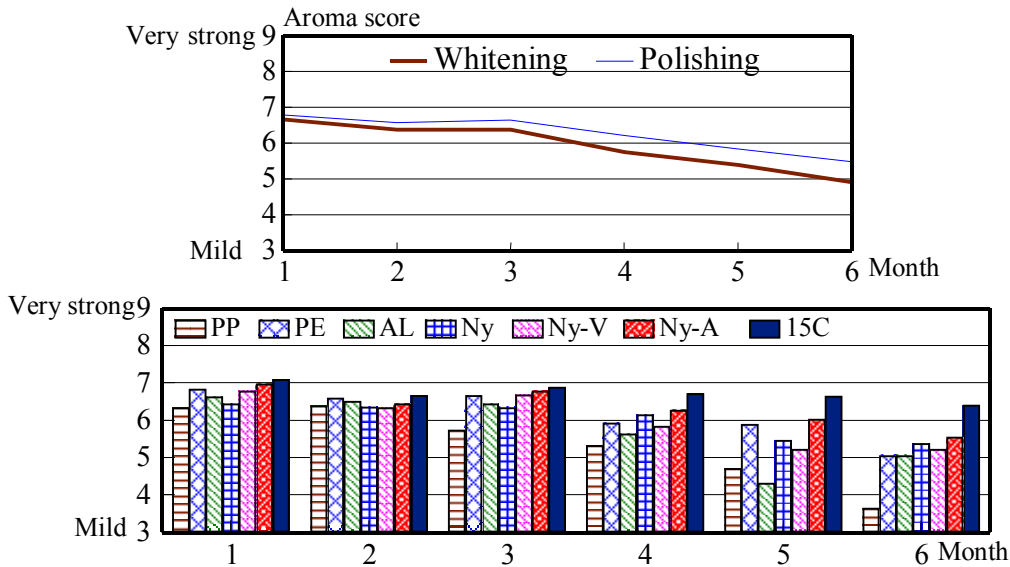
เมื่อนำ ข้าวสารมาหุงต้มโดยน้ำ : 1.7 เท่าของข้าว : โดยน้ำหนัก และประเมินคุณภาพข้าวสุกโดยประสาทสัมผัส พบว่า

- กลิ่นหอม ก่อนเก็บข้าวสุกมีคะแนนกลิ่นหอม 6.86 และ 7.34 สำหรับข้าวขัดขาว และขัดมันตามลำดับ คะแนนกลิ่นหอมของข้าวสุกมีความแตกต่างกัน ตามระยะเวลาการเก็บ วิธีการขัดขาวและขัดมัน ตลอดจนชนิดของบรรจุภัณฑ์ ข้าวที่ได้จากการขัดมันจะมีข้าวสุกที่มีคะแนนเฉลี่ย

ตารางที่ 5 จำนวนหนอนและแมลงในถุงข้าวสารปิดผนึกธรรมดา

เดือนเก็บ	ถุงบรรจุปกติ		
	ถุงพลาสติกสาน (PP)	ถุง พลาสติก (PE)	ถุงออลูมิเนียมฟอยล์ (AL)
	ข้าวสารขัดขาว		
1	57.5	2	0
2	250	4	0
3	1679	6	0
4	2448	0	0
5	3101	0	1
6	2287	984	0
	ข้าวสารขัดมัน		
1	19	0	0
2	189	0	0
3	1138	1	0
4	1610	0	0
5	896	0	0
6	1707	0	3

กลิ่นหอมสูงกว่าข้าวขัดขาวเล็กน้อย (ภาพที่ 8) โดยมีคะแนนกลิ่นหอมเฉลี่ย 6 เดือน 5.91 และ 6.25 ตามลำดับของข้าวขัดขาวและขัดมัน การเปลี่ยนแปลงของคะแนนกลิ่นหอมของข้าวสุกของข้าวที่ผ่านการขัดทั้ง 2 วิธี เป็นไปในทำนองเดียวกัน ผลกระทบจากภาชนะบรรจุ ต่อคะแนนกลิ่นหอมของข้าวสุกในระหว่างการเก็บแตกต่างกัน กล่าวคือ ข้าวที่เก็บในห้อง 15°ซ มีคะแนนกลิ่นหอมค่อนข้างคงที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตลอดช่วงเวลาเก็บ 6 เดือน โดยมีคะแนนกลิ่นหอมเฉลี่ยของข้าวขัดขาวและขัดมัน 6.40 และ 7.10 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับหอม ข้าวที่เก็บในถุง PP จะมีกลิ่นหอมลดลงทางสถิติเมื่อเก็บไว้ 4 เดือน (คะแนนเฉลี่ย 5.32) ซึ่งอยู่ในระดับหอมปานกลาง หากเก็บข้าวต่อไปกลิ่นหอมจะลดลงจนเหลือคะแนน 3.65 หรือหอมอ่อนในเดือนที่ 6 ข้าวในภาชนะอื่นๆ ยังคงมีกลิ่นหอมใกล้เคียงกับข้าวในห้องเย็นเมื่อเก็บไว้ 3 เดือน พอครบ 4 เดือน ข้าวสุกจาก ถุง PE ถุง AL และถุงไนลอนที่ปิดผนึกสูญญากาศ (NY-V) จะมีกลิ่นหอมน้อยกว่าข้าวจากห้องเย็นเมื่อเก็บข้าวต่อไป



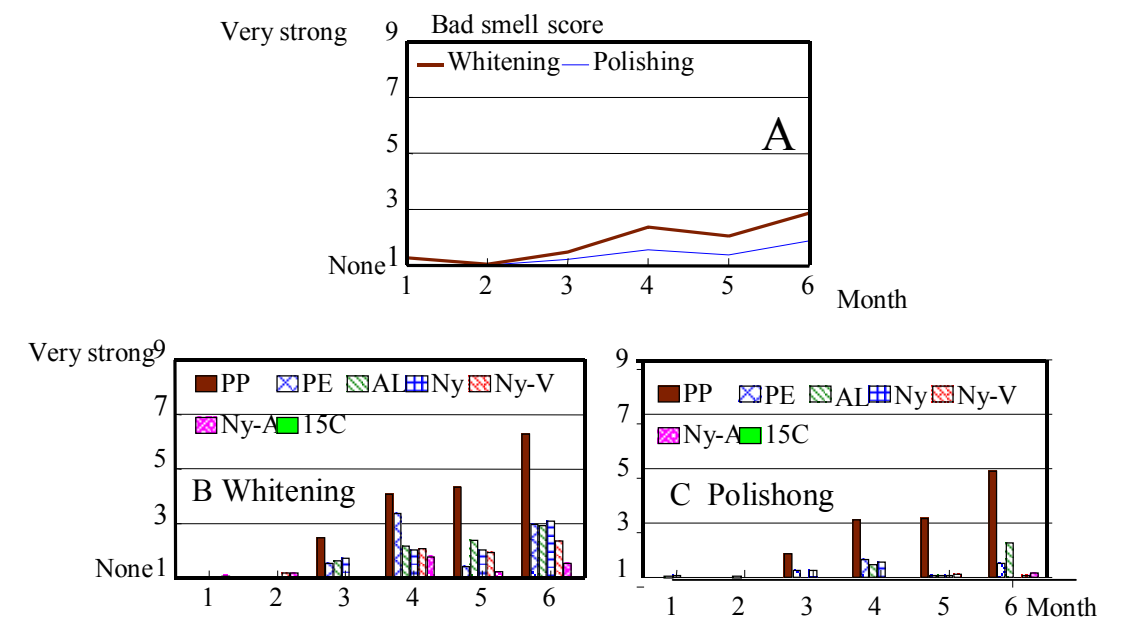
หมายเหตุ ข้าวที่บรรจุในถุง NY ไม่ว่าจะปิดผนึกปกติ, ปิดผนึกระบบสูญญากาศ, ใส่สารดูดออกซิเจน หรือเก็บในห้อง 15°ซ ไม่ปรากฏหอนหรือแมลงตลอดช่วง 6 เดือน

PP= ถุงพลาสติกสาน PE= ถุงพลาสติก Ny= ถุงไนลอน Ny-V =ถุงไนลอนปิดผนึกสูญญากาศ Ny-A =ถุงไนลอนบรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน AL= ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ 15C = ถุงไนลอนปิดผนึกและเก็บในห้อง 15°ซ Whitening = ข้าวขัดขาว Polishing = ข้าวขัดมัน

ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของคะแนนกลิ่นหอมของข้าวสุกที่หุงต้มจากข้าวขัดขาว และขัดมันในระหว่างการเก็บ (A) และในภาชนะบรรจุต่างๆ (B)

ครบ 6 เดือน ข้าวจากถุง NY และ AL ไม่ว่าจะปิด ผนึกอย่างไรมีกลิ่นหอมน้อยกว่าข้าวจากห้องเย็น อย่างไรก็ตาม คะแนนกลิ่นหอมยังคงอยู่ในระดับ 5.06 - 5.55 หรือมีกลิ่นหอมปานกลาง

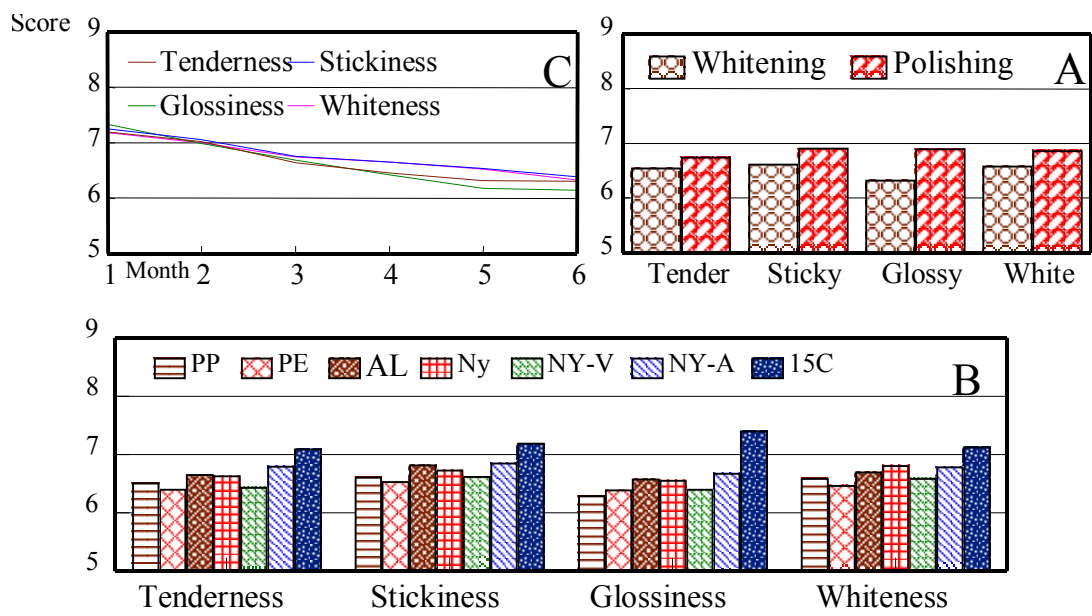
- กลิ่นเหม็นสาบ ก่อนเก็บข้าวสุกไม่มีกลิ่นเหม็นสาบเลย (คะแนน 1.0) ข้าวที่เก็บในห้อง 15°ซ จะไม่ปรากฏกลิ่นเหม็นสาบตลอดช่วงการเก็บ 6 เดือน ไม่ว่าจะผ่านการขัดขาวหรือขัดมันคะแนนกลิ่นเหม็นสาบของข้าวสุกจะแตกต่างกันตามระยะเวลาเก็บ เมื่อพิจารณา วิธีการขัดจากภาพรวมข้าวจากการขัดมันมีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นเหม็นสาบน้อยกว่าข้าวขัดขาว (ภาพ 9 A) ในระยะการเก็บ 3 เดือนแรก ข้าวจากวิธีการขัดทั้ง 2 ยังคงไม่ปรากฏกลิ่นเหม็นสาบ แต่เมื่อเก็บต่อไปข้าวขัดขาวจะมีคะแนนกลิ่นเหม็นสาบเพิ่มขึ้น จนมีคะแนนเฉลี่ย 2.9 ในเดือนที่ 6 คือ มีกลิ่นเหม็นสาบอ่อนๆ ในขณะที่ข้าวขัดมัน ยังคงอยู่ในระดับคะแนน 1.9 คือ กลิ่นเหม็นไม่ชัดเจน เมื่อพิจารณาข้าวในแต่ละภาชนะบรรจุข้าวในถุง PP จะเกิดกลิ่นเหม็นสาบรวดเร็วกว่าภาชนะอื่น ไม่ว่าจะเป็นข้าวขัดขาวหรือขัดมัน (ดังภาพที่ 9 B และ C) ข้าวขัดขาวเริ่มมีกลิ่นเหม็นสาบอ่อนๆ ตั้งแต่เดือนที่ 3 และคะแนนอยู่ในระดับเหม็นสาบอ่อนๆ (คะแนน 2.5) ในเดือนที่ 4 จนถึงเดือนที่ 6 ผู้ชิมระบุว่าข้าวสุกมีกลิ่นเหม็นสาบ (คะแนน 4.1 - 6.3) สำหรับข้าวขัดมัน เมื่อเก็บไว้ 4 เดือน จะปรากฏกลิ่นเหม็นสาบอ่อนๆ (คะแนน 3.2) และเมื่อเก็บถึง 6 เดือน จะมีกลิ่นเหม็นปานกลาง (คะแนน 5.0) สำหรับข้าวขัดขาวที่บรรจุในถุง PE, AL NY, NY-V และ NY - A จะปรากฏกลิ่นเหม็นสาบอ่อนๆ เมื่อเก็บครบ 6 เดือน ในขณะที่ข้าวขัดมันนั้น มีคะแนนกลิ่นเหม็นต่ำมาก มีเพียงข้าวในถุง PP ที่มีกลิ่นเหม็นสาบเมื่อเก็บครบ 6 เดือน



PP= ถุงพลาสติกสาน PE= ถุงพลาสติก Ny= ถุงไนลอน Ny-V =ถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศ Ny-A =ถุงไนลอนบรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน AL= ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ 15C = ถุงไนลอนปิดผนึกและเก็บในห้อง 15°ซ Whitening = ข้าวขัดขาว Polishing = ข้าวขัดมัน

ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของคะแนนกลิ่นเหม็นของข้าวสุกที่หุงต้มจากข้าว

- ความนุ่ม ความเหนียว ความเลื่อมมัน และความขาว ระยะเวลาการเก็บรักษาในห้องปกติมีผลให้ความนุ่ม ความเหนียว ความเลื่อมมัน และความขาวของข้าวสุก ลดลงในทำนองเดียวกัน ทั้งนี้ข้าวขัดมันจะมีความเหนียว ความเลื่อมมันมากกว่าข้าวขัดขาวเพียงเล็กน้อยอย่างไรก็ตามเมื่อเก็บข้าวครบ 6 เดือน ข้าวสุกมีคะแนนความนุ่ม 6.3 ความเหนียว 6.4 เลื่อมมัน 6.1 และความขาว 6.3 ซึ่งความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ระหว่าง ภาพชนะบรรจุต่างๆ มีความแตกต่างกันเล็กน้อย (ภาพที่ 10) การเก็บข้าวในห้องเย็นสามารถรักษาคูณภาพข้าวให้เหมือนเดิม



PP= ถุงพลาสติกสาน PE= ถุงพลาสติก Ny= ถุงไนลอน Ny-V =ถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศ Ny-A =ถุงไนลอนบรรจุพร้อมสารดูดออกซิเจน AL= ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ 15C = ถุงไนลอนปิดผนึกและเก็บในห้อง 15°ซ Whitening = ข้าวขัดขาว Polishing = ข้าวขัดมัน

ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยของคุณภาพของข้าวสุกที่หุงต้มจากข้าวขัดขาวและขัดมัน (A) ในภาชนะบรรจุต่างๆ (B) ที่เก็บรักษาไว้ 6 เดือน (C)

สรุปผลการทดลอง

การส่งออกข้าวบรรจุขนาดเล็กเป็นการส่งออกในลักษณะถึงมือผู้บริโภค (Consumer size package) ประเทศผู้นำเข้ามักคำนึงถึงสุขอนามัยเป็นหลักสำคัญ การนำบรรจุภัณฑ์มาใช้จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. การใช้ถุงกระสอบพลาสติกสาน (PP) ไม่สามารถยับยั้งการพัฒนาของแมลงได้ และมีผลให้เกิดกลิ่นเหม็น ดังนั้น ข้าวต้องผ่านการรมด้วยสารเคมี เพื่อทำลายแมลงและไข่ของแมลง
2. การบรรจุข้าวในถุง polyethylene (PE) จะต้องมีการรมสารเคมีฆ่าแมลงและไข่แมลงเช่นกัน
3. การบรรจุข้าวในถุงไนลอน (NY) และอลูมิเนียมฟอยล์ (AL) ชนิดประกบหลายชั้น ที่มีคุณสมบัติป้องกันการผ่านของออกซิเจนได้ ไม่สามารถป้องกันการเกิดของแมลงได้
4. การบรรจุข้าวในถุงไนลอนและอลูมิเนียมฟอยล์ชนิดประกบกันหลายชั้นและลดปริมาณก๊าซออกซิเจนโดยการปิดผนึกที่สุญญากาศ (- 0.9 bar) หรือบรรจุพร้อมสารดูดก๊าซออกซิเจน จะช่วยชะลอการพัฒนาของแมลงและการเกิดกลิ่นเหม็นสาบได้ตลอดช่วงระยะเวลา 6 เดือน และข้าวหอมยังคงมีกลิ่นหอม ทั้งนี้รอยปิดผนึกจะต้องสมบูรณ์ คือ ไม่เกิดรอยรั่วเล็กๆ (pin hole)
5. การบรรจุข้าวในถุงที่ปิดผนึกที่สุญญากาศจะมีข้อเสียที่ถุงข้าวเป็นก้อนแข็งทำให้การจัดวางไม่สะดวก อาจต้องมีกล่องบรรจุภายนอกอีกหนึ่งชั้น ในขณะที่การใส่สารดูดออกซิเจน ถุงข้าวจะแฟบเพียงเล็กน้อย แต่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ซึ่งอาจมีราคาแพง
6. ข้าวสารที่ผ่านการขัดมันเมล็ดมีกรดไขมันต่ำกว่าข้าวขัดขาวปกติ เมื่อเก็บรักษาจะช่วยชะลอการเกิดกลิ่นเหม็นสาบ และการสูญหายของกลิ่นหอมให้ช้าลง
7. เพื่อให้การส่งเสริมการปรับปรุงคุณภาพข้าวเพื่อการส่งออกสัมฤทธิ์ผล ควรมีการถ่ายทอดความรู้ด้านคุณภาพ วิทยาการหลังเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาสู่ผู้ส่งออกต่างประเทศ

คำแนะนำ

การเลือกใช้ชนิดบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุข้าวเพื่อการส่งออกนั้นควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. การส่งออกข้าวที่มีราคาไม่สูงและผู้ซื้อบริโภคข้าวเป็นหลักเช่นเดียวกันคนไทย ควรบรรจุข้าวสารในถุงพลาสติก ดิกสานหรือถุงพลาสติกที่อากาศผ่านได้ เพราะราคาระบุภัณฑ์ไม่สูงและผู้ซื้อสามารถบริโภคข้าวหมดก่อนที่จะปรากฏกลิ่นเหม็นสาบ ทั้งนี้ ในการส่งออกจำเป็นต้องมีการรมสารเคมีเพื่อป้องกันการพัฒนาของแมลงที่ติดมากับเมล็ด

2. การส่งออกข้าวคุณภาพดี ไปยัง ประเทศที่มีมาตรการรังเกียจการใช้สารเคมีและมีกำลังการซื้อสูง การใช้ถุงไนลอนหรือถุงอลูมิเนียมประเภทหลายชั้น และปิดผนึกระบบสุญญากาศ หรือบรรจุพร้อมกับถุงบรรจุสารดูดออกซิเจนจะสามารถป้องกันการพัฒนาของแมลงได้และช่วยรักษาคุณภาพข้าวสารให้อยู่ได้นาน

3. การใช้ระบบการบรรจุแบบสุญญากาศถุงข้าวจะเป็นก๊อปปี้แข็ง ทำให้ไม่สะดวกในการวางซ้อนกัน การส่งออกไปยังประเทศที่บริโภคข้าวเป็นครั้งคราวและปริมาณน้อย อาจทำการบรรจุเป็นถุงเล็กๆ และบรรจุในกล่องอีกชั้นหนึ่ง เพื่อช่วยให้ผู้บริโภคสามารถบริโภคข้าวหมด เมื่อเปิดถุงแต่ละครั้ง ข้าวถุงอื่นๆ จะยังคงมีคุณภาพดีแม้จะเก็บไว้เป็นเวลานาน

4. การขัดข้าวหอมโดยวิธีขัดมันจะช่วยให้คุณภาพดีกว่าข้าวขัดขาวธรรมดา และกลิ่นหอมของข้าวจะคงอยู่ได้นาน กว่าข้าวหากไม่มีแมลงพัฒนาขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. A.A.C.C. 1976. American Association of Cereal Chemists. Approved methods of A.A.C.C. Am. Ass. Cereal Chem. Inc. St. Paul, Minnesota.
2. A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis, 11th ed. Washington D.C., USA. Association of Official Analytical Chemists.
3. Barber, S. 1972 Milled Rice and Changes During Aging, p 215-261 in D.F. Houston (ed.), Rice : Chemistry and Technology. Amer. Ass. Cereal Chem., Inc., St. Paul, Minnesota
4. Cacampang, G.B., C.M. Perez, and B.O. Juliano. 1973. A Gel Consistency Test for Eating Quality of Rice. *J. Science of Food and Agriculture* 24 : 1589 - 1594.
5. Halick, J.V. and J.V. Kelly. 1959. Gelatinization and Pasting Characteristics of Rice Varieties as Related to Cooking Behavior. *Cereal Chemistry* 36 : 91-98.
6. IUPAC. 1966. International Union of Pure and Applied Chemistry. Commission on oils, fats and derivatives. Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives. 6th ed., Pergamon, Press, Oxford, 170 p.
7. Juliano, B.O. 1971. A Simplified Assay for Milled-Rice Amylose. *Cereal Science Today* 16 : 334 - 338, 340, 360.
8. Juliano, B.O. 1985 Rice: Chemistry and Technology. 2nd ed. Am. Ass. Cereal Chem. Inc., St. Paul, Minnesota. 774 p.

9. Juliano, B.O.; C.M. Perez; A.B. Blakeney; D.T. Castillo; N. Kongseree; B. Laignelet; E.T Lapis; V.V.S. Murty; C.M. Paule and B.D. Webb. 1981. International Cooperative Testing on the Amylose Content of Milled Rice. *Starke* 33 : 157 - 162
 10. Little, R.R.; G.B. Hilder and E.H. Dawson. 1958. Differential Effect of Dilute Alkali on 25 Varieties of Milled White Rice. *Cereal Chemistry* 35 : 111 - 126.
-