บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวสารในระหว่างการเก็บรักษา โดยก่อนการเก็บรักษาข้าวสารนั้นได้ทำการลดความชื้นข้าวเปลือกก่อนนำมาสีเป็นข้าวสารด้วยวิธีการลดความชื้น 2 แบบ คือ ตากแดดและใช้ลมร้อน 40 °C หลังจากนั้นนำมาบรรจุภัณฑ์ภายใต้การบรรจุภัณฑ์ทั้ง 7 แบบ คือ 1) ใส่ถุง polyethylene ซึ่งเป็นถุงที่นิยมใช้และราคาถูก 2) ใส่ถุง nylon laminate ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้ดี 3) ใส่ถุง nylon laminate ภายใต้ระบบสุญญากาศ 4) ใส่ถุง nylon laminate อัดก๊าซ CO_2 40 % 5) ใส่ถุง nylon laminate อัดก๊าซ CO_2 80 % 6) ใส่ถุง nylon laminate อัดก๊าซ N_2 40 % และ 7) ใส่ถุง nylon laminate อัดก๊าซ N_2 80 % ผลการศึกษาการลดความชื้นแบบตากแดดและใช้ลมร้อน 40 °C ภายใต้การบรรจุภัณฑ์ทั้ง 7 แบบ พบว่า เปอร์เซ็นต์อมิโลสเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานาน 8 เดือน ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับพัสกร (2546) พบว่า เมื่อเก็บรักษาข้าวเป็นเวลานานจะทำให้ปริมาณอมิโลสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ในการทดลองนี้เปอร์เซ็นต์อมิโลสที่วิเคราะห์ได้ ค่อนข้างสูงสำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีรายงานว่ามีเปอร์เซ็นต์อมิโลสอยู่ในช่วง 13 -18 % (งามชื่น, 2545) แต่งานทดลองนี้ พบว่าเปอร์เซ็นต์อมิโลสอยู่ในช่วง 18 – 23 % ซึ่งสาเหตุที่เปอร์เซ็นต์อมิโลสของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ค่อนข้างสูงนั้น ในการทดลองครั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากกระบวนการวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องปั่น (moulinex) ในการบดตัวอย่าง ซึ่งความร้อนจากเครื่องปั่นดังกล่าวอาจมีผลทำให้พันธะอมิโลสซึ่งเป็นสายพอลิเมอร์ที่ต่อตรงของน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อด้วยพันธะ α-1,4 glucosidic (Hizukuri,1988) อาจมีการสลายตัวก่อนการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อมิโลส ทำให้ในแต่ละเดือนมีจำนวนเส้นของพอลิเมอร์อมิโลสที่สลายในแต่เดือนมากขึ้น ดังนั้นการอ่านค่า spectrophotometer จึงเพิ่มขึ้นตามจำนวนเส้นพอลิเมอร์อมิโลสที่สลายในแต่ละเดือน ทำให้เปอร์เซ็นต์อมิโลสที่คำนวณจากสูตรเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อมิโลสที่พบว่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา 8 เดือนนั้น พบว่าเปอร์เซ็นต์อมิโลสที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์ผกผันกับกำลังพองตัวและค่าการละลาย กล่าวคือ กำลังพองตัวและค่าการละลายมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานาน 8 เดือน ซึ่งข้าวที่เก็บรักษาโดยวิธีการบรรจุภัณฑ์ทั้ง 7 แบบ โดยผ่านการลดความชื้นทั้ง 2 แบบนั้น มีกำลังพองตัวและค่าการละลายอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มลดลงในทิศทางเดียวกัน กำลังพองตัวและค่าการละลายเป็นคุณสมบัติทางด้านกายที่บ่งชี้คุณภาพด้านการหุงต้มสมบัติด้านกำลังพองตัวและค่าการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ละลายเกิดจากเม็ดสตาร์ชซึ่งเป็นเป็นองค์ประกอบหลักภายในแป้งเกิดการดูดซับน้ำและมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น สตาร์ชประกอบด้วยพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส 2 ชนิด ได้แก่ อมิโลส (amylose) และ อมัยโลแพคติน (amylopectin) สตาร์ชไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำ โมเลกุลของสตาร์ชประกอบด้วยหมู่ไฮ ดรอกซิลเป็นจำนวนมาก มีคุณสมบัติชอบน้ำ แต่เม็ดสตาร์ชเกาะกลุ่มด้วยพันธะไฮโดรเจนอยู่ ทำให้สตาร์ชละลายในน้ำเย็นยาก เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแป้งพันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลน้ำจะเข้าจับหมู่ไฮดรอกซิลที่อิสระ เม็ดสตาร์ชเกิดการพองตัวขึ้นและสตาร์ชบางส่วนจะละลายออกมา กำลังพองตัวและค่าการละลายมีผลต่อคุณภาพข้าวในด้านการดูดซับน้ำในระหว่างการหุงต้ม (Schoch, 1964)

การลดความชื้นทั้ง 2 วิธีนั้น พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอมิโลส กำลังพองตัวและค่าการละลาย รายงานส่วนใหญ่พบว่าผลของการลดความชื้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพมากกว่าทางด้านเคมี บุญมีและคณะ (2546) รายงานว่า การลดความชื้นทั้ง 6 วิธี คือการใช้เครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้งอุณหภูมิ 2 ระดับ (30 และ 40 °C) เครื่องลดความชื้นชนิดลมร้อนใช้อุณหภูมิ 3 ระดับ (40 , 50 และ 70 °C) และตากแดด พบว่า หลังจากการลดความชื้นและเก็บรักษา 11 เดือน การใช้เครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้ง และการลดความชื้นชนิดลมร้อน (40 และ 50 °C) ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นและมีดรรชนีความขาวมากกว่าการใช้เครื่องลดความชื้นชนิดลมร้อน (อุณหภูมิ 70 °C) และวิธีการตากแดด เมื่อเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้นานขึ้นทำให้ เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นและดรรชนีความขาวลดลงทุกวิธีการลดความชื้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านเคมีที่มีผลมาจากอุณหภูมิในการลดความชื้นก็อาจจะมีผลต่อองค์ประกอบภายในเมล็ด เช่น โปรตีน ไขมัน เป็นต้น การใช้อุณหภูมิสูงในการลดความชื้นอาจทำให้ free fatty acid เพิ่มขึ้น เพราะอุณหภูมิสูงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการเสื่อมของไขมัน ทำให้เกิดการ oxidation มากขึ้น (Bala, 1997) ส่วนการบรรจุภัณฑ์ทั้ง 7 วิธีนั้น พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์อมิโลส กำลังพองตัวและค่าการละลายแต่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไขมันมากกว่า

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ไขมันในเมล็ดข้าวสารในระหว่างการเก็บรักษาที่มาจากการลดความชื้นแบบตากแดดและใช้ลมแห้งที่อุณหภูมิ 40 °C นั้น พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันในเมล็ดข้าวมีแนวโน้มลดลงและใกล้เคียงทั้ง 2 วิธีการลดความชื้น ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการลดความชื้นแบบตากแดดในการทดลองนี้ใช้อุณหภูมิเฉลี่ย 34.3 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับการลดความชื้นที่ใช้ลมแห้งที่อุณหภูมิ 40 °C Carl (1988) รายงานว่า การใช้อุณหภูมิในการลดความชื้นไม่เกิน 46 °C ในการลดความชื้นของพืชนั้นถือว่าเป็นอุณหภูมิที่ต่ำ อาจเป็นไปได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ลดความชื้นที่ใกล้เคียงกันส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ไขมันมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสารเป็นเวลานานเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพในเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวสาร การเสื่อมสภาพของไขมันสามารถเกิดขึ้นได้ 2 ทาง คือ โดยกระบวนการ hydrolysis จากเอนไซม์ lipase ที่มีอยู่ในเมล็ด และกระบวนการ oxidation จากเอนไซม์ lipoxidase หรือจากการที่มีก๊าซออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยาด้วยตัวเอง (Moritaka and Yasumatsu, 1972) ซึ่งการเสื่อมของไขมันจะเกิดจากการเติมออกซิเจนตรงพันธะคู่ของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นสาบ (สุรีย์, 2529) กรดไขมันที่พบมากและมีความสำคัญในการเกิดการเสื่อมของไขมันคือ oleic acid และ linoleic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้เกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจนหรือกระบวนการ oxidation ได้ง่าย (Zhout *et al*, 2002) และการเสื่อมอีกทางของไขมันเกิดจากเอนไซม์ lipase ย่อยไขมันเป็นกรดไขมันอิสระ ทำให้กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ไขมันมีแนวโน้มลดลงทุกวิธีการบรรจุภัณฑ์เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และจะเห็นได้ว่าการบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกันไม่สามารถรักษาคุณภาพข้าวสารได้ เนื่องจากการเสื่อมของไขมันนั้นออกซิเจนก็เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสื่อมดังที่กล่าวมาแล้ว ปกติแล้วการใช้ถุงในการบรรจุภัณฑ์น่าจะมีผลต่อการชะลอการลดลงของเปอร์เซ็นต์ไขมันซึ่งเกี่ยวข้องการการซึมผ่านของออกซิเจน โดยการทดลองนี้ใช้ถุง polyethylene และถุง nylon laminate ซึ่งอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนต่างกัน กล่าวคือ ถุง polyethylene มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน 1895 มิลลิลิตร/ ตารางเมตร.บรรยากาศ.วัน ที่อุณหภูมิ 20 – 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 – 80 % ส่วนถุง nylon laminate ที่ใช้อัดก๊าซ N_2, CO_2 และสุญญากาศนั้น อัตราการซึมผ่านก๊าซน้อยกว่าถุง polyethylene คือ มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน 36 มิลลิลิตร/ ตารางเมตร.บรรยากาศ.วัน ที่อุณหภูมิ 20 – 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 – 80 % (สืบศักดิ์, 2547) การบรรจุภัณฑ์แบบถุง nylon laminate ที่ใช้อัดก๊าซ N_2, CO_2 และสุญญากาศนั้นเป็นการแทนที่ออกซิเจนในถุง ทำให้ออกซิเจนในถุงมีน้อยมากและอัตราการซึมผ่านออกซิเจนของถุง nylon laminate ที่ใช้อัดก๊าซ N_2, CO_2 และสุญญากาศ มีน้อยกว่าถุง polyethylene น่าจะส่งผลให้มีการเสื่อมของไขมันในเมล็ดข้าวสารช้ากว่าถุง polyethylene จากการศึกษาในเรื่องของการบรรจุภัณฑ์นี้ งามชื่น (2539) รายงานว่า การเก็บรักษาข้าวสารในถุง polyethylene ถุง nylon laminate และแบบสุญญากาศ จะมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องปกติ กล่าวคือ ปริมาณไขมันลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เพราะไขมันเปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิสระมากขึ้น ข้าวสารในถุง polyethylene จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระเร็วกว่าถุง nylon laminate และถุง nylon laminate แบบสุญญากาศ ตามลำดับ แต่การทดลองครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างชัดเจนของการลดลงของไขมัน ทั้งการใช้ถุง polyethylene และถุง nylon laminate ที่ใช้อัดก๊าซ N_2, CO_2 และสุญญากาศ ทั้งนี้อาจเป็นผลอันเนื่องมาจากการทดลองครั้งนี้ได้แบ่งตัวอย่างข้าวสารตามกรรมวิธีต่างๆ แล้วนำไปบดเป็นแป้งเพื่อรอการวิเคราะห์ไขมันในถุงซิบ (ถุง polyethylene) เป็นระยะเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นาน การบดข้าวสารเป็นแป้งนั้นมีผลทำให้เมล็ดข้าวที่บดเป็นแป้งเกิดจากเสื่อมของไขมันจากกระบวนการ hydrolysis ซึ่งมีเอนไซม์ lipase ในเมล็ดข้าวทำปฏิกิริยากับไขมันได้เองโดยไม่ต้องมีออกซิเจนมาเกี่ยวข้อง อรอนงค์ (2532) รายงานว่า การเก็บรักษาเมล็ดธัญพืชในสภาพที่ดีจะเกิดการเสื่อมยาก แต่ถ้ามีเหตุให้เมล็ดเสียเกิดรอยแผล เช่น การขัดสี หรือการบดให้เป็นแป้ง จะมีผลให้เอนไซม์ lipase ทำปฏิกิริยากับไขมันเกิดเป็นสารกลีเซอรอล (Glyceride) และกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ดังนั้นเมื่อบดตัวอย่างเป็นแป้งแล้วถึงแม้จะเก็บในถุงซิบ (ถุง polyethylene) ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนที่เท่ากัน มีผลให้ภายในถุงตัวอย่างที่บรรจุแป้งการเกิดปฏิกิริยาก็ยังดำเนินต่อไปเพราะมีเอนไซม์ lipase จากภายในเมล็ดของมันเอง ประกอบกับระหว่างการรอส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์นั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C ในตู้เย็นธรรมดา แล้วในระหว่างการเดินทางตัวอย่างที่ออกจากตู้เย็นจะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงเกิดไอน้ำเกาะรอบถุง และเมื่อทำการวิเคราะห์ ตัวอย่างที่เหลือจะเก็บไว้ในตู้เย็น –20 °C เป็นเวลาประมาณ 2 สัปดาห์จึงจะวิเคราะห์เสร็จ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวมีความชื้นสัมพัทธ์สูง และมีผลต่อคุณสมบัติตัวอย่างแป้ง ซึ่ง Viraktamath and Desikachar (1971) รายงานว่า ประมาณ 30 % ของเมล็ดธัญพืชจะเปลี่ยนเป็น free fatty acid ภายใน 1 สัปดาห์ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิสูง โดยความชื้นสัมพัทธ์จะเกี่ยวกับปริมาณน้ำในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์สูงมีผลต่อจุลินทรีย์ที่มีอยู่บนผิวเมล็ดธัญพืชซึ่งจะผลิตเอนไซม์ lipase ทำให้มีผลต่อการเกิดกระบวนการ hydrolysis ในเมล็ดข้าวสารเกิดการเสื่อมของไขมันได้ ดังนั้นสาเหตุที่รอการวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นเวลานาน อาจทำให้ตัวอย่างแป้งเกิดการเสื่อมของไขมันจากกระบวนการ hydrolysis ก่อนการวิเคราะห์จึงส่งผลให้การบรรจุภัณฑ์แบบถุง nylon laminate ที่ใช้อัดก๊าซ N_2, CO_2 และสุญญากาศที่น่าจะมีการเกิด oxidation น้อยก็พบว่ามีการเกิด oxidation ใกล้เคียงกับวิธีการบรรจุภัณฑ์แบบถุง polyethylene ทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในเมล็ดข้าวลดลงใกล้เคียงกัน

การอัดก๊าซเพื่อเก็บรักษาเมล็ดธัญพืชนั้นจะนิยมใช้ก๊าซ CO_2 และ N_2 เป็นส่วนใหญ่ แต่ในการศึกษาผลของก๊าซดังกล่าวที่มีต่อคุณภาพข้าวในทางด้านเคมีและกายภาพนั้นพบว่า ข้าวที่เก็บรักษาในก๊าซ CO_2 และ N_2 เป็นเวลา 1 ปีนั้นมี fat acidity และเปอร์เซ็นต์เปอร์ออกไซด์ (peroxide content) ที่เกี่ยวกับกลิ่นเหม็นหืนเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน (Iwasaki and Tani, 1967) การบรรจุก๊าซ CO_2 เป็นการลดการเกิดปฏิกิริยา oxidation ภายในถุงที่อัดก๊าซ เพราะ CO_2 จะไปแทนที่ O_2 ภายในถุง เมื่ออัดก๊าซ CO_2 ในถุง ถุงจะมีปริมาตรลดลง (ขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดและสภาพภายในถุง) คือมีลักษณะคล้ายกับสุญญากาศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากโปรตีนภายในเมล็ดดูดซับ CO_2 ทำให้ถุงที่อัดก๊าซ CO_2 มีลักษณะรัดรูป (Hisateru, 1967) ส่วนก๊าซ N_2 เป็นก๊าซเฉื่อยในการบรรจุภัณฑ์นั้นมีรายงานว่าการเก็บรักษาข้าวสารในก๊าซ N_2 นั้นมีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวที่เกี่ยวกับคุณภาพการหุงต้มคือข้าวที่หุงจะร่วนไม่น่ารับประทาน และยังพบว่าในการเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ การอัดก๊าซ N_2 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

CO_2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C นั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการบรรจุภัณฑ์ทั่วไปที่ไม่อัดก๊าซ เช่น มีผลต่อกรดไขมัน ความแข็งของข้าว และการดูดซับน้ำในระหว่างการหุงต้ม (Yanai *et al*, 1979) ส่วนการบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศนั้น งามชื่น (2539) รายงานว่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาน้อยมากเมื่อเทียบกับการบรรจุภัณฑ์แบบอื่น เพราะการบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศจะป้องกันการเกิด oxidation ในเม็ดข้าวทำให้คุณสมบัติบางอย่างเปลี่ยนแปลงได้ช้า

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติไม่พบความแตกต่างของวิธีการลดความชื้นและวิธีการบรรจุภัณฑ์ ต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์โปรตีนในระหว่างการเก็บรักษา ข้าวที่ผ่านการลดความชื้นภายใต้การบรรจุนั้นพบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในช่วงเดือนที่ 1-2 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงและมีความแปรปรวนใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นมีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลงในช่วงเดือนที่ 5 ถึงเดือนที่ 8 เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีความแปร ปรวนในช่วง 2 % แต่โดยรวมแล้วในการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์โปรตีนระหว่าง 8 เดือน ของวิธีการบรรจุภัณฑ์ทั้ง 7 วิธี ที่มาจากการลดความชื้นแบบตากแดดและใช้ลมแห้งอุณหภูมิ 40 °C มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์โปรตีนในระหว่างการเก็บรักษาของข้าวนั้น Wayne and Jame (1993) รายงานว่า โปรตีน (total protein) ไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา แต่คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของส่วนประกอบของโปรตีนโดยเฉพาะโปรตีน oryzenin (glutelin) ซึ่งพบมากในเมล็ดข้าวจะเปลี่ยนแปลง โดยพบว่าน้ำหนักโมเลกุลและพันธะ peptide มีมากขึ้นโดยเฉพาะถ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง หลังจากเก็บข้าวไว้นาน 1 ปีที่อุณหภูมิ 40 °C พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับ Chrastil and Zarins, 1992; Chrastil (1990) รายงานว่า โปรตีน (total protein) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงทำให้น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ oryzenin (glutelin) เพิ่มขึ้น การเพิ่มของน้ำหนักโมเลกุลของ oryzenin (glutelin) นั้นเป็นเพียงการเพิ่มความซับซ้อนของพันธะ peptide เท่านั้น ด้วยผลการวิจัยดังกล่าว พบว่า ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าสาเหตุดังกล่าวทำให้การตรวจวัดเปอร์เซ็นต์โปรตีน (total protein) เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน

ผลการศึกษาปริมาณสารหอม 2-acetyl-l-pyrroline (2AP)ของข้าวโดยใช้อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้กราฟ 2AP/TMP เพื่อเทียบหาปริมาณสารหอม พบว่า วิธีการลดความชื้นทั้ง 2 วิธี คือ วิธีการลดความชื้นแบบตากแดดและใช้ลมแห้ง 40 °C ภายใต้การบรรจุภัณฑ์ทั้ง 7 วิธี มีแนวโน้มสารหอมลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่า ข้าวที่ผ่านการลดความชื้นแบบตากแดดมีความหอมมากกว่าวิธีการลดความชื้นแบบใช้ลมแห้ง 40 °C อาจมีสาเหตุมาจากวิธีการลดความชื้นแบบตากแดดเป็นการใช้ความร้อนจากธรรมชาติที่สูงต่ำตามสภาพอากาศ ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประมาณ 34.3 °C แต่วิธีการลดความชื้นแบบใช้ลมแห้ง 40 °C นั้นมีการให้ความร้อนในการลดความชื้นอย่างต่อเนื่องและมีพัดลมช่วยเป่าตลอดเวลา สารหอมจึงระเหยเร็วกว่าการลดความชื้นแบบตากแดด ซึ่งโครงสร้างของสารหอม 2AP เป็นสารประกอบในกลุ่ม pyrrole คือวงแหวน 5 เหลี่ยมที่มีไนโตรเจนเกาะอยู่ในวงและมีหมู่ acetyl เกาะอยู่กับคาร์บอนในตำแหน่งที่ 2 ของวง สารหอม 2AP เป็นของเหลวใสไม่มีสี มีคุณสมบัติเป็นเบสเนื่องจากเป็นสารประกอบของไนโตรเจน และเป็นสารที่ระเหยง่ายและไม่เสถียร เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานในสภาพห้องปกติ จึงทำให้สารหอมระเหยง่าย (Mahatheeranont *et al.*, 2001) การใช้อุณภูมิในการลดความชื้นนั้นมีผลต่อคุณภาพข้าว เช่นเดียวกับ Sugunya *et al.*(2003) รายงานว่า การใช้อุณหภูมิต่ำ (30 – 40 °C) ในการลดความชื้นข้าวเปลือกทำให้คุณภาพด้านความหอมของข้าวและเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นดีกว่าการใช้อุณหภูมิสูง (70°C) ในการลดความชื้น

การบรรจุภัณฑ์ทั้ง 7 วิธีนั้น พบว่า ความหอมของทุกวิธีการบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่ว่าจะบรรจุถุงแบบ polyethylene หรือถุง nylon laminate ที่อัดก๊าซ CO_2, N_2และถุง nylon laminate แบบสุญญากาศก็ตาม การลดลงของสารหอม 2AP มีสาเหตุมาจากคุณสมบัติของสารหอมที่ระเหยง่ายเอง และในการทดลองนี้พบว่าความหอมของทุกวิธีการบรรจุภัณฑ์น่าจะสัมพันธ์กับไขมันที่ลดลงเช่นกัน Bergman (2003) กล่าวว่า สารหอม 2AP ในเมล็ดข้าวมีการละลายหรือจับกับไขมัน ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าเมล็ดข้าว อาจจะมีสารชีวโมเลกุลหรือไขมันที่สามารถจับหรือตรึงสารหอม 2AP ได้ การเสื่อมของไขมันมีผลต่อความหอมในเมล็ดข้าวสาร Lam (2003) รายงานว่า การเกิด oxidation ของกรดไขมันอิสระพวก oleic และ linoleic จะได้สารระเหยจำพวก nonenal hexanal และ octanal ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นมีผลต่อกลิ่นเหม็นหืนของข้าวสาร ด้วยเหตุนี้อาจเป็นไปได้ว่ากลิ่นเหม็นหืนดังกล่าวทำให้สารหอมในเมล็ดข้าวเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์อื่นทำให้กลิ่นของข้าวเปลี่ยนไป การเสื่อมของไขมันจึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สารหอมในเมล็ดข้าวแปรผันตามไขมันที่ลดลง การเก็บรักษาข้าวสารเป็นระยะเวลานานไม่ว่าจะเก็บในสภาพใดก็มีผลทำให้ความหอมลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Qing *et al.*(2000) รายงานว่า การเก็บรักษาข้าวสารเป็นเวลานานทำให้ความหอมลดลง ปริมาณสารหอม 2AP ลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรักษา 4 เดือน ซึ่งจะลดลงไม่ว่าจะเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำหรือสูงก็ตาม และ พัสกร (2546) รายงานว่า การเก็บรักษาข้าวเปลือกที่อุณหภูมิห้องและ 10 °C มีปริมาณสารหอม 2AP ลดลงอย่างรวดเร็วและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยความหอมของข้าวเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C มีความหอมมากกว่าข้าวเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

จากการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า วิธีการลดความชื้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้ง 2 วิธี ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิที่ใช้ในการลดความชื้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่เกิดจากการลดความชื้นไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนผลของวิธีการบรรจุภัณฑ์ทั้ง 7 วิธีที่มีผลต่อข้าวสารนั้น พบว่าไม่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวสารทั้งทางด้านเคมีและกายภาพทุกกรรมวิธีการบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งในทางทฤษฎีแล้ว การบรรจุภัณฑ์น่าจะมีการป้องกันการเกิด oxidation ซึ่งเป็นการเสื่อมของไขมันได้ การเปลี่ยนแปลงไขมันมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติอื่นๆของข้าวสาร แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ผลของการทดลองครั้งนี้ ใช้เวลาในการเตรียมตัวอย่างนอกบรรจุภัณฑ์เป็นเวลานาน จึงเป็นผลทำให้การวิเคราะห์ไขมันเกิดความคลาดเคลื่อนและส่งผลให้คุณสมบัติอื่นที่เกี่ยวข้องกับไขมันคลาดเคลื่อนไปด้วย ดังนั้น การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งข้าวนั้นต้องคำนึงถึงความละเอียดของขั้นตอนในการวิเคราะห์ เพราะคุณสมบัติบางอย่างอาจเสื่อมสภาพก่อนการวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved