บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาผลของวิธีการเร่งความเก่า และการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่าการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี คุณภาพการสี และคุณภาพการหุงต้ม ของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 แยกออกเป็นลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

4.1 ความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก (Moisture content)

การเปลี่ยนแปลงความชื้นข้าวเปลือก พบว่า ค่าความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกเท่ากับ 13.71 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ภายหลังจากการเร่งความเก่าข้าวเปลือก พบว่าความชื้นของข้าวเปลือกในแต่ละวิธีและชุดควบคุมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใช้ลมร้อนและการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความชื้นของข้าวเปลือกต่ำที่สุด เท่ากับ 11.75 เปอร์เซ็นต์ และ 12.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) จากการทดลองพบว่าวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกมีผลต่อปริมาณความชื้น โดยการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้วยลมร้อนทำให้ความชื้นลดลงต่ำสุด สำหรับการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิสูงและระยะเวลานานขึ้นทำให้ความชื้นลดลง สาเหตุที่ทำให้ความชื้นของข้าวเปลือกแตกต่างกันเกิดจากระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเร่งความเก่า สอดคล้องกับการทดลองของใจทิพย์ (2538) พบว่าการให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิสูงทำให้การลดความชื้นข้าวเปลือกทำได้รวดเร็ว และทำให้ความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกต่ำกว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ สอดคล้องกับสมชาติ (2540) ที่กล่าวว่าอุณหภูมิของการให้ความร้อนมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพืชหลังการอบ การใช้อุณหภูมิที่สูงมากกว่า 70 องศาเซลเซียส จะทำให้ผิวของเมล็ดพืชสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับ Janhang *et al.* (2005) พบว่าการใช้คลื่น RF ระดับความถี่ 27.12 MHz ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที ทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกลดลงต่ำสุดเท่ากับ 9.3 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของของณคณิณและคณะ (2551) และ Theanjumpol *et al.* (2007) พบว่าการให้ความร้อนด้วยคลื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

RF ที่ระดับอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที ทำให้ความชื้นของข้าวเปลือกลดลงต่ำสุดเช่นเดียวกัน จากการทดลองการใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 40 นาที และการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้ความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกต่ำสุด ส่วนการเร่งความเก่าด้วยการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 และ 85 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นของข้าวเปลือกสูงที่สุด เพราะอุณหภูมิที่ใช้ในการเร่งความเก่าต่ำกว่าวิธีอื่น นอกจากนี้ผลของการให้ความร้อนที่ใช้ในการเร่งความเก่าข้าวเปลือก ทำให้ความชื้นภายในเมล็ดข้าวเปลือกกับความชื้นบริเวณเปลือกข้าวไม่เท่ากัน และข้าวเปลือกที่ความชื้นลดลงโดยการใช้ระดับอุณหภูมิต่างกันจะดูดกลับความชื้นต่างกัน (Banaszek and Siemorgen, 1990) การดูดกลับความชื้นของข้าวเปลือกค่อยๆช้าลงเมื่อความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าใกล้เคียงกับความชื้นของสภาพแวดล้อม (Kunze, 1979)

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือก 12 เดือน พบว่าความชื้นของข้าวเปลือกในแต่ละกรรมวิธีมีค่าลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยข้าวเปลือกชุดควบคุมมีค่าความชื้นข้าวเปลือกลดลงตามอายุการเก็บรักษา แต่ข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าแต่ละกรรมวิธีมีค่าความชื้นข้าวเปลือกลดลงไม่แตกต่างกับค่าความชื้นข้าวเปลือกเมื่อเริ่มทำการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกของทุกกรรมวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุม มีแนวโน้มความชื้นข้าวเปลือกในเดือนที่ 2-4 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น และความชื้นข้าวเปลือกลดลงในเดือนที่ 6-12 ส่วนข้าวเปลือกชุดควบคุมมีค่าความชื้นข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนที่ 2-6 จากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 8-12 มีค่าความชื้นข้าวเปลือกลดลงเล็กน้อยจากเดือนที่ 6 (ภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.2) การเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงจากค่าเริ่มต้นตลอดการเก็บรักษา โดยความชื้นของข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าในช่วงเดือนที่ 2-4 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากค่าเริ่มต้น และลดลงตามอายุการเก็บรักษา ส่วนชุดควบคุมความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนที่ 2-6 และจะค่อยๆ ลดลงตามอายุการเก็บรักษา เนื่องจากเมล็ดข้าวเป็น hygroscopic material ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในเมล็ดตามอุณหภูมิและความชื้นของสิ่งแวดล้อม (Esmay *et al.,* 1979) นอกจากนี้ข้าวเปลือกที่เก็บรักษาไว้ยังเกิดการหายใจทำให้เกิดความร้อน และความชื้นขึ้นในกองเมล็ด (Booker *et al.,* 1974) สอดคล้องกับรายงานของจุจิรัศน์ (2542) พบว่าความชื้นของข้าวมีค่าลดลงตามอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน โดยความชื้นข้าวเมื่อเริ่มเก็บรักษามีค่า 12.58 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เดือนที่ 8 มีค่าความชื้น 11.87 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับละมุล (2541) ที่กล่าวว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บรักษาข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษานาน 7 เดือน การลดและเพิ่มขึ้นของค่าความชื้นของข้าวเปลือกที่เก็บรักษานั้น มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและอุณหภูมิภายในกองข้าว (ยุทธนา, 2548)

ดังนั้นการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 และ 85 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลา เหมาะสมที่สุดสำหรับการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้านความชื้นข้าวเปลือก

4.2 คุณภาพการสี (Milling Qualities)

การเปลี่ยนแปลง คุณภาพการสีของข้าวจากการเร่งความเก่าของข้าวเปลือก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร เปอร์เซ็นต์ข้าวต้น ความขาวของข้าวสาร และความเหลืองของข้าวสาร

4.2.1 ข้าวกล้อง (Brown rice)

การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง พบว่า การเร่งความเก่าข้าวเปลือกทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องในแต่ละวิธีและชุดควบคุมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ลมร้อนและการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 และ 85 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลา มีเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องสูงสุดไม่แตกต่างกัน อยู่ในช่วง 74.11-75.02 เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง ขณะที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลา ทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องลดลงมีค่าเท่ากับ 74.42%, 74.11% และ 74.32 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) การเร่งความเก่าด้วยลมร้อน และการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 และ 85 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลา และชุดควบคุม มีเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องเฉลี่ยเท่ากับ 74.60 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าการเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลา ซึ่งค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องเท่ากับ 74.30 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของ Inprasit and Noomhorm, (2001); Wiset *et al.* (2005) พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงสามารถเพิ่มปริมาณต้นข้าวได้เนื่องจากอุณหภูมิการอบที่สูงขึ้นทำให้เกิด partial gelatinization เป็นโครงสร้างที่เปรียบเสมือนร่างแหที่แข็งแรงทำให้พันธะภายในเม็ดแป้งเกาะกันแน่นขึ้น โดยข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกสามารถทนต่อแรงกระแทกระหว่างขัดสีได้มากขึ้น (Juliano,1985; Tirawanichakul *et al.,* 2004) แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลาเพิ่มขึ้น (100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลา) จะทำให้ปริมาณต้นข้าวลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้เกิดความเค้น (stresses) ภายในเมล็ดข้าวระหว่างการอบทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดข้าวได้ (Kunze, 1979)

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือก 12 เดือน พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา กล่าวคือวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือก และชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องของทุกวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือ เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องในเดือนที่ 2-4 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น และเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องสูงสุดในเดือนที่ 4 ส่วนเดือนที่ 6-8 เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องมีค่าลดลงจากเดือนที่ 4 สำหรับเดือนที่ 10-12 เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเดือนที่ 8 (ภาพที่ 4.3 และตารางที่ 4.4) ระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องทุกกรรมวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา สอดคล้องกับพสกร (2546) พบว่าเมื่อเก็บข้าวเปลือกไว้ที่ระยะเวลาประมาณ 3 เดือน ความแข็งข้าวเปลือกมีค่าเพิ่มมขึ้น ความแข็งของข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดเจลาทิไนท์ของข้าวส่งผลทำให้ร้อยร้าวของผิวเมล็ดเชื่อมประสานกัน โดยการเกิดเจลาทิไนท์จะแตกต่างกันไปตามอุณหภูมิที่ให้แก่ข้าวเปลือก การทำให้เกิดเจลาทิไนท์ช้าๆ โดยค่อยๆ ให้อุณหภูมิซึ่งจะเกิดผลดีมากกว่าการทำให้ข้าวเกิดเจลาทิไนท์อย่างรวดเร็ว (อรอนงค์, 2547) และอาจเกิดจากการสูญเสียความชื้นของข้าวเปลือก (Kunze and Hall, 1967) ทำให้ความแข็งแรงข้าวกล้องเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยความแข็งนี้จะช่วยเพิ่มความทนทานต่อการขัดสีส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องเพิ่มขึ้นด้วย (Kondo and Okamura, 1973) ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องตลอดอายุการเก็บรักษาที่เร่งความเก่าด้วยการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 และ 85 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลาจึงมีค่าสูงสุด ในทางตรงกันข้ามเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องที่เร่งความเก่าด้วยการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลาจึงมีค่าต่ำสุด

ดังนั้นการใช้ลมร้อน และการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 และ 85 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลา เหมาะสมที่สุด สำหรับการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้านเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 ข้าวขาวหรือข้าวสาร (Milled rice)

การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ข้าวขาว พบว่า การเร่งความเก่าข้าวเปลือกไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ข้าวขาว เมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีและชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวเฉลี่ยเท่ากับ 68-69% (ตารางที่ 4.5) และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือก 12 เดือน พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดการเก็บรักษา 12 เดือน โดยมีเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวเฉลี่ยเท่ากับ 68-69% (ภาพที่ 4.4 และตารางที่ 4.6) ผลของวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและการเก็บรักษาต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวนั้น พบว่าวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกไม่พบความแตกต่างทางสถิติของวิธีการเร่งความเก่ากับชุดควบคุม สอดคล้องกับการศึกษาของยุทธนา (2548) ที่กล่าวว่าผลของอุณหภูมิการลดความชื้นและการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ข้าวขาว

ดังนั้นการใช้ลมร้อน และการใช้ RF ทุกระดับอุณหภูมิและระยะเวลาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงข้าวขาว

4.2.3 ต้นข้าว (Head rice)

การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวในแต่ละวิธีการและชุดควบคุมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 15 นาที มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 45.44% และ 46.50% ตามลำดับ รองลงมาคือวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเท่ากับ 44.86% และ 43.96% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5, 10, และ 15 นาที และ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 5 นาที มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมาก กว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานของ Inprasit and Noomhorm, (2001); Wiset *et al.* (2005) พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงสามารถเพิ่มปริมาณต้นข้าวได้ เนื่องจากอุณหภูมิการอบที่สูงขึ้นทำให้เกิด partial gelatinization เกิดโครงสร้างที่เปรียบเสมือนร่างแหที่แข็งแรงทำให้พันธะภายในเม็ดแป้งเกาะจับแน่นขึ้น โดยข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกสามารถทนต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แรงกระแทกระหว่างขัดสีได้มากกว่า (Juliano,1985; Tirawanichakul *et al*., 2004) แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลาเพิ่มขึ้น (85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลามากกว่า 10 นาที และ 100 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลา) จะทำให้ปริมาณต้นข้าวลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้เกิดความเค้น (stresses) ภายในเมล็ดข้าวระหว่างการอบทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดข้าวได้ (Kunze, 1979) สอดคล้องกับวันชัย (2542) ที่กล่าวว่าวิธีการให้ความร้อนแก่เมล็ดพืชว่า การให้ความร้อนแก่เมล็ดพืชเป็นการนำเอาน้ำหรือความชื้นที่อยู่ในเมล็ดพืชออกสู่อากาศ โดยี 2 ขั้นตอนคือ ทำให้น้ำหรือความชื้นเมล็ดพืชที่อยู่ใจกลางของเมล็ดเคลื่อนที่ไปยังบริเวณผิวของเมล็ด และขั้นตอนที่สองทำให้น้ำที่อยู่บริเวณผิวของเมล็ดเคลื่อนไปสู่บรรยากาศรอบเมล็ด จากขั้นตอนการให้ความร้อนแก่เมล็ดพืชนั้น อาจกล่าวได้ว่า การใช้อุณหภูมิต่ำทำให้อัตราการลดความชื้นต่ำ อัตราการลดลงของความชื้นคือการสูญเสียความชื้นของเมล็ดต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Esmay *et al.* , 1979) จึงทำให้ความชื้นในเมล็ดค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ เมื่อนำข้าวเปลือกไปขัดสีการแตกหักของเมล็ดข้าวสารมีน้อยทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงกว่าวิธีการเร่งความเก่าโดยใช้อุณหภูมิสูง เพราะความร้อนที่สูงทำให้ความชื้นในเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ข้าวแตกหักมากขึ้นเป็นผลทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวลดลง ซึ่งผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพข้าวนั้น Kunze (1979) รายงานว่าสาเหตุการเกิดรอยร้าวของเมล็ดหลังจากการให้ความร้อนแล้ว เกิดจากการดูดและรับความชื้นของเมล็ดกับสภาพแวดล้อมเพื่อทำให้เมล็ดข้าวเข้าสู่สมดุลกับสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ Brooker *et al.* , (1974) กล่าวว่าการใช้อุณหภูมิสูงเพื่อทำให้อัตราการลดความชื้นเร็วขึ้น ทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเมล็ดและทำให้เมล็ดแตกร้าว เช่นเดียวกับ สมชาติ (2540) กล่าวว่าอุณหภูมิของการให้ความร้อนมีผลต่อคุณภาพของเล็ดพืชหลังการให้ความร้อน การใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้บริเวณผิวของเมล็ดพืชสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็ว เมล็ดเกิดรอยร้าวและแตกหัก

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือก 12 เดือน พบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา กล่าวคือวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 15 นาที มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพิ่มขึ้นสูงสุด โดยค่าเท่ากับ 54.85% และ 55.81% ตามลำดับ ที่อายุการเก็บรักษาเดือนที่ 4 นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือ เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวในเดือนที่ 2-4 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เริ่มต้น และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงสุดในเดือนที่ 4 ส่วนเดือนที่ 6-12 เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมีค่าลดลงเล็กน้อยจากเดือนที่ 4 (ภาพที่ 4.5 และตารางที่ 4.8) การเก็บรักษาข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยแต่ละวิธี แล้วนำมาขัดสีทุก 2 เดือน เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่า ทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นอย่างรวดเร็วในเดือนที่ 2-4 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของกิติยาและคณะ (2544) ที่พบว่าการให้ความร้อนแก่ข้าวเปลือกและการเก็บรักษาข้าวเปลือกแล้วนำไปขัดสี พบว่าคุณภาพการสีเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น 4-10 เปอร์เซ็นต์ การเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้ระยะเวลาหนึ่งแล้วค่อยนำออกมาขัดสีแล้วทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงขึ้นนั้น สาเหตุอาจมาจากข้าวเปลือกที่เก็บรักษาไว้กลายเป็นข้าวเก่าซึ่งแข็งกว่าข้าวใหม่ โดยระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวเปลือกมีระยะเวลานานขึ้นเพื่อรอการขัดสี อาจส่งผลให้โครงสร้างของแป้งมีความหนาแน่นมากขึ้น และมีความแข็งของเมล็ดมากขึ้น ซึ่งความแข็งที่เพิ่มขึ้นนี้ช่วยให้เมล็ดข้าวทนทานต่อแรงต่างๆ ในกระบวนการขัดสี จึงทำให้ข้าวหักน้อยลงและมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงขึ้น (Kondo and Okamura, 1973) ซึ่งทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3-6 เดือน (Perez and Juliano, 1982) และจากการศึกษาของพัสกร (2545) และยุทธนา (2548) ซึ่งพบว่าในการเก็บรักษาข้าวเปลือกทำให้ความแข็งของเมล็ดเพิ่มขึ้น ภายหลังการเก็บเกี่ยว ในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น โดยเฉพาะในระยะเวลา 3-4 เดือน เอนโดสเปิร์มจะแกร่งขึ้น ทำให้คุณภาพการสีดีขึ้น ส่งผลให้ทนต่อแรงในการบีบอัดเพิ่มขึ้น (อรอนงค์ , 2547) เมื่อนำไปขัดสีจึงได้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องและเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพิ่มขึ้น

ดังนั้นการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 เหมาะสมที่สุด รองลงมาคือที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที และที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ตามลำดับ สำหรับการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้านเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว

4.2.4 สีของข้าวสาร

การเปลี่ยนแปลงค่าความขาวของข้าวสาร พบว่า ค่าความขาวของข้าวสารในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ลมร้อนและการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทุกระดับเวลามีค่าความขาวของข้าวสารใกล้เคียงกับชุดควบคุม ขณะที่การใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิมากกว่า 70 องศาเซลเซียส ในทุกระดับเวลามีค่าความขาวของข้าวสารลดลง โดยการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าความความขาวของข้าวสารลดลงต่ำสุด เท่ากับ 44.36 รองลองมาคือการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 และ 10 นาที มีค่าเท่ากับ 45.13 และ 44.84 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าความเหลืองของข้าวสาร พบว่า ค่าความเหลืองของข้าวสารในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ลมร้อนมีค่าความเหลืองของข้าวสารเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 15.37 รองมาคือการเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความเหลืองของข้าวสารเท่ากับ 14.76 ส่วนวิธีการอื่นมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยใกล้เคียงกับชุดควบคุม โดยชุดควบคุมมีค่าความความเหลืองของข้าวสารน้อยสุด เท่ากับ 14.22 (ตารางที่ 4.8) โดยค่าความเหลืองของข้าวสารพบว่า การเร่งความเก่าด้วยลมร้อนและการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที ทำให้ค่าความเหลืองของข้าวสารเพิ่มขึ้นสูงสุด ยกเว้นการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที และ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 15 นาที ไม่ความแตกต่างจากชุดควบคุม ขณะที่ความขาวของเมล็ดข้าวสารยังคงมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทางการค้าหลังจากการเร่งความเก่าของข้าว (วินิตและภูมิสิทธิ์, 2545) แต่การเร่งความเก่าด้วยลมร้อนทำให้ค่าความเหลืองของข้าวเพิ่มขึ้น อาจ เกิดจากปฏิกิริยา maillard reaction ที่ทำให้เมล็ดข้าวมีการเปลี่ยนแปลงสีของข้าวสารจากสีของเปลือกข้าวและรำข้าวเข้าสู่ภายในเมล็ดข้าวสาร (Yap *et al.,* 1988; Inprasit and Noomhorm, 2001) ส่วนการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิสูงและระยะเวลาเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความขาวของข้าวลดลง ทำให้ข้าวมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น เมล็ดข้าวสารจะมีสีคล้ำขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากข้าวได้รับความร้อนนานเกินระหว่างกระบวนการอบโดยลมร้อน ส่งผลทำให้การยึดเกาะกันระหว่างโมเลกุลภายในน้ำตาลหลุดออกจากกัน กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลต่ำและเกิดเป็นสารประกอบคีโตน (ketone) ซึ่งทำให้ข้าวสารมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น (สมชาติ , 2540) สอดคล้องกับรายงานผลการศึกษาของ ใจทิพย์และผดุงศักดิ์ (2547); พลากรและคณะ (2550) ; อินดาและคณะ (2550); Wiset *et al.* (2005) พบว่า การให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิสูงกับข้าวเปลือกทำให้เมล็ดข้าวมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าค่าความขาวของข้าวสารในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีค่าความขาวของข้าวสารลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5, 10 และ 15 นาที และที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความขาวของข้าวสารลดลงต่ำสุด ที่อายุการเก็บรักษาเดือนที่ 0-8 ส่วนเดือนที่ 10-12 วิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ทุกระดับอุณหภูมิ มีค่าความขาวของข้าวสารใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความขาวของข้าวสารของทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือ ค่าความขาวของข้าวสารในเดือนที่ 0- 12 มีค่าลดลงจากค่าเริ่มต้น (ภาพที่ 4.6 และตารางที่ 4.10) ส่วนค่าความเหลืองของข้าวสารในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีค่าความขาวข้าวสารเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดย การเร่งความเก่าด้วยลมร้อน และโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความเหลืองของข้าวสารเพิ่มขึ้นสูงสุด ที่อายุการเก็บรักษาเดือนที่ 0-2 ส่วนอายุการเก็บรักษาเดือนที่ 4 ทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกมีค่าความเหลืองของข้าวสารมากกว่าชุดควบคุม ในเดือนที่ 6 การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความเหลืองของข้าวสารเพิ่มขึ้นสูงสุด สำหรับเดือนที่ 8-12 การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 15 นาที มีค่าความเหลืองของข้าวสารสูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเหลืองของข้าวสารในทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือก และชุดควบคุมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ ค่าความเหลืองของข้าวสารที่อายุการเก็บรักษาเดือนที่ 2-4 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 6-8 ค่าความเหลืองค่อนข้างคงที่ และในเดือนที่ 10-12 ค่าความเหลืองของข้าวสารมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดือนที่ 8 (ภาพที่ 4.7 และตารางที่ 4.9) สีของข้าวสารทุกกรรมวิธีการเร่งความเก่ามีการเปลี่ยนแปลงสีของข้าวสาร โดยค่าความขาวมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา ส่วนค่าความเหลืองของข้าวสารเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับบุญมีและคณะ (2546) รายงานว่า การให้ความร้อนด้วยลมร้อนแก่ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำให้ความขาวของข้าวสารลดลงและความเหลืองของข้าวสารเพิ่มขึ้น โดยแสดงผลในรูปแบบของดรรชนีความขาวลดลงใกล้เคียงกับวิธีการตากแดด เมื่อทำการเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้นานขึ้นทำให้ดรรชนีความขาวของข้าวสารลดลงทุกกรรมวิธี นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับพัสกร (2546) ที่กล่าวว่า เมื่อเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานจะทำให้ความขาวของข้าวสารลดลง ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ของอากาศ และส่งผลต่อความเหลืองของข้าวสารทำให้ข้าวสารเกิดความเหลืองได้เร็วขึ้น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้นร่วมกับเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (นิรชาและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คณะ, 2542) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Indudhara Swamy *et al.* (1971) ที่พบว่าการเก็บรักษาข้าวเปลือกในสภาพที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง ทำให้สีของเมล็ดข้าวสารเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนสีของเอนโดสเปิร์มเป็นสีเหลืองหรือปนน้ำตาลซึ่งจะทำให้เกิดข้าวเหลือง

ดังนั้นการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลาและที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลาเหมาะสมที่สุด สำหรับการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้านสีของข้าวสาร

ดังนั้นวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้วยการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที สามารถเร่งความเก่าของข้าวด้านคุณภาพการสี โดยทำให้มีคุณภาพการสีของข้าวมีความเก่าใกล้เคียงกับข้าวที่เก็บรักษานาน 6-8 เดือน โดย สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงสุดและสีของข้าวสารมีค่าใกล้เคียงกับข้าวสารชุดควบคุม และทำให้ความชื้นของข้าวเปลือกเพียงลดลงเล็กน้อย ส่งผลทำให้คุณภาพการสีของข้าวใหม่คล้ายกับข้าวเก่าได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าความชื้นข้าวเปลือก (มาตรฐานเปียก) และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	13.71a	13.57a	13.29a	12.78ab	12.62a	12.38a	12.42a
HAO 70 °C 40 min	11.75f	11.60e	12.09d	11.70cde	11.67b	11.46d	11.75bc
RF 70 °C 5 min	12.61bc	12.85b	13.12ab	12.84a	12.49a	12.24a	12.26a
RF 70 °C 10 min	12.35cd	12.58bc	12.72c	12.48abc	12.56a	12.25a	12.22ab
RF 70 °C 15 min	12.60bc	12.72bc	12.87bc	12.45abc	12.30a	12.25a	12.23ab
RF 85 °C 5 min	12.73b	12.79b	12.82c	12.38abc	12.34a	12.11ab	12.09ab
RF 85 °C 10 min	12.54bc	12.37cd	12.73c	12.18abc	12.18a	12.09abc	12.15ab
RF 85 °C 15 min	12.50bc	12.39cd	12.63c	12.13abc	12.29a	12.21a	12.26a
RF 100 °C 5 min	12.05de	12.18d	12.04d	11.96cde	11.49b	11.73bcd	12.05abc
RF 100 °C 10 min	12.12de	12.05d	12.05d	11.58de	11.68b	11.76bcd	12.10abc
RF 100 °C 15 min	12.04ef	12.10d	12.15d	11.52e	11.44b	11.70cd	11.64c
Grand Mean	12.46	12.47	12.59	12.18	12.09	12.02	12.11
LSD (0.05)*	0.30	0.36	0.28	0.86	0.48	0.41	0.49
CV (%)	1.69	2.00	1.53	4.89	2.73	2.40	2.82

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าความชื้นข้าวเปลือก (มาตรฐานเปียก) และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	13.71a	13.57ab	13.29b	12.78c	12.62c	12.38c	12.42c	12.97	2.12	2.12
HAO 70 °C 40 min	11.75b	11.60b	12.09a	11.70b	11.67b	11.46b	11.75b	11.72	1.77	1.77
RF 70 °C 5 min	12.61bc	12.85ab	13.12ab	12.84ab	12.49bc	12.24c	12.26c	12.63	2.50	2.50
RF 70 °C 10 min	12.35ab	12.58ab	12.72a	12.48ab	12.56ab	12.25b	12.22b	12.45	2.50	2.50
RF 70 °C 15 min	12.60ab	12.72ab	12.87a	12.45ab	12.30b	12.25b	12.23b	12.49	2.93	2.93
RF 85 °C 5 min	12.73ab	12.79a	12.82a	12.38bc	12.34c	12.11c	12.09c	12.46	1.97	1.97
RF 85 °C 10 min	12.54ab	12.37ab	12.73a	12.18ab	12.18ab	12.09b	12.15b	12.32	3.16	3.16
RF 85 °C 15 min	12.50a	12.39a	12.63a	12.13a	12.29a	12.21a	12.26a	12.34	3.21	3.21
RF 100 °C 5 min	12.05a	12.18a	12.04a	11.96ab	11.49b	11.73ab	12.05a	11.93	3.07	3.07
RF 100 °C 10 min	12.12a	12.05a	12.05a	11.58a	11.68a	11.76a	12.10a	11.91	3.24	3.24
RF 100 °C 15 min	12.04abc	12.10ab	12.15a	11.52bc	11.44c	11.70abc	11.64abc	11.79	3.49	3.49

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่า เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	74.84abc	75.75a	77.30a	76.90a	76.73a	76.81a	76.54c
HAO 70 °C 40 min	74.84abc	75.90a	76.99ab	76.42bcd	76.30bc	76.50bc	76.70bc
RF 70 °C 5 min	74.69abc	75.96a	76.88abc	76.54abcd	76.35abc	76.60abc	76.86abc
RF 70 °C 10 min	75.02a	76.00a	76.69abc	76.65abc	76.41a	76.76a	77.07a
RF 70 °C 15 min	74.71abc	76.00a	76.56abc	76.42ab	76.42a	76.76a	77.06a
RF 85 °C 5 min	74.61abc	76.03a	77.03ab	76.18e	75.80bc	76.52bc	76.93ab
RF 85 °C 10 min	74.60abc	75.63ab	76.68abc	76.04e	75.70e	76.47bc	77.06a
RF 85 °C 15 min	74.68abc	75.74ab	76.52bc	76.18de	76.00de	76.70ab	77.15a
RF 100 °C 5 min	74.42de	75.37b	76.50bc	76.18de	75.88e	76.39c	77.20a
RF 100 °C 10 min	74.11e	75.46b	76.37bc	76.02e	75.84e	76.06d	76.88abc
RF 100 °C 15 min	74.32de	75.32b	76.14c	76.24cde	76.04cde	76.46c	76.76abc
Grand Mean	74.64	75.79	76.69	76.34	76.14	76.55	76.94
LSD (0.05)*	0.42	0.70	0.75	0.29	0.38	0.22	0.35
CV (%)	0.40	0.64	0.69	0.27	0.35	0.20	0.32

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	74.84d	75.75c	77.30a	76.90b	76.73b	76.81b	76.54b	76.41	0.40	0.36
HAO 70 °C 40 min	74.84f	75.90e	76.99a	76.42cd	76.30d	76.50c	76.70b	76.24	0.16	0.14
RF 70 °C 5 min	74.69d	75.96c	76.88ab	76.54bc	76.35bc	76.60ab	76.86ab	76.27	0.53	0.47
RF 70 °C 10 min	75.02d	76.00b	76.69b	76.65bc	76.41c	76.76b	77.07a	76.47	0.25	0.22
RF 70 °C 15 min	74.93d	76.00c	76.56b	76.42b	76.42b	76.76ab	77.06a	76.31	0.35	0.47
RF 85 °C 5 min	74.71c	76.03ab	77.03a	76.18ab	75.80b	76.52ab	76.93a	76.15	1.08	0.31
RF 85 °C 10 min	74.60d	75.63c	76.68a	76.04bc	75.70c	76.47ab	77.06a	76.26	0.60	0.96
RF 85 °C 15 min	74.68e	75.74d	76.52b	76.18c	76.00cd	76.70b	77.15a	76.14	0.26	0.53
RF 100 °C 5 min	74.42f	75.37e	76.50b	76.18c	75.88d	76.39bc	77.20a	75.99	0.28	0.24
RF 100 °C 10 min	74.11e	75.46a	76.37bc	76.02e	75.84e	76.06d	76.88a	75.82	0.45	0.26
RF 100 °C 15 min	74.32d	75.82c	76.14bc	76.24bc	76.04bc	76.46ab	76.76a	75.98	0.43	0.40

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่า เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	68.20	69.45	69.41	68.61	68.72	68.59	69.02
HAO 70 °C 40 min	68.68	68.59	69.49	68.87	68.87	68.81	68.50
RF 70 °C 5 min	68.86	68.70	69.51	68.46	68.34	68.65	68.62
RF 70 °C 10 min	68.92	69.15	68.94	68.80	68.63	69.15	69.48
RF 70 °C 15 min	68.48	69.38	69.47	68.47	68.65	68.76	69.32
RF 85 °C 5 min	68.70	68.95	68.42	68.77	68.22	68.50	68.67
RF 85 °C 10 min	68.58	68.56	69.08	68.16	68.07	68.30	68.41
RF 85 °C 15 min	68.63	68.66	69.13	68.49	68.36	68.87	68.82
RF 100 °C 5 min	68.67	68.55	69.04	68.39	68.08	68.35	68.42
RF 100 °C 10 min	68.66	68.42	68.50	68.48	68.25	68.45	68.45
RF 100 °C 15 min	68.41	68.92	68.90	68.29	68.65	68.68	68.54
Grand Mean	68.62	68.87	69.08	68.52	68.44	68.65	68.75
LSD (0.05)*	0.83	1.00	1.75	0.81	0.86	1.55	0.84
CV (%)	0.88	1.02	1.68	0.81	0.87	1.57	0.84

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวขาว และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	68.20	69.45	69.41	68.61	68.72	68.59	69.02	68.86	0.85	0.83
HAO 70 °C 40 min	68.68	68.59	69.49	68.87	68.87	68.81	68.50	68.83	0.65	0.64
RF 70 °C 5 min	68.86	68.70	69.51	68.46	68.34	68.65	68.62	68.73	1.09	1.08
RF 70 °C 10 min	68.92	69.15	68.94	68.80	68.63	69.15	69.48	68.98	1.56	1.50
RF 70 °C 15 min	68.48	69.38	69.47	68.47	68.65	68.76	69.32	68.93	1.11	1.09
RF 85 °C 5 min	68.70	68.95	68.42	68.77	68.22	68.50	68.67	68.63	1.10	1.10
RF 85 °C 10 min	68.58	68.56	69.08	68.16	68.07	68.30	68.41	68.45	1.27	1.26
RF 85 °C 15 min	68.63	68.66	69.13	68.49	68.36	68.87	68.82	68.71	1.51	1.49
RF 100 °C 5 min	68.67	68.55	69.04	68.39	68.08	68.35	68.42	68.50	1.14	1.13
RF 100 °C 10 min	68.66	68.42	68.50	68.48	68.25	68.45	68.45	68.46	1.26	1.25
RF 100 °C 15 min	68.41	68.92	68.90	68.29	68.65	68.68	68.54	68.62	1.51	1.49

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 **ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน**

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	39.41g	45.27fg	50.42e	46.97cd	45.97c	45.22de	46.70d
HAO 70 °C 40 min	43.32cde	47.81c	51.52de	47.93bc	47.41b	47.85ab	48.15b
RF 70 °C 5 min	43.96bcd	47.67c	52.76cd	47.94bc	47.20b	46.63bc	47.43c
RF 70 °C 10 min	45.44ab	49.84b	54.85ab	49.73a	48.98a	48.19a	49.75a
RF 70 °C 15 min	46.50a	50.64a	55.81a	49.53a	48.90a	48.66a	49.63a
RF 85 °C 5 min	44.86bc	48.16c	53.76bc	47.58bc	46.35c	45.95cd	46.81d
RF 85 °C 10 min	42.52de	45.83ef	53.26bc	48.67ab	47.37b	45.15de	46.34d
RF 85 °C 15 min	42.03ef	46.80d	53.43bc	47.34c	46.34c	45.36de	46.86d
RF 100 °C 5 min	42.18ef	45.88ef	51.32de	46.05de	44.79d	44.64e	45.12e
RF 100 °C 10 min	40.71fg	44.94g	51.03e	45.96de	45.10d	44.28e	45.39e
RF 100 °C 15 min	40.30g	46.26de	50.94e	45.09e	44.58d	44.42e	45.05e
Grand Mean	42.84	47.19	52.64	47.53	46.63	46.03	47.02
LSD (0.05)*	1.60	0.79	1.72	1.22	0.82	1.25	0.52
CV (%)	2.60	1.17	2.28	1.78	1.23	1.89	0.78

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	39.41e	45.27d	50.42 a	46.97b	45.97cd	45.22d	46.70bc	45.71	0.97	1.46
HAO 70 °C 40 min	43.32c	47.81b	51.52 a	47.93b	47.41b	47.85b	48.15b	47.71	0.98	1.40
RF 70 °C 5 min	43.96 d	47.67bc	52.76 a	47.94b	47.20bc	46.63c	47.43bc	47.65	1.13	1.61
RF 70 °C 10 min	45.44c	49.84a	54.85 a	49.73b	48.98b	48.19b	49.75b	50.26	2.01	2.72
RF 70 °C 15 min	46.50 d	50.64b	55.81 a	49.53bc	48.90c	48.66c	49.63bc	49.95	1.38	1.88
RF 85 °C 5 min	44.86e	48.16b	53.76 a	47.58bc	46.35d	45.95de	46.81cd	47.64	1.68	1.67
RF 85 °C 10 min	42.52e	45.83d	53.26	48.67b	47.37bc	45.15d	46.34cd	46.76	1.48	2.16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

			a							
RF 85 °C 15 min	42.03 d	46.80b	53.43 a	47.34b	46.34bc	45.36c	46.86b	46.88	1.38	2.00
RF 100 °C 5 min	42.18e	45.88bc	51.32 a	46.05b	44.79cd	44.64d	45.12bc d	45.71	1.09	1.62
RF 100 °C 10 min	40.71e	44.94cd	51.03 a	45.96b	45.10bc d	44.28d	45.39bc	45.60	1.01	1.50
RF 100 °C 15 min	40.30 d	46.26b	50.94 a	45.09bc	44.58c	44.42c	45.05bc	45.23	1.22	1.83

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.9 **ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าความขาวของข้าวสาร และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน**

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	47.59a	47.20ab	47.13a	47.01a	46.97a	46.74a	46.30a
HAO 70 °C 40 min	47.69a	47.45a	47.08a	46.99a	46.73ab	46.61a	46.41a
RF 70 °C 5 min	47.09b	46.95ab	46.55b	46.57ab	46.27b	45.94b	45.61b
RF 70 °C 10 min	46.84bc	46.70b	46.53b	46.35b	46.16b	45.86b	45.75b
RF 70 °C 15 min	46.73bc	46.68b	46.48b	46.33b	46.21b	45.54b	45.57b
RF 85 °C 5 min	46.48cd	46.00c	45.44c	45.24c	44.90c	44.48c	44.46c
RF 85 °C 10 min	46.13d	45.66c	45.50c	45.40c	44.96c	44.32c	44.24c
RF 85 °C 15 min	45.39e	44.78d	44.58d	44.40d	44.16d	43.84d	43.76d
RF 100 °C 5 min	45.13ef	44.74d	44.19e	44.08d	43.98d	43.76de	43.61de
RF 100 °C 10 min	44.84fg	44.53de	44.29de	44.13d	43.95d	43.47de	43.28d
RF 100 °C 15 min	44.36g	44.11e	44.08e	43.95d	43.74d	43.41e	43.39de
Grand Mean	46.21	45.89	45.62	45.49	45.27	44.91	44.76
LSD (0.05)*	0.49	0.56	0.31	0.47	0.70	0.42	0.39
CV (%)	0.74	0.84	0.48	0.71	1.07	0.65	0.60

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.10 **ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าความขาวของข้าวสาร และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี**

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	47.59a	47.20b	47.13b	47.01bc	46.97bc	46.74c	46.30d	46.98	0.35	0.51
HAO 70 °C 40 min	47.69a	47.45ab	47.08bc	46.99bc	46.73cd	46.61cd	46.41d	46.99	0.52	0.76
RF 70 °C 5 min	47.09a	46.95ab	46.55bc	46.57bc	46.27cd	45.9de	45.61e	46.43	0.51	0.75
RF 70 °C 10 min	46.84a	46.70ab	46.53ab	46.35abc	46.16bcd	45.86cd	45.75d	46.29	0.52	0.76
RF 70 °C 15 min	46.73ba	46.68a	46.48ab	46.33ab	46.21b	45.54c	45.57c	46.22	0.43	0.64
RF 85 °C 5 min	46.48a	46.00ab	45.44bc	45.24c	44.90cd	44.48d	44.46d	45.29	0.72	1.09
RF 85 °C 10 min	46.13a	45.66ab	45.50abc	45.40bc	44.96cd	44.32de	44.24e	45.17	0.64	0.97
RF 85 °C 15 min	45.39a	44.78b	44.58bc	44.40bc	44.16cd	43.84d	43.76d	44.14	0.57	0.87
RF 100 °C 5 min	45.13a	44.74a	44.19b	44.08b	43.98bc	43.76bc	43.61c	44.21	0.46	0.71
RF 100 °C 10 min	44.84a	44.53b	44.29bc	44.13cd	43.95d	43.47de	43.28e	44.07	0.29	0.45
RF 100 °C 15 min	44.36a	44.11b	44.08b	43.95bc	43.74c	43.41d	43.39d	43.86	0.23	0.36

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.11 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าความเหลืองของข้าวสาร และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	14.22e	14.76c	15.24f	15.68abc	15.96bcd	16.50d	17.71abcd
HAO 70 °C 40 min	15.37a	15.46a	15.78bc	15.93ab	16.66a	17.07bc	17.83abc
RF 70 °C 5 min	14.47c	15.09b	15.80ab	15.82abc	15.68d	16.60d	17.48cde
RF 70 °C 10 min	14.48c	15.09b	15.60cde	15.58abc	15.66d	16.82cd	17.19ef
RF 70 °C 15 min	14.36cde	15.28ab	15.56e	15.65abc	15.84cd	16.50d	17.51bcde
RF 85 °C 5 min	14.48c	15.14b	15.76bcd	15.88ab	15.94bcd	16.85bcd	17.90ab
RF 85 °C 10 min	14.28de	15.27ab	15.98a	15.97a	16.34abc	17.20abc	18.02a
RF 85 °C 15 min	14.29de	15.34ab	15.94ab	15.96a	16.39ab	17.52a	17.96a
RF 100 °C 5 min	14.44cd	15.19ab	15.86ab	15.70abc	15.80cd	16.51d	17.44def
RF 100 °C 10 min	14.42cd	15.08b	15.58de	15.50bc	15.65d	16.06e	17.08f
RF 100 °C 15 min	14.76b	14.78c	15.92ab	15.42c	15.51d	17.24ab	17.66abcd
Grand Mean	14.51	15.14	15.73	15.74	15.95	16.81	17.62
LSD (0.05)*	0.17	0.30	0.19	0.45	0.55	0.40	0.40
CV (%)	0.82	1.40	0.83	1.99	2.39	1.67	1.56

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.12 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าความเหลืองของข้าวสาร และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

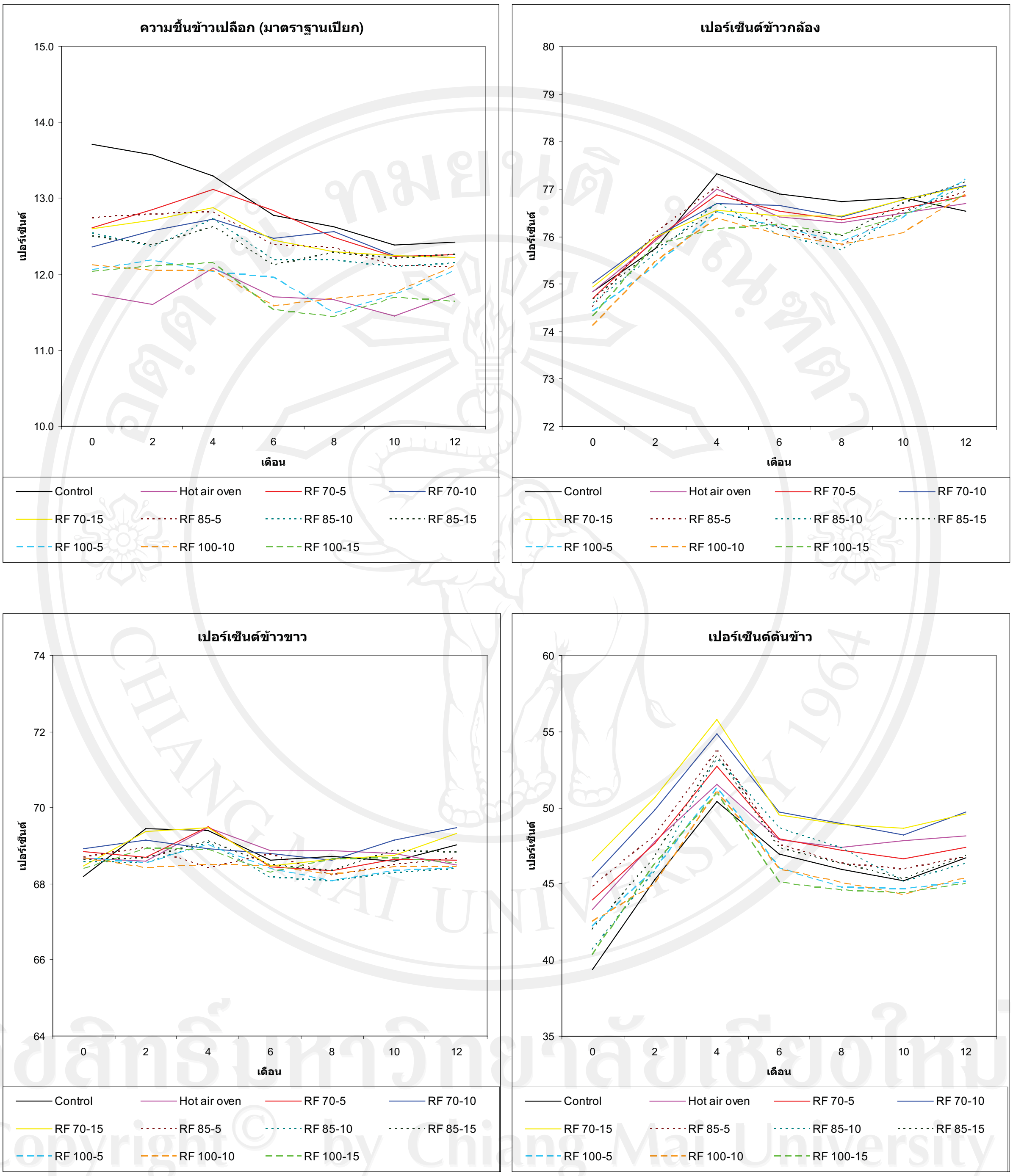
Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	14.22f	14.76e	15.24d	15.68c	15.96bc	16.50b	17.71a	15.73	0.30	1.29
HAO 70 °C 40 min	15.37e	15.46e	15.78de	15.93d	16.66c	17.07b	17.83a	16.30	0.41	1.70
RF 70 °C 5 min	14.47e	15.09 d	15.80c	15.82c	15.68c	16.60b	17.48a	15.85	0.37	1.60
RF 70 °C 10 min	14.48d	15.09c	15.60c	15.58c	15.66c	16.82b	17.19a	15.85	0.26	1.12
RF 70 °C 15 min	14.36e	15.28 d	15.56cd	15.65cd	15.84c	16.50b	17.51a	15.82	0.44	1.91
RF 85 °C 5 min	14.48e	15.14 d	15.76c	15.88c	15.94c	16.85b	17.90a	15.99	0.37	1.58
RF 85 °C 10 min	14.28e	15.27 d	15.98c	15.97c	16.34c	17.20b	18.02a	16.15	0.45	1.91
RF 85 °C 15 min	14.29f	15.34e	15.94d	15.96d	16.39c	17.52b	17.96a	16.20	0.42	1.78
RF 100 °C 5 min	14.44e	15.19	15.86c	15.70c	15.80c	16.51a	17.44b	15.85	0.43	1.85

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

		d								
RF 100 °C 10 min	14.42e	15.08 d	15.58c	15.50c	15.65c	16.06a	17.08b	15.62	0.33	1.43
RF 100 °C 15 min	14.76e	14.78e	15.92d	15.42d	15.51c	17.24b	17.66a	15.90	0.36	1.56

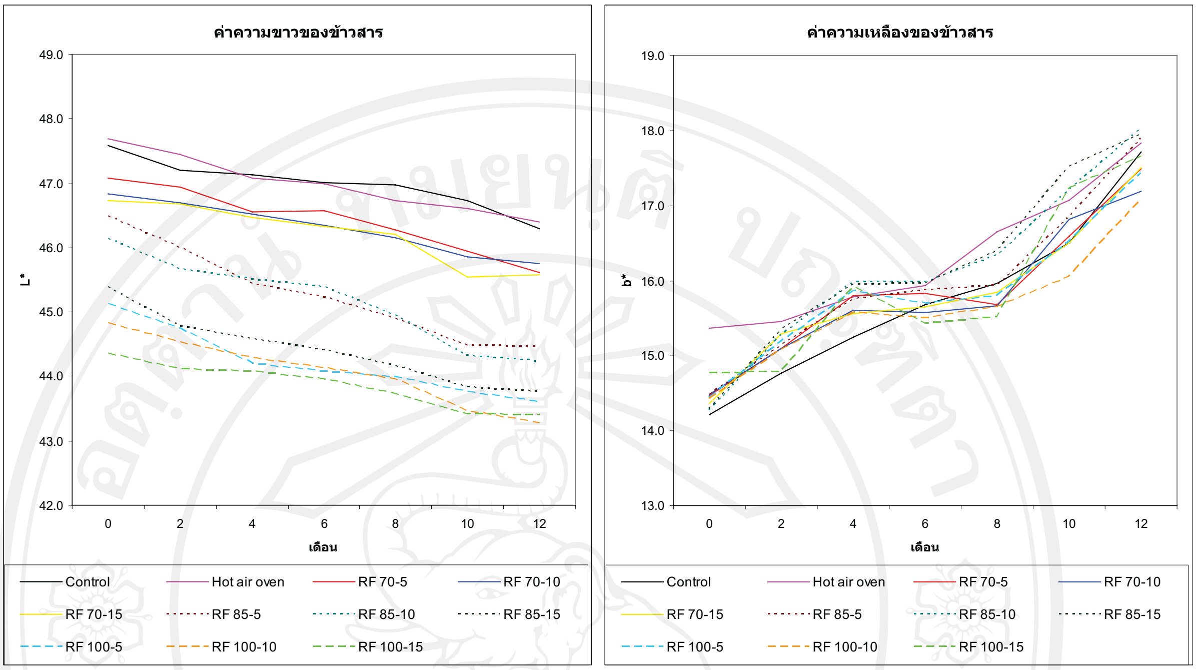
* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.1 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี และเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อการเปลี่ยนแปลง (ก) ค่าความชื้นของข้าวเปลือก, (ข) ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง, (ค) ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวขาว และ (ง) ค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.2 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี และเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อการเปลี่ยนแปลง (ก) ค่าความขาวของข้าวสาร และ (ข) ค่าความเหลืองของข้าวสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 คุณภาพการหุงต้ม (Cooking Qualities)

ผลจากการเร่งความเก่าของข้าวเปลือก ต่อ การเปลี่ยนแปลง คุณภาพการหุงต้มของข้าวสาร ได้ตรวจวัดคุณภาพของข้าวสารที่ได้จากข้าวเปลือกแสดงผลค่าต่างๆ ได้แก่ ความหนืดข้นของแป้งข้าว ค่าความคงตัวของแป้งสุก อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสารและลักษณะเนื้อสัมผัสของเมล็ดข้าวสุก

4.3.3 ความหนืดข้นของแป้ง (Viscosity)

การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้ง จากการเร่งความเก่าข้าวเปลือก ที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) จะแสดงค่าต่างๆ ได้แก่ ความหนืดสูงสุด (peak) ความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งข้าวหรือความเหนียว (breakdown) ความหนืดจากการคืนตัว (setback) และ ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืด (pasting temperature)

<u>4.3.3.1 ค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity)</u>

การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของแป้งข้าว พบว่า ค่าความหนืดสูงสุดในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.17) โดยข้าวเปลือกที่ผ่านวิธีการเร่งความเก่าที่ระดับอุณหภูมิสูงขึ้นจะมีค่าความหนืดสูงสุดเพิ่มขึ้น โดยการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความหนืดสูงสุดเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 264.19 RVU รองลงมาคือระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าเท่ากับ 262.35 RVU

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่า ค่าความหนืดสูงสุดของข้าวเปลือกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีค่า ความหนืดสูงสุดเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา กล่าวคือ วิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีความหนืดสูงสุดเพิ่มขึ้นสูงสุดตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดสูงสุดของทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือก และชุดควบคุมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ ค่าความหนืดสูงสุดเดือนที่ 2-12 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น (ภาพที่ 4.4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.3.2 ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง (Breakdown)

ระหว่างที่มีการลดอุณหภูมิของเครื่องวิเคราะห์ความหนืดของแป้งลงที่ระดับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งสุกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.18) โดยการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที และ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าค่าความ คงทนต่อการกวนของแป้งสุกต่ำสุด เท่ากับ 99.50, 99.17 และ 98.67 RVU ตามลำดับ รองลงมาคือระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าเท่ากับ 98.62 RVU

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่า ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งสุกของข้าวเปลือกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มี ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งสุกลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยวิธีเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที มี ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งสุกต่ำสุดตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลง ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งสุกของทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งสุกในเดือนที่ 2-6 มีค่าลดลงจากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 8-12 มีค่าลดลงเล็กน้อยจากเดือนที่ 6 (ภาพที่ 4.4)

4.3.3.4 ค่าการคืนตัวของแป้ง (Setback)

ขณะที่อุณหภูมิการวิเคราะห์ของเครื่องวิเคราะห์ความหนืดของแป้ง มีระดับอุณหภูมิ ที่ 50 องศาเซลเซียส ความหนืด ของแป้งจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งซึ่งเป็นความหนืดเนื่องจากการคืนตัวหรือการเกิดเจลของแป้งข้าว โดยแป้งข้าวได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น โดยแต่ละวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมมีค่าการคืนตัวของแป้งข้าวเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.18) โดยการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที และอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 15 นาที มีค่าจากการคืนตัวของแป้งข้าวเท่ากับ 11.27, 11.20, 11.19, 10.77 และ 10.56 RVU ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าค่าจากการคืนตัวของแป้งข้าวในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีค่าจากการคืนตัวของแป้งข้าวเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าจากการคืนตัวของแป้งข้าวเพิ่มขึ้นสูงสุดตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงค่าจากการคืนตัวของแป้งข้าวของทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือก และชุดควบคุม มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือ ค่าจากการคืนตัวของแป้งข้าวในเดือนที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 4-6 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากเดือนที่ 2 และเดือนที่ 8-12 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเดือนที่ 6 (ภาพที่ 4.4)

4.3.3.4 ค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity)

เมื่อเกิดการคืนตัวของแป้งจะพบว่าค่าความหนืดสุดท้ายภายหลังการลดลงของอุณหภูมิแป้งข้าว โดยแต่ละวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมมีค่าความหนืดสุดท้ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.18) โดยมีค่าความหนืดสุดท้ายเพิ่มขึ้นจากการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความหนืดสุดท้ายเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 275.39 RVU ตามลำดับ รองลองมาคือ ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 และ10 นาที และ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 15 นาที มีค่าเท่ากับ 272.04, 272.05, 271.04 และ 272.92 RVU ตามลำดับ

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าค่าความหนืดสุดท้ายของข้าวเปลือกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มี ค่าค่าความหนืดสุดท้ายเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา กล่าวคือ วิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความหนืดสุดท้ายเพิ่มขึ้นสูงสุดตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดสุดท้ายของทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือ ค่าความหนืดสุดท้ายในเดือนที่ 2-6 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 8-12 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเดือนที่ 6 (ภาพที่ 4.4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.3.5 อุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด (Pasting temperature)

จากผลการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งข้าวที่ได้รับความร้อนจากเครื่อง RVA ประมาณ 20 วินาที ทำให้เกิด อุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืด โดยค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดแต่ละวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมมีความแตกต่างอย่างกันมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.18) โดยการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่า อุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 81.08 องศาเซลเซียส รองลองมาคือ ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 และ10 นาที และ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าเท่ากับ 79.34, 79.88 และ 79.81 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าค่า อุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดของข้าวเปลือกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มี ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา กล่าวคือ วิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่า อุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดเพิ่มขึ้นสูงสุดตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดของทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดในเดือนที่ 2-12 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น (ภาพที่ 4.4)

การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าว

ผลการศึกษาพบว่า การเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้วยการใช้ RF ที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาเพิ่มขึ้น มีค่าความหนืดของแป้งข้าวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวเปลือกชุดควบคุม เมื่อเริ่มทำการวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าความหนืดสูงสุด, ค่าความหนืดสุดท้าย, ค่า การคืนตัวของแป้งสุก และค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความทนทานต่อการกวนลดลง เมื่อ ใช้ RF ที่ อุณหภูมิสูงและระยะเวลาเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแป้งข้าวสูงสุด เนื่องจากการเร่งความเก่าที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความทนทานต่อการกวนลดลง ซึ่งค่าความทนทานต่อการกวนจะอธิบายถึงความทนทานของเม็ดแป้งต่อการกวนโดยทำให้เม็ดแป้งมีความเหนียวลดลง (อรอนงค์, 2547) แต่พบว่าการเร่งความเก่าโดยใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานเพิ่มขึ้นมีค่าความหนืดสูงสุด, ค่าความหนืดสุดท้าย, ค่าการคืนตัวของแป้งสุก และค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดเพิ่มขึ้น โดยค่าค่าความหนืดสูงสุดเป็นค่าที่แสดงความหนืดสูงสุดของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งส่วนใหญ่พองตัวเต็มที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระหว่างการให้ความร้อน เนื่องจากโครงสร้างภายในเม็ดสตาร์ทแข็งแรงขึ้นเนื่องจากปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้น โดยจับตัวระหว่างกรดไขมันอิสระและอะไมโลสมีผลยับยั้งการพองตัวของแป้งด้วย (Kaur and Singh, 2000) และทำให้ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดและค่าการคืนตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้น ทำให้แป้งสุกยากขึ้นจึงต้องใช้ความร้อนและเวลา เพิ่มขึ้น และหุงต้มข้าวสุกที่ได้จะแตกหักลดลง สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ ใจทิพย์และผดุงศักดิ์, (2545); พลากรและคณะ (2550); Wiset *et al.* (2005) โดยการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดเป็นอุณหภูมิที่เริ่มเกิดกระบวนการเจลาทิไนซ์หรืออุณหภูมิที่ทำให้เม็ดแป้งเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืดก่อนที่เมล็ดแป้งจะพองเต็มที่ ซึ่งสัมพันธ์กับ การอัดตัวของโครงสร้างของสตาร์ชในเมล็ดข้าว (compact mass) ดังนั้นโครงสร้างของแป้งที่อัดตัวกันแน่นต้องการพลังงานในการให้ความร้อนที่สูงกว่าโครงสร้างธรรมดา (Ong and Bla*hard, 1995) ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้แป้งจากข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงจึงมีค่ามากกว่าแป้งข้าวชุดควบคุม ส่วนค่าการคืนตัวของแป้งสุกนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการรีโทรเกรเดชั่นซึ่งเกิดขึ้นหลังจากแป้งเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชั่น ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้โมเลกุลของอะไมโลสหลุดออกจากเม็ดแป้งเมื่อนำไปหุงต้มข้าวสุกที่ได้จะแตกหักลดลง (Perez and Julino, 1981; Morris, 1990) เมื่อใช้เวลาในการให้ความร้อนในกระบวนการเร่งความเก่านานขึ้นค่าการคืนตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกิดการอัดตัวของโครงสร้างของแป้งในเมล็ดข้าวในขั้นตอนการให้ความร้อนและการทำแห้งเป็นเวลานาน ส่งผลให้โครงสร้างของแป้งแข็งแรงขึ้น (Garibodi, 1974) ทำให้ความนุ่มน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองความคงตัวของแป้งสุก

สำหรับการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวตลอดการเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าทุกวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุม มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือทำให้ค่าความหนืดสูงสุด, ค่าความหนืดสุดท้าย, ค่า การคืนตัวของแป้งสุก และค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความทนทานต่อการกวนลดลงตามอายุการเก็บรักษา สอดคล้องกับรายงานของ ละมุล (2541) ที่กล่าวว่าค่าความหนืดสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นตลอด ระยะเวลา การเก็บรักษา เช่นเดียวกับ ค่าความหนืดสุดท้าย , ค่าการคืนตัวของแป้งสุก และ ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดของข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าสูงกว่าข้าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการ เก็บรักษา ส่วนค่าความทนทานต่อการกวนมีค่าลดลงเมื่อเก็บข้าวเปลือกที่อุณหภูมิสูงและการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน เช่นเดียวกับรายงานของ Indudhara Swamy *et al.* (1978); Perez และ Juliano (1981);

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่พบว่าความหนืดของแป้งที่มีค่าความหนืดสูงสุดและค่าการคืนตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เนื่องจากการคืนตัวของแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับปริมาณอะไมโลส โดยแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะเกิดการคืนตัวของแป้งมาก และเร็วกว่าแป้งข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเมื่อเก็บรักษาข้าวนานขึ้น ปริมาณอะไมโลสจะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาข้าว ดังนั้นจากความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงเห็นได้ว่า ข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาจะมีการคืนตัวของแป้งสุกดีกว่า ข้าวจึงแข็งขึ้นและร่วนขึ้นมากกว่าข้าวใหม่ เนื่องจากค่าการคืนตัวของแป้งสุกเป็นคุณสมบัติของแป้งข้าว ที่แสดงถึงการคืนตัวของแป้งสุกที่เย็นลงโดยเปรียบเทียบกับแป้งสุกร้อน ซึ่งสังเกตได้จากการทิ้งข้าวหุงสุกให้เย็นตั้งลงข้าวจะแข็งขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดรีโทรเกรดชันหรือการคืนตัวของแป้งในข้าว (Hoseney, 1986) ซึ่งการคืนตัวนั้นจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง ปริมาณและขนาดของอะไมโลส และระยะเวลาการเก็บรักษา (Swinkles, 1985) โดยแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นจะเกิดการคืนตัวได้มากและเร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ และการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืด เนื่องจากระดับอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์แตกต่างกันไปตามสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน จึงทำให้แป้งมีขนาดและการจัดเรียงตัวต่างกัน (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วปริมาณอะไมโลสจะเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา เมื่อปริมาณอะไมโลสสูงทำให้แป้งสุกยากมากขึ้น จึงต้องใช้อุณหภูมิทำให้แป้งสุกสูงขึ้น ดังนั้นเมื่อเก็บรักษาข้าวนานขึ้นทำให้ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งสุกเพิ่มขึ้นด้วย

ดังนั้นการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที เหมาะสมที่สุด สำหรับการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้านคุณภาพความหนืดของแป้งข้าว รองลงมาคือที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 และ10 นาที และ 85 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.13 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าความหนืดสูงสุดของแป้ง (RVU) และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	251.40h	258.67f	262.19f	265.19g	265.03e	265.83g	267.80e
HAO 70 °C 40 min	258.46f	262.73d	264.42e	267.40f	267.97c	268.13f	270.17d
RF 70 °C 5 min	256.56g	260.58e	263.92e	265.71g	264.65e	266.69g	267.28e
RF 70 °C 10 min	256.98g	260.67e	265.56d	265.75g	266.52d	266.33g	267.53e
RF 70 °C 15 min	259.04ef	262.79d	267.69c	268.58de	269.37c	269.60e	271.14d
RF 85 °C 5 min	259.50de	262.98d	266.29d	267.58ef	272.70c	271.35d	272.75c
RF 85 °C 10 min	260.27cd	262.73d	268.25c	267.40f	271.37b	271.48d	273.08c
RF 85 °C 15 min	262.35b	267.79ab	270.33b	271.69b	272.50b	273.13b	274.51b
RF 100 °C 5 min	260.77c	265.92c	267.85c	269.58cd	271.89b	271.91cd	272.94c
RF 100 °C 10 min	260.85c	266.79bc	269.56b	270.44c	272.44b	272.78bc	273.52bc
RF 100 °C 15 min	264.19a	268.67a	272.52a	273.44a	274.18a	274.62a	276.50a
Grand Mean	259.11	263.67	267.26	268.48	269.36	270.17	271.56
LSD (0.05)*	0.94	1.57	0.99	1.06	1.42	0.96	1.03
CV (%)	0.25	0.41	0.26	0.27	0.37	0.25	0.26

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.14 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าความหนืดสูงสุดของแป้ง (RVU) และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	251.40e	258.67d	262.19c	265.19b	265.03b	265.83b	267.80a	262.26	1.60	0.41
HAO 70 °C 40 min	258.46e	262.73d	264.42c	267.40b	267.97b	268.13b	270.17a	265.61	1.09	0.28
RF 70 °C 5 min	256.56e	260.58d	263.92c	265.71c	264.65b	266.69ab	267.28a	263.63	1.05	0.26
RF 70 °C 10 min	256.98c	260.67b	265.56b	265.75b	266.52b	266.33b	267.53a	264.89	1.02	0.26
RF 70 °C 15 min	259.04e	262.79d	267.69c	268.58bc	269.37bc	269.60b	271.14a	266.75	1.40	0.36
RF 85 °C 5 min	259.50f	262.98e	266.29d	267.58c	272.70c	271.35b	272.75a	266.96	1.23	0.31
RF 85 °C 10 min	260.27e	262.73d	268.25c	267.40c	271.37b	271.48b	273.08a	267.80	1.30	0.33
RF 85 °C 15 min	262.35f	267.79e	270.33d	271.69cd	272.50bc	273.13b	274.51a	270.40	1.24	0.32
RF 100 °C 5 min	260.77f	265.92e	267.85d	269.58c	271.89b	271.91ab	272.94a	268.69	1.04	0.26
RF 100 °C 10 min	260.85e	266.79d	269.56c	270.44c	272.44b	272.78ab	273.52a	269.55	0.87	0.22
RF 100 °C 15 min	264.19e	268.67d	272.52c	273.44bc	274.18b	274.62b	276.50a	272.11	1.19	0.30

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.15 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง (RVU) และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	112.87a	104.48a	102.75a	100.23a	98.97a	97.10ab	96.79a
HAO 70 °C 40 min	102.65cd	102.02bc	101.52bc	96.25c	96.60cde	96.40bcd	96.39ab
RF 70 °C 5 min	103.73b	102.94b	100.35d	97.19bc	95.89de	97.73a	96.43ab
RF 70 °C 10 min	103.35bc	102.85b	100.52cd	96.75bc	97.11bcd	97.02ab	96.56ab
RF 70 °C 15 min	102.71cd	101.27c	99.80d	96.73bc	97.17bcd	96.83ab	95.98ab
RF 85 °C 5 min	102.33de	102.10bc	100.42d	97.67b	96.84cde	96.71ab	95.98ab
RF 85 °C 10 min	101.69e	101.88bc	101.71b	96.37bc	98.52ab	96.48bcd	95.93b
RF 85 °C 15 min	98.62g	98.35d	97.88e	96.71bc	96.16cde	96.67bc	94.63c
RF 100 °C 5 min	99.50f	99.02d	98.60e	96.10c	96.85cde	95.54de	94.97c
RF 100 °C 10 min	99.17fg	99.48d	98.02e	95.90c	97.36bc	95.64cde	94.91c
RF 100 °C 15 min	98.67g	98.69d	97.75be	97.19bc	95.65e	95.12e	93.49d
Grand Mean	102.29	101.19	99.94	97.01	97.01	96.48	95.64
LSD (0.05)*	0.81	1.14	1.03	1.38	1.43	1.03	0.83
CV (%)	0.55	0.79	0.72	0.99	1.02	0.74	0.60

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.16 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง (RVU) และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	112.87a	104.48b	102.75c	100.23d	98.97e	97.10f	96.79f	101.89	0.87	0.58
HAO 70 °C 40 min	102.65a	102.02a	101.52a	96.25b	96.60b	96.40b	96.39b	98.83	1.21	0.83
RF 70 °C 5 min	103.73a	102.94a	100.35b	97.19cd	95.89e	97.73c	96.43de	99.18	1.17	0.80
RF 70 °C 10 min	103.35a	102.85b	100.52b	96.75c	97.11c	97.02c	96.56c	98.83	0.96	0.66
RF 70 °C 15 min	102.71a	101.27ab	99.80b	96.73c	97.17c	96.83c	95.98c	98.64	1.48	1.02
RF 85 °C 5 min	102.33a	102.10a	100.42b	97.67c	96.84cd	96.71d	95.98d	98.86	0.68	0.60
RF 85 °C 10 min	101.69a	101.88a	101.71a	96.37b	98.52c	96.48c	95.93c	98.94	1.49	1.03
RF 85 °C 15 min	98.62a	98.35a	97.88a	96.71b	96.16b	96.67b	94.63c	97.00	0.98	0.69
RF 100 °C 5 min	99.50a	99.02a	98.60a	96.10bc	96.85b	95.54c	94.97c	97.23	1.17	0.82
RF 100 °C 10 min	99.17a	99.48a	98.02b	95.90c	97.36b	95.64cd	94.91d	97.21	0.97	0.68
RF 100 °C 15 min	98.67a	98.69a	97.75ab	97.19b	95.65c	95.12c	93.49d	96.64	1.09	0.77

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.17 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าจากการคืนตัวของแป้งข้าวของแป้ง (RVU) และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	-12.48e	-9.84f	-0.33d	9.82g	11.36ef	11.58f	12.99h
HAO 70 °C 40 min	4.08c	4.48e	6.50c	12.44e	12.52def	13.62de	14.74g
RF 70 °C 5 min	3.41cd	4.35e	4.29c	10.75fg	14.63d	12.98e	14.33g
RF 70 °C 10 min	3.28cd	3.25e	3.60cd	11.33ef	12.56def	12.98e	14.76g
RF 70 °C 15 min	2.98d	4.44e	4.52c	11.25efg	13.40de	13.44de	15.11g
RF 85 °C 5 min	8.54b	8.98d	4.17c	11.17efg	12.56def	13.71de	19.49f
RF 85 °C 10 min	10.77a	11.12cd	4.85c	15.25d	10.24f	14.35d	21.01e
RF 85 °C 15 min	10.56a	13.92ab	22.10a	32.83b	30.54b	30.71b	33.97b
RF 100 °C 5 min	11.27a	11.06cd	12.50b	27.63c	25.17c	26.04c	30.87d
RF 100 °C 10 min	11.20a	12.04bc	16.88b	28.21c	25.43c	25.42c	32.62c
RF 100 °C 15 min	11.19a	15.27a	23.81a	37.50a	37.40a	37.68a	39.93a
Grand Mean	5.89	7.19	9.35	18.93	18.71	19.32	22.71
LSD (0.05)*	0.96	2.61	4.47	1.49	2.33	1.14	0.98
CV (%)	11.31	25.21	33.25	5.46	8.67	4.09	3.01

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.18 **ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าจากการคืนตัวของแป้ง (RVU) และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี**

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	-12.48f	-9.84e	-0.33d	9.82c	11.36c	11.58b	12.99a	3.30	1.36	28.10
HAO 70 °C 40 min	4.08e	4.48e	6.50d	12.44c	12.52c	13.62b	14.74a	9.77	0.90	6.27
RF 70 °C 5 min	3.41d	4.35d	4.29d	10.75c	14.63a	12.98b	14.33a	9.25	1.30	9.57
RF 70 °C 10 min	3.28d	3.25d	3.60d	11.33c	12.56b	12.98b	14.76a	8.87	1.05	8.11
RF 70 °C 15 min	2.98c	4.44c	4.52c	11.25b	13.40a	13.44a	15.11a	9.31	1.75	12.81
RF 85 °C 5 min	8.54e	8.98d	4.17d	11.17c	12.56bc	13.71b	19.49a	11.23	1.70	10.29
RF 85 °C 10 min	10.77c	11.12c	4.85d	15.25b	10.24c	14.35b	21.01a	12.52	1.65	8.99
RF 85 °C 15 min	10.56f	13.92e	22.10d	32.83ab	30.54c	30.71bc	33.97a	24.95	2.29	6.26
RF 100 °C 5 min	11.27f	11.06e	12.50d	27.63ab	25.17c	26.04ab	30.87a	20.65	5.65	18.60
RF 100 °C 10 min	11.20e	12.04e	16.88d	28.21b	25.4c	25.42c	32.62a	21.68	1.27	3.52
RF 100 °C 15 min	11.19e	15.27d	23.81c	37.50b	37.40b	37.68ab	39.93a	28.96	2.34	5.50

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.19 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าความหนืดสุดท้ายของแป้ง (RVU) และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	238.92g	248.83g	261.85f	275.01h	277.89g	277.42h	280.79j
HAO 70 °C 40 min	262.54e	267.21e	270.92de	279.83f	280.49def	281.75f	284.90h
RF 70 °C 5 min	259.97f	264.94f	264.71e	276.46g	279.27ef	279.67g	281.62ij
RF 70 °C 10 min	260.26f	263.92f	265.17de	277.08g	279.07f	279.31g	282.29i
RF 70 °C 15 min	262.02e	267.23e	268.96de	279.83f	281.78d	283.04e	286.26g
RF 85 °C 5 min	268.04d	271.96d	270.46de	278.75f	280.81de	285.06d	292.24f
RF 85 °C 10 min	271.04c	273.85d	273.10d	282.65e	281.61d	285.83d	294.09e
RF 85 °C 15 min	272.92b	281.71b	292.94a	304.52b	303.04b	303.84b	308.48b
RF 100 °C 5 min	272.04bc	276.98c	280.35c	297.21d	297.06c	297.96c	303.81d
RF 100 °C 10 min	272.05bc	278.83c	286.94b	298.65c	297.86c	298.20c	306.14c
RF 100 °C 15 min	275.39a	283.94a	296.58a	311.44a	311.58a	312.30a	316.43a
Grand Mean	265.00	270.85	276.61	187.40	288.06	289.49	294.28
LSD (0.05)*	1.05	2.05	4.48	1.23	1.71	1.23	0.99
CV (%)	0.28	0.53	1.13	0.30	0.41	0.30	0.24

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.20 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าความหนืดสุดท้ายของแป้ง (RVU) และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	238.92f	248.83e	261.85d	275.01c	277.89c	277.42b	280.79a	265.56	1.20	0.31
HAO 70 °C 40 min	262.54f	267.21e	270.92d	279.83c	280.49bc	281.75b	284.90a	275.38	1.31	0.32
RF 70 °C 5 min	259.97f	264.94e	264.71d	276.46c	279.27b	279.67b	281.62a	272.35	0.81	0.20
RF 70 °C 10 min	260.26e	263.92d	265.17d	277.08c	279.07b	279.31b	282.29a	273.76	0.94	0.23
RF 70 °C 15 min	262.02g	267.23f	268.96e	279.83d	281.78c	283.04b	286.26a	276.05	0.90	0.22
RF 85 °C 5 min	268.04g	271.96f	270.46e	278.75d	280.81c	285.06b	292.24a	278.19	1.11	0.27
RF 85 °C 10 min	271.04e	273.85d	273.10d	282.65c	281.61c	285.83b	294.09a	280.31	1.38	0.34
RF 85 °C 15 min	272.92e	281.71d	292.94c	304.52b	303.04b	303.84b	308.48a	295.35	1.94	0.45
RF 100 °C 5 min	272.04d	276.98cd	280.35c	297.21b	297.06b	297.96b	303.81a	289.34	5.71	1.34
RF 100 °C 10 min	272.05e	278.83d	286.94c	298.65b	297.86b	298.20b	306.14a	291.24	0.92	0.22
RF 100 °C 15 min	275.39e	283.94d	296.58c	311.44b	311.58b	312.30b	316.43a	301.07	1.95	0.44

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.21 **ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด (^{o}C) และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน**

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	74.83e	77.53h	78.21f	80.17f	81.12e	82.84bc	83.36c
HAO 70 °C 40 min	76.18d	78.63efg	79.18e	80.33f	81.34de	82.40cd	83.40c
RF 70 °C 5 min	75.65d	78.03gh	79.24e	80.40ef	81.14e	82.99bc	83.09c
RF 70 °C 10 min	75.84d	78.25fgh	79.55de	80.49ef	81.48cde	82.79cd	83.33c
RF 70 °C 15 min	76.89c	78.84ef	79.69de	81.04de	82.02cd	82.26d	83.69c
RF 85 °C 5 min	76.20d	79.40de	79.76de	80.61ef	81.56cde	82.79cd	83.08c
RF 85 °C 10 min	77.08c	79.28de	79.84de	81.39cd	81.61cde	82.61cd	83.19c
RF 85 °C 15 min	79.81b	81.94b	82.06b	83.40b	83.42b	84.99a	84.79b
RF 100 °C 5 min	79.34b	79.94d	80.04d	81.43cd	81.67cde	82.49cd	83.12c
RF 100 °C 10 min	79.88b	80.76c	81.05c	81.90c	82.20c	83.37b	83.43c
RF 100 °C 15 min	81.08a	82.78a	83.21a	85.11a	85.01a	85.08a	86.67a
Grand Mean	77.52	79.58	80.17	81.48	82.05	83.15	83.74
LSD (0.05)*	0.61	0.81	0.73	0.70	0.84	0.54	0.87
CV (%)	0.55	0.70	0.64	0.60	0.71	0.45	0.72

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

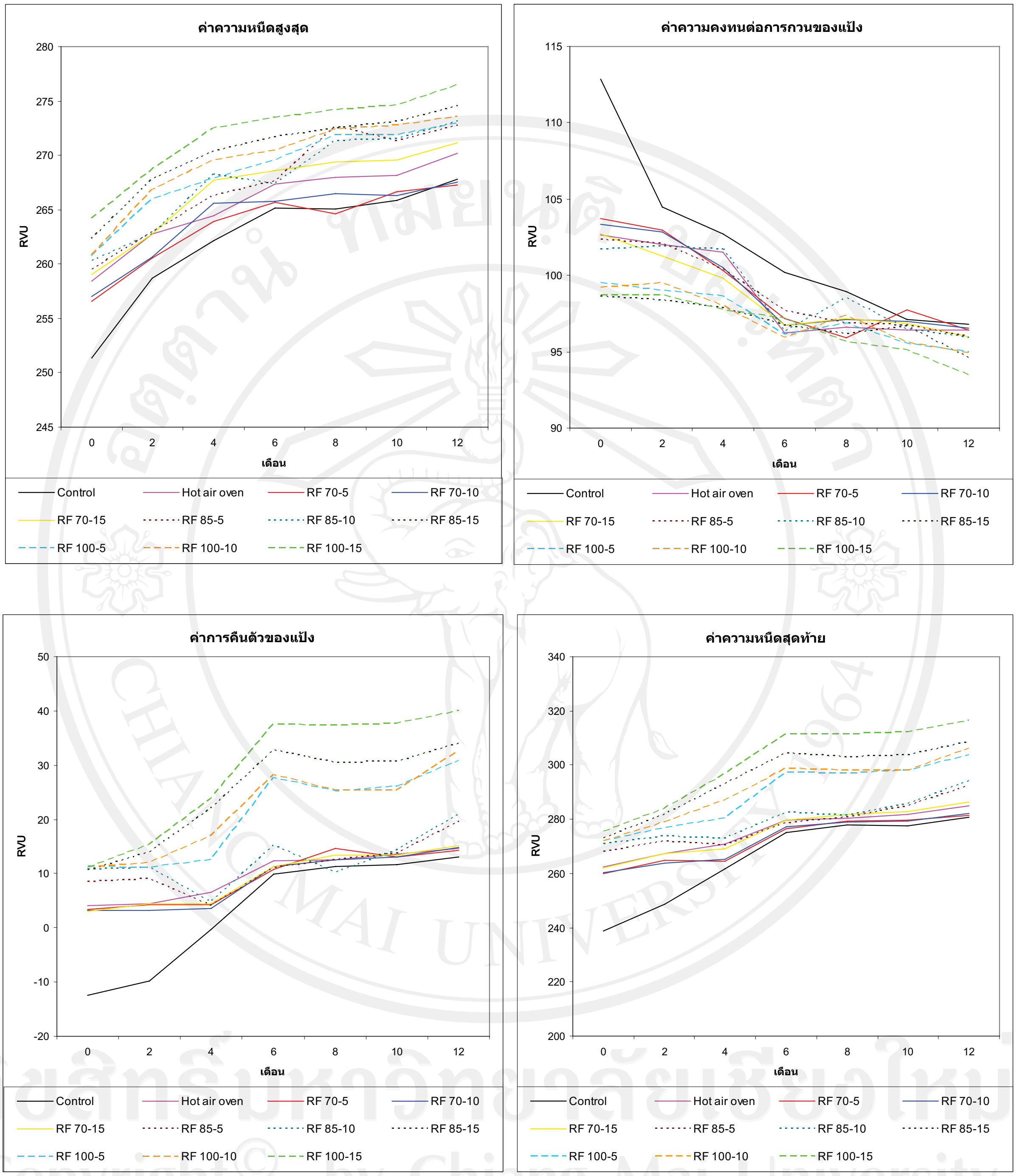
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.22 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด (^{o}C) และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	74.83f	77.53e	78.21d	80.17c	81.12b	82.84a	83.36a	79.72	0.59	0.51
HAO 70 °C 40 min	76.18f	78.63e	79.18e	80.33d	81.34c	82.46b	83.40a	80.22	0.58	0.50
RF 70 °C 5 min	75.65e	78.03d	79.24c	80.40b	81.14b	82.99a	83.09a	80.08	0.76	0.64
RF 70 °C 10 min	75.84e	78.25d	79.55d	80.49c	81.48b	82.79a	83.33a	80.43	0.58	0.49
RF 70 °C 15 min	76.89f	78.84e	79.69d	81.04c	82.02b	82.26b	83.69a	80.63	0.59	0.50
RF 85 °C 5 min	76.20e	79.40d	79.76d	80.61c	81.56b	82.79a	83.08a	80.49	0.74	0.62
RF 85 °C 10 min	77.08d	79.28c	79.84c	81.39b	81.61b	82.61a	83.19a	80.72	0.80	0.64
RF 85 °C 15 min	79.81d	81.94c	82.06c	83.40b	83.42b	84.99a	84.79a	82.92	0.89	0.73
RF 100 °C 5 min	79.34d	79.94d	80.04d	81.43c	81.67bc	82.49ab	83.12a	81.14	0.82	0.69
RF 100 °C 10 min	79.88e	80.76de	81.05cd	81.90bc	82.20b	83.37a	83.43a	81.79	0.95	0.79
RF 100 °C 15 min	81.08d	82.78c	83.21c	85.11b	85.01b	85.08b	86.67a	84.13	0.89	0.72

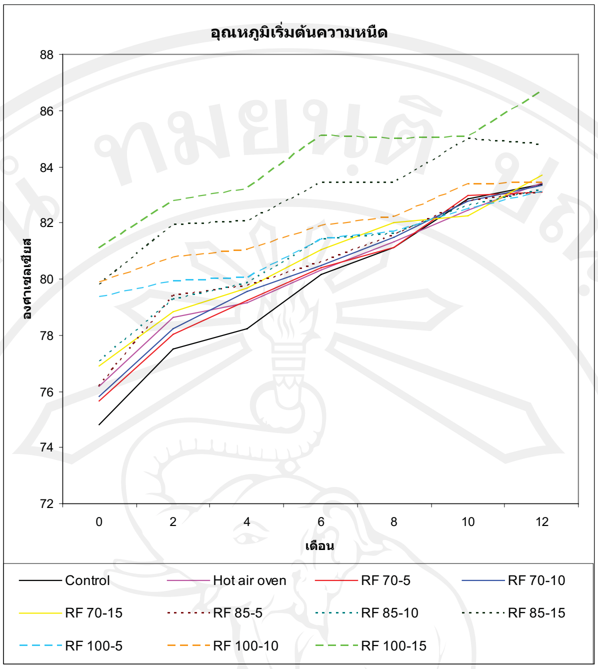
* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.3 **ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี และเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อการเปลี่ยนแปลง (ก) ค่าความหนืดสูงสุดของแป้ง, (ข) ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง, (ค) ค่าการคืนตัวของแป้ง และ (ง) ค่าความหนืดสุดท้ายของแป้ง**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.4 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี และเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของความหนืดของแป้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.1 ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency)

การเปลี่ยนแปลงความคงตัวของแป้งสุกจากการเร่งความเก่าข้าวเปลือก พบว่าค่าความคงตัวของแป้งสุกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 15 นาที มีค่าความคงตัวของแป้งสุกต่ำที่สุด เท่ากับ 7.26, 7.35 และ 7.08 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่อายุการเก็บรักษาเดือนที่ 0 เช่นเดียวกับค่าความคงตัวของแป้งสุกต่ำที่สุดในเดือนที่ 2-10 ส่วนอายุการเก็บรักษาเดือนที่ 12 การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความคงตัวของแป้งสุกต่ำที่สุด เท่ากับ 6.11 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.13) การใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิสูงและระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยความคงตัวของแป้งสุกเป็นคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่บ่งบอกถึงความอ่อนหรือแข็งของแป้งข้าว โดยข้าวที่มีค่าความคงตัวของแป้งสุกอ่อนหรือระยะทางแป้งไหลมาก เมื่อหุงเป็นข้าวสวยจะได้ข้าวที่แข็งกระด้างน้อยกว่าข้าวที่มีค่าความคงตัวของแป้งสุกแข็งซึ่งมีระยะทางการไหลของแป้งน้อย โดยสามารถวัดได้จากการไหลของแป้งสุก มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ซึ่งถ้า ระยะทางการไหลของแป้งสุกมากแสดงว่าเป็นแป้งอ่อน และถ้าระยะการไหลของแป้งสุกน้อยแสดงว่าเป็นแป้งแข็ง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของใจทิพย์และคณะ (2545) พบว่า มีค่าการขยายปริมาตรเพิ่มขึ้น ค่าความคงตัวของแป้งสุกลดลงเมื่อทำการเร่งความเก่าของข้า ว เนื่องจากการใช้ความคงตัวของแป้งสุกคาดคะเนคุณสมบัติของข้าวสุก จะพิจารณาบนพื้นฐานของข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสอ ยู่ในประเภทเดียวกัน (งามชื่น, 2545) จากผลการทดลองมีแนวโน้มว่า เมื่อข้าวเปลือกได้รับความร้อนทำให้ความอ่อนของแป้งลดลง ซึ่งดูจากระยะการไหลของแป้งที่มีระยะทางลดลง แต่จากตาราง 2. 3 พบว่าแป้งข้าวยังคงจัดให้เป็นข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน คือมีระยะทางการไหลของแป้งอยู่ในช่วง 6.01 – 10.00 เซนติเมตร (Cagampang *et al*., 1973)

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าค่าความคงตัวของแป้งสุกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.13) กล่าวคือ วิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 15 นาที และที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความคงตัวของแป้งสุกลดลงต่ำสุด ที่อายุการเก็บรักษาเดือนที่ 0-10 ส่วนเดือนที่ 12 วิธีการเร่งความเก่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าต่ำสุด ส่วนวิธีการที่เหลือมีค่าความคงตัวของแป้งสุกไม่แตกต่างกับชุดควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของแป้งสุกของทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือก และชุดควบคุมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือ ค่าความคงตัวของแป้งสุกในเดือนที่ 0-8 มีค่าลดลงจากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 10-12 ค่าความคงตัวของแป้งสุกมีค่าลดลงเล็กน้อยจากเดือนที่ 8 (ภาพที่ 4.4) การเร่งความเก่าด้วยวิธีการต่างๆ และชุดควบคุม จะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2-4 เดือนแรก แล้วค่อยๆ ลดลงในช่วง 6-12 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Perez and Juliano (1981) กล่าวว่าการเก็บรักษาข้าวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของแป้งสุก โดยภายหลังการเก็บเกี่ยวในช่วง 1-4 เดือนแรก จะทำให้แป้งข้าวมีค่าความคงตัวของแป้งสุกแข็งขึ้น เช่นเดียวกับรายงานของ Villareal *et al.* (1976) พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้นนอกจากนั้น อุณหภูมิในการเก็บรักษายังมีผลต่อความคงตัวของแป้งสุก คือ ข้าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง ส่วนข้าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ มีความคงตัวของแป้งสุกปานกลาง และข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง มีค่า setback สูงกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกปานกลางหรือความคงตัวของแป้งสุกอ่อน

ดังนั้นการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที เหมาะสมที่สุด สำหรับการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้านความคงตัวของแป้งสุก รองลงมาคือที่ระดับอุณหภูมิ 100 แลละ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 และ 10 นาที

4.3.2 อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสาร (Elongation ratio)

การเปลี่ยนแปลงอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสารจากการเร่งความเก่าข้าวเปลือก พบว่าอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสารในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 15 นาที มีอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 1.71, 1.72 และ 1.73 ตามลำดับ ที่อายุการเก็บรักษาเดือนที่ 0 เช่นเดียวกับอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนที่ 4-8 ส่วนอายุการเก็บรักษาเดือนที่ 10 การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที มีค่าความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้นสูงสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับ 1.82, 1.82, 1.82 และ 1.84 ตามลำดับ เช่นเดียวกับอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนที่ 12 (ตารางที่ 4.15) การใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิสูงและระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวเป็นการแสดงอัตราส่วนของความยาวเมล็ดข้าวสุกต่อความยาวเมล็ดข้าวสาร เมล็ดข้าวที่มีอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวมีค่ามาก แสดงว่าเมล็ดข้าวมีการขยายปริมาตรเพิ่มขึ้นทำให้ข้าวสุกหุงขึ้นหม้อได้ดี และช่วยให้ข้าวมีความนุ่มมากขึ้นด้วย ขณะที่อัตราการการยืดตัวของเมล็ดข้าวมีค่าน้อย แสดงว่าเมล็ดข้าวมีการขยายปริมาตรน้อยทำให้ข้าวหุงสุกขึ้นหม้อได้ไม่ดี และข้าวสุกมีความเหนียวแฉะเกาะติดกันเป็นก้อน (Juliano and Perez, 1984) โดยผลจากการทดลองครั้งนี้ พบว่าการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้วยวิธีการต่างๆ ทำให้อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับข้าวชุดควบคุม โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานส่งผลให้อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ใจทิพย์และผดุงศักดิ์ (2547ก); ใจทิพย์และผดุงศักดิ์ (2547ข) กล่าวว่า การเร่งความเก่าของข้าวทำให้ อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวและการขยายปริมาตรเพิ่มขึ้น และ Gujral and Kumar (2003) การเร่งความเก่าของข้าว 3 พันธุ์ การอบ ด้วยความดันไอน้ำที่ความชื้นสูง สามารถทำให้ข้าวใหม่เปลี่ยนเป็นข้าวเก่าโดยมีอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวและอัตราการขยายตัวเช่นเดียวกัน

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสารในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.16) กล่าวคือ วิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้นสูงสุดลดลง ตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสารของทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือ อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสารในเดือนที่ 2-6 มีค่าเพิ่มขึ้นค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 8-12 ค่าความคงตัวของแป้งสุกมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเดือนที่ 6 (ภาพที่ 4.4) การเร่งความเก่าด้วยวิธีการต่างๆ และชุดควบคุม มีอัตราการยืดตัวของข้าวสุกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 2-6 เดือนแรก และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 8-12 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ทรงเชาว์และคณะ (2546) พบว่าเมล็ดข้าวของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เก็บรักษาในโรงเก็บ มีอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวมีการขยายตัวทุกด้านโดยเฉพาะด้านยาวซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษของข้าว ช่วยส่งเสริมให้ข้าวสุกขยายปริมาตร การขยายตัวของเมล็ดข้าวได้มากทำให้เนื้อภายในโปร่งขึ้น ไม่อัดแน่นและมีความแข็งกระด้างน้อยลง หากข้าวสุกเป็นข้าวที่ไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เหนียวติดกัน การขยายตัวของเมล็ดช่วยให้ข้าวขึ้นหม้อมากขึ้น (ละม้ายมาศ, 2540) นอกจากนี้ยังช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น เพราะการขยายตัวทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นไม่อัดกันแน่น (งามชื่นและคณะ, 2545) นอกจากนี้สภาวะการเก็บรักษาก็มีผลต่อการขยายปริมาตรของข้าวสุก โดย Perdon *et al.* (1997) พบว่าเมื่อเก็บรักษาข้าวไว้นานกว่า 6 เดือน ข้าวจะมีอัตราการดูดซับน้ำในระหว่างการหุงเพิ่มขึ้น 15% ดังนั้นอัตราการขยายปริมาตรจึงเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดและส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสด้วย

ดังนั้นการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 และ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที เหมาะสมที่สุด สำหรับการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้านอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสาร รองลงมาคือที่ระดับอุณหภูมิ 100 แลละ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 และ 10 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.23 **ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าความคงตัวของเจล (เซนติเมตร) และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน**

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	8.43a	8.11a	7.75a	7.23a	7.04a	6.86a	6.70a
HAO 70 °C 40 min	7.76b	7.60bc	7.34b	7.20a	6.86b	6.70bc	6.59a
RF 70 °C 5 min	7.75b	7.70b	7.29bc	7.18a	6.83bc	6.75ab	6.69a
RF 70 °C 10 min	7.78b	7.68b	7.24c	7.05b	6.81bc	6.74abc	6.65a
RF 70 °C 15 min	7.53c	7.48cd	7.04d	6.91c	6.75bc	6.68bc	6.60a
RF 85 °C 5 min	7.75b	7.70b	7.25bc	7.03b	6.76bc	6.75ab	6.66a
RF 85 °C 10 min	7.73b	7.68b	7.21c	6.96bc	6.78bc	6.74abc	6.61a
RF 85 °C 15 min	7.26d	7.13e	6.81e	6.69d	6.33d	6.25d	6.30b
RF 100 °C 5 min	7.53c	7.45d	7.10d	6.98bc	6.75bc	6.64bc	6.62a
RF 100 °C 10 min	7.35d	7.15e	6.84e	6.90c	6.70c	6.61c	6.59a
RF 100 °C 15 min	7.08e	6.90f	6.41f	6.50e	6.15e	6.20d	6.11c
Grand Mean	7.63	7.21	7.12	6.96	6.71	6.63	6.56
LSD (0.05)*	0.14	0.13	0.10	0.11	0.13	0.12	0.11
CV (%)	1.32	1.26	0.93	1.08	1.37	1.34	1.19

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.24 **ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าความคงตัวของเจล (เซนติเมตร) และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี**

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	8.43a	8.11b	7.75c	7.23d	7.04e	6.86f	6.70g	7.45	0.10	0.95
HAO 70 °C 40 min	7.76a	7.60bb	7.34c	7.20d	6.86e	6.70bf	6.59g	7.15	0.11	1.09
RF 70 °C 5 min	7.75a	7.70a	7.29b	7.18b	6.83c	6.75cd	6.69d	7.17	0.12	1.17
RF 70 °C 10 min	7.78a	7.68b	7.24b	7.05c	6.81d	6.74de	6.65e	7.07	0.11	1.05
RF 70 °C 15 min	7.53a	7.48a	7.04b	6.91c	6.75d	6.68de	6.60e	7.10	0.11	1.11
RF 85 °C 5 min	7.75a	7.70a	7.25b	7.03c	6.76d	6.75d	6.66d	7.13	0.13	1.23
RF 85 °C 10 min	7.73a	7.68a	7.21b	6.96c	6.78d	6.74d	6.61e	7.10	0.12	1.15
RF 85 °C 15 min	7.26a	7.13a	6.81b	6.69b	6.33c	6.25c	6.30c	6.68	0.18	1.89
RF 100 °C 5 min	7.53a	7.45a	7.10b	6.98c	6.75d	6.64de	6.62e	7.01	0.12	1.18
RF 100 °C 10 min	7.35a	7.15b	6.84c	6.90c	6.70d	6.61d	6.59d	6.88	0.11	1.17
RF 100 °C 15 min	7.08a	6.90b	6.41c	6.50c	6.15d	6.20d	6.11d	6.48	0.12	1.29

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.25 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่ออัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสาร และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	1.57i	1.59g	1.65g	1.74f	1.76g	1.77e	1.78g
HAO 70 °C 40 min	1.69ef	1.69de	1.72c	1.76d	1.79ef	1.79d	1.81e
RF 70 °C 5 min	1.64h	1.67f	1.68f	1.76e	1.78f	1.79d	1.79f
RF 70 °C 10 min	1.67g	1.69e	1.69ef	1.75e	1.78f	1.79d	1.80f
RF 70 °C 15 min	1.69de	1.70cd	1.71c	1.76d	1.79de	1.81c	1.83bcd
RF 85 °C 5 min	1.68fg	1.70cd	1.70de	1.77d	1.79d	1.81c	1.82de
RF 85 °C 10 min	1.69de	1.71c	1.71cd	1.78c	1.80cd	1.81c	1.82cde
RF 85 °C 15 min	1.71bc	1.73b	1.74b	1.78bc	1.81bc	1.82bc	1.83b
RF 100 °C 5 min	1.70cd	1.71cd	1.71c	1.78c	1.80cd	1.82bc	1.82bcd
RF 100 °C 10 min	1.72b	1.74ab	1.75ab	1.79b	1.82b	1.82b	1.83bc
RF 100 °C 15 min	1.73a	1.75a	1.76a	1.81a	1.83a	1.84a	1.85a
Grand Mean	1.62	1.70	1.71	1.77	1.80	1.81	1.82
LSD (0.05)*	0.012	0.014	0.013	0.009	0.009	0.011	0.012
CV (%)	0.48	0.58	0.52	0.39	0.38	0.42	0.44

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

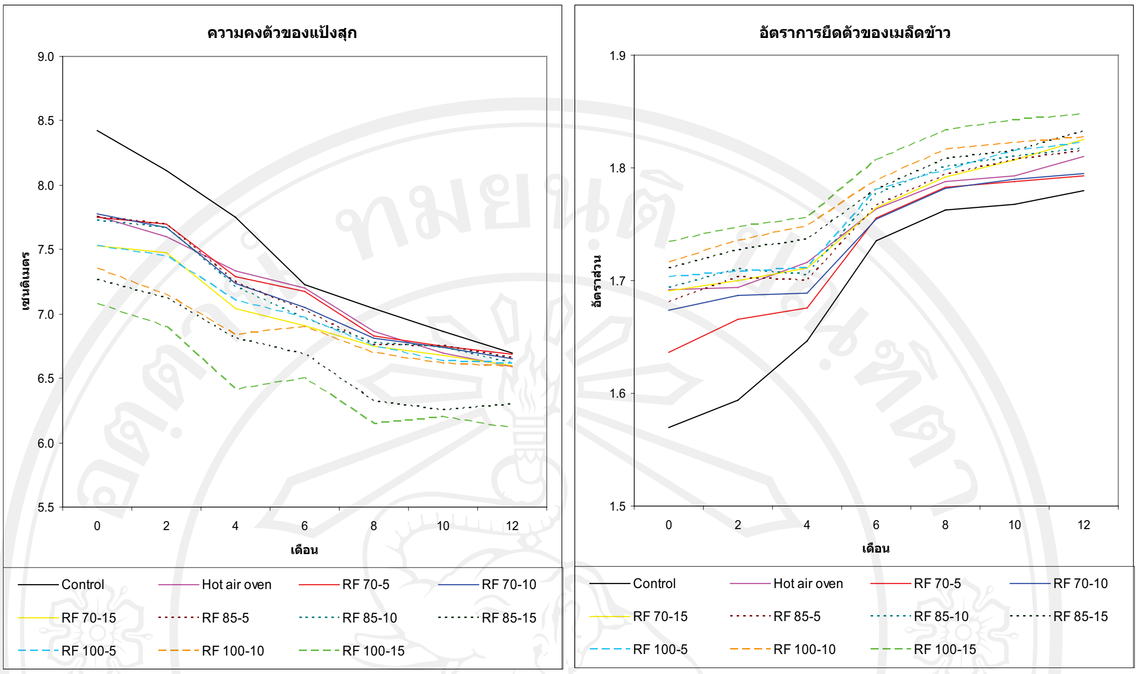
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.26 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่ออัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสาร และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	1.57f	1.59e	1.65d	1.74c	1.76b	1.77ab	1.78a	1.69	0.016	0.63
HAO 70 °C 40 min	1.69e	1.69e	1.72d	1.76c	1.79b	1.79b	1.81a	1.75	0.009	0.36
RF 70 °C 5 min	1.64d	1.67c	1.68c	1.76b	1.78a	1.79a	1.79a	1.73	0.011	0.46
RF 70 °C 10 min	1.67c	1.69c	1.69c	1.75b	1.78a	1.79a	1.80a	1.74	0.015	0.59
RF 70 °C 15 min	1.69f	1.70f	1.71e	1.76d	1.79c	1.81b	1.83a	1.76	0.012	0.45
RF 85 °C 5 min	1.68e	1.70d	1.70d	1.77c	1.79b	1.81ab	1.82a	1.75	0.013	0.52
RF 85 °C 10 min	1.69e	1.71d	1.71d	1.78c	1.80b	1.81ab	1.82a	1.76	0.010	0.39
RF 85 °C 15 min	1.71e	1.73d	1.74d	1.78c	1.81b	1.82b	1.83a	1.77	0.010	0.38
RF 100 °C 5 min	1.70d	1.71d	1.71d	1.78c	1.80b	1.82a	1.82a	1.76	0.011	0.43
RF 100 °C 10 min	1.72f	1.74e	1.75d	1.79c	1.82b	1.82ab	1.83a	1.78	0.012	0.45
RF 100 °C 15 min	1.73e	1.75d	1.76d	1.81c	1.83b	1.84ab	1.85a	1.76	0.011	0.41

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.5 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี และเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อการเปลี่ยนแปลง (ก) ค่าความคงตัวของแป้งสุก และ (ข) ค่าอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ของวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือก เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ข้อมูลที่ได้จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง TA-XT plus Texture Analyzer จะแสดงค่าต่างๆ ได้แก่ ความแน่นแข็ง (hardness) ความเหนียวติดกัน (adhesiveness) ความยืดหยุ่น (springiness) ความเกาะติดกัน (cohesiveness) และค่าของการบดเคี้ยว (chewiness)

4.3.4.1 ความแข็ง (Hardness)

จากผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ขณะที่เครื่องกดหัวกดลงจะเกิดแรงต้านทานการกดจากความแข็งของตัวอย่าง พบว่าวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกทำให้ค่าความแข็งของข้าวสุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.27) เมื่อเทียบกับ ชุดควบคุม โดยการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความแข็งของข้าวสุกเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 13,833 รองลงมาคือ ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที และ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าเท่ากับ 13,802 และ 13,784 ตามลำดับ

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าค่าความแข็งของข้าวสุกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีค่าความแข็งของข้าวสุกเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา กล่าวคือวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความแข็งของข้าวสุกเพิ่มขึ้นสูงสุดตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของข้าวสุก ในทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือค่าความแข็งของข้าวสุกในเดือนที่ 2-8 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 10-12 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเดือนที่ 8 (ภาพที่ 4.11)

4.3.4.2 ความเหนียวติดกัน (Adhesiveness)

จากผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ขณะที่เครื่องดึงหัวกดขึ้นจะเกิดแรงดึงจากความเหนียวของหัวกดขึ้นจากตัวอย่าง พบว่าวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกทำให้ค่าความเหนียวติดกันของข้าวสุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.29) เมื่อเทียบกับ ชุดควบคุม โดยการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และ 15 นาที มีค่าความเหนียวติดกันของข้าวสุกลดลงต่ำสุดเท่ากับ -453 และ -442 ตามลำดับ รองลงมาคือระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที และ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 15 นาที มีค่าเท่ากับ -490, -491 และ -477 ตามลำดับ

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าค่าความเหนียวติดกันของข้าวสุกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีค่าเหนียวติดกันของข้าวสุกลดลงตามอายุการเก็บรักษา กล่าวคือวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความเหนียวติดกันของข้าวสุกลดลงต่ำสุดตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนียวติดกันของข้าวสุก ในทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือค่าความเหนียวติดกันของข้าวสุกในเดือนที่ 2-6 มีค่าลดลงจากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 8-12 มีค่าลดลงเล็กน้อยจากเดือนที่ 6 (ภาพที่ 4.12)

4.3.4.3 ความยืดหยุ่น (Springiness)

จากผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก เมื่อเครื่องทำการกดหัวกดครั้งที่สองจะทำให้เกิดแรงที่ใช้กดตัวอย่างครั้งที่สองซึ่งเมื่อนำอัตราส่วนของเส้นทางระหว่างเส้นทางการกดของหัวกดเส้นโค้งที่สองและเส้นโค้งแรกจะได้ค่าความยืดหยุ่น พบว่าวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกทำให้ค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.29) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุกเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 0.5290 รองลงมาคือระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที และ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าเท่ากับ 0.4992 และ 0.4907 ตามลำดับ

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุกเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา กล่าวคือวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุกเพิ่มขึ้นสูงสุดตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุก ในทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุกใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เดือนที่ 2-6 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 8-12 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเดือนที่ 6 (ภาพที่ 4.12)

4.3.4.4 ความเกาะติดกัน (Cohesiveness)

จากผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ทำให้ค่าเฉลี่ยของความเกาะติดกันที่ได้จากอัตราส่วนของพื้นที่ระหว่างเส้นโค้งที่สองกับเส้นโค้งแรก พบว่าวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกทำให้ค่าความเกาะติดกันของข้าวสุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.29) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดย ใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที และ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความเกาะติดกันของข้าวสุกเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 0.5040 และ 0.04952 ตามลำดับ รองลงมาคือ ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที และ 15 นาที มีค่าเท่ากับ 0.4852 และ 0.4879 ตามลำดับ

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าค่าความเกาะติดกันของข้าวสุกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีค่าความเกาะติดกันของข้าวสุกเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา กล่าวคือวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าความเกาะติดกันของข้าวสุกเพิ่มขึ้นสูงสุดตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเกาะติดกันของข้าวสุก ในทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือค่าความเกาะติดกันของข้าวสุกในเดือนที่ 2-6 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 8-12 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเดือนที่ 6 (ภาพที่ 4.12)

4.3.4.5 การเคี้ยว (Chewiness)

จากผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ส่วนค่าเฉลี่ยของการบดเคี้ยวของข้าวสุก พบว่าวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกทำให้ค่าการเคี้ยวของข้าวสุกมี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.29) เมื่อเทียบกับ ชุดควบคุม กล่าวคือการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดย ใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าการเคี้ยวของข้าวสุกเพิ่มขึ้นสูงสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับ 3688 รองลองมาคือ ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 0 นาที และ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าเท่ากับ 3361 และ 3350 ตามลำดับ

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าค่าการเคี้ยวของข้าวสุกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีค่าการเคี้ยวของข้าวสุกเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา กล่าวคือวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าการเคี้ยวของข้าวสุกเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนที่ 2-6 และการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 15 นาที และ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที มีค่าการเคี้ยวของข้าวสุกเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนที่ 8-12 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าการเคี้ยวของข้าวสุก ในทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือค่าการเคี้ยวของข้าวสุกในเดือนที่ 2-6 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 8-12 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเดือนที่ 6 (ภาพที่ 4.12)

<u>การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของข้าวสุก</u>

ผลการศึกษาพบว่า วิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกหรือข้าวสวย จากการทดลองพบว่าแต่ละวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุม มีลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้ RF ที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาเพิ่มขึ้น (ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทุกระยะเวลา และ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที) มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยทำให้ค่าความแข็ง, ค่าความยืดหยุ่น, ค่าความร่วน และค่าการเคี้ยวเพิ่มขึ้น แต่ค่าความเหนียวติดกันลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Pisithkul *et al.* (2006) รายงานว่า เมื่อเพิ่มความร้อนในการ เร่งความเก่า ทำให้ค่าความแน่นแข็ง ความยืดหยุ่น ความเกาะติดกัน และค่าของการบดเคี้ยว จะมีค่าที่เพิ่มขึ้นขณะที่ความเหนียวติดกันของข้าวสุกจะลดลง เช่นเดียวกับ พลากรและคณะ (2550) พบว่า การ เร่งความเก่าโดยใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาเพิ่มขึ้นทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้นและความเหนียวติดของข้าวสุกลดลงได้ มีรายงานการวิจัยที่แสดงว่าการเร่งความเก่าของข้าวสามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวสุกได้ โดย Inprasit and Noomhorm (2001) กล่าวว่าการใช้อุณหภูมิสูงอบข้าวเปลือกส่งผลให้ค่าอัตราส่วนระหว่างความแข็งและความนุ่มเหนียวของข้าวสุกมีค่าลดลง และความแข็งของข้าวสุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพิ่มขึ้น ขณะที่ Gujral and Kumar (2003) ทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าความแข็ง, ค่าความร่วน และค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุกเพิ่มขึ้น และค่า ความเหนียวติดกันของข้าวสุกลดลง เมื่อเพิ่มความร้อนและระยะเวลาการเร่งความเก่า ซึ่งค่าความร่วนแสดงถึงงานที่ยึดเกาะกันระหว่างเมล็ดข้าว Juliano *et al.* (1982) พบว่าค่าความร่วนนี้เป็นตัวชี้ถึงความเหนียวของเมล็ดข้าวสุก ส่วนค่าความแข็ง การคงสภาพของเมล็ด การยืดหยุ่นสู่สภาพเดิม และค่าของแรงที่ใช้บดเคี้ยวเพิ่มขึ้น ขณะที่ลักษณะความเหนียวติดของข้าวสุกลดลง เมื่อให้ความร้อนในการเร่งความเก่าข้าวเปลือก (งามชื่น, 2547; ไกรสีห์และคณะ, 2549)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของข้าวสุกข้าวในระหว่างการเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่า ข้าวเปลือกที่เร่งความเก่าด้วยวิธีการต่างๆ และชุดควบคุม มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือทำให้ค่าความแข็ง, ค่าความยืดหยุ่น, ค่าความร่วน และค่าการเคี้ยวเพิ่มขึ้น แต่ค่าความเหนียวติดกันลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยค่าความแข็งจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บรักษาและความชื้นของข้าวเปลือก (Meullenet *et al.,* 2000) โดยความแข็งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นและเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าความเกาะติดกันคือแรงยึดเกาะกันภายในของเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าความแข็งของข้าวสุก (Champage *et al.,* 1998) ส่วนค่าความเหนียวติดกันซึ่งบ่งบอกถึงการยึดติดกันของเม็ดข้าวสุก พบว่าการเร่งความเก่าทุกกรรมวิธีมีค่าความเหนียวติดกันของข้าวสุกมากกว่าชุดควบคุม โดยข้าวสุกจะร่วนไม่ยึดเกาะติดกันหรือเรียกว่าข้าวไม่มียาง สอดคล้องกับรายงานของ Meullenet *et al*. (2000); Tsugita *et al*. (1983) พบว่าการเก็บรักษาทำให้ความเหนียวของข้าวสุกลดลงและความแข็งเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดย ระหว่างการเก็บรักษาข้าวการคืนตัวของแป้งนำไปสู่ความแข็งของเนื้อสัมผัส ขณะเดียวกันทำให้ความเหนียวของข้าวสวยลดลง โดยทั่วไประดับการคืนตัวของแป้งเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ข้าวมีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้นและมีความเหนียวลดลง (Villareal *et al*., 1976) และรายงานของ Zhoutt *et al*. (2002) ที่กล่าวว่าการเก็บรักษาข้าวไว้เป็นเวลานานมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกมีความแข็งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเหนียวลดลง ความแข็งที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลมาจากการลดลงของความชื้นในเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา ข้าวเปลือกที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปขัดสีและหุงสุกพบว่ามีค่าความแข็งมากกว่าข้าวเปลือกที่มีความชื้น 15 และ18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ความเหนียวมีค่าลดลงตามการลดลงของความชื้นในเมล็ดข้าว (Tamaki *et al*., 1993 อ้างโดย Zhoutt *et al*., 2002)

ดังนั้นการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที เหมาะสมที่สุด สำหรับการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ร

ดังนั้นวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้วยการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที รองลงมาที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที สามารถเร่งความเก่าของข้าวด้านคุณภาพการหุงต้ม โดยทำให้มีคุณภาพการหุงต้มของข้าวมีความเก่าใกล้เคียงกับข้าวเปลือกที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6-8 เดือน โดย สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกทำให้มีค่าความแข็งและความร่วนเพิ่มขึ้นสูงสุด และ ความเหนียวลดลงต่ำสุด ส่งผลทำให้คุณภาพการหุงต้มของข้าวใหม่คล้ายกับข้าวเก่าได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.27 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าความแข็งของข้าวสุก (กรัม) และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	13028f	13482i	13621f	13981e	14311e	14417f	14714de
HAO 70 °C 40 min	13689cde	14009bc	14262b	14234d	14508d	14563e	14783cd
RF 70 °C 5 min	13595e	13715h	13913e	14241d	14538cd	14517ef	14565f
RF 70 °C 10 min	13647de	13870ef	13927de	14195d	14574cd	14571de	14620f
RF 70 °C 15 min	13729abcd	14046b	14310b	14429b	14780b	14794bc	14810c
RF 85 °C 5 min	13702bcde	13792g	14017d	14348bc	14608c	14626de	14639ef
RF 85 °C 10 min	13709bcd	13837fg	14005cd	14273cd	14624c	14682cd	14799c
RF 85 °C 15 min	13784abc	13967cd	14321a	14578a	14793b	14806b	14899b
RF 100 °C 5 min	13711bcd	13910de	14147c	14397b	14788b	14777bc	14815bc
RF 100 °C 10 min	13802ab	14064b	14296b	14591a	14784b	14804b	14859bc
RF 100 °C 15 min	13833a	14161a	14491a	14607a	14911a	14960a	14995a
Grand Mean	13657	13896	14119	14352	14656	14683	14773
LSD (0.05)*	110.76	71.20	93.93	95.37	89.10	118.87	85.20
CV (%)	0.56	0.36	0.46	0.45	0.42	0.56	0.40

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.28 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าความแข็งของข้าวสุก (กรัม) และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	13028g	13482f	13621e	13981d	14311c	14417b	14714a	13936	105.54	0.52
HAO 70 °C 40 min	13689e	14009d	14262c	14234c	14508b	14563b	14783a	14293	86.00	0.41
RF 70 °C 5 min	13595e	13715d	13913c	14241b	14538a	14517a	14565a	14115	81.25	0.39
RF 70 °C 10 min	13647d	13870c	13927c	14195b	14574a	14571a	14620a	14209	92.39	0.44
RF 70 °C 15 min	13729e	14046d	14310c	14429b	14780a	14794a	14810a	14414	91.14	0.43
RF 85 °C 5 min	13702d	13792d	14017c	14348b	14608a	14626a	14639a	14248	105.66	0.50
RF 85 °C 10 min	13709f	13837e	14005d	14273c	14624b	14682a b	14799a	14276	122.39	0.58
RF 85 °C 15 min	13784e	13967d	14321c	14578b	14793a	14806a	14899a	14450	116.57	0.55
RF 100 °C 5 min	13711e	13910d	14147c	14397b	14788a	14777a	14815a	14363	95.76	0.45
RF 100 °C 10 min	13802e	14064d	14296c	14591b	14784a	14804a	14859a	14457	90.35	0.42
RF 100 °C 15 min	13833f	14161e	14491d	14607c	14911b	14960a b	14995a	14565	79.76	0.37

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียว วามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month

ตารางที่ 4.29 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าความเหนียวติดกันของข้าวสุก (กรัม) และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Treatment 0 Month 2 Month 4 Month 6 Month 8 Month 10 Month 12 Month Grand LSD CV (%)

Control	-661f	-603h	-550j	-441h	-439f	-436e	-429h
HAO 70 °C 40 min	-517c	-472c	-414d	-388d	-385d	-385c	-375e
RF 70 °C 5 min	-562e	-570g	-513i	-442h	-431f	-435e	-430h
RF 70 °C 10 min	-548de	-545f	-486h	-450i	-430f	-417d	-409g
RF 70 °C 15 min	-532cd	-531e	-452f	-414f	-406e	-411d	-393f
RF 85 °C 5 min	-526c	-520d	-461g	-425g	-413e	-410d	-406g
RF 85 °C 10 min	-491b	-476c	-425e	-400e	-383d	-385c	-376e
RF 85 °C 15 min	-477b	-448b	-412d	-390d	-376d	-376c	-364d
RF 100 °C 5 min	-490b	-473c	-404c	-372c	-356c	-357b	-339c
RF 100 °C 10 min	-453a	-440b	-381b	-347b	-343b	-346b	-328b
RF 100 °C 15 min	-442a	-408a	-353a	-316a	-315a	-316a	-306a
Grand Mean	-518.14	-498.70	-441.11	-398.75	-388.80	-388.39	-366.39
LSD (0.05)*	20.65	11.30	6.56	5.46	11.72	10.99	10.96
CV (%)	2.77	1.58	1.03	0.95	2.10	1.97	2.08

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกั มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ตารางที่ 4.30 **ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าความเหนียวติดกันของข้าวสุก (กรัม) และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

								Mean	(0.05)*	
Control	-661e	-603d	-550c	-441b	-439b	-436b	-429a	-500.96	13.05	1.77
[illegible]	-517e	-472d	-414c	-388b	-385b	-385b	-375a	-409.07	11.67	1.94
RF 70 °C 5 min	-562c	-570c	-513b	-442a	-431a	-435a	-430a	-483.36	12.72	1.79
RF 70 °C 10 min	-548e	-545d	-486d	-450c	-430b	-417a	-409a	-406.64	10.00	1.48
RF 70 °C 15 min	-532d	-531d	-452c	-414b	-406ab	-411b	-393a	-448.39	17.48	2.65
RF 85 °C 5 min	-526d	-520d	-461c	-425b	-413ab	-410a	-406a	-451.36	12.50	1.88
RF 85 °C 10 min	-491e	-476d	-425c	-400b	-383a	-385ab	-376a	-419.57	14.80	2.40
RF 85 °C 15 min	-477f	-448e	-412d	-390c	-376b	-376b	-364a	-406.36	10.58	1.77
RF 100 °C 5 min	-490f	-473e	-404d	-372c	-356b	-357b	-339a	-398.71	11.91	2.03
RF 100 °C 10 min	-453e	-440d	-381c	-347b	-343b	-346b	-328a	-396.93	9.60	1.73
RF 100 °C 15 min	-442e	-408d	-353c	-316b	-315b	-316b	-306a	-350.79	5.55	1.08

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	0.4565g	0.4639f	0.5020g	0.5277f	0.5417f	0.5387e	0.5296f

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียว ามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ตารางที่ 4.31 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุก และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

HAO 70 °C 40 min	0.4674f	0.5006bc	0.5357cd	0.5705b	0.5814a	0.5720ab	0.5753ab
RF 70 °C 5 min	0.4688f	0.4813e	0.5156f	0.5420e	0.5566de	0.5536d	0.5507de
RF 70 °C 10 min	0.4712ef	0.4922cd	0.5248e	0.5490d	0.5487ef	0.5529d	0.5448e
RF 70 °C 15 min	0.4805d	0.5008bc	0.5397c	0.5699b	0.5712bc	0.5775a	0.5767ab
RF 85 °C 5 min	0.4785de	0.4911d	0.5303de	0.5474de	0.5510ef	0.5550cd	0.5571cd
RF 85 °C 10 min	0.4845cd	0.5015b	0.5357cd	0.5590c	0.5651cd	0.5559cd	0.5579cd
RF 85 °C 15 min	0.4907bc	0.5044b	0.5500b	0.5708b	0.5758ab	0.5741ab	0.5672bc
RF 100 °C 5 min	0.4893c	0.5019b	0.5518b	0.5698b	0.5710bc	0.5655bc	0.5793a
RF 100 °C 10 min	0.4992b	0.5079b	0.5537b	0.5607c	0.5757ab	0.5686ab	0.5757ab
RF 100 °C 15 min	0.5290a	0.5219a	0.5674a	0.5784a	0.5722abc	0.5775a	0.5779ab
Grand Mean	0.4750	0.4870	0.5204	0.5382	0.5415	0.5434	0.5411
LSD (0.05)*	0.0088	0.0091	0.0061	0.0054	0.0103	0.0118	0.0116
CV (%)	1.27		0.79	0.69	1.26	1.46	1.43

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียว วามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ตารางที่ 4.32 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุก และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Control	0.4585d	0.4639d	0.5020c	0.5277b	0.5417a	0.5387a	0.5296b	0.4953	0.0083	1.11
HAO 70 °C 40 min	0.4674d	0.5006c	0.5357b	0.5705a	0.5814a	0.5720a	0.5753a	0.5065	0.0114	1.42
RF 70 °C 5 min	0.4688e	0.4813d	[illegible]	[illegible]	0.5566a	0.5536a	[illegible]	[illegible]	0.0103	[illegible]
RF 70 °C 10 min	0.4712c	0.4922b	0.5248b	0.5490a	0.5487a	0.5529a	0.5448a	0.5159	0.0125	1.60
RF 70 °C 15 min	0.4805d	0.5008c	0.5397b	0.5699a	0.5712a	0.5775a	0.5767a	0.5208	0.0124	1.56
RF 85 °C 5 min	0.4785d	0.4911c	0.5303b	0.5474a	0.5510a	0.5550a	0.5571a	0.5116	0.0102	1.31
RF 85 °C 10 min	0.4845e	0.5015d	0.5357c	0.5590ab	0.5651a	0.5559b	0.5579ab	0.5131	0.0089	1.13
RF 85 °C 15 min	0.4907e	0.5044d	0.5500c	0.5708ab	0.5758a	0.5741ab	0.5672b	0.5391	0.0073	0.91
RF 100 °C 5 min	0.4893e	0.5019d	0.5518c	0.5698b	0.5710b	0.5655b	0.5793a	0.5337	0.0076	0.94
RF 100 °C 10 min	0.4992f	0.5079e	0.5537d	0.5607c	0.5757a	0.5686b	0.5757a	0.5427	0.0053	0.66
RF 100 °C 15 min	0.5290c	0.5219c	0.5674b	0.5784a	0.5722ab	0.5775a	0.5779a	0.5480	0.0077	0.94

Treatment	**0 Month**	**2 Month**	**4 Month**	**6 Month**	**8 Month**	**10 Month**	**12 Month**
Control	0.4568	0.4674	0.4877e	0.5084f	[illegible]	0.5188g	[illegible]

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ตารางที่ 4.33 **ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าความเกาะติดกันของข้าวสุก และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

HAO 70 °C 40 min	0.4708c	0.4823cd	0.5088c	0.5233e	0.5206ef	0.5243fg	0.5154e
RF 70 °C 5 min	0.4635cd	0.4751de	0.5003d	0.5240e	0.5360cd	0.5276efg	0.5249de
RF 70 °C 10 min	0.4652cd	0.4805cd	0.5060c	0.5294e	0.5414c	0.5370de	0.5364cd
RF 70 °C 15 min	0.4672c	0.4844cd	0.5223b	0.5415d	0.5421c	0.5462cd	0.5417c
RF 85 °C 5 min	0.4611cd	0.4804cd	0.5189b	0.5279e	0.5273de	0.5345ef	0.5311cd
RF 85 °C 10 min	0.4679c	0.4880c	0.5215b	0.5243e	0.5270de	0.5333ef	0.5296d
RF 85 °C 15 min	0.4952ab	0.4901bc	0.5380a	0.5589b	0.5636ab	0.5605b	0.5673ab
RF 100 °C 5 min	0.4852b	0.4903bc	0.5404a	0.5518c	0.5541b	0.5572bc	0.5568b
RF 100 °C 10 min	0.4879b	0.4997b	0.5391a	0.5621b	0.5691a	0.5721a	0.5691a
RF 100 °C 15 min	0.5040a	0.5186a	0.5419a	0.5687a	0.5613ab	0.5663ab	0.5756a
Grand Mean	0.4834	0.4970	0.5370	0.5587	0.5646	0.5628	0.5629
LSD (0.05)*	0.0101	0.0104	0.0048	0.0065	0.0112	0.00113	0.0118
CV (%)	1.48	1.84	0.64	0.84	1.44	1.45	1.52

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกั มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

Treatment	**0 Month**	**2 Month**	**4 Month**	**6 Month**	**8 Month**	**10 Month**	**12 Month**	**Grand Mean**	**LSD (0.05)***	**CV (%)**

ตารางที่ 4.35 **ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าความเกาะติดกันของข้าวสุก และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี**

Control	0.4568e	0.4674d	0.4877c	0.5084b	0.5137ab	0.5188a	0.5147ab	0.5089	0.0098	1.36
HAO 70 °C 40 min	0.4708d	0.4823c	0.5088b	0.5233a	0.5206a	0.5243a	0.5154ab	0.5432	0.0094	1.27
RF 70 °C 5 min	0.4635e	0.4751d	0.5033c	0.5240b	0.5360a	0.5276ab	0.5249b	[illegible]	0.0088	1.18
RF 70 °C 10 min	0.4652e	0.4805d	0.5060d	0.5294bc	0.5414a	0.5370ab	0.5364ab	0.5309	0.0103	1.36
RF 70 °C 15 min	0.4672d	0.4844c	0.5223b	0.5415a	0.5421a	0.5462a	0.5417a	0.5452	0.0090	1.16
RF 85 °C 5 min	0.4611d	0.4804c	0.5189b	0.5279a	0.5273ab	0.5345a	0.5311a	0.5301	0.0086	1.15
RF 85 °C 10 min	0.4679d	0.4880c	0.5215b	0.5243ab	0.5270ab	0.5333ab	0.5296a	0.5371	0.0113	1.50
RF 85 °C 15 min	0.4952d	0.4901d	0.5380c	0.5589b	0.5636ab	0.5605ab	0.5673a	0.5476	0.0079	1.00
RF 100 °C 5 min	0.4852c	0.4903c	0.5404b	0.5518a	0.5541a	0.5572a	0.5568a	0.5469	0.0107	1.36
RF 100 °C 10 min	0.4879c	0.4997c	0.5391b	0.5621a	0.5691a	0.5721a	0.5691a	0.5488	0.0149	1.87
RF 100 °C 15 min	0.5040f	0.5186e	0.5419d	0.5687b	0.5613c	0.5663bc	0.5756a	0.5606	0.0059	0.74

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกั มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ตารางที่ 4.34 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าการเคี้ยวของข้าวสุก (วินาที) และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	2729g	2920[illegible]	3334f	3751h	3983[illegible]	4030d	4011f
HAO 70 °C 40 min	3012def	3409c	3888d	4250e	4302d	4368c	4383dd

RF 70 °C 5 min	2954f	3136e	3723e	4045g	4337de	4240c	4211e
RF 70 °C 10 min	2992ef	3280d	3699e	4126fg	4330de	4328c	4192e
RF 70 °C 15 min	3082de	3407c	4034c	4453d	4576c	4666b	4625c
RF 85 °C 5 min	3024def	3254d	3857d	4147f	4244e	4339c	4331de
RF 85 °C 10 min	3109d	3386c	3913cd	4184ef	4354de	4353c	4373d
RF 85 °C 15 min	3350bc	3452c	4238b	4651b	4801ab	4764ab	4795b
RF 100 °C 5 min	3255c	3423c	4218b	4527cd	4679bc	4656b	4780b
RF 100 °C 10 min	3361b	3569b	4267b	4599bc	4844a	4815a	4869ab
RF 100 °C 15 min	3688a	3833a	4456a	4804a	4865ab	4892a	4987a
Grand Mean	3141	3368	3966	4321	4484	4495	4505
LSD (0.05)*	97.63	99.80	124.13	83.43	126.97	142.10	152.64
CV (%)	2.16	2.06	2.18	1.34	1.97	2.20	2.36

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียว วามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

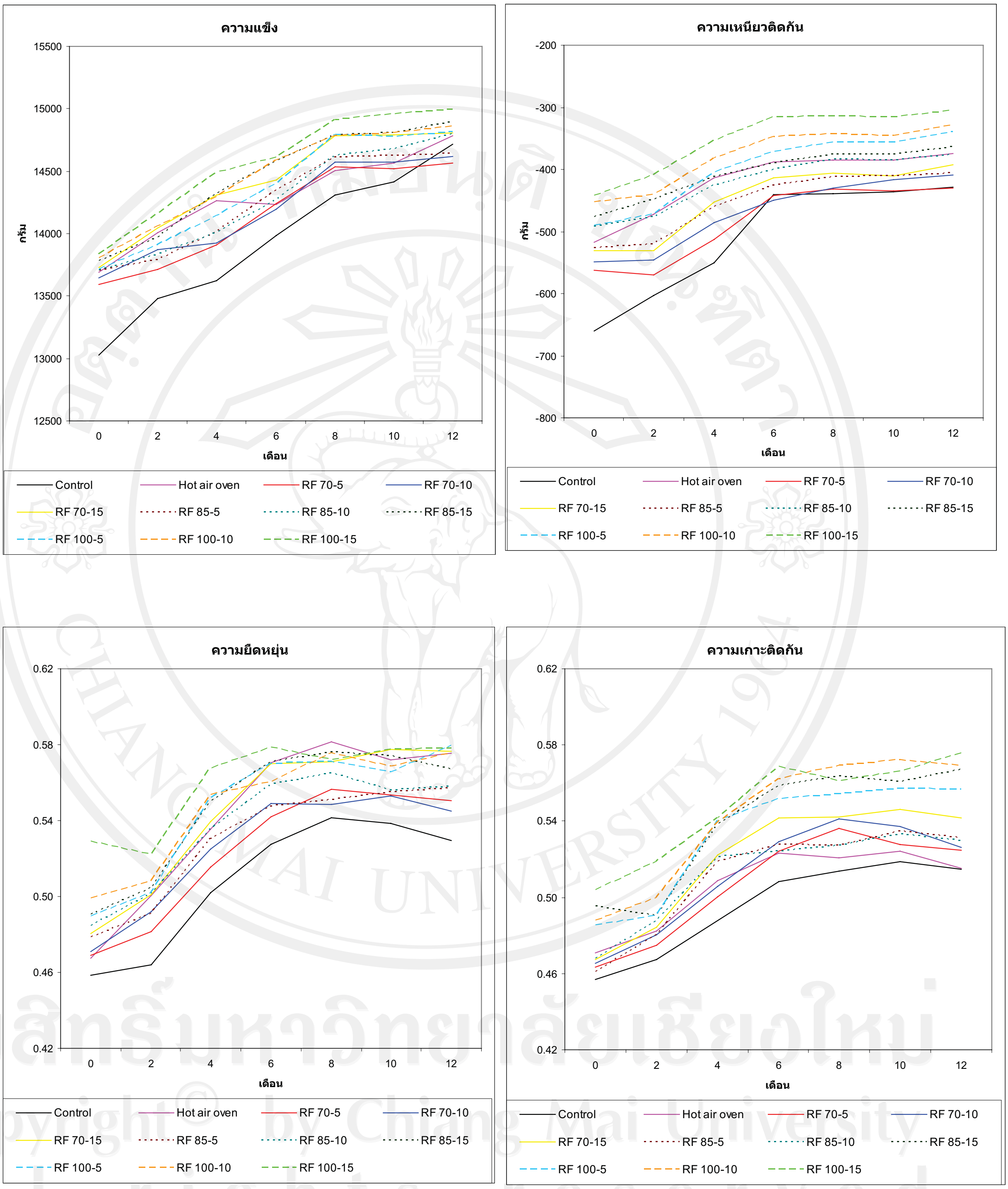
ตารางที่ 4.36 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าการเคี้ยวของข้าวสุก (วินาที) และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	2729e	2925d	3334c	3751b	3982a	4030a	4011a	3537	124.84	2.40

HAO 70 °C 40 min	3012e	3409d	3888c	4250b	4392a	4368ab	4383a	3953	118.51	2.61
RF 70 °C 5 min	2954e	3136d	3723c	4045b	4337a	4240a	4211ab	3806	170.16	3.04
RF 70 °C 10 min	2992d	3280c	3699c	4126b	4330a	4328a	4192ab	3909	140.46	2.44
RF 70 °C 15 min	3082e	3407d	4034c	4453b	4576a	4666a	4625a	4120	109.33	1.80
RF 85 °C 5 min	3024e	3254d	3857c	4147b	4244ab	4339a	4331a	3885	112.95	1.98
RF 85 °C 10 min	3109e	3386d	3913c	4184b	4354a	4353a	4373a	3953	129.64	2.23
RF 85 °C 15 min	3350e	3452d	4238c	4651b	4801a	4764a	4795a	4292	90.41	1.43
RF 100 °C 5 min	3255e	3423d	4218c	4527b	4679a	4656a	4780a	4219	124.63	2.01
RF 100 °C 10 min	3361e	3569d	4267c	4599b	4844a	4815a	4869a	4332	134.99	2.12
RF 100 °C 15 min	3688f	3833e	4456d	4804c	4865c	4892b	4987a	4493	74.34	1.13

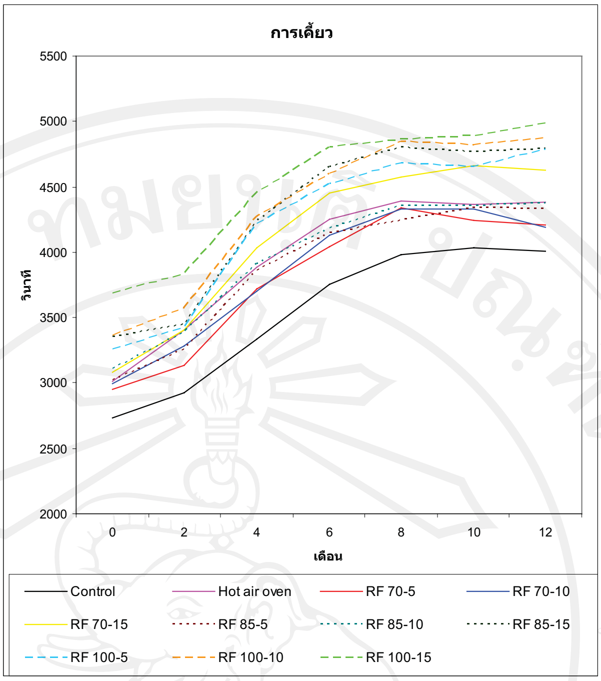
* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.6 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี และเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อการเปลี่ยนแปลง (ก) ค่า ความแข็งของข้าวสุก, (ข) ค่า ความเหนียวติดกันของข้าวสุก, (ค) ค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุก และ (ง) ค่าความเกาะติดกันของข้าวสุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.7 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี และเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการเคี้ยวของข้าวสุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.5 อะไมโลส (Amylose)

การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของอะไมโลสของเมล็ดข้าวเปลือก จากการเร่งความเก่าข้าวเปลือก พบว่า เปอร์เซ็นต์ของอะไมโลสของเมล็ดข้าวเปลือกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.37) โดยวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของอะไมโลสมีค่าอยู่ในช่วง 17-18 เปอร์เซ็นต์ การเร่งความเก่าข้าวเปลือกไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์อะไมโลสของข้าวสาร โดยการเร่งความเก่าด้วยลมร้อน และการใช้ RF มีค่าเปอร์เซ็นต์อะไมโลสไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 17-18 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังคงอยู่ในช่วงของข้าวอะไมโลสที่จำแนกเป็นข้าวที่อยู่ในกลุ่มข้าวเจ้าที่มีอะไมโลสต่ำ (12-19 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นลักษณะของเมล็ดข้าวเมื่อสุกจะมีลักษณะเหนียวนุ่ม (งามชื่น, 2545) จึงเป็นไปได้ว่าวิธีการเร่งความเก่าไม่มีผลโดยตรงกับปริมาณอะไมโลส ซึ่งสอดคล้องรายงานของ Ramesh *et al.* (1999); Chrastil (1990) กล่าวว่า ปริมาณอะไมโลสไม่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าว ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวสุก อาจเนื่องจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ปริมาณอะไมโลสเพกติน ความสามารถในการคืนตัวของแป้งสุก อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก เมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบโดยเฉพาะด้านยาว หากยืดตัวได้มาก และไม่เหนียวติดกันจะทำให้ข้าวขึ้นหม้อได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การที่เมล็ดขยายตัวได้มากทำให้เนื้อภายในโปร่งขึ้น ไม่อัดแน่นและช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น แต่ทั้งนี้ปริมาณอะไมโลสที่วิเคราะห์ได้อาจเกิดความแปรปรวนซึ่งมีสาเหตุมาจากพื้นที่เพาะปลูก โดยข้าวพันธุ์เดียวกันที่ปลูกในพื้นที่ต่างกันอาจมีความแปรปรวนของปริมาณอะไมโลสได้ถึง 6% (งามชื่นและคณะ, 2545) นอกจากนี้อาจมีสาเหตุมาจากความไม่บริสุทธิ์ของอะไมโลสมาตรฐานหรือวิธีการวิเคราะห์

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน พบว่าเปอร์เซ็นต์ของอะไมโลสของเมล็ดข้าวเปลือกในแต่ละวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุม มี เปอร์เซ็นต์ของอะไมโลสเพิ่มขึ้นสูงสุดลดลงตามอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลง เปอร์เซ็นต์ของอะไมโลสของทุกวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกและชุดควบคุมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือ เปอร์เซ็นต์ของอะไมโลสของเมล็ดข้าวในเดือนที่ 2-4 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ส่วนเดือนที่ 6-12 มีเปอร์เซ็นต์ของอะไมโลสเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเดือนที่ 4 (ภาพที่ 4.4) โดยเปอร์เซ็นต์อะไมโลสของทุกกรรมวิธีการเร่งความเก่าและชุดควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตลอดการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

12 เดือน สอดคล้องกับรายงานของพัสกร (2546) และขนิษฐา (2547) ที่กล่าวว่าเมื่อทำการเก็บรักษาข้าวเป็นเวลานานมากว่า 4-6 เดือน ทำให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้น ซึ่งสาเหตุของการเพิ่มของเปอร์เซ็นต์อะไมโลส สอดคล้องกับรายงานของพัสกร (2546) พบว่าปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยทำการเก็บรักษาข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นระยเวลานาน 6 เดือน ทำให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้น อาจเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของแป้งหรือเกิดการย่อยสลายระหว่างการเก็บรักษาทำให้ปริมาณสตาร์ทลดลง (Zhou *et al*., 2002) เนื่องจากสายพอลิเมอร์ของอะไมโลสที่เชื่อมต่อด้วยพันธะ α-1,4 glucosidic สลายตัวเพิ่มขึ้น (Hizukuri, 1988) โดยปริมาณอะไมโลสที่ต่างกันทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกแตกต่างกัน โดยข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลสูงทำให้สามารถจับน้ำได้หลายโมเลกุล ทดสอบโดยการหุงต้มใส่น้ำเท่ากับข้าวอะไมโลสต่ำจะทำให้ข้าวสุกแข็ง (Juliano *et al*., 1982)

ดังนั้นการใช้ลมร้อน และการใช้ RF ทุกระดับอุณหภูมิและทุกระยะเวลา ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์อะไมโลส

ดังนั้นวิธีการเร่งความเก่าข้าวเปลือกด้วยการใช้ RF ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์อะไมโลสของข้าว แต่ระยะเวลาการเก็บรักษาทำให้เปอร์เซ็นต์อะไมโลสเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.37 **ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี ต่อค่าเปอร์เซ็นต์อะไมโลส และเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน**

Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month
Control	17.71ab	17.72a	18.58abcde	18.95ab	18.92a	18.56	19.63
HAO 70 °C 40 min	17.02ab	16.36c	19.21a	18.64abc	18.52ab	18.73	19.17
RF 70 °C 5 min	17.27ab	17.31ab	19.10ab	18.23abc	18.78ab	18.98	19.48
RF 70 °C 10 min	17.37ab	17.43ab	18.62abcde	18.67abc	18.81ab	18.79	19.15
RF 70 °C 15 min	17.91ab	17.10abc	18.81abc	19.13a	18.76ab	18.79	19.12
RF 85 °C 5 min	17.77ab	17.45ab	18.52abcde	17.90c	18.45ab	18.79	19.15
RF 85 °C 10 min	17.87ab	17.90a	17.91de	18.36abc	18.19ab	18.62	18.95
RF 85 °C 15 min	17.30ab	17.12abc	18.67abcd	17.99bc	18.05b	18.90	19.14
RF 100 °C 5 min	17.70ab	17.68ab	18.10cde	18.25abc	18.09b	18.60	19.01
RF 100 °C 10 min	17.24ab	16.38c	18.30bcde	18.14abc	18.06b	18.72	19.16
RF 100 °C 15 min	18.14a	16.87bc	17.80e	17.85c	18.04b	18.76	19.07
Grand Mean	17.58	17.21	18.51	18.37	18.43	18.75	19.18
LSD (0.05)*	1.11	0.83	0.87	1.01	0.78	0.75	0.74
CV (%)	4.38	3.36	3.26	3.83	2.95	2.79	2.67

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.38 ผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อค่าเปอร์เซ็นต์อะไมโลส และผ่านวิธีการแตกต่างกัน 11 วิธี

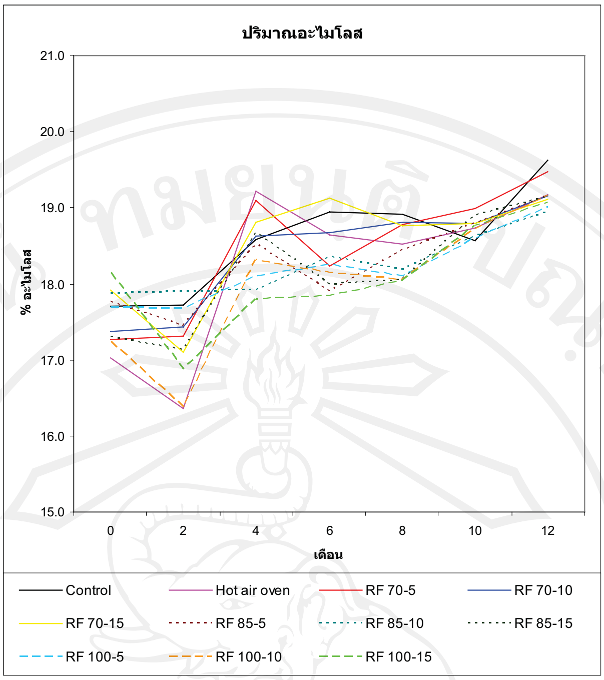
Treatment	0 Month	2 Month	4 Month	6 Month	8 Month	10 Month	12 Month	Grand Mean	LSD (0.05)*	CV (%)
Control	17.71c	17.72c	18.58b	18.95ab	18.92b	18.56b	19.63a	18.58	0.71	2.58
HAO 70 °C 40 min	17.02b	16.36b	19.21a	18.64a	18.52a	18.73a	19.17a	18.24	0.75	2.78
RF 70 °C 5 min	17.27c	17.31c	19.10a	18.23b	18.78ab	18.98ab	19.48a	18.45	0.83	3.06
RF 70 °C 10 min	17.37b	17.43a	18.62a	18.67a	18.81a	18.79a	19.15a	18.58	0.93	3.41
RF 70 °C 15 min	17.91b	17.10c	18.81a	19.13a	18.76a	18.79a	19.12a	18.52	0.80	2.95
RF 85 °C 5 min	17.77bc	17.45c	18.52abc	17.90bc	18.45abc	18.79ab	19.15a	18.29	1.10	4.09
RF 85 °C 10 min	17.87b	17.90b	17.91b	18.36b	18.19b	18.62a	18.95a	18.26	1.30	4.84
RF 85 °C 15 min	17.30cd	17.12d	18.67ab	17.99bc	18.05bbc	18.90a	19.14a	18.17	0.79	2.97
RF 100 °C 5 min	17.70bc	17.68c	18.10abc	18.25abc	18.09bc	18.60ab	19.01a	18.20	0.91	3.41
RF 100 °C 10 min	17.24c	16.38d	18.30b	18.14b	18.06bc	18.72ab	19.16a	18.00	0.84	3.12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

RF 100 °C 15 min	18.14bc	16.87d	17.80c	17.85c	18.04bc	18.76ab	19.07a	18.08	0.82	3.12

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.8 ผลของวิธีการที่แตกต่างกัน 11 วิธี และเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์อะไมโลส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวเปลือกที่ผ่านการเก็บรักษา และผ่าน การเร่งความเก่าด้วยวิธีการต่างๆ

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวที่เก็บรักษานาน 6 เดือน (ตารางที่ 4.39) พบว่าความชื้นข้าวเปลือกมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวและความข้าวขาวสาร แสดงว่าเมื่อค่า ความชื้นข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวและความขาวข้าวสารเพิ่มขึ้นตาม ขณะที่เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับ เปอร์เซ็นต์อะไมโลส ส่วนเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวมีสหสัมพันธ์ทางลบกับ เปอร์เซ็นต์อะไมโลส และ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับความขาวข้าวสาร แสดงว่าเมื่อ เปอร์เซ็นต์ข้าวขาวเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์อะไมโลสมีค่าลดลงตาม ส่วน ความขาวข้าวสารเพิ่มขึ้นตาม และการเก็บรักษานาน 12 เดือน (ตารางที่ 4.40) พบว่าความชื้นข้าวเปลือกมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง ความขาวข้าวสาร ความเหลืองข้าวสาร และเปอร์เซ็นต์อะไมโลส ขณะที่เปอร์เซ็นต์ข้าวขาวมีสหสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าเมื่อค่า ความชื้นข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง ความขาวข้าวสาร ความเหลืองข้าวสาร และเปอร์เซ็นต์อะไมโลสเพิ่มขึ้นตาม ยกเว้นเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวที่มีค่าลดลงตาม ส่วนเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวมีสหสัมพันธ์ทางลบกับความเหลืองข้าวสาร และ เปอร์เซ็นต์อะไมโลส แสดงว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวลดลงทำให้ความเหลืองข้าวสารและเปอร์เซ็นต์อะไมโลสลดลงตาม ขณะที่ความเหลืองข้าวสารมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับเปอร์เซ็นต์อะไมโลส แสดงว่าเมื่อความเหลืองข้าวสารเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์อะไมโลสมีค่าเพิ่มขึ้นตาม

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที (ตารางที่ 4.41) พบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมีสหสัมพันธ์ทางลบกับความชื้นข้าวเปลือก เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว ความขาวข้าวสาร และเปอร์เซ็นต์อะไมโลส ขณะที่เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องและความเหลืองข้าวสารมีสหสัมพันธ์ทางบวก แสดงว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวลดลง ทำให้ความชื้นข้าวเปลือก เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว ความขาวข้าวสาร และเปอร์เซ็นต์อะไมโลสลดลงตาม ยกเว้นเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องและความเหลืองข้าวสารมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนความความขาวข้าวสารมีสหสัมพันธ์ทางลบกับความเหลืองของข้าวสาร แสดงว่าเมื่อความขาวข้าวสารลดลงทำให้ความเหลืองของข้าวสารมีค่าลดลงตาม และ การ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที (ตารางที่ 4.42) พบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมีสหสัมพันธ์ทางลบกับเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว และความเหลืองข้าวสาร ขณะที่เปอร์เซ็นต์อะไมโลสมีสหสัมพันธ์ทางบวก แสดงว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวลดลง ทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว และความเหลืองข้าวสารมีค่าลดลงตาม ยกเว้นเปอร์เซ็นต์อะไมโลสที่มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนความความขาวข้าสารมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับความเหลืองของข้าวสาร แสดงว่าเมื่อความขาวข้าวสารเพิ่มขึ้นทำให้ความเหลืองของข้าวสารมีค่าเพิ่มขึ้น

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คุณภาพการสีของข้าว พบว่าการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 6 เดือน และการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน มีสหสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันคือ มีสหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างความชื้นข้าวเปลือกกับความขาวข้าวสาร ความขาวข้าวสารกับเปอร์เซ็นต์อะไมโลส และความชื้นข้าวเปลือกกับเปอร์เซ็นต์อะไมโลส ขณะที่เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวกับเปอร์เซ็นต์อะไมโลส และความขาวข้าวสารกับความขาวข้าวสารมีสหสัมพันธ์ทางลบ ดังนั้น ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการสีของข้าว โดยระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว และความเหลืองข้าวสารเพิ่มขึ้นตาม ขณะที่ความชื้นข้าวเปลือกและความขาวข้าวสารมีค่าลดลง

การเร่งความเก่าข้าวเปลือก พบว่า การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที และการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 6 เดือน มีสหสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันคือ มี สหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวกับความเหลืองข้าวสาร ขณะที่เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวกับเปอร์เซ็นต์อะไมโลส และความเหลืองข้าวสาร กับเปอร์เซ็นต์อะไมโลส มีสหสัมพันธ์ทางลบ ส่วน การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที และการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 6 เดือน มีสหสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันคือ มีสหสัมพันธ์ทางลบระหว่างเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวกับเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง และความเหลืองข้าวสารกับเปอร์เซ็นต์อะไมโลส ดังนั้นการเร่งความเก่า ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที และ ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที สามารถเปลี่ยนแปลงคุณภาพการสีของข้าวคล้ายกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือน โดยการเร่งความเก่าทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพิ่มขึ้น ขณะที่ความขาวข้าวสารมีค่าใกล้เคียงกับข้าวใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการหุงต้มของข้าวเปลือกที่ผ่านการเก็บรักษา และผ่านการเร่งความเก่าด้วยวิธีการต่างๆ

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างคุณภาพการหุงต้มของข้าวที่เก็บรักษานาน 6 เดือน (ตารางที่ 4.43) พบว่าความคงตัวของเจลมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับการคืนตัวของแป้งข้าว และเปอร์เซ็นต์อะไมโลส แสดงว่าเมื่อความคงตัวของเจลเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าการคืนตัวของแป้งข้าวและเปอร์เซ็นต์อะไมโลสเพิ่มขึ้นตาม และอัตราการยืดตัวของเมล็ดมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด ค่าความเหนียวติดกัน และเปอร์เซ็นต์อะไมโลส ขณะที่ค่าค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดสุดท้ายมีสหสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าเมื่ออัตราการยืดตัวของเมล็ดเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด ค่าความเหนียวติดกัน และเปอร์เซ็นต์อะไมโลสมีค่าเพิ่มขึ้นตาม ยกเว้นค่าค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดสุดท้ายมีค่าลดลง ส่วนค่าความแข็งของข้าวสุกมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความเกาะติดกันและค่าการเคี้ยว ขณะที่ความชื้นข้าวเปลือกและค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งมีสหสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าเมื่อค่าความแข็งของข้าวสุกเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความเกาะติดกันและค่าการเคี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้นตาม ขณะที่ความชื้นข้าวเปลือกและค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งลดลง และ การเก็บรักษานาน 12 เดือน (ตารางที่ 4.44) พบว่าความคงตัวของเจลมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความยืดหยุ่น ค่าการเกาะติดกัน และค่าการเคี้ยว ขณะที่ความชื้นข้าวเปลือกมีสหสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าเมื่อความคงตัวของเจลเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความยืดหยุ่น ค่าการเกาะติดกัน และค่าการเคี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้นตาม ยกเว้นความชื้นข้าวเปลือกที่มีค่าลดลง ส่วนอัตราการยืดตัวของเมล็ดมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับความชื้นข้าวเปลือก ค่าความหนืดสุดท้ายและเปอร์เซ็นต์อะไมโลส ขณะที่ค่าความยืดหยุ่น ค่าการเกาะติดกัน และค่าการเคี้ยวมีสหสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าเมื่ออัตราการยืดตัวของเมล็ดเพิ่มขึ้น ทำให้ความชื้นข้าวเปลือก ค่าความหนืดสุดท้ายและเปอร์เซ็นต์อะไมโลสมีค่าเพิ่มขึ้นตาม ยกเว้นค่าความยืดหยุ่น ค่าการเกาะติดกัน และค่าการเคี้ยวที่มีค่าลดลง และค่าความแข็งของข้าวสุกมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความหนืดสูงสุด ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งข้าว และค่าความหนืดสุดท้าย ขณะที่ค่าความเหนียวติดกันมีสหสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าเมื่อค่าความแข็งของข้าวสุกเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความหนืดสูงสุด ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งข้าว และค่าความหนืดสุดท้ายมีค่าเพิ่มขึ้นตาม ขณะที่ค่าความเหนียวติดกันที่มีค่าลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที (ตารางที่ 4.45) พบว่าความคงตัวของเจลมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งข้าว ค่าการคืนตัวของแป้งข้าว และค่าความหนืดสุดท้าย ขณะที่อัตราการยืดตัวของเมล็ดและค่าความยืดหยุ่นมีสหสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าเมื่อความคงตัวของเจลเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งข้าว ค่าการคืนตัวของแป้งข้าว และค่าความหนืดสุดท้ายมีค่าเพิ่มขึ้นตาม ยกเว้นอัตราการยืดตัวของเมล็ดและค่าความยืดหยุ่นที่มีค่าลดลง ส่วนอัตราการยืดตัวของเมล็ดมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง ค่าการคืนตัวของแป้งข้าว ความคงตัวของเจล และค่าความแข็งของข้าวสุก แสดงว่าเมื่ออัตราการยืดตัวของเมล็ดลดลงทำให้ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง ค่าการคืนตัวของแป้งข้าว ความคงตัวของเจล และค่าความแข็งของข้าวสุกมีค่าลดลงตาม ส่วนค่าความแข็งของข้าวสุกมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งข้าว ขณะที่อัตราการยืดตัวของเมล็ดและค่าความเหนียวติดกันมีสหสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าเมื่อค่าความแข็งของข้าวสุกเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นตาม ยกเว้นอัตราการยืดตัวของเมล็ดและค่าความเหนียวติดกันที่มีลดลง และ การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที (ตารางที่ 4.46) พบว่าความคงตัวของเจลมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความหนืดสูงสุด ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยว ขณะที่ค่าความความเหนียวติดกันมีสหสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าเมื่อความคงตัวของเจลเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความหนืดสูงสุด ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้นตาม ยกเว้นค่าความความเหนียวติดกันที่มีค่าลดลง และอัตราการยืดตัวของเมล็ดมีสหสัมพันธ์ทางลบกับเปอร์เซ็นต์อะไมโลส ขณะที่ความชื้นข้าวเปลือก ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยวของข้าวสุกมีสหสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าเมื่ออัตราการยืดตัวของเมล็ดลดลงทำให้เปอร์เซ็นต์อะไมโลสมีค่าเพิ่มขึ้นตาม ยกเว้นความชื้นข้าวเปลือก ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยวของข้าวสุกที่มีค่าลดลง ส่วนค่าความแข็งของข้าวสุกมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความหนืดสูงสุด ความคงตัวของเจล และเปอร์เซ็นต์อะไมโลส ขณะที่ค่าความเหนียวติดกันและค่าการเกาะติดกันมีสหสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าเมื่อค่าความแข็งของข้าวสุกเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความหนืดสูงสุด ความคงตัวของเจล และเปอร์เซ็นต์อะไมโลสมีค่าเพิ่มขึ้นตาม ยกเว้นค่าความเหนียวติดกันและค่าการเกาะติดกันที่มีค่าลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คุณภาพการหุงต้มของข้าว พบว่าการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 6 เดือน และการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 12 เดือน มีสหสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันคือ มีสหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างความคงตัวของเจลกับค่าการเคี้ยวของข้าวสุก อัตราการยืดตัวของเมล็ดกับความชื้นข้าวเปลือก ค่าความหนืดสูงสุดกับค่าความหนืดสุดท้าย ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้งกับค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด ค่าการเคี้ยวกับค่าความยืดหยุ่นของข้าวสุก และค่าการเคี้ยวกับค่าความเกาะติดกันของข้าวสุก ขณะที่ค่าความแข็งและค่าความเหนียวติดกันของข้าวสุก ค่าการคืนตัวของแป้งกับค่าความหนืดสูงสุด และค่าการเคี้ยวของข้าวสุกกับความชื้นข้าวเปลือกมีสหสัมพันธ์ทางลบ ดังนั้นระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มของข้าว โดยระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทำให้ ความคงตัวของเจลมีอัตราการคืนตัวลดลงทำให้แป้งสุกมีความแข็ง และอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวมีการขยายขนาดเมล็ดข้าวสุกทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นและข้าวนุ่มมากขึ้น ส่วนความหนืดข้นของแป้งข้าวและเนื้อสัมผัสของข้าวสุกมีความเหนียวลดลง ส่วนความแข็งและร่วนเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา

การเร่งความเก่าข้าวเปลือก พบว่า การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที และการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 6 เดือน มีสหสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันคือ มี สหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างความคงตัวของเจลกับค่าความหนืดสูงสุด ความคงตัวของเจลกับค่าการเคี้ยวของข้าวสุก อัตราการยืดตัวของเมล็ดกับค่าการคืนตัวของแป้ง อัตราการยืดตัวของเมล็ดกับค่าความเหนียวติดกัน อัตราการยืดตัวของเมล็ดกับค่าการเคี้ยวของข้าวสุก และค่าการเคี้ยวกับค่าความแข็งของข้าวสุก ขณะที่อัตราการยืดตัวของเมล็ดกับค่าการเคี้ยวของข้าวสุก ค่าการเคี้ยวกับค่าความเหนียวติดกันของข้าวสุก และ ค่าความแข็งและค่าความเหนียวกันของข้าวสุกมีสหสัมพันธ์ทางลบ ส่วน การเร่งความเก่าโดยใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที และการเก็บรักษาข้าวเปลือกนาน 6 เดือน มีสหสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันคือมีสหสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันคือ มี สหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างความคงตัวของเจลกับค่าการคืนตัวของแป้ง ค่าความหนืดสูงสุดกับค่าความหนืดสุดท้าย ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืดกับค่าการคืนตัวของแป้ง และค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืดกับเปอร์เซ็นต์อะไมโลส ขณะที่อัตราการยืดตัวของเมล็ดกับค่าความหนืดสุดท้าย ค่าความหนืดสูงสุดกับค่าการคืนตัวของแป้ง ค่าความแข็งของข้าวสุกกับความชื้นข้าวเปลือก ค่าความแข็งและค่าความเหนียวกันของข้าวสุก และความคงตัวของเจลค่าการเคี้ยวของข้าวสุกมีสหสัมพันธ์ทางลบ ดังนั้นการเร่งความเก่า ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที และ ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถเปลี่ยนแปลงคุณภาพการการหุงต้มของข้าวคล้ายกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือน โดยการเร่งความเก่าทำให้ความคงตัวของเจลมีอัตราการคืนตัวลดลงทำให้แป้งสุกมีความแข็งเพิ่มขึ้น ขณะที่อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวมีการขยายขนาดเมล็ดข้าวสุกทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นและข้าวนุ่มมากขึ้น ส่วนความหนืดข้นของแป้งข้าวและเนื้อสัมผัสของข้าวสุกมีความเหนียวลดลง ส่วน ความแข็งและร่วนเพิ่มขึ้นคล้ายกับข้าวเก่าที่เก็บรักษานาน 6 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.39 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสี และปริมาณอะไมโลส ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือน

	ความชื้นข้าวเปลือก (เปอร์เซ็นต์)	เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง	เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว	เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว	ความขาวข้าวสาร	ความเหลืองข้าวสาร
เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง	0.248*					
เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว	-0.595*	-0.547*				
เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว	0.771*	-0.360*	-0.027ns			
ความขาวข้าวสาร	0.924*	0.588*	-0.641*	0.528*		
ความเหลืองข้าวสาร	-0.070ns	-0.402*	0.837*	0.433*	-0.130ns	
เปอร์เซ็นต์อะไมโลส	0.371*	0.934*	-0.805*	-0.302*	0.636*	-0.670*

* : มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ns : ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.40 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสี และปริมาณอะไมโลส ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ผ่านการเก็บรักษานาน 12 เดือน

	ความชื้นข้าวเปลือก (เปอร์เซ็นต์)	เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง	เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว	เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว	ความขาวข้าวสาร	ความเหลืองข้าวสาร
เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง	0.801*					
เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว	-0.852*	-0.805*				
เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว	0.001ns	0.566*	-0.354*			
ความขาวข้าวสาร	0.789*	0.651*	-0.384*	-0.172*		
ความเหลืองข้าวสาร	0.916*	0.527*	-0.809*	-0.256*	0.585*	
เปอร์เซ็นต์อะไมโลส	0.707*	0.240*	-0.708*	-0.364*	0.265*	0.929*

* : มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ns : ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.41 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสี และปริมาณอะไมโลส ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ผ่านการเร่งความเก่าข้าวเปลือก โดยการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที

	ความชื้นข้าวเปลือก (เปอร์เซ็นต์)	เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง	เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว	เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว	ความขาวข้าวสาร	ความเหลืองข้าวสาร
เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง	-0.107 ^{ns}					
เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว	0.408*	-0.315*				
เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว	-0.479*	0.622*	-0.931*			
ความขาวข้าวสาร	0.325*	-0.972*	0.328*	-0.649*		
ความเหลืองข้าวสาร	-0.110 ^{ns}	0.505*	-0.931*	0.910*	-0.442*	
เปอร์เซ็นต์อะไมโลส	-0.252*	0.180*	0.687*	-0.426*	-0.296*	-0.719*

* : มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ^{ns} : ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.42 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสี และปริมาณอะไมโลส ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ผ่านการเร่งความเก่าข้าวเปลือก โดยการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที

	ความชื้นข้าวเปลือก (เปอร์เซ็นต์)	เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง	เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว	เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว	ความขาวข้าวสาร	ความเหลืองข้าวสาร
เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง	0.094 ns					
เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว	0.928 *	0.453 *				
เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว	-0.180 *	-0.932 *	-0.526 *			
ความขาวข้าวสาร	-0.782 *	0.113 ns	-0.694 *	0.177 *		
ความเหลืองข้าวสาร	-0.222 *	0.946 *	0.156 *	-0.884 *	0.302 *	
เปอร์เซ็นต์อะไมโลส	-0.204 *	-0.994 *	-0.550 *	0.944 *	-0.010 ns	-0.907 *

* : มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ns : ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.43 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการหุงต้ม และปริมาณอะไมโลส ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือน

	ความชื้นข้าวเปลือก	ค่าความหนืดสูงสุด	ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง	ค่าการคืนตัวของแป้ง	ค่าความหนืดสุดท้าย	ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด	ความคงตัวของเจล	อัตราการยืดตัวของเมล็ด	ค่าความแข็ง	ค่าความเหนียวติดกัน	ค่าความยืดหยุ่น	ค่าความเกาะติดกัน	ค่าการเคี้ยว
ค่าความหนืดสูงสุด	-0.185 *												
ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง	0.984 *	-0.013 ns											
ค่าการคืนตัวของแป้งข้าว	-0.057 ns	-0.727 *	-0.148 ns										
ค่าความหนืดสุดท้าย	-0.334 *	0.685 *	-0.181 *	0.003 ns									
ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด	0.656 *	-0.862 *	0.518 *	0.555 *	-0.669 *								
ความคงตัวของเจล	0.166 *	-0.471 *	0.135 ns	0.906 *	0.273 *	0.483 *							
อัตราการยืดตัวของเมล็ด	0.569 *	-0.913 *	0.417 *	0.573 *	-0.724 *	0.992 *	0.447 *						
ค่าความแข็ง	-0.830 *	-0.336 *	-0.888 *	0.586 *	0.137 ns	-0.158 *	0.306 *	-0.067 *					
ค่าความเหนียวติดกัน	0.811 *	-0.211 *	0.819 *	0.385 *	0.095 ns	0.603 *	0.674 *	0.503 *	-0.495 ns				
ค่าความยืดหยุ่น	-0.817 *	0.464 *	-0.722 *	0.124 ns	0.810 *	-0.756 *	0.143 ns	-0.736 *	0.640 *	-0.403 *			
ค่าความเกาะติดกัน	-0.725 *	-0.020 ns	-0.702 *	0.601 *	0.611 *	-0.329 *	0.540 *	-0.295 *	0.848 *	-0.187 *	0.864 *		
ค่าการเคี้ยว	-0.830 *	-0.003 ns	-0.814 *	0.519 *	0.550 *	-0.402 *	0.404 *	-0.351 *	0.902 *	-0.351 *	0.884 *	0.985 *	
เปอร์เซ็นต์อะไมโลส	0.371 *	-0.617 *	0.311 *	0.887 *	0.040 ns	0.694 *	0.964 *	0.656 *	0.156 *	0.768 *	-0.124 ns	0.317 *	0.178 *

* : มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ns : ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.44 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการหุงต้ม และปริมาณอะไมโลส ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ผ่านการเก็บรักษานาน 12 เดือน

	ความชื้นข้าวเปลือก	ค่าความหนืดสูงสุด	ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง	ค่าการคืนตัวของแป้ง	ค่าความหนืดสุดท้าย	ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด	ความคงตัวของเจล	อัตราการยืดตัวของเมล็ด	ค่าความแข็ง	ค่าความเหนียวติดกัน	ค่าความยืดหยุ่น	ค่าความเกาะติดกัน	ค่าการเคี้ยว
ค่าความหนืดสูงสุด	-0.019^{ns}												
ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง	0.166^{*}	0.959^{*}											
ค่าการคืนตัวของแป้งข้าว	0.423^{*}	-0.738^{*}	-0.517^{*}										
ค่าความหนืดสุดท้าย	0.431^{*}	0.688^{*}	0.865^{*}	-0.017^{ns}									
ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด	-0.185^{*}	0.900^{*}	0.746^{*}	-0.949^{*}	0.313^{*}								
ความคงตัวของเจล	-0.791^{*}	0.008^{ns}	-0.007^{ns}	0.001^{ns}	0.006^{ns}	-0.106^{ns}							
อัตราการยืดตัวของเมล็ด	0.891^{*}	0.289^{*}	0.515^{*}	0.335^{*}	0.790^{*}	-0.027^{ns}	-0.500^{*}						
ค่าความแข็ง	-0.128^{ns}	0.897^{*}	0.932^{*}	-0.477^{*}	0.814^{*}	0.654^{*}	0.357^{*}	0.304^{*}					
ค่าความเหนียวติดกัน	-0.234^{*}	-0.965^{*}	-0.955^{*}	0.650^{*}	-0.731^{*}	-0.857^{*}	0.239^{*}	-0.478^{*}	-0.804^{*}				
ค่าความยืดหยุ่น	-0.971^{*}	-0.095^{ns}	-0.226^{*}	-0.215^{*}	-0.378^{*}	-0.006^{ns}	0.896^{*}	-0.830^{*}	0.111^{ns}	0.353^{*}			
ค่าความเกาะติดกัน	-0.988^{*}	0.114^{ns}	-0.046^{ns}	-0.420^{*}	-0.288^{*}	0.219^{*}	0.856^{*}	-0.809^{*}	0.265^{*}	0.148^{ns}	0.974^{*}		
ค่าการเคี้ยว	-0.976^{*}	0.092^{ns}	-0.048^{ns}	-0.358^{*}	-0.253^{*}	0.166^{*}	0.896^{*}	-0.779^{*}	0.278^{*}	0.172^{*}	0.982^{*}	0.997^{*}	
เปอร์เซ็นต์อะไมโลส	0.707^{*}	0.124^{ns}	0.399^{*}	0.571^{*}	0.799^{*}	-0.287^{*}	-0.136^{ns}	0.906^{*}	0.329^{*}	-0.245^{*}	-0.558^{*}	-0.600^{*}	-0.540^{*}

* : มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ns : ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.45 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสี และปริมาณอะไมโลส ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ผ่านการเร่งความเก่าข้าวเปลือก โดยการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที

	ความชื้นข้าวเปลือก	ค่าความหนืดสูงสุด	ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง	ค่าการคืนตัวของแป้ง	ค่าความหนืดสุดท้าย	ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด	ความคงตัวของเจล	อัตราการยืดตัวของเมล็ด	ค่าความแข็ง	ค่าความเหนียวติดกัน	ค่าความยืดหยุ่น	ค่าความเกาะติดกัน	ค่าการเคี้ยว
ค่าความหนืดสูงสุด	-0.216*												
ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง	-0.052ns	0.344*											
ค่าการคืนตัวของแป้งข้าว	0.592*	-0.534*	0.476*										
ค่าความหนืดสุดท้าย	0.432*	0.405*	0.850*	0.557*									
ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด	0.486*	-0.949*	-0.198*	0.736*	-0.135ns								
ความคงตัวของเจล	0.593*	0.061ns	0.769*	0.811*	0.936*	0.222*							
อัตราการยืดตัวของเมล็ด	0.044ns	0.167*	-0.863*	-0.727*	-0.620*	-0.262*	-0.707*						
ค่าความแข็ง	-0.381*	0.430*	0.942*	0.216*	0.652*	-0.382*	0.510*	-0.791*					
ค่าความเหนียวติดกัน	0.387*	-0.883*	-0.697*	0.276*	-0.566*	0.841*	-0.260*	0.286*	-0.801*				
ค่าความยืดหยุ่น	-0.790*	0.236*	-0.509*	-0.917*	-0.760*	-0.521*	-0.932*	0.577*	-0.196*	-0.102ns			
ค่าความเกาะติดกัน	-0.984*	0.104ns	0.143ns	-0.441*	-0.379*	-0.364*	-0.497*	-0.199*	0.452*	-0.349*	0.686*		
ค่าการเคี้ยว	-0.993*	0.220*	-0.057ns	-0.672*	-0.514*	-0.503*	-0.680*	0.073ns	0.279*	-0.339*	0.857*	0.960*	
เปอร์เซ็นต์อะไมโลส	-0.204*	-0.912*	-0.336*	0.276*	-0.598*	0.745*	-0.321*	-0.172*	-0.283*	0.728*	0.104ns	0.308*	0.199*

* : มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)   ns : ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.46 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสี และปริมาณอะไมโลส ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ผ่านการเร่งความเก่าข้าวเปลือก โดยการใช้ RF ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที

	ความชื้นข้าวเปลือก	ค่าความหนืดสูงสุด	ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง	ค่าการคืนตัวของแป้ง	ค่าความหนืดสุดท้าย	ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด	ความคงตัวของเจล	อัตราการยืดตัวของเมล็ด	ค่าความแข็ง	ค่าความเหนียวติดกัน	ค่าความยืดหยุ่น	ค่าความเกาะติดกัน	ค่าการเคี้ยว
ค่าความหนืดสูงสุด	0.204^{*}												
ค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง	-0.377^{*}	0.829^{*}											
ค่าการคืนตัวของแป้งข้าว	-0.840^{*}	0.068^{ns}	0.563^{*}										
ค่าความหนืดสุดท้าย	-0.131^{ns}	0.927^{*}	0.959^{*}	0.436^{*}									
ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด	-0.487^{*}	0.741^{*}	0.985^{*}	0.697^{*}	0.930^{*}								
ความคงตัวของเจล	0.671^{*}	0.835^{*}	0.398^{*}	-0.488^{*}	0.570^{*}	0.252^{*}							
อัตราการยืดตัวของเมล็ด	-0.878^{*}	-0.410^{*}	0.095^{ns}	0.478^{*}	-0.191^{*}	0.158^{*}	-0.674^{*}						
ค่าความแข็ง	0.287^{*}	0.797^{*}	0.563^{*}	-0.345^{*}	0.589^{*}	0.411^{*}	0.850^{*}	-0.185^{*}					
ค่าความเหนียวติดกัน	-0.566^{*}	-0.894^{*}	-0.513^{*}	0.387^{*}	-0.662^{*}	-0.372^{*}	-0.991^{*}	0.594^{*}	-0.891^{*}				
ค่าความยืดหยุ่น	0.980^{*}	0.337^{*}	-0.234^{*}	-0.721^{*}	0.034^{ns}	-0.335^{*}	0.730^{*}	-0.952^{*}	0.305^{*}	-0.636^{*}			
ค่าความเกาะติดกัน	-0.457^{*}	-0.259^{*}	0.053^{ns}	0.766^{*}	0.054^{ns}	0.219^{*}	-0.603^{*}	0.078^{ns}	-0.775^{*}	0.583^{*}	-0.350^{*}		
ค่าการเคี้ยว	0.873^{*}	0.494^{*}	-0.015^{ns}	-0.477^{*}	0.266^{*}	-0.089^{ns}	0.743^{*}	-0.995^{*}	0.278^{*}	-0.671^{*}	0.952^{*}	-0.134^{ns}	
เปอร์เซ็นต์อะไมโลส	-0.922^{*}	0.061^{ns}	0.570^{*}	0.695^{*}	0.315^{*}	0.620^{*}	-0.380^{*}	0.871^{*}	0.098^{ns}	0.256^{*}	-0.909^{*}	0.124^{ns}	-0.830^{*}

* : มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ^{ns} : ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved