

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบต่อคุณภาพข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ

จุฑารพ หยาดไธสง^{1,2,3} และ สมชาย ชวนอุดม^{1,2,3}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 ถ.มิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

² ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 ถ.มิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

ผู้เขียนติดต่อ: จุฑารพ หยาดไธสง E-mail: puppy_slave@hotmail.com

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นธัญพืชที่มีความหลากหลายในด้านคุณภาพของเมล็ด โดยข้าวสารที่ได้จากการสีข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวไม่นานนัก หรือที่เรียกกันว่า “ข้าวใหม่” ส่วนข้าวสารที่ได้จากการสีข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 4 ถึง 6 เดือน หรือที่เรียกกันว่า “ข้าวเก่า” การเปลี่ยนแปลงข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าเกิดขึ้นตั้งแต่หลังการเก็บเกี่ยวจนถึงขั้นตอนการเก็บรักษา โดยทางสมบัติทางด้านเคมีกายภาพของเมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้สมบัติการดูดซับน้ำ การพองตัว การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง และปริมาณอะไมโลส เพิ่มสูงขึ้น ในการทำผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ทำจากแป้งข้าวเหนียวใช้ข้าวเก่าซึ่งมีสมบัติความหนืดของแป้งสูง การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบต่อคุณภาพข้าวสารที่มีปริมาณอะไมโลสเริ่มต้นต่ำ โดยใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อุณหภูมิที่ใช้อบเท่ากับ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการอบ 2 4 6 และ 8 ชั่วโมง พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาสูงขึ้นจะทำให้ค่า trough viscosity, final viscosity, setback viscosity, ค่าสี (b) และเปอร์เซ็นต์การแตกหักมีค่าสูง

คำสำคัญ: ข้าวเก่า; อะไมโลสในข้าว; ความหนืดของน้ำแป้งข้าว

บทนำ

ข้าวเป็นธัญพืชที่มีความหลากหลายในคุณภาพของเมล็ด ข้าวสารที่ได้จากการสีข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวไม่นานนัก หรือที่เรียกกันว่า “ข้าวใหม่” ส่วนข้าวสารที่ได้จากการสีข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 4 ถึง 6 เดือน หรือที่เรียกกันว่า “ข้าวเก่า” คุณภาพในการหุงต้มจะขึ้นหม้อ ไม่มีกลิ่นหอม เมล็ดข้าวสุกร่วนไม่ติดกันเป็นก้อน (กรมการค้าภายใน, 2532)

Moritaka, Yasumatsu (1972) พบว่า ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวต้องใช้ข้าวเก่าจึงจะได้ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีคุณภาพดี เนื่องจากการคืนสภาพของน้ำแป้งจากแป้งข้าวเก่าเกิดได้ดีกว่าและมีลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แปรรูปดีกว่า เช่น การทำก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน เป็นต้น และผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์จากข้าวยังนิยมใช้ข้าวเก่ามาทำเป็นผลิตภัณฑ์มากกว่าข้าวใหม่ แต่การเก็บรักษาข้าวเปลือกเพื่อ

รอให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าด้วยวิธีดั้งเดิมจะใช้ระยะเวลาเวลานานมาก ทำให้สูญเสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย (สุนทร สืบคำ และคณะ, 2552) แต่ในความเป็นจริงในระหว่างการรับซื้อข้าวเปลือก ผู้ประกอบการไม่มีเวลาที่เร่งความเก่าของข้าวเปลือกความชื้นสูงจำนวนมากได้ทันในระยะเวลาอันสั้น สุนทร สืบคำ และคณะ (2552) จึงศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวที่ระดับความชื้นต่ำด้วยการเปลี่ยนสภาพข้าวสารใหม่ให้กลายเป็นข้าวสารเก่าภายใต้ความร้อนและความดัน

สิริชัย ส่งเสริมพงษ์ (2554) พบว่า คุณภาพความเก่าของข้าวเป็นปัจจัยสำคัญในการบริโภค ซึ่งกรรมวิธีแบบดั้งเดิมในการผลิตข้าวเก่า นั้นจะต้องทำการเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 4 เดือน โดยที่การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกนั้นสามารถทำได้โดยการนำข้าวเปลือกมาผ่านกระบวนการให้ความร้อน การเปลี่ยนแปลง



ข้าวใหม่เป็นข้าวเก่า เกิดขึ้นตั้งแต่หลังการเก็บเกี่ยวจนถึงขั้นตอนการเก็บรักษา โดยทางสมบัติทางด้านเคมีกายภาพของเมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้สมบัติการดูดซับน้ำ การพองตัว การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง และปริมาณอะไมโลส เพิ่มสูงขึ้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าข้าวเก่าที่เก็บไว้ตามธรรมชาติจะมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้น (สุนทร สืบคำ และคณะ., 2552 อ้างจาก Zhout, et al., 2002) โดยที่การเพิ่มอุณหภูมิ การเพิ่มความดัน และการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ ส่งผลต่อปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่กลิ่นหอมลดลง แต่การเก็บข้าวเปลือกไว้นานเพื่อให้ข้าวเปลือกเปลี่ยนสถานะจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าด้วยตัวของมันเองนั้น ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ นอกจากนี้ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการเก็บรักษา จึงส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตข้าวเก่าสูง (ภูมิสิทธิ์ วรรณขารี, 2545) นอกจากนี้ กัมปนาท มุขดี (2533) พบว่าการเก็บรักษาข้าวไว้อาจทำให้เกิดความสูญเสียในด้านของปริมาณข้าวลดลงเนื่องจากถูก มอด แมลง หนู ทำลาย หรือความชื้นลดลงทำให้เมล็ดข้าวสูญเสียน้ำหนักมวลแห้งไป การหายใจของเมล็ดและแมลงอาจเป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพ นอกเหนือจากการเข้าทำลายของเมล็ดโดยตรง และในการเก็บรักษาข้าวจะต้องมีค่าใช้จ่ายต่างๆ ตามมาอีก จึงเป็นสาเหตุให้ข้าวสารเก่ามีราคาสูงกว่าข้าวสารใหม่ (ฝ่ายวิจัยธุรกิจธนาคารกรุงไทย จำกัด, 2538)

จากการศึกษาของ สุนทร สืบคำ และคณะ (2552) พบว่า ข้าวสารซึ่งทำในอุปกรณ์ที่มีการควบคุมความดัน 800 ปาสกาล ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที มีค่าความหนืดของน้ำแป้งมีค่าใกล้เคียงความหนืดของแป้งข้าวเก่ามากที่สุด

สิริชัย ส่งเสริมพงษ์ (2554) ทำการศึกษาการใช้ไมโครเวฟแบบต่อเนื่องในการเร่งข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 พบว่าสำหรับข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการเร่งความเก่าโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ กำลัง 1000 วัตต์และนำไปเก็บรักษาต่อไปอีก 2 สัปดาห์ จะสามารถเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 ให้มีคุณสมบัติเหมือนข้าวเปลือกควบคุมที่เก็บได้ 14 สัปดาห์ 11 สัปดาห์ และ 7 สัปดาห์ ในกรณีที่วัดด้วยดัชนี อัตราการอุ้มน้ำ อัตราการขยายปริมาตร และ อัตราการยึดตัวของ

เมล็ด ตามลำดับ และข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าจะมีคุณสมบัติเหมือนข้าวเก่า (4 เดือน)ได้ เมื่อเก็บรักษาข้าวเปลือกหลังกระบวนการเร่งความเก่าเอาไว้ 7 สัปดาห์ 4 ถึง 7 สัปดาห์ และ 12 สัปดาห์ ในกรณีที่วัดด้วยค่าดัชนี อัตราการขยายปริมาตร อัตราการดูดซับน้ำ และ อัตราการยึดตัวของเมล็ดตามลำดับ และภูมิสิทธิ์ วรรณขารี (2545) ทำการศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 โดยการอบที่ภาชนะปิด พบว่าควรเร่งข้าวเปลือกในภาชนะปิดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสขึ้นไปแต่ไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาที่นานในการเก็บรักษาข้าวเพื่อให้ข้าวใหม่เปลี่ยนเป็นข้าวเก่า โดยกรรมวิธีแบบดั้งเดิมในการผลิตข้าวเก่าจะต้องทำการเก็บรักษาข้าวไว้เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 4 เดือน ซึ่งการเก็บรักษาที่นานจะทำให้ค่าใช้จ่ายและความสูญเสียของข้าว มีค่าเพิ่มสูงขึ้น และจากการศึกษาข้างต้น ดังนั้นผู้ทำการวิจัยได้มีแนวคิดที่จะศึกษาการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวสารที่มีปริมาณอะไมโลสเริ่มต้นที่แตกต่างกัน ในบทความนี้เป็นการศึกษาเฉพาะกับข้าวที่ปริมาณอะไมโลสเริ่มต้นต่ำ

วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบให้ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวสารที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ดำเนินการเก็บข้อมูล ณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัสดุทดสอบ

โดยใช้ข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า 15% (ฐานเปียก)

ปัจจัยที่ศึกษา

อุณหภูมิในการให้ความร้อน 3 ระดับ คือ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการอบ 4 ระดับ คือ 2 4 6 และ 8 ชั่วโมงทุกอุณหภูมิ

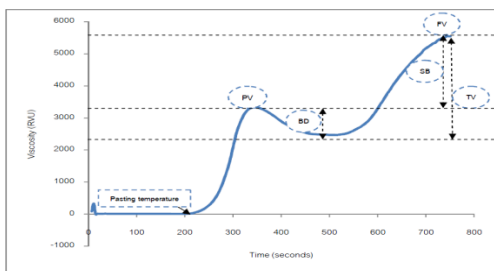
วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวอย่างควบคุม แล้วนำข้าวสารผ่านการให้ความร้อนด้วยตู้อบ โดยนำข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

ที่ปริมาณความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า 15% (ฐานเปียก) บรรจุใส่ถ้วยตัวอย่าง 100 กรัม แล้วปิดฝา อุณหภูมิในการให้ความร้อน 3 ระดับ คือ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการอบ 4 ระดับ คือ 2 4 6 และ 8 ชั่วโมงทุกอุณหภูมิ จำนวน 3 ซ้ำ แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าซีพี

ค่าซีพี

การวิเคราะห์ความหนืดของน้ำแป้งจะใช้เครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว ตามวิธีของ AACC (2000b) โดยนำเมล็ดข้าวสารตัวอย่างมาบดเป็นแป้งด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช ซึ่งน้ำหนักแป้งข้าว จำนวน 3 ± 0.01 กรัม ที่ความชื้น 14% จากนั้นบีบอัดน้ำกลั่น จำนวน 25 ± 0.10 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระบอกออลูมิเนียมของเครื่อง นำแป้งตัวอย่างที่ซึ่งไว้ใส่ในกระบอกออลูมิเนียม กวนแป้งให้ละลายเข้ากับน้ำ เมื่อเตรียมตัวอย่างเสร็จ นำกระบอกออลูมิเนียมที่มีน้ำแป้งใส่ในกวนเข้าที่เครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว จากนั้นกดกระบอกตัวอย่างน้ำแป้งลงในช่องรับของเครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว เครื่องทำงานอัตโนมัติรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส แล้วให้ความร้อนด้วยอัตราประมาณ 12 องศาเซลเซียสต่อนาที จนได้อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส ปล่อยให้ยู่ที่อุณหภูมินี้ประมาณ 2 นาที ให้ความเย็นด้วยอัตราประมาณ 12 องศาเซลเซียสต่อ นาทีจนถึงอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่านี้นาน 2 นาที ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ปรากฏบนกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของน้ำแป้งด้วยเครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว

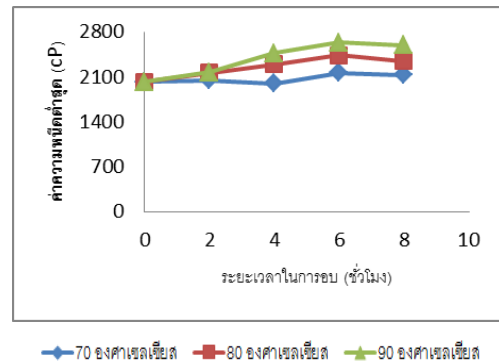
การวิเคราะห์ค่าการแตกตัวของเมล็ดด้วยวิธีการนับเมล็ดข้าวจำนวน 100 เมล็ดบนโต๊ะที่มีแสงไฟส่องเพื่อหาเมล็ดที่ถูกทำลายด้วยความร้อน

การวิเคราะห์ค่าซีพีของเมล็ดหลังจากการให้ความร้อนโดยใช้ Chromameter ซึ่งบรรจุตัวอย่างใส่ภาชนะบรรจุให้เต็ม จากนั้นให้ Chromameter วัดแล้วอ่านค่าที่ได้

ผลการทดลองและวิจารณ์

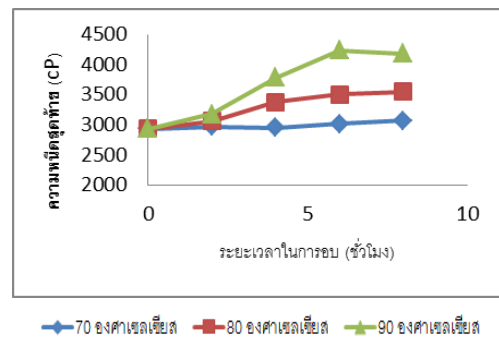
จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ค่าซีพีผลต่างๆ ดังแสดงในตาราง (ภาคผนวก)

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและค่าความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity) มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบเนื่องจากอัตราการแตกตัวของเม็ดแป้งมีค่าสูงมากกว่าอัตราการพองตัวของเม็ดแป้ง (งามชื่น, 2547) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและค่าความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity) ด้วยเครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว

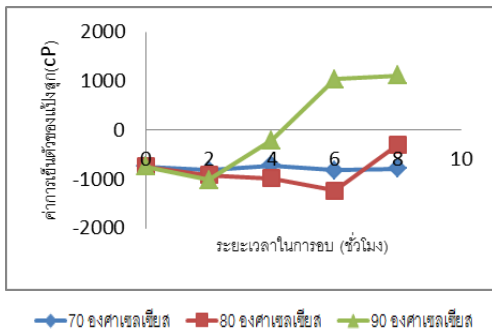
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) พบว่าหลังจากเมื่อน้ำแป้งเกิดการเย็นตัวลง จะเกิดการรวมตัวใหม่ของสารต่างๆ หรือการคืนตัว (retrogradation) ให้ความหนืดของน้ำแป้งสูงขึ้น ซึ่งอะไมโลสเป็นปัจจัยที่ทำให้แป้งมีอัตราการคืนตัวที่แตกต่างกัน (งามชื่น, 2547)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและความหนืด

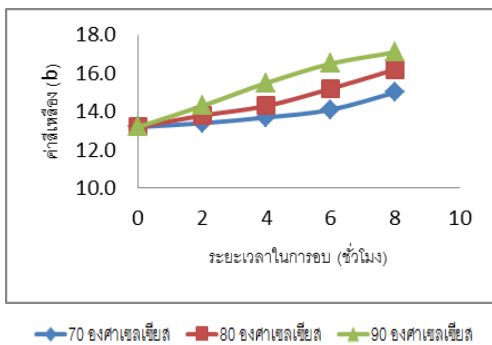
สุดท้าย (Final viscosity) ด้วยเครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและค่าการเย็นตัวของแป้งสูก (Setback viscosity) เป็นค่าที่อธิบายถึงการเย็นตัวของแป้งสูกที่เย็นตัวลงซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างความแตกต่างของค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) กับค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) เนื่องจากปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้น (งามขึ้น, 2547)

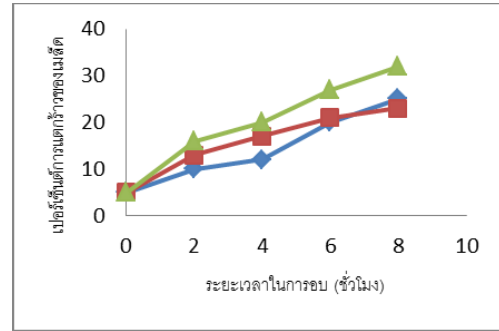


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและค่าการเย็นตัวของแป้งสูก (Setback viscosity) ด้วยเครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว

อุณหภูมิและระยะเวลาที่เพิ่มสูงขึ้น พบว่ามีผลต่อโครงสร้างของแป้งภายในเมล็ดข้าวจึงส่งผลต่อสีของเมล็ดข้าวที่เหลืองขึ้น และทำให้เมล็ดข้าวมีเปอร์เซ็นต์การข้าวเพิ่มสูงขึ้นด้วย ดังแสดงในภาพที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและค่าสีเหลือง (b)



— 70 องศาเซลเซียส — 80 องศาเซลเซียส — 90 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและเปอร์เซ็นต์การแตกตัวของเมล็ด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าภายใน. (2532). สถิติราคาข้าว ผลิตภัณฑ์ข้าวและกระสอบป่าน ปี 2520-2532. กองควบคุมข้าว (กองข้าวและพืชไร่) กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์. กรุงเทพฯ.
- กัมปนาท มุขดี. (2538). การวิจัยและพัฒนาข้าวในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- งามขึ้น คงเสรี. (2547). คุณภาพข้าวสวย. ในคุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและอุตสาหกรรม.
- ฝ่ายวิจัยธุรกิจธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน). (2538). Business Profile Rice Milling. กรุงเทพฯ.
- ภูมิสิทธิ์ วรรณขารี. (2545). การศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบเป็นปัจจัยเร่ง. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา

เครื่องจักรกลเกษตร]. ขอนแก่น: คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
สุนทร สืบคำ, นิลุบล บินไชย และพัชรินทร์ สมเทศ.
(2552). เทคนิคใหม่ด้วยการให้ความร้อนและความ
ดันในการทำข้าวสารใหม่ให้เป็นข้าวสารเก่า.
โครงการ IRPUS ประจำปี 2551.
สิริชัย ส่งเสริมพงษ์. (2554). การเร่งความเก่าของ
ข้าวเปลือกพันธุ์ พิษณุโลก 2 โดยการอบแห้งด้วย
คลื่นไมโครเวฟแบบต่อเนื่อง [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 14
ธันวาคม 2554.
http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/30Sirichai_Son/template.html.
AACC. (2000b). Determination of the pasting
properties of rice with Rapid Visco

Analyzer. Approved Methods of the AACC
61-02. 10ed. American Association of
Cereal Chemists. Minnesota, USA.

Moritaka, S. and Yasumatsu, K. (1972). Studies on
the cereal. X. The effect of sulfhydryl
groups on storage deterioration of milled
rice: studies on cereal (part 10). Eiyo
Srokuryo, 25(2), 59-62.

Zhout, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard,
C. (2002). Ageing of stored rice: changes in
chemical and physical attributes. Journal
of Cereal Science, 35, 65-78.

ตาราง ค่าความหนืดของน้ำแป้งด้วยเครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว

อุณหภูมิ (°C)	เวลาในการอบ (ชั่วโมง)	Peak viscosity	Trough viscosity	Breakdown	Final viscosity	Setback viscosity
ควบคุม		3680	2018	1663	2932	-748
70	2	3788	2047	1741	2965	-823
	4	3663	1998	1665	2945	-718
	6	3893	2161	1732	3012	-818
	8	3845	2124	1721	3062	-783
80	2	3974	2159	1815	3055	-919
	4	4354	2291	2063	3374	-980
	6	4737	2436	2301	3500	-1237
	8	3838	2344	1494	3542	-296
90	2	4189	2172	2017	3176	-1013
	4	3988	2465	1523	3783	-205
	6	3202	2629	573	4236	1034
	8	3070	2594	476	4178	1108

ตาราง เปอร์เซ็นต์การแตกข้าว และค่าสี

อุณหภูมิ (°C)	เวลาในการอบ (ชั่วโมง)	%การแตกหัก	ความสว่าง (L)	ค่าสีแดง (a)	ค่าสีเหลือง (b)
ควบคุม		5	72.4	0.8	13.2
70	2	10	71.0	0.8	13.4
	4	12	70.9	0.8	13.7
	6	20	72.7	0.9	14.1
	8	25	71.3	1.0	15.0
80	2	23	72.0	0.9	13.8
	4	27	74.0	1.1	14.3
	6	21	72.3	1.3	15.2
	8	23	73.7	1.5	16.2
90	2	16	73.2	1.2	14.3



อุณหภูมิ (°C)	เวลาในการอบ (ชั่วโมง)	%การแตกหัก	ความสว่าง (L)	ค่าสีแดง (a)	ค่าสีเหลือง (b)
ควบคุม		5	72.4	0.8	13.2
	4	20	75.1	1.5	15.5
	6	27	75.5	1.8	16.5
	8	32	74.9	2.1	17.1