

การใช้รีซิสแตนต์สตาร์ชจากสตาร์ชข้าวเจ้าตัดแปรด้วยความร้อนชื้นในผลิตภัณฑ์ทองพับ Use of Resistant Starch from Rice Starch Modified by Heat Moisture Treatment in Tong Pub Product

จิรนาถ บุญคง¹ ปิยนุสรณ์ น้อยดวง¹ ชลธิชา สุขยืนยงค์¹ และชুমัยยะห์ บูระกะ¹
Boonkong, J.¹, Noiduang, P.¹, Sookyounyong, C.¹ and Booraka, S.¹

Abstract

Modified starch by a heat moisture treatment with the condition of 30% moisture content at 110 °C for 90 min (R-HMT) was investigated. Comparison of resistant starch and amylose content between R-HMT among unmodified rice starch (URS) and commercial resistant starch (CRS) was studied. URS gave the lowest contents of resistant starch and amylose. The R-HMT and CRS content (0-25%, w/w) was applied in Tong Pub products. The highest amount of both modified starch substituted for URS was 25% (w/w). Its sensory evaluation and physicochemical properties results were appropriate for the products. Glucose digestibility was lower in Tong Pub product using the CRS than in that using R-HMT and URS, respectively. Shelf life stability of Tong Pub products was determined at 35 and 45 °C for 28 days. The results showed that shelf life was longer in the product with the CRS and in that with the R-HMT and URS, respectively.

Keywords: Heat-moisture treatment, Modified starch, Rice starch, Resistant starch

บทคัดย่อ

ตัดแปรสตาร์ชข้าวเจ้าโดยวิธีให้ความร้อนชื้น ที่สภาวะความชื้นร้อยละ 30 อุณหภูมิ 110 °C นาน 90 นาที (R-HMT) ศึกษาปริมาณรีซิสแตนต์สตาร์ชและปริมาณอะมิโลสเทียบกับสตาร์ชที่ไม่ตัดแปร (URS) และสตาร์ชตัดแปรทางการค้า (CRS) พบว่า URS มีปริมาณรีซิสแตนต์สตาร์ชและอะมิโลสต่ำสุด ศึกษาการใช้สตาร์ชตัดแปร R-HMT และ CRS ในผลิตภัณฑ์ทองพับ ที่ระดับร้อยละ 0-25 (โดยน้ำหนักแป้ง) พบว่าสตาร์ชตัดแปรทั้งสองชนิดสามารถทดแทนสตาร์ช URS ได้สูงสุดร้อยละ 25 ซึ่งมีคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และสมบัติทางเคมี-กายภาพที่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ทองพับที่ใช้ CRS มีปริมาณกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายต่ำกว่า สูตรที่ใช้ R-HMT และสตาร์ช CRS ตามลำดับ การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทองพับที่อุณหภูมิ 35 และ 45 °C เป็นเวลา 28 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์ทองพับสูตร CRS มีอายุการเก็บรักษานานกว่าสูตร R-HMT และสูตร URS ตามลำดับ

คำสำคัญ : การให้ความร้อนร่วมกับความชื้น, สตาร์ชตัดแปร, สตาร์ชข้าวเจ้า, รีซิสแตนต์สตาร์ช

คำนำ

รีซิสแตนต์สตาร์ช (resistant starch, RS) คือ แป้งที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์และไม่ถูกดูดซึมภายในลำไส้เล็กของมนุษย์ได้ พบได้ตามธรรมชาติ หรือสามารถเตรียมได้จากวิธีการตัดแปรต่างๆ ได้แก่ วิธีทางกายภาพ เช่น การเกิดรีโทรกราเดชันของแป้ง (retrogradation) การใช้ความร้อนชื้น (heat moisture treatment) วิธีทางชีวเคมี เช่น การใช้เอนไซม์ในการย่อยแป้ง และวิธีทางเคมี เช่น การใช้สารเคมีในการทำแป้งตัดแปร เช่น การใช้โซเดียมโมโนคลอโรอะซิเตต ตัดแปรแป้งให้เป็นแป้งตัดแปรคาร์บอกซีเมทิลสตาร์ช เป็นต้น (กล้านรงค์ และ เกื้อกุล, 2546) เนื่องจาก resistant starch มีสมบัติคล้ายเส้นใยอาหาร ซึ่งไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็กแต่ถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ภายในลำไส้ใหญ่ ได้เป็นกรดไขมันสายสั้นๆ เช่น acetate, propionate และ butyrate (Sajilata และคณะ, 2006) ซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่ายและระบบหมุนเวียนเลือด ช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคท้องผูก โรคอ้วน โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคหัวใจ และโรคเบาหวาน เป็นต้น (Higgins และคณะ, 2004) ในอุตสาหกรรมอาหารนิยมนำ resistant starch มาใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ขนมอบ คุกกี้ ขนมปังกรอบ เป็นต้น (Baixaul และคณะ, 2008) เพื่อช่วยให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่ดี ไม่ทำให้รสชาติและเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลง จากงานวิจัยของ จิรนาถ และคณะ (2558) ได้ศึกษาผลของความชื้นและระยะเวลาให้ความร้อนในการตัดแปรสตาร์ชข้าวเจ้าอะมิโลสสูง ตราข้างสามเศียร พบว่าสตาร์ชตัดแปร HMT-3 (ความชื้นร้อยละ 30 อุณหภูมิ 110 °C นาน 90 นาที) มีสมบัติทางเคมี-กายภาพเหมาะสมที่สุด จากการวิเคราะห์ความหนืดด้วย RVA พบว่า peak viscosity, final viscosity breakdown และ setback มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับสตาร์ชที่ไม่ตัดแปร มีโครงสร้างผลึกแบบ A-type มีค่า crystallinity (%) สูงกว่าสตาร์ชที่ไม่ตัดแปร เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray diffraction จึงเหมาะสมในการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเลือกใช้ในอาหารที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าเป็นหลัก เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมทองพับ ซึ่งเป็นขนมไทยประเภทขนมเคี้ยวที่รับประทานง่าย และได้รับความนิยม เพื่อพัฒนาให้เป็นอาหารสุขภาพมากขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสตาร์ชข้าวเจ้า

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, บางหว้า, ภาษีเจริญ, กรุงเทพฯ, 10160

¹ Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bang wa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

ตัดแปรต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ทองพับ เปรียบเทียบกับสตาร์ชตัดแปรทางการค้า และศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ และประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัดแปรสตาร์ชข้าวเจ้าอะมิโลสสูง (ตราช้างสามเศียร บริษัทโรงงานเส้นไหม้ขอเอง จำกัด) ด้วยวิธีให้ความร้อนร่วมกับความชื้น โดยควบคุมความชื้นเริ่มต้น 30% เวลาในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110°C 90 นาที ซึ่งใช้รหัสสิ่งทดลองคือ R-HMT (ประยุกต์โดย จิรนาถ และคณะ, 2558) ศึกษาปริมาณรีซิสแตนส์สตาร์ช (ชุดทดสอบ Resistant Starch Assay Procedure K-RSTAR (AOAC Method 2002.02) บริษัท Megazyme) และปริมาณอะมิโลส (Juliano, 1971) โดยวิธี colorimetric method และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงรุ่น UV-1601 Shimadzu Japan จากนั้นศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้สตาร์ชข้าวเจ้าตัดแปร (R-HMT) และสตาร์ชตัดแปรทางการค้า (NOVELOSE[®]330 บริษัท Ingredion (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งใช้รหัสสิ่งทดลองคือ CRS ในผลิตภัณฑ์ทองพับ โดยแปรผันปริมาณสตาร์ชตัดแปรทั้งสองชนิด ที่ระดับ 5, 10, 15, 20 และ 25% (โดยน้ำหนักแห้ง) และใช้สตาร์ชข้าวเจ้าไม่ตัดแปรเป็นสูตรควบคุม ตามส่วนผสมนี้ สตาร์ชข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง น้ำตาลทราย กะทิ เกลือ โซเดียม (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559) ผสมให้เข้ากัน และหยอดลงพิมพ์เครื่องทำวอฟเฟิล ปริมาตร 5 มิลลิเมตร ประกอบพิมพ์ทับกัน ใช้เวลา 1.30 นาที เมื่อสุกแล้ว เอาออกจากพิมพ์ให้เย็น แล้วเก็บใส่ในภาชนะบรรจุปิดสนิท จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้งสามสูตร มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-points hedonic scale เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ และนำสูตรที่คัดเลือกมาศึกษาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ค่า water activity (AQUA LAB รุ่น AW CX3TE) ค่าความแข็ง (Hardness) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser รุ่น TA-XT2) ค่าสี (วัดค่า L, a, b และคำนวณค่า Hue) โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab รุ่น Color Flex) และปริมาณกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (Glucose Digestibility) ตามวิธีของ Holm และคณะ, (1985) ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทองพับในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนแบบมีซิปปิดผนึก สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่า Peroxide Value (P.V.) (AOAC, 2000) นำผลการทดลองมาทำนายอายุการเก็บโดยคำนวณจากปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์ (Kinetic reaction) ร่วมกับการใช้สมการของอาร์เรเนียส (Arrhenius equation) ที่อุณหภูมิ 35 และ 45°C และทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประยุกต์จาก รุ่งนภา, 2548)

การทดสอบค่าวิเคราะห์ทางเคมี-กายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทุกการทดลอง สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ และการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองด้วย DMRT (Duncan's Multiple Range Test) โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สตาร์ชข้าวเจ้าตัดแปร (R-HMT และ CRS) มีปริมาณ RS ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าสูงกว่าสตาร์ชข้าวเจ้าที่ไม่ตัดแปร (Table 1) ในสตาร์ชที่มีความชื้นมาก เมื่อให้ความร้อนและลดอุณหภูมิลง ทำให้สตาร์ชที่ผ่านการเกิดเจล มีการจัดเรียงโครงสร้างของอะมิโลสที่กระจายตัวออกมาด้วยพันธะไฮโดรเจนเกิดเป็นร่างแหสามมิติที่แข็งแรงและทนทานมากขึ้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2546) ซึ่งส่งผลต่อการทนทานต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็ก สตาร์ชตัดแปร CRS มีปริมาณอะมิโลสสูงสุด รองลงมาคือ สตาร์ชตัดแปร R-HMT และ สตาร์ชที่ไม่ตัดแปร ตามลำดับ ซึ่งมีรายงานถึงความสัมพันธ์ในเชิงแปรผันตรงเชิงบวกระหว่างปริมาณอะมิโลสกับ RS (Imprapai และ Laohakunjit, 2010)

จากคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าทองพับที่ใช้สตาร์ชตัดแปร R-HMT ทุกระดับ มีคะแนนด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน (Table 2) โดยสูตรที่ใช้ R-HMT 15% มีคะแนนลักษณะปรากฏสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกับสูตรอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนทองพับที่ใช้สตาร์ชตัดแปรทางการค้า (CRS) 5% มีคะแนนทุกด้านสูงกว่าสูตรควบคุม (0%) แต่ไม่มีความแตกต่างกับสูตรอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีรีซิสแตนส์สตาร์ชมากที่สุด จึงคัดเลือกทองพับที่ใช้สตาร์ชตัดแปร R-HMT และ CRS ทดแทนแป้งสาลี 25% (โดยน้ำหนักแห้ง) มาศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ พบว่าทองพับที่ใช้สตาร์ชตัดแปร R-HMT มีค่าความชื้น ความแข็ง และค่าสีโดยรวม (Hue) ไม่แตกต่างกับทองพับที่ใช้สตาร์ชตัดแปร CRS แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้สตาร์ชตัดแปรทั้งสองชนิดทดแทนได้ในระดับเดียวกันโดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณภาพ และเมื่อเปรียบเทียบกับทองพับที่ใช้สตาร์ชไม่ตัดแปร ซึ่งมีความชื้น ปริมาณน้ำอิสระและค่าความแข็งมากกว่า (Table 4) ซึ่งเห็นว่าทองพับที่ใช้สตาร์ชตัดแปรทั้งสองชนิด มีความกรอบมากกว่า และสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า ส่วน ค่า Hue ซึ่งแสดงสีของทองพับทุกสูตร อยู่ในช่วง 67.90-69.73 แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีสีในโทนเดียวกัน คือสีเหลือง

ปริมาณกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (Figure 1) พบว่าในช่วงเวลา 30-90 นาที ทองพับที่ใช้สตาร์ชตัดแปร CRS มีปริมาณกลูโคสต่ำกว่า R-HMT และ สตาร์ชข้าวเจ้าที่ไม่ตัดแปร (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากสตาร์ชตัดแปร CRS มีปริมาณ RS และอะมิโลสสูงสุด (สอดคล้องกับผล Table 1) และที่เวลา 120 นาที ทองพับที่ใช้สตาร์ชตัดแปรทั้งสองชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน และสตาร์ชที่ไม่ตัดแปรมีปริมาณกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์สูงสุดตลอดช่วง 0-120 นาที จากการศึกษาอายุการ

เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทองพับเป็นเวลา 28 วัน พบว่าทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปร CRS มีการเปลี่ยนแปลงค่า P.V. น้อยที่สุด รองลงมาคือ ทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปร R-HMT และสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร โดยมีค่าคงที่ (ค่า k) ที่อุณหภูมิ 35°C เท่ากับ 0.7226, 0.7713 และ 0.8837 ตามลำดับ (Figure 2A) และ ค่า k ที่อุณหภูมิ 45°C เท่ากับ 1.420, 1.498 และ 1.524 ตามลำดับ (Figure 2B) และเมื่อคำนวณค่า Q₁₀ สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) ได้เท่ากับ 72, 62 และ 53 วัน ตามลำดับ และทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35°C ได้เท่ากับ 40, 36 และ 27 วัน ตามลำดับ

Table 1 Resistant starch and amylose content of unmodified rice starch, modified rice starch (R-HMT) and commercial resistant starch (CRS)

Starch	Resistant starch (mg/100 g)	Amylose (%)
Unmodified rice starch	3.69±0.64 ^b	29.26±0.09 ^c
R-HMT	107.20±16.62 ^a	52.47±0.14 ^b
CRS	111.00±11.75 ^a	82.36±5.05 ^a

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference (p<0.05)

Table 2 Sensory evaluation of modified rice starch (R-HMT) Tong Pub Product by 30 consumers.

Level of R-HMT substitution (%)	Attribute					
	Appearance	Color ^{ns}	Odor ^{ns}	Taste ^{ns}	Crispiness ^{ns}	Overall ^{ns}
0	7.11±1.07 ^a	6.58±1.35	6.94±1.05	6.56±1.11	6.72±1.16	6.78±0.96
5	6.89±1.29 ^{ab}	6.64±1.17	6.78±1.26	6.25±1.56	6.53±1.48	6.61±1.20
10	6.67±1.30 ^{ab}	6.61±1.23	6.47±1.21	6.75±1.17	6.83±1.36	6.89±1.31
15	7.11±1.31 ^a	7.00±1.25	6.97±1.17	6.69±1.28	6.89±1.02	6.86±1.12
20	6.44±0.84 ^b	7.17±1.28	6.61±1.17	6.39±1.44	6.47±1.45	6.44±1.39
25	6.58±1.26 ^{ab}	6.58±1.31	6.44±1.24	6.17±1.60	6.39±1.46	6.39±1.26

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference (p<0.05); ns: not significant difference

Table 3 Sensory evaluation of commercial resistant starch (CRS) Tong Pub Product

Level of CRS substitution (%)	Attribute					
	Appearance	Color	Odor	Taste	Crispiness	Overall
0	6.25±0.78 ^b	6.33±0.84 ^b	6.36±1.00 ^b	6.25±0.99 ^b	6.97±1.02 ^b	6.39±1.11 ^b
5	7.17±1.06 ^a	7.25±0.98 ^a	7.39±1.00 ^a	7.42±1.07 ^a	7.64±1.15 ^a	7.44±1.26 ^a
10	7.11±1.26 ^a	7.28±1.01 ^a	7.14±1.03 ^a	6.89±1.11 ^{ab}	7.17±0.94 ^{ab}	6.92±1.19 ^{ab}
15	7.03±1.26 ^a	6.78±1.35 ^{ab}	6.97±1.14 ^{ab}	6.78±1.26 ^{ab}	7.58±1.15 ^{ab}	6.86±1.20 ^{ab}
20	6.86±0.99 ^{ab}	7.00±1.26 ^a	6.94±1.14 ^{ab}	6.61±1.20 ^{ab}	7.06±1.07 ^{ab}	6.97±1.18 ^{ab}
25	6.83±1.04 ^{ab}	7.17±1.12 ^a	6.86±1.18 ^{ab}	6.86±0.94 ^{ab}	7.06±1.26 ^{ab}	6.81±1.21 ^{ab}

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference (p<0.05)

สรุปผล

สตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปรด้วยความร้อนชื้น (R-HMT) และสตาร์ชดัดแปรทางการค้า (CRS) ใช้ทดแทนสตาร์ชข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ทองพับได้สูงสุด 25% และมีคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ปริมาณกลูโคสที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ของทองพับที่ผลิตจากสตาร์ชดัดแปร CRS มีค่าต่ำสุด รองลงมาคือทองพับจากสตาร์ชดัดแปร R-HMT และสูตรควบคุมตามลำดับ และทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปรทางการค้ามีอายุการเก็บรักษานานที่สุด จากการทดลองเห็นได้ว่าสตาร์ชดัดแปร R-HMT มีแนวโน้มที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้

Table 4 Physical properties of unmodified, R-HMT and CRS Tong Pub Product

Tong Pub Formulae	Moisture (%)	Water Activity	Hardness (N)	Hue (°)
Unmodified	4.04±0.24 ^a	0.35±0.01 ^a	22.56±4.32 ^a	69.73±0.29 ^a
R-HMT	2.09±0.07 ^b	0.14±0.01 ^c	7.31±0.39 ^b	67.90±0.63 ^b
CRS	2.09±0.05 ^b	0.28±0.00 ^b	6.01±0.99 ^b	68.59±0.49 ^b

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p < 0.05$)

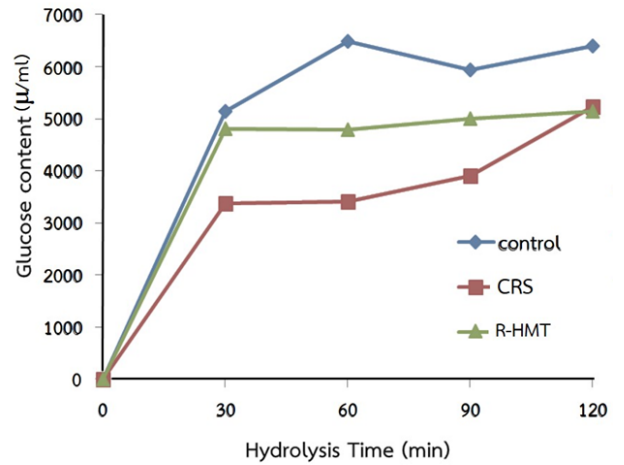


Figure 1 Glucose Digestibility (µg/ml) of Tong Pub Product

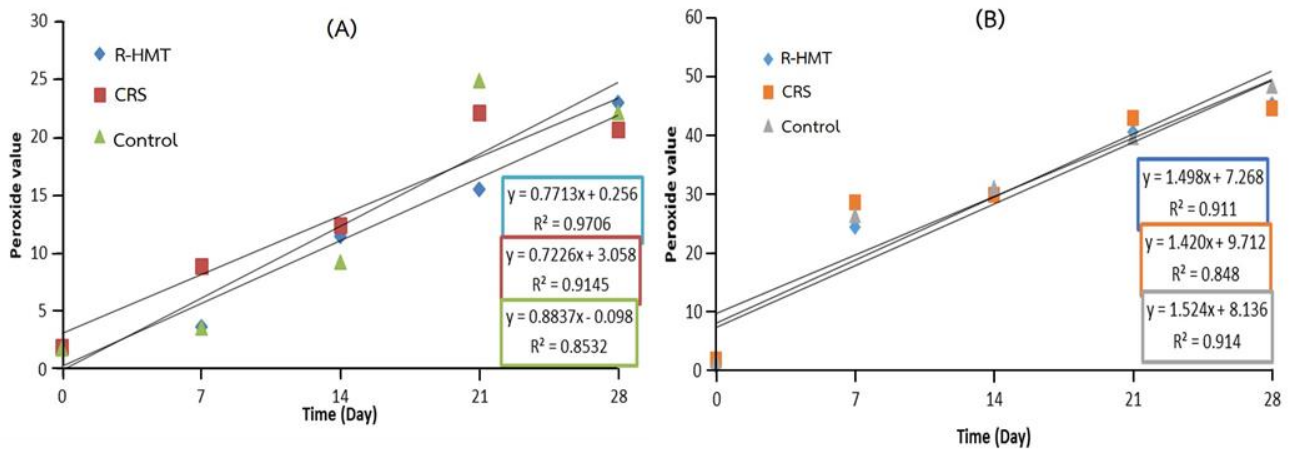


Figure 2 The peroxide value of Tong Pub Products that storage at 35°C (A) and 45°C (B)

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 303 หน้า.

จิรนาถ บุญคง ธนันท์พัชญ์ อภิชนสรณ์ และอนุไอนี้ ลำภู, 2558, ผลของความชื้น และระยะเวลาให้ความร้อนต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของสตร้าข้าวเจ้าตัดแปรโดยวิธีให้ความร้อนร่วมกับความชื้น, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46(3) (ฉบับพิเศษ): 713-716.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2548, การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารในสภาวะเร่ง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 48 หน้า.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, องค์ความรู้เรื่องข้าว, [สืบค้น], <http://www.brrd.in.th/rkb/product/index.php-file=content.php&id=59.htm>. [May 15, 2016].

A.O.A.C., 2000, Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists Inc., 17th ed., Virginia.

Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S.M., 2008. Muffins with Resistant Starch: Baking Performance in Relation to the Rheological Properties of the Batter, *Journal of Cereal Science*, 47: 502-509.

Higgins, J.A., Danna, H.R., Donahoo, W.T., Brown, I.L., Bell, M.L. and Bessesen, D.H., 2004. Resistant Starch Consumption Promotes lipid oxidation, *Nutrition and Metabolism*, 1: 1-8.

Holm, J., Bjorck, I., Asp, N.G., Sjoberg, L.B. and Lundquist, I., 1985, Starch Availability in Vitro and in Vivo After Flaking, Steam-Cooking and Popping of Wheat, *Journal of Cereal Science*, 3: 193-200.

Imrapai, K. Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N., 2010, Investigation Physical and Mechanical Properties of Edible Film from Cassava Starch and Rice Starch, *Agricultural Science Journal*, 41(3/1): 609-612.

Juliano, B.O., 1971, A Simplified Assay for Milled-Rice Amylose, *Cereal Science Today*, 16: 334-340.

Sajilata, M.G., Singhal, R.S., and Kullarni, P.R., 2006. Resistant starch: A Review *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 5 (1): 1-17.