Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 452-455 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 452-455 (2553)

การปรับปรุงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวปทุมธานี 1 ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

Postharvest Quality Improvement of Rice cv. Pathum Thani 1 by Radio Frequency

พลากร สำรีราษฎร์[1], **สุชาดา เวียรศิลป์**[1], **ณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ**[1], Dieter von Hörsten[2], Wolfgang Lücke[2] **และ สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์**[1]

Palakon Sumrerath[1], Suchada Vearasilp[1], Nattasak Krittigamas[1], Dieter von Hörsten[2], Wolfgang Lücke[2] and Sa-nguansak Thanapornpoonpong[1]

Abstract

The objective of this study was to improve the cooking quality of Pathum Thani 1 paddy after freshly harvested via the use of 27.12 MHz radio frequency (RF) heat treatment at 70, 85, and 100°C for the duration of 5, 10, and 15 minutes. After that, the rice was evaluated for the following qualities; elongation ratio, gel consistency, texture of cooked rice and viscosity. Testing found that RF heat treatments could improve the cooking quality of rice. Using the RF heating method at 100°C for duration of 15 minutes, the elongation ratio of kernel rice was increased while as the gel consistency of flour decreased. That changes were associated with the texture of cooked rice revealed the more increased in hardness, cohesiveness, springiness, chewiness and more decreased in adhesiveness. In addition, the changes in RVA showed that setback value and pasting temperature value were increased while as breakdown value decreased, the changes of cooking qualities were similar at the 6 months aged rice. Therefore, radio frequency heat treatment could improve the cooking qualities of the acceptability of consumers.

Key word: rice, radio frequency heat treatment, cooking quality

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อคุณภาพการหุงต้มของข้าวเปลือกปทุมธานี 1 หลังจากการเก็บเกี่ยวใหม่ โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุที่ระดับความถี่ 27.12 MHz โดยให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ 70, 85 และ 100°C เป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที หลังจากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพการหุงต้ม คือ อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าว ความคงตัวของเจล เนื้อสัมผัสของข้าวสุก และความหนืดข้น พบว่าการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุสามารถปรับปรุงคุณภาพการหุงต้มของข้าว โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ระยะเวลา 15 นาที ทำให้อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น ขณะที่ความคงตัวของเจลลดลงโดยการเปลี่ยนแปลงนี้สัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ซึ่งมีค่าความแข็ง การคงสภาพของเมล็ด การยืดหยุ่นสู่สภาพเดิมและค่าแรงที่ใช้บดเคี้ยวเพิ่มขึ้น และความเหนียวของข้าวสุกลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงของความหนืดข้นมีค่าความแข็งของข้าวและค่าอุณหภูมิที่ข้าวเริ่มสุกเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความเหนียวลดลง โดยการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มนี้ใกล้เคียงกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือน ดังนั้นการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพการหุงต้มของข้าวให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

คำสำคัญ ข้าว, การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ, คุณภาพการหุงต้ม

คำนำ

คุณภาพการหุงต้มของข้าวเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ประชากรในประเทศแถบเอเชีย เช่น ไทย นิยมบริโภคข้าวสุกในปริมาณมากและเป็นข้าวไม่มีเหนียวติดกัน ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างน้อย 4-6 เดือน เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าว (Charstil, 1994) ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาและพื้นที่การเก็บรักษาทำให้ต้นทุนการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และเสี่ยงต่อความเสียหายกับข้าวเนื่องจากแมลง เชื้อรา และหนู จากเหตุผลดังกล่าวได้มีการนำเทคนิคที่สามารถลดระยะเวลาการเก็บรักษาของข้าว และทำให้ข้าวมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค โดยคุณภาพการหุงต้มของข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) คือ คุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน ข้าวที่มีค่าความคงตัวอ่อน เมื่อ

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว/ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[1] Postharvest Technology Research Institute/ Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

[2] Georg–August University,Institute of Agricultural Engineering,Göttingen,Germany.

สุกจะนุ่มกว่าข้าวที่มีค่าความคงตัวแข็ง หากทั้งสองมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในระดับเดียวกัน (อรอนงค์, 2532) ส่วนค่าอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าว (elongation ratio) เมล็ดข้าวมีการขยายตัวทุกด้านโดยเฉพาะด้านยาว การขยายขนาดเมล็ดข้าวสุกจะช่วยให้ข้าวขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น (อรอนงค์, 2532) ขณะที่การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวมีผลต่อคุณภาพการหุงต้ม โดยผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อ คุณภาพการหุงต้มสามารถคาดคะเนได้โดยคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้ง (งามชื่น และคณะ, 2547) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก เนื่องจากผู้บริโภคต้องนำข้าวสารมาหุงต้มก่อนการรับประทาน ดังนั้นลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อคุณภาพการหุงต้ม เพื่อให้ได้คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกตรงตามความต้องการของผู้บริโภคซึ่งจะรับรู้ขณะรับประทาน (อรอนงค์, 2547) ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ สภาวะการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ เวลาและความชื้น ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพข้าวจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและเคมีฟิสิกส์ โดยพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าสภาวะอื่น (อรอนงค์, 2547) สอดคล้องกับ Wiset et al. (2005) ที่พบว่า การอบข้าวเปลือกโดยใช้ลมร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคได้ สำหรับการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency, RF) นั้น เป็นวิธีการใหม่ที่ทำให้เกิดความร้อนในการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลเกษตร (Tang et al., 2003) โดย RF สร้างความร้อนอย่างรวดเร็วภายในของผลิตผลเกษตร โดยสามารถทำให้เกิดอุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้นกว่าวิธีแบบดั้งเดิมที่ใช้อากาศและน้ำให้เกิดความร้อนที่บริเวณผิวของผลิตผลซึ่งมีข้อจำกัดเกี่ยวกับ airspaces หรือ bulkiness ของผลิตผล (Tang et al., 2003) ดังนั้นการใช้ RF จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถลดระยะเวลาในกระบวนการและประหยัดพลังงาน (Birla et al., 2004) จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้ศึกษาการดัดแปลงคุณภาพการหุงต้มของข้าวปทุมธานี 1 ให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค โดยการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุปรับปรุงคุณภาพของข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยนำข้าวเปลือกปทุมธานี 1 จากศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท เก็บเกี่ยวเดือนกรกฎาคม ปี 2551 ความชื้นประมาณ 13-14 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ผ่านการให้ความร้อนเพื่อดัดแปลงคุณภาพข้าวด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่ระดับความถี่ 27.12 MHz (Radio Frequency Generator, Sairem, France) โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized design จำนวน 4 ซ้ำ มีปัจจัยในการศึกษา 10 ปัจจัย โดยให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ 3 ระดับอุณหภูมิคือ 70, 85 และ 100°C เป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที เปรียบเทียบข้าวเก่าอายุ 6 เดือน ทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวภายหลังการดัดแปลงคุณภาพ โดยการวัดความชื้น Hot air oven (AOAC, 2005) อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าว (Juliano and Pezer, 1984) ความคงตัวของแป้งสุก (Cagampang et al., 1973) ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (Texture of Cooked Rice) ตามวิธีของ Champagne et al. (1998) ด้วยเครื่อง TA.XT.plus Texture analyzer (Stable Micro Systems, UK) และคุณสมบัติความหนืดของแป้งข้าว ตามวิธีของ RACI (1995) โดยเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA) (Newport Scientific, Australia) ผลการทดลองแสดงรายงานค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ทางสถิติโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย (comparison of means) ด้วย Duncan's test ($p \leq 0.05$) โดยใช้โปรแกรม SPSS (SPSS Inc, USA)

ผลและวิจารณ์

การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวปทุมธานี 1 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลงในข้าวเก่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน ดังแสดงใน Fig. 1a การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มทำการตรวจสอบคุณสมบัติของข้าว คือ อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเมื่อให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 15 นาที อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ใกล้เคียงอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกที่อายุ 6 เดือน (Fig. 1b) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งทำให้เมล็ดข้าวทนทานต่อการสลายตัวระหว่างการหุงต้ม ส่งผลต่ออัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวขยายเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาของข้าว ในขณะที่ความคงตัวของแป้งสุกลดลง เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 °C นาน 15 นาที และ 100 °C นาน 10 นาที ใกล้เคียงกับความคงตัวของแป้งในข้าวเก่าอายุ 6 เดือน แต่ที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 15 นาที ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือน ทำให้เมื่อหุงสุกจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าข้าวข้าวเก่าอายุ 6 เดือน เนื่องจากข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิสูงทำให้เม็ดแป้งเกิด partial gelatinization ดังแสดงใน Fig. 1c สอดคล้องกับรายงานของ Gujral and Kumar (2003)

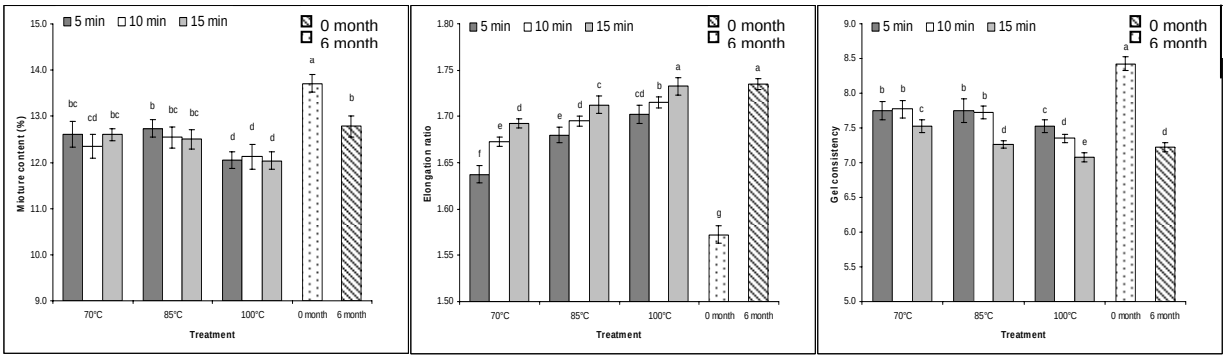

Figure 1 (a) Moisture content, (b) Elongation ratio and (b) Gel consistency of rice after processing at different conditions and storage at different period

Table 1 Pasting properties (RVU; rapid viscosity unit) of Pathum Thani 1 rice after processing at different conditions and storage at different periods

Treatment	PV	TV	BD	FV	SB	P_{temp}(°C)
70°C 5 min	256.8 ± 0.5 f	152.8 ± 0.5 g	103.7 ± 0.38 b	259.8 ± 0.96 f	3.4 ± 0.78 d	75.7 ± 0.12 e
70°C 10 min	257.3 ± 0.5 f	154.0 ± 0.82 f	103.4 ± 0.55 bc	260.3 ± 0.5 f	3.3 ± 0.78 d	75.8 ± 0.05 e
70°C 15 min	259.0 ± 0.82 e	156.5 ± 0.58 e	102.7 ± 0.25 cd	261.8 ± 0.5 e	3.0 ± 0.78 d	76.9 ± 0.12 d
85°C 5 min	259.5 ± 0.58 bc	157.5 ± 1 de	102.3 ± 0.75 de	268.0 ± 0.2 d	8.5 ± 0.78 c	76.2 ± 0.39 e
85°C 10 min	260.5 ± 1.29 cd	158.5 ± 1 d	101.7 ± 0.84 e	270.8 ± 0.36 c	10.8 ± 0.78 ab	77.1 ± 0.73 d
85°C 15 min	262.3 ± 0.5 b	163.8 ± 0.96 b	98.6 ± 0.76 h	272.8 ± 0.6 b	10.6 ± 0.78 ab	79.8 ± 0.38 bc
100°C 5 min	260.8 ± 0.5 c	161.3 ± 0.96 c	99.5 ± 0.45 fg	272.3 ± 0.96 b	11.3 ± 0.78 a	79.3 ± 0.38 c
100°C 10 min	261.0 ± 0.82 c	161.8 ± 0.96 c	99.2 ± 0.34 gh	272.0 ± 0.82 b	11.2 ± 0.78 a	79.9 ± 0.43 bc
100°C 15 min	264.3 ± 0.5 a	165.5 ± 0.58 a	98.6 ± 0.32 h	275.3 ± 0.5 a	11.1 ± 0.78 a	81.1 ± 0.72 a
0 month	251.5 ± 0.58 g	138.5 ± 0.58 h	112.9 ± 0.77 a	239.0 ± 0.82 g	-12.5 ± 0.78 e	74.8 ± 0.31 f
6 month	265.2 ± 0.96 a	165.0 ± 1.15 a	100.2 ± 0.4 f	275.0 ± 0.82 a	9.8 ± 0.75 b	80.2 ± 0.4 b

Different superscripts in the same a column mean that the values are significantly different ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าว พบว่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงทำให้ค่า breakdown (BD) ลดลง ซึ่งค่า BD จะอธิบายถึงความทนทานของเม็ดแป้งต่อการกวนโดยทำให้เม็ดแป้งมีความเหนียวลดลง (อรอนงค์, 2547) โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 °C 15 นาที และ 100 °C นาน 5, 10 และ 15 นาที ตามลำดับ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือน ทำให้เม็ดแป้งมีความเหนียวลดลงมากว่าข้าวเก่าอายุ 6 เดือน แต่พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงมีค่า peak viscosity (PV), trough viscosity (TV) และ final viscosity (FV) เพิ่มขึ้น โดยมีค่าใกล้เคียงกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือน โดยค่า PV เป็นค่าที่แสดงความหนืดสูงสุดของแป้งเมื่อเม็ดแป้งส่วนใหญ่พองตัวเต็มที่ระหว่างการให้ความร้อน เนื่องจากโครงสร้างภายในเม็ดสตาร์ทแข็งแรงขึ้นเนื่องจากปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้น โดยจับตัวระหว่างกรดไขมันอิสระและอะไมโลสมีผลยับยั้งการพองตัวของแป้งด้วย (Kaur and Singh, 2000) และเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 °C และ 100°C นาน15 นาที ทำให้ค่า pasting temperature (P_{temp}) และ setback (SB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือน ทำให้ทำให้แป้งสุกยากขึ้นจึงต้องใช้ความร้อนและเวลาสูงขึ้น และหุงต้มข้าวสุกที่ได้จะแตกหักลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Wiset et al. (2005); พลากร และคณะ (2550) เมื่อทำการให้ความร้อนกับข้าวเปลือกที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า PV, FV และ P_{temp} ของแป้งข้าว โดยการเพิ่มขึ้นของค่า P_{temp} เป็นอุณหภูมิที่เริ่มเจลาทิไนซ์หรืออุณหภูมิที่ทำให้เม็ดแป้งเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืดก่อนที่เมล็ดแป้งจะพองเต็มที่ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าว โดยทำให้ผนึกเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้แป้งสุกยากขึ้นจึงต้องใช้ความร้อนและเวลาสูงขึ้น ส่วนค่า SB นี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการรีโทรเกรเดชั่นซึ่งเกิดขึ้นหลังจากแป้งเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชั่น ทำให้โมเลกุลของอะไมโลสหลุดออกจากเม็ดแป้งเมื่อนำไปหุงต้มข้าวสุกที่ได้จะแตกหักลดลง (Perez and Julino, 1981) ดังแสดงใน Table 1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกโดยวิเคราะห์เค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis, TPA) ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลานานขึ้น ทำให้ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้จากกราฟคือ ความแข็ง (hardness) การเกาะติดกัน (cohesiveness) ความยืดหยุ่น (springiness) และการเคี้ยว (chewiness) เพิ่มขึ้น แต่ค่าความเหนียวติดกัน (adhesiveness) ลดลง ใกล้เคียงกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือน ดังแสดงใน Table 2 ขณะที่การการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 15 นาที ทำให้ข้าวมีค่า hardnessเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับข้าวเก่าอายุ 6 เดือน ทำให้ข้าวสุกมีความแข็งมากกว่าข้าวเก่าอายุ 6 เดือน สอดคล้องกับรายงานของพลากร และคณะ (2550) พบว่า การให้อุณหภูมิและระยะเวลาเพิ่มขึ้นทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้นและความเหนียวติดของข้าวสุกลดลงได้

Table 2 Texture properties of Pathum Thani 1 cooked rice after processing at different conditions and storage at different periods

Treatment	Texture profile analysis attributes				
	Hardness (g)	Adhesiveness (g)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
70°C 5 min	13596 ± 65.9 c	-562 ± 12.18 e	0.4688 ± 0.004 g	0.4635 ± 0.008 e	2954 ± 43.27 e
70°C 10 min	13674 ± 75.71 c	-548 ± 9.43 de	0.4712 ± 0.003 fg	0.4652 ± 0.003 de	2992 ± 34.24 e
70°C 15 min	13730 ± 48.16 bc	-532 ± 28.69 cd	0.4805 ± 0.01 de	0.4672 ± 0.007 de	3082 ± 82.97 e
85°C 5 min	13703 ± 53.17 bc	-526 ± 9.98 c	0.4786 ± 0.009 ef	0.4611 ± 0.011 de	3024 ± 122.25 e
85°C 10 min	13709 ± 28.37 bc	-492 ± 18.86 b	0.4845 ± 0.01 cde	0.4679 ± 0.004 d	3109 ± 88.96 e
85°C 15 min	13785 ± 154.39 b	-478 ± 16.18 b	0.4907 ± 0.004 bc	0.4653 ± 0.005 bc	3350 ± 57.35 bc
100°C 5 min	13711 ± 50.8 bc	-490 ± 12.36 b	0.4894 ± 0.005 cd	0.4652 ± 0.007 c	3255 ± 28.90 d
100°C 10 min	13802 ± 64.01 b	-453 ± 7.5 a	0.4992 ± 0.002 b	0.4879 ± 0.009 c	3362 ± 87.43 cd
100°C 15 min	13833 ± 54.25 b	-442 ± 4.69 a	0.5290 ± 0.006 a	0.5040 ± 0.003 ab	3688 ± 40.15 ab
0 month	13028 ± 115.49 d	-661 ± 13.77 f	0.4585 ± 0.002 h	0.4568 ± 0.007 e	2729 ± 62.89 f
6 month	13981 ± 119.92 a	-441 ± 2.87 a	0.5277 ± 0.03 a	0.5084 ± 0.007 a	3752 ± 100.4 a

Different superscripts in the same a column mean that the values are significantly different ($p \leq 0.05$)

สรุป

การใช้คลื่นความถี่วิทยุให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C นาน 15 นาที สามารถปรับปรุงคุณภาพการหุงต้มของข้าวปทุมธานี 1 โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติความคงตัวของเจลทำให้อัตราการคืนตัวลดลงทำให้แป้งสุกมีความแข็ง และอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวมีการขยายขนาดเมล็ดข้าวสุกทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นและข้าวนุ่มมากขึ้น ส่วนความหนืดข้นของแป้งข้าวและเนื้อสัมผัสของข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือความแข็งและร่วนเพิ่มขึ้น ทำให้คุณภาพการหุงต้มของข้าวสุกมีลักษณะร่วนไม่ติดกันเป็นก้อนและเมื่อหุงข้าวสุกไม่แฉะตรงตามความต้องการของผู้บริโภคได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยและสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนเงินทุนและเครื่องมือในการทำวิจัย ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวอุทัยธานี ที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวและ Institute of Agriculture Engineer, George-August University of Goettingen, Germany ที่สนับสนุนเครื่อง Radio Frequency Generator

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี. 2547. คุณภาพข้าวสวย. หน้า 41-61. ใน: กรมวิชาการเกษตรและสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, (ผู้รวบรวม), คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. บริษัทจิรวัฒน์เอ็กซ์เพรส จำกัด, ปทุมธานี.

พลากร สำรีราษฎร์, สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์ และ สุชาดา เวียรศิลป์. 2551. การดัดแปลงคุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39(3): 354-358.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. เคมีธัญหาร. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 147 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 366 หน้า.

Birla, S.L., Wang S., Tang J. and G. Hallman. 2004. Improving heating uniformity of fresh fruit in radio frequency treatments for pest control. Postharvest Biology and Technology 33: 205-217.

Champagne, E.T., Lyon B.G., Min B.K., Vinyard B.T., Bett K.L., Bartonll F.E., Webb B.D., McClung A.M., Moldenhauer K.A., Linscombe S., McKenzie K.S. and D.E. Kohlwey. 1998. Effects of postharvest processing on texture profile analysis of cooked rice. Cereal Chemistry 75(2) : 181-186.

Charstil, J. 1994. Effect of storage on the physicochemical properties and quality factors of rice. In E. W. Marshall & I. W. James (Eds.), Rice Science and Technology (1st ed., pp. 49–75). Louisiana, USA: Marcel Dekker Inc.

Kaur, K. and N. Singh. 2000. Amylose-lipid complex formation during cooking of rice flour. Food Chemistry 71 : 511-517.

Perez, C.M. and B.O. Juliano. 1981. Texture change and storage of rice. Journal of Textrue Studies 12 : 321-333.

RACI. 1995. Determination of the Pasting Properties of Rice with the Rapid Visco Analyser. Official Method 06-05. Royal Australian Chemical Institute, Australian. 110 pp.

Tang, J., Ikediala J.N., Wang S., Hansen J.D. and R.P. Cavalieri. 2000. High-temperature-short-time thermal quarantine methods. Postharvest Biology and Technology 21: 129-145.

Wiset, L., Srzednicki G., Wootton M., Driscoll R. H. and A.B. Blakeney. 2005. Effects of high-temperature drying on physicochemical properties of various cultivars of rice. Drying Technology 23 : 2227-223.