

ผลของโอโซนความเข้มข้นสูงต่อการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพและโภชนาการ หลังการหุงต้มของข้าวเจ้าขาวผสมข้าวหอมมะลิ

Effect of High Ozone Concentration on Quality Changes and Nutrition of White Rice mixed with Jasmine Rice after Cooking

ศรัณยา เฟ่งผล^{1*}, ยูพาพร กล้ากสิกรรม¹ และกมลชนก บุญชื่น¹

Sarunya Pengphol^{1*}, Yupaporn Klakasikam¹ and Kamonchanok Boonchuen¹

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของการรวมโอโซนต่อคุณภาพการเก็บรักษาข้าวเจ้าขาวพันธุ์ชัยนาท 01 ผสมหอมมะลิ 105 อัตรา 1:3 บรรจุ 300 กรัม ในถุงพลาสติกปิดสนิท ทำการรวมด้วยแก๊สโอโซนความเข้มข้น 5 และ 10 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 1 นาที เปรียบเทียบคุณภาพการเก็บรักษากับข้าวสารที่ไม่ได้รวมโอโซน พบว่า ข้าวสารหลังการรวมโอโซน 10 กรัม/ลิตร ทันที ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี (White Index) ของเมล็ดสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่วนข้าวสารผสมที่รวมโอโซน 5 กรัม/ลิตร ไม่พบการเกิดแมลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน และมีแนวโน้มทำให้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคหลังการหุงต้ม ด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณภาพโดยรวมในระดับที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ นอกจากนี้การใช้แก๊สโอโซนความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตร รวมข้าวสารชนิดข้าวเจ้าขาว ข้าวหอมมะลิ 105 และข้าวผสม 1:3 เป็นเวลา 1 นาที เปรียบเทียบกับไม่รวมโอโซน พบว่า ข้าวเจ้าขาวทั้งรวมและไม่รวมโอโซนมีปริมาณ total soluble solids (TSS) คะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภค ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และไขมันต่ำกว่ากับข้าวหอมมะลิและข้าวผสมและการรวมโอโซนทุกกรรมวิธีทำให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวสารที่ไม่ได้รวมโอโซน แต่ไม่มีผลต่อปริมาณกรดแอสคอร์บิก

คำสำคัญ: โอโซน, ข้าวหอมมะลิ, ข้าวผสม, โภชนาการ, หลังการหุงต้ม

ABSTRACT This study was on the effect of ozone on storage quality of white rice cv. Chainat 01 mixed with jasmine 105 on 1: 3 ratio, 300g in sealed plastic bag. The ozone concentration of 5 and 10 g/L for 1 min was compared storage quality with control. It was found that, 10 g/L of ozone treatment gave higher White Index than other treatments. The 5 g/L ozone treatment was free of insect during storage for 4 months and the consumer acceptance scores of cooked rice from this treatment significantly higher ($P < 0.05$) on flavor, taste, texture and overall quality. Moreover, treatment of ozone at 5 g/L, it was found that, total soluble solids (TSS), score of consumer satisfaction, carbohydrate and fat of white rice were lower than Jasmine rice and mixed rice. All ozone treatments had showed higher protein content than the treatment without. However, there was no effect on ascorbic acid content.

Keywords: ozone, Jasmine rice, mixed rice, nutrition, after cooking

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
Agriculture, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University

* Corresponding author: psarunya1@gmail.com

บทนำ

การเก็บรักษาข้าวสารไว้ในยุ้งฉางของเกษตรกรในโกดังหรือในโรงสีมักจะเกิดความเสียหาย ได้แก่ เมล็ดข้าวเหลือง เกิดกลิ่นเหม็นอับ และมีสิ่งสกปรกเจือปนต่างๆ เนื่องจากแมลง นก หนู และการหายใจของเมล็ด เป็นต้น ในปัจจุบันใช้การรมด้วยสารฟอสฟีนในโรงเก็บเมล็ดธัญพืช ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีความเป็นพิษต่อแมลงและมนุษย์ และอาจจะมีการตกค้าง ดังนั้นจึงควรแนวทางอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักษาข้าวสาร และสามารถทดแทนการใช้สารเคมีโดยการใช้นวัตกรรมเทคโนโลยีสะอาด (Clean technology) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การใช้โอโซน (O₃) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแก๊สสามารถทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์กับสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ได้เกือบทุกชนิดทั้งในน้ำและในอากาศ มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อที่รุนแรงและเร็วกว่าคลอรีนถึง 3,125 เท่า โอโซนจะเข้าไปจับโมเลกุลของสารปนเปื้อนและทำการแยกย่อยสลาย โดยการเปลี่ยนโครงสร้างของสารนั้น โอโซนเป็นแก๊สที่มีโครงสร้างไม่เสถียร หลังทำปฏิกิริยา โอโซนจะแปรสภาพกลับเป็นก๊าซออกซิเจน (O₂) ในปัจจุบันมีการนำโอโซนไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและการส่งออกผักและผลไม้ ซึ่งถือว่ามีความปลอดภัยสูง โอโซนเป็นสารที่ใช้ได้อย่างปลอดภัย (Generally recognized as safe; GRAS) นอกจากนี้การรมโอโซนมีผลในการฆ่าแมลง ทำลายสารพิษและยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่างๆ ในเมล็ดธัญพืชได้ดีโดยไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ด (Tiwari et al., 2010) และยังมีรายงานการรมโอโซนความเข้มข้น 13.9 มก./ลิตร ในเมล็ดข้าวสาลีทำให้มีการตายของตัวอ่อนแมลง *Tribolium confusum* มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.6% และยังพบว่ามีผลทำให้ตัวเต็มวัยตายถึง 90–100 % (Isikber and Oztekin, 2009) สำหรับการใช้น้ำแก๊สโอโซนรมข้าวบาเลย์ที่ความเข้มข้น 11 และ 26 มก./กรัม เป็นเวลา 15 นาที มีผลทำให้การเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp. ลดลง 24–26% (Kottapalli et al., 2005) ดังนั้นการใช้โอโซนจึงน่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักษาข้าวสารได้ดี โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้น้ำแก๊สโอโซนเพื่อรักษาคุณภาพของข้าวสารและข้าวหลังการหุงต้ม

วิธีการศึกษา

การทดลองที่ 1 ผลของการรมโอโซนความเข้มข้นสูงต่อคุณภาพการเก็บรักษาของข้าวเจ้าขาวผสมข้าวหอมมะลิ

นำข้าวสารชนิดข้าวเจ้าขาวพันธุ์ชัยนาท 01 ผสมข้าวหอมมะลิ 105 จังหวัดสุรินทร์ในอัตราส่วน 1: 3 ส่วน (ศรีธญา และกานดา, 2559) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมาแบ่งใส่ถุงพลาสติก 300 กรัม/ถุง ปิดปากถุงให้สนิท แล้วนำถุงข้าวสารผสมไปรมด้วยแก๊สโอโซนความเข้มข้น 0, 5 และ 10 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 1 นาที นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและทำการวิเคราะห์ผลการทดลองต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาทุกเดือนเป็นเวลา 4 เดือน (4 ซ้ำ) ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีของข้าวสารผสมระหว่างการเก็บรักษาด้วยเครื่องวิเคราะห์สียี่ห้อ Aunter Lab รุ่น Color Quest XE ได้ค่า L*, a* และ b* จากนั้นนำมาคำนวณเป็นค่า White Index (WI) ดังสูตร

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + (a)^2 + (b)^2}$$

(%) นับจำนวนแมลงทั้งหมด (ตัว/กก.) และทำการประเมินคุณภาพข้าวหลังการหุงต้ม โดยชั่งข้าวสารแต่ละตำรับการทดลอง 300 กรัม ใส่ในปริมาตรเท่ากับ 450 มล. ประเมินการยอมรับของผู้บริโภคโดยมีคุณลักษณะที่ประเมินต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม ซึ่งมีผู้ประเมิน 10 คน (3 ซ้ำ) และมีระดับคะแนนทั้งหมด 10 คะแนน (hedonic scale) มีระดับคะแนนตั้งแต่ 0-9 คะแนนเรียงลำดับตามการยอมรับโดยคะแนน 0 = ไม่มีการยอมรับ และคะแนน 9 = ชอบมากที่สุด

การทดลองที่ 2 ผลของโอโซนความเข้มข้นสูงต่อคุณภาพและโภชนาการหลังการหุงต้มของข้าวหอมมะลิผสมข้าวเจ้าขาว

นำข้าวสารชนิดข้าวเจ้าขาวพันธุ์ชัยนาท 01 ข้าวหอมมะลิ 105 และข้าวเจ้าขาวผสมข้าวหอมมะลิผสมอัตราส่วน 1 : 3 นำข้าวสารมาแบ่งใส่ถุงพลาสติก 300 กรัม/ถุง ปิดปากถุงแล้วนำไปรมด้วยแก๊สโอโซนความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 1 นาที โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 6 กรรมวิธี 5

ข้าว ได้แก่ มีจำนวน 6 กรรมวิธี 5 ข้าว ได้แก่ 1) ข้าวขาว, 2) ข้าวขาวอมโอโซน, 3) ข้าวหอมมะลิ, 4) ข้าวหอมมะลิอมโอโซน, 5) ข้าวหอมมะลิผสมข้าวขาว และ 6) ข้าวหอมมะลิผสมข้าวขาวอมโอโซน จากนั้นสุ่มตัวอย่างข้าวสุกที่หุงจากข้าวสาร 300 กรัม ต่อน้ำ 450 มล. มาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) โดย hand refractometer (ยี่ห้อ ERMA) หน่วยเป็น %Brix ปริมาณกรดแอสคอร์บิกโดยวิธี 2,6-dichloroindophenol titrimetric method (AOAC, 2000) ทำการประเมินคุณภาพข้าวหลังการหุงต้ม (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1) และคุณค่าทางโภชนาการของข้าวสาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน (AOAC, 2016) วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองด้วยวิธี Least significant difference (LSD) วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical package for the social sciences (SPSS)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของการรวมโอโซนความเข้มข้นสูงต่อคุณภาพการเก็บรักษาของข้าวเจ้าขาวผสมข้าวหอมมะลิ

ข้าวสารผสมหลังการรวมโอโซนความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตร ทันที มีค่า WI เท่ากับ 68.19% ซึ่งมีค่าสูงกว่าหรือมีสีขาวมากกว่าข้าวสารผสมที่ไม่รวมและข้าวสารผสมที่รวมโอโซนความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่า WI เท่ากับ 65.70 และ 66.20% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาข้าวสารผสมเป็นเวลานานขึ้น พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงค่า WI ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1) อาจเป็นเพราะข้าวสารผสมที่รวมโอโซนความเข้มข้นสูง 10 กรัม/ลิตร ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์อย่างมากโดยเฉพาะบริเวณผิวของเมล็ดข้าวจึงอาจทำให้สีของเมล็ดข้าวสารผสมในช่วงแรกของการเก็บรักษามีความขาวมากกว่าข้าวสารที่ไม่ได้รวมและที่รวมโอโซนความเข้มข้นต่ำกว่า เนื่องจากโอโซนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแก๊สที่ไม่เสถียรเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วจะเปลี่ยนเป็นออกซิเจน (O_2) กลับไปในอากาศทันที จึงมีผลเฉพาะช่วงแรกของการเก็บรักษาเท่านั้น และส่งผลทำให้เมื่อเก็บรักษาข้าวสารเป็นเวลานานขึ้นมีค่า WI ไม่แตกต่างกัน ส่วนการเก็บรักษา

ข้าวสารผสมรวมโอโซนทุกกรรมวิธี พบว่า ไม่มีแมลงตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน (Figure 2) อาจเป็นเพราะโอโซนที่ใช้ในการทดลองมีความเข้มข้นสูงและมีคุณสมบัติเป็นแก๊สทำให้สัดส่วนบรรยากาศภายในถุงเปลี่ยนแปลงไปทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแมลงและจุลินทรีย์ได้ จึงอาจมีผลทำให้ข้าวสารในทุกกรรมวิธีไม่มีแมลงสอดคล้องกับ Jian et al. (2013) ที่ทำการศึกษาการใช้โอโซนควบคุมแมลงในการเก็บเมล็ดพันธุ์ พบว่าโอโซนเป็นตัวออกซิไดส์อย่างแรงโดยช่วยในการลดจำนวนแมลง สามารถลดสารพิษปนเปื้อนที่เกิดจากจุลินทรีย์ได้ดี เช่นเดียวกับ McDonough et al. (2010) ที่ทำการศึกษาการใช้โอโซนความเข้มข้นสูงฆ่า Flour Weevil (*Tribolium castaneum*) และ Corn weevil (*Sitophilus zeamais*) ที่โตเต็มวัย ซึ่งทดลองในห้องปฏิบัติการโดยให้แมลงทั้งสองชนิดสัมผัสกับโอโซนความเข้มข้น 50-1,800 ppm เป็นเวลา 60 นาที นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองในภาคสนามโดยใช้โอโซนความเข้มข้น 47,000-216,000 ppm เป็นเวลา 120 นาที พบว่า ทั้งสองการทดลองทำให้แมลงทั้งสองชนิดมีอัตราการตายเป็น 100%

สำหรับการประเมินคุณภาพของผู้บริโภคข้าวผสมรวมโอโซนตามกรรมวิธีต่างๆ พบว่า พบว่าข้าวสารผสมหลังการรวมโอโซนความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตร มีคะแนนการยอมรับทางด้านสีสูงกว่าไม่รวมและรวมโอโซนความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตร ซึ่งสอดคล้องกับค่า WI ที่สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในวันแรกของการเก็บรักษาเท่านั้น ส่วนข้าวสารผสมที่รวมโอโซนความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตร คะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณภาพโดยรวมมีแนวโน้มคะแนนการยอมรับสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่รวมและที่รวมโอโซนความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตร ตลอดอายุการเก็บรักษาซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (Table 1)

การทดลองที่ 2 ผลของโอโซนความเข้มข้นสูงต่อคุณภาพและโภชนาการหลังการหุงต้มของข้าวหอมมะลิผสมข้าวเจ้าขาว

การรวมโอโซนไม่มีผลต่อคุณภาพหุงต้ม แต่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีนในข้าวสารทุกการทดลอง โดยพบว่าข้าวเจ้าขาวที่รวมและไม่รวมโอโซนมีปริมาณ TSS ต่ำกว่าข้าวหอมมะลิและข้าวผสมซึ่ง

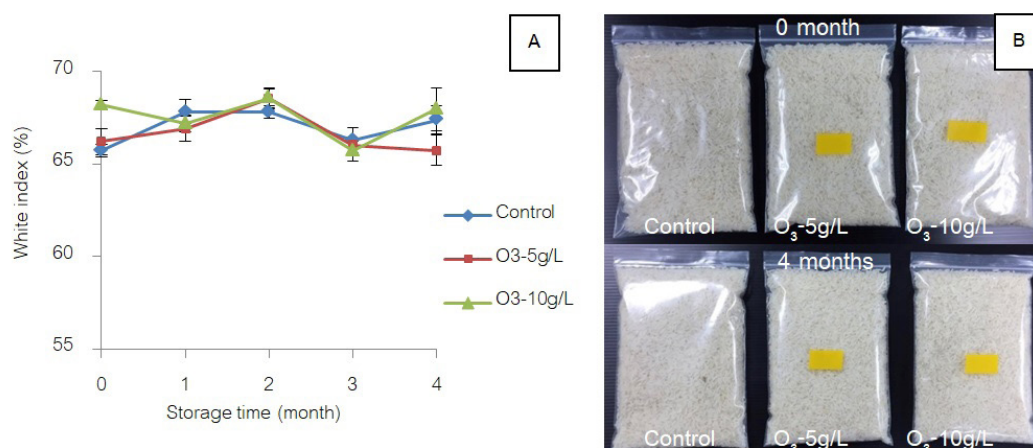


Figure 1 Percent of white indexes (WI) on ozonated rice at room temperature storage for 4 months (A), and insect not found in the ozonated rice treatments in package (B)

Table1 Consumers acceptance of ozonated rice after cooking for 4 months

Parameters	Consumers acceptance (score) ^{1/}					
	Treatment	0 month	1 months	2 months	3 months	4 months
Color	Control	7.55±0.14 ^b	7.13±0.19	7.60±0.16	7.63±0.14	6.90±0.15
	O ₃ -5g/L	7.68±0.12 ^{ab}	7.35±0.19	7.93±0.14	7.98±0.12	7.33±0.16
	O ₃ -10g/L	7.98±0.14 ^a	7.23±0.18	7.78±0.12	7.80±0.13	7.00±0.14
Odor	Control	7.25±0.12 ^b	6.88±0.19 ^b	7.08±0.13 ^b	7.65±0.17	7.13±0.15
	O ₃ -5g/L	7.73±0.13 ^a	7.43±0.19 ^a	7.53±0.17 ^a	8.03±0.14	7.40±0.14
	O ₃ -10g/L	7.38±0.14 ^{ab}	7.35±0.18 ^{ab}	7.43±0.16 ^{ab}	7.75±0.14	7.13±0.17
Taste	Control	7.40±0.13	7.20±0.19	7.33±0.12	7.45±0.15 ^b	7.28±0.15 ^b
	O ₃ -5g/L	7.68±0.15	7.43±0.19	7.58±0.16	8.18±0.14 ^a	7.37±0.12 ^a
	O ₃ -10g/L	7.58±0.15	7.53±0.15	7.63±0.15	7.57±0.14 ^b	7.05±0.11 ^b
Texture	Control	7.38±0.14	7.13±0.18	7.55±0.12	7.28±0.13 ^c	7.03±0.17 ^{ab}
	O ₃ -5g/L	7.58±0.16	7.48±0.16	7.45±0.14	8.15±0.14 ^a	7.40±0.18 ^a
	O ₃ -10g/L	7.33±0.14	7.38±0.13	7.30±0.14	7.73±0.12 ^b	6.80±0.16 ^b
Overall	Control	7.30±0.14 ^b	7.35±0.15	7.25±0.18 ^b	7.28±0.12 ^c	7.15±0.13 ^b
	O ₃ -5g/L	8.05±0.13 ^a	7.70±0.15	7.78±0.15 ^a	8.18±0.12 ^a	7.85±0.14 ^a
	O ₃ -10g/L	7.85±0.13 ^a	7.58±0.12	7.80±0.12 ^a	7.65±0.10 ^b	7.25±0.12 ^b

^{1/} Means±SD with different superscripts in the column are significantly different (P<0.05).

มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) (Figure 2A) โดยปริมาณกรดแอสคอร์บิกของข้าวทุกกรรมวิธีหลังการหุงต้มมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 0.06 - 0.22 ไมโครกรัม/ลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2B) จากการประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคด้านสีของข้าวทุกกรรมวิธีหลังการหุงต้ม พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนข้าวหอมมะลิและข้าวผสมที่รมและไม่รมโอโซนพบว่ามีความเหมาะสมการยอมรับของผู้บริโภคหลังการหุงต้มทางด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณภาพโดยรวมมากกว่าข้าวเจ้าขาวที่รมและไม่รมโอโซนซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$)

(Table 2) จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสารทุกกรรมวิธี พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันของข้าวเจ้าขาวมีปริมาณน้อยกว่าข้าวหอมมะลิและข้าวขาวผสมทั้งรมและไม่รมโอโซน แต่พบว่าโอโซนมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนในข้าวสารทุกชนิดเพิ่มขึ้น โดยพบว่าข้าวขาวหลังรมโอโซนมีโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 7.49 เป็น 7.62 มล./100 กรัม ส่วนข้าวหอมมะลิหลังรมโอโซนมีโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 6.03 เป็น 6.29 มล./100 กรัม และข้าวผสมหลังรมโอโซนมีโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 6.41 เป็น 6.55 มล./100 กรัม (Table 3) อาจเนื่องจากโอโซนทำให้เกิดความเครียด (stress) จึงสร้างเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับระบบ antioxidant เพิ่มมากขึ้น

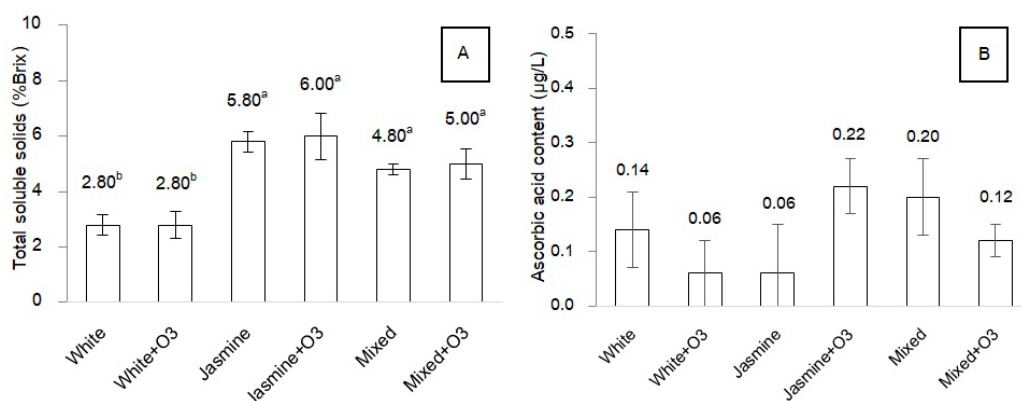


Figure 2 Total soluble solids (A), and ascorbic acid content (B) in 3 varieties rice grain as compared between ozonated and controlled

Table 2 Qualities acceptances of ozonated rice after cooking

Treatment	Qualities acceptances of rice after cooking (Score) ^{1/}				
	Color	Odor	Taste	Texture	Overall
White	5.64±0.40 ^a	5.40±0.14 ^b	5.44±0.45 ^b	4.74±0.44 ^b	5.18±0.43 ^b
White+O ₃	6.10±0.39 ^a	5.66±0.15 ^b	5.18±0.26 ^b	4.66±0.30 ^b	5.36±0.27 ^b
Jasmine	6.54±0.30 ^a	7.00±0.16 ^a	7.02±0.29 ^a	7.20±0.26 ^a	7.22±0.29 ^a
Jasmine + O ₃	6.56±0.31 ^a	6.88±0.26 ^a	7.22±0.23 ^a	7.44±0.10 ^a	7.44±0.22 ^a
Mixed	6.60±0.20 ^a	6.54±0.12 ^a	7.04±0.15 ^a	7.14±0.11 ^a	7.34±0.16 ^a
Mixed+O ₃	6.52±0.16 ^a	6.48±0.25 ^a	6.96±0.23 ^a	6.84±0.18 ^a	7.14±0.26 ^a

^{1/} Means±SD with different superscripts in the column are significantly different ($P<0.05$).

Table 3 Nutrition of ozonated rice (mg/100g)

Treatment	Carbohydrate ^{1/}	Protein ^{1/}	Fat ^{1/}
White	77.83±0.16 ^b	7.49±0.01 ^b	1.06±0.01 ^c
White+O ₃	77.56±0.01 ^b	7.62±0.09 ^a	1.12±0.02 ^b
Jasmine	78.79±0.24 ^a	6.03±0.04 ^g	1.22±0.04 ^a
Jasmine+O ₃	78.54±0.41 ^a	6.29±0.06 ^f	1.20±0.03 ^a
Mixed	78.39±0.01 ^a	6.41±0.07 ^d	1.20±0.03 ^a
Mixed+O ₃	78.36±0.01 ^a	6.55±0.02 ^c	1.22±0.02 ^a

^{1/} Means±SD with different superscripts in the column are significantly different (P<0.05).

สรุป

โอโซนความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตร เหมาะสมกับการเก็บรักษาข้าวสารผสมโดยไม่พบเกิดแมลง และมีการยอมรับของผู้บริโภคหลังการหุงต้มมากที่สุด ข้าวเจ้าขาวที่รมและไม่รมโอโซนมีปริมาณ TSS คะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภค ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และไขมันต่ำกว่ากับข้าวหอมมะลิและข้าวผสม และการรมโอโซนทุกกรรมวิธีทำให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวสารที่ไม่ได้รมโอโซน แต่ไม่มีผลต่อปริมาณกรดแอสคอร์บิก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้การสนับสนุน วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ศรัณยา เฟื่องผล และกานดา หวังชัย. 2559. ผลของการรมโอโซนต่อคุณภาพการเก็บรักษาข้าวสารเจ้าผสมข้าวหอมมะลิบรรจุถุง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 47: 99-102.
- Isikber, A.A. and S., Oztekin. 2009. Comparison of susceptibility of two stored-product insects. Journal of Stored Products Research 45: 159-164.

- Jian, F., Digvir, S.J., Noel, D. and G., White. 2013. Can ozone be a new control strategy for pests of stored grain?. Agricultural Research 2: 1-8.
- McDonough, M.X., Mason, L.J., Woloshuk, C. and C., Campabadal. 2010. Ozone technology in the post-harvest storage environment- a comparison of efficacy of high doses of ozone to insects treated under laboratory conditions and field conditions. Julius-Kühn-Archiv 425: 386-388.
- Kottapalli, B., Wolf-Hall, C.E. and P., Schwarz. 2005. Evaluation of gaseous ozone and hydrogen peroxide treatments for reducing *Fusarium* survival in malting barley. Journal of Food Protection 68: 1236-1240.
- Tiwari, B.K., Brennan, C.S., Curran, T., Gallagher, E.P.J., Cullen, C.P. and O', Donnell. 2010. Application of ozone in grain processing. Journal of Cereal Science 51: 248 - 255.