รายงานการวิจัย

ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวพื้นเมืองหุงสุกที่ผ่านกระบวนการแช่แข็งและคืนสภาพ

Total sugar in Indigenous Thai rice cooked by freezing and restoring

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

วรรณิณี จันทร์แก้ว Wanninee Chankaew

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณการวิจัยเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2565

รายงานการวิจัย

ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวพื้นเมืองหุงสุกที่ผ่านกระบวนการแช่แข็งและคืนสภาพ

Total sugar in Indigenous Thai rice cooked by freezing and restoring

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul

วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul

วรรณิณี จันทร์แก้ว Wanninee Chankaew

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณการวิจัยเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2565

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณการวิจัยเงินรายได้ ประจำปี 2565 งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยพื้นฐานในข้าวพื้นเมืองหุงสุก จำนวน 5 สายพันธุ์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรวม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณความชื้น ค่า Aw และค่าสีของข้าวหุงสุก โดยใช้สภาวะการหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าและการนึ่ง จากนั้นนำตัวอย่างข้าวหุงสุกไปเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง (-20 ^{0}C) และตู้เย็น (4 ^{0}C) ใช้ระยะเวลาการแช่ข้าวในตู้แช่แข็ง เป็นเวลา 1 เดือน และนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรวม สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ส่วนการแช่เย็น จะใช้เวลา 7 วัน นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรวมในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 หลังเสร็จสิ้นการเก็บรักษา นำมาอุ่น ด้วยวิธีการต่างกัน 2 วิธี ได้แก่การเข้าเครื่องไมโครเวฟ และการนึ่งด้วยไอน้ำเดือด เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรวม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณความชื้น ค่า Aw และค่าสีของข้าวหุงสุก ดังนั้น การวิจัยนี้จึงเน้นการศึกษากระบวนการดังกล่าว เพื่อประโยชน์ต่อของผู้บริโภคที่รักษาสุขภาพ และต้องการประโยชน์จากการบริโภคข้าวในเชิงสุขภาพด้วยข้อมูลที่ถูกต้องในเชิงวิทยาศาสตร์ เหมาะกับการนำไปให้ข้อมูลแก่ผู้ที่มีความเสี่ยงต่อโรคเบาหวาน การวิจัยในครั้งนี้จึงให้ประโยชน์ทั้งเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ผู้แปรรูปข้าวหุงสุก และผู้บริโภค จะได้ใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากการหุงข้าวและกำหนดวิธีการเก็บรักษาข้างหุงสุกให้เหมาะสม ตลอดจนเผยแพร่บริการความรู้แก่นักศึกษา นักวิชาการและบุคคลทั่วไป อันจะก่อให้เกิดประโยชนต่อผู้บริโภคข้าว รองรับนโยบายการส่งเสริมสุขภาพของคนไทยในอนาคต

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทั้งความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนสถานที่ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้การช่วยเหลืออำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่อุทิศกำลังกายและกำลังใจช่วยในการวิจัยครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนครอบครัวและผองเพื่อนที่ให้ความห่วงใย เป็นกำลังใจให้เสมอมา รวมทั้งกัลยาณมิตรทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามในที่นี้ด้วย

อุไรวรรณ วัฒนกุล
วัฒนา วัฒนกุล
วรรณิณี จันทร์แก้ว
กันยายน 2566

ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวพื้นเมืองหุงสุกที่ผ่านกระบวนการแช่แข็งและคืนสภาพ

อุไรวรรณ วัฒนกุล[1] วัฒนา วัฒนกุล[1] และ วรรณิณี จันทร์แก้ว[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการหุงข้าว การเก็บรักษาข้าวสุกและการคืนสภาพ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรวม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวสุก ในข้าว 5 สายพันธุ์ โดยการใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้าและการนึ่ง จากนั้นทำการคืนสภาพด้วยไมโครเวฟและการนึ่ง หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน และ อุณภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณน้ำตาลรวมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อไฟฟ้าและการนึ่ง เก็บที่อุณหภูมิ 4°C เวลา 7 วัน และอุณหภูมิ -20°C เวลา 4 สัปดาห์ เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรวม ส่วนการคืนสภาพด้วยการนึ่งในข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่าและข้าวเล็บนกปัตตานี มีแนวโน้มลดลง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อไฟฟ้าและการนึ่ง เก็บที่อุณหภูมิ 4°C เวลา 7 วัน คืนสภาพด้วยไมโครเวฟ และการนึ่ง มีค่าการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์ในวันที่ 1–5 และลดลงในวันที่ 7 โดยข้าวสังข์หยด มีการลดลงของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เวลา 4 สัปดาห์ เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟและการนึ่ง พบว่า การคืนสภาพในสัปดาห์ที่ 3 มีแนวโน้มน้ำตาลรวมในข้าวทุกชนิดสูงขึ้น แต่เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 4 กลับพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดต่ำลงกว่าข้าวหุงสุกใหม่ ซึ่งการแช่แข็งข้าวจะให้ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำกว่าการแช่เย็น ค่าสีในข้าวหุงสุกมีค่าความสว่างลดลง ค่าสีแดงและสีเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการแช่เย็นผู้บริโภคให้การยอมรับเช่นเดียวกับข้าวหุงสุกใหม่ แต่การแช่แข็งในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา มีค่าการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น และคะแนนความชอบลดต่ำลงกว่าข้าวสุกใหม่

คำสำคัญ : น้ำตาลรวม ข้าวหุงสุก การแช่แข็งและคืนสภาพ

.....

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง 92150

[2] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช 80110

Total sugar in indigenous Thai rice cooked by freezing and restoring

Uraiwan Wattanakul[1] Wattana Wattanakul[1] and Wanninee Jankaew[2]

ABSTRACT

The objectives of this study were to investigate the cooking and storage methods on the changes of total sugar, reducing sugar and sensory attributes of cooked rice. Five indigenous rice samples were cooked by electric rice cooker and steaming method before storage at 4°C for 7 days and -20°C for 4 weeks, it was found that the extend storage times of cooked rice significantly increased the total sugar compared with the freshly cooked rice. Total sugar content in electric pot and steam rice cooked after store at 4^0C for 7 days and -20^0C for 4 weeks, when restored with a microwave. There is likely increasrd of total sugar as the storage time increased. The steam restored in Khaw Dok Payom white rice. Dok Kha rice and Pattani Lep Nok rice tends to decreased. Reducing sugar content in rice cooked on 5 days was an increased for electric pot and steaming condition with stored at 4^0C for 7 days, restored by microwave and steamed, and it was decreased on 7 day. Expecially, reducing sugars of Sangyod rice was the greatest reduced. While, stored at -20^0C for 4 weeks and restoring by microwave and steaming, it was found that a higher total sugar content in all types at the 3rd week of storage. After that, in the 4th week, the reducing sugar value was lower than freshly cooked rice. Thus, freezing rice will gave lower reducing sugar content than chilling. The color value of cooked rice has decreased in brightness. The red and yellow values increase with the storage time. Sensory quality test was found that consumer acceptance score by the panelists of refrigerate was not significant different. But the freezing in the 4th week of storage was lower score on smelling and total consumer acceptance than freshly cooked rice.

Keywords : totoal sugar, coocked rice, freezing and restoring

[1]Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Sikao, Trang 92150

[2]Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Thungsong, Nakhonsrithamarat. 80110

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฎ
บทนำ	1
วิธีดำเนินการวิจัย	16
ผลการวิจัย และอภิปรายผล	20
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	58
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก	65

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการข้าวสังข์หยดพัทลุง ข้าวเล็บนกปัตตานี และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	2
2	การเก็บข้อมูลการทดลองตามปัจจัยที่ใช้	18
3	ระยะเวลาหุงสุก ของข้าวสาร 5 สายพันธุ์	21
4	ปริมาณอะไมโลส และปริมาณความชื้นในข้าวสาร 5 ชนิดพันธุ์ ก่อนทำการทดลอง	22
5	ความชื้นในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 °C เป็นระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	22
6	ความชื้นในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 °C เป็นระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	22
7	ความชื้นในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	23
8	ความชื้นในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	23
9	ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	24
10	ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	25
11	ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	25
12	ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	25
13	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	27
14	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	27

ตารางที่ **หน้า**

15	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	27
16	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยคืนสภาพด้วยการนึ่ง	28
17	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	28
18	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยด้วยการนึ่ง	29
19	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	29
20	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	29
21	ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	30
22	ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	31
23	ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	31
24	ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	31
25	ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	32
26	ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	32
27	ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	33

ตารางที่ **หน้า**

28	ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	33
29	ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	33
30	ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	34
31	ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	34
32	ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟการนึ่ง	34
33	คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ของข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าว ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	36
34	คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ของข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	37
35	คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ของข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าว ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	38
36	คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ของข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	39
37	ปริมาณความชื้นในข้าวสุก (dry weight; DW) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	40
38	ปริมาณความชื้นในข้าวสุก (DW) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	40

ตารางที่ **หน้า**

39	ปริมาณความชื้นในข้าวสุก (DW) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	41
40	ปริมาณความชื้นในข้าวสุก (DW) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	41
41	ปริมาณน้ำตาลรวม (mg./g.DW.) ในข้าวสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	42
42	ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	42
43	ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	43
44	ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	43
45	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	44
46	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	44
47	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	45
48	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	45
49	ปริมาณ Aw ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	46
50	ปริมาณ Aw ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	46

ตารางที่ **หน้า**

51	ปริมาณ Aw ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20 °C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	46
52	ปริมาณ Aw ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20 °C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	47
53	ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	48
54	ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	48
55	ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	49
56	ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	49
57	ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	49
58	ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	50
59	ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	50
60	ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	50
61	ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	51
62	ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	51

ตารางที่ **หน้า**

63	ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	51
64	ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	52
65	คะแนนด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บรักษาที่ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	54
66	คะแนนด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บรักษาที่ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	55
67	คะแนนด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บรักษาที่ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ	56
68	คะแนนด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บรักษาที่ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง	57

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ตัวอย่างข้าวทดลองที่นิยมบริโภคในภาคใต้จำนวน 5 สายพันธุ์	67
2	การเตรียมข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า	68
3	การเตรียมข้าวหุงสุกด้วยการนึ่งไอน้ำ	69
4	ตัวอย่างข้าวหุงสุกจำนวน 5 สายพันธุ์	70
5	การเก็บรักษาในตัวอย่างข้าวหุงสุกทั้ง 5 สายพันธุ์	71
6	การคืนสภาพหรืออุ่นด้วยการใช้เตาไมโครเวฟและการนึ่งไอน้ำ	72
7	การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณอะไมโลส	73
8	การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรวมและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	74
9	การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw) และวัดค่าสี L*, a* และ b*	75

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทนำ

ข้าวพื้นเมือง

กรมการข้าว กระทรวงเกษตรฯ มีนโยบายส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้หันมาปลูกข้าวพื้นเมืองเพิ่มขึ้นเพื่อการบริโภคในครัวเรือนอย่างเพียงพอตลอดทั้งปีเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซื้อข้าวมาบริโภค อีกทั้งยังช่วยสร้างแหล่งอาหารและความมั่นคงทางอาหารของภาคใต้ โดยอาจเป็นการการปลูกข้าวแซมในสวนยางพาราและปาล์มน้ำมันได้ เนื่องจากพื้นที่มีความเหมาะสมส่งผลให้ข้าวพื้นเมืองในอดีต ได้กลับมาเพาะปลูกเพิ่มปริมาณกันมากขึ้น โดยพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในภาคใต้มีกว่า 130 พันธุ์ พันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ ข้าวพันธุ์กู้เมืองหลวง เป็นข้าวเจ้า ผลผลิตเฉลี่ย 240 กก./ไร่ พันธุ์ดอกพะยอม เป็นข้าวเจ้าผลผลิตเฉลี่ย 250 กก./ไร่ พันธุ์ช่อลุง 97 เป็นข้าวเจ้าผลผลิตเฉลี่ย 564 กก./ไร่ พันธุ์เหนียวดำช่อไม้ไผ่ 49 เป็นข้าวเหนียวผลผลิตเฉลี่ย 363 กก./ไร่ (กรุงเทพธุรกิจ, 2556) ข้าวพื้นเมืองภาคใต้หลายพันธุ์ได้การรับรองจากกรมการข้าวให้เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองประจำจังหวัด เช่น ข้าวซีบูกันตรัง จ.นราธิวาส ข้าวมะจานู จ.ปัตตานี ข้าวมือลอ จ.ยะลา หรือข้าวลูกปลา ข้าวช่อขิง จ.สงขลา นอกจากนี้มีพันธุ์ข้าวที่ได้รับรองเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองประจำจังหวัดและยังเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ด้วย ได้แก่ ข้าวเหลืองปะทิว จ.ชุมพร ข้าวสังข์หยด จ.พัทลุง และข้าวดอกข่า จ.พังงา ทำให้ความพื้นเมืองกลับมามีความสำคัญขึ้นอีกครั้ง โดยมีเอกสารเผยแพร่ที่กล่าวถึงสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวพื้นเมือง ทำให้ข้าวพื้นเมืองมีบทบาทต่อการบริโภคมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1

พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกในภาคใต้

1. ดอกพะยอม (Dawk Pa-yawm) : มีลักษณะเด่นประจำพันธุ์ เป็น ข้าวเจ้าพื้นเมืองพันธุ์ข้าวไร่ สูงประมาณ 150 เซนติเมตร ไวต่อช่วงแสงอย่างอ่อน อายุเก็บเกี่ยว ถ้าปลูกต้นเดือนมิถุนายนเก็บเกี่ยวปลายเดือนตุลาคม ถ้าปลูกปลายเดือนสิงหาคม จะเก็บเกี่ยวปลายเดือนมกราคม (อายุประมาณ 145 – 150 วัน) ลำต้นเขียว ใบยาว ค่อนข้างแคบ ชูรวงดี เมล็ดเรียวยาว ข้าวเปลือกสีฟางก้นจุด ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 2 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้อง ยาว x กว้าง x หนา = 7.3 x 2.2 x 1.8 มิลลิเมตร ปริมาณอะมิโลส เท่ากับร้อยละ 24 คุณภาพข้าวสุก ร่วน นุ่ม มีกลิ่นหอม ให้ผลผลิตประมาณ 250 กิโลกรัมต่อไร่ ลักษณะเด่น:คอรวงยาว เหมาะสำหรับเกี่ยวด้วยแกระ, ปลูกเป็นพืชแซมยางได้ดี, ต้านทานโรคไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคใบขีดสีน้ำตาล ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง และโรคใบวงสีน้ำตาล

1.2 ดอกข่า ข้าวดอกข่าเป็นข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองที่มีความต้านทานต่อโรค เมล็ดยาว สีของเมล็ดข้าวสารมีสีน้ำตาลแดงอมม่วง เมื่อสุกจะมีกลิ่นหอม คล้ายกลิ่นใบเตย รสชาติอร่อย ข้าวไม่แข็งหุงขึ้นหม้อวิธีการปลูก : ใช้วิธีการหยอดหลุม วิธีนี้ใช้กันทั่วไป เหมาะกับทุกสภาพ โดยเฉพาะพื้นที่ลาดซึ่งเกษตรกรใช้กระบอกไม้ไผ่หรือกระบอกที่ทำจากท่อ พีวีซี นำเมล็ดข้าวใส่แล้วหยอด หลุมละ 5-8 เมล็ด กลบดินปากหลุมด้วยกระบอกที่ใส่ข้าวปลูก เมื่อฝนโปรยลงมาหรือเมล็ดได้รับความชื้นจากดินก็จะเจริญเติบโตเป็นต้นข้าวให้ผลผลิตต่อไป การปลูกข้าวไร่ เกษตรกรจะต้องหมั่นดูแลกำจัดวัชพืช เพราะในที่ดอนจะมีวัชพืชมากกว่าในที่ลุ่ม เริ่มปลูกเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม มีพื้นที่ปลูกประมาณ 1,200 ไร่ อยู่ในพื้นที่ตำบลบางทอง อำเภอท้ายเหมือง และตำบลตากแดด อำเภอเมืองพังงา ผลผลิตเฉลี่ย ประมาณ 400 กิโลกรัม/ไร่

1.3 ข้าวเจ้าพันธุ์เล็บนกไร่ ลักษณะทั่วไป เป็นพันธุ์ข้าวไร่ ไวต่อช่วงแสง ความสูงเฉลี่ย 162 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง ใบสีเขียว กาบใบสีเขียวอ่อน ปล้องสีเหลืองอ่อน คอรวงยาว รวงยาว เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง เมล็ดข้าวกล้องสีขาว ผลผลิตประมาณ 504 กิโลกรัมต่อไร่ และ ข้าวเจ้าพันธุ์เล็บมือนาง เป็นพันธุ์ข้าวไร่ความสูงเฉลี่ย 149 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง ใบสีเขียว กาบใบสีเขียวอ่อน ปล้องสีเหลือง คอรวงยาว เมล็ดข้าวเปลือกสีเหลือง เมล็ดข้าวกล้องสีขาว ผลผลิตประมาณ 367 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2552)

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการข้าวสังข์หยดพัทลุง ข้าวเล็บนกปัตตานี และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

โภชนาการ (ตัวอย่างข้าว 100 กรัม)	ข้าวสังข์หยดพัทลุง ข้าวซ้อมมือ	ข้าวพันธุ์เล็บนกปัตตานี ข้าวขาว	ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวขาว
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	366.00	353.47	356.90
ความชื้น (กรัม)	9.40	11.65	10.62
โปรตีน (กรัม)	8.30	6.03	7.92
ไขมัน (กรัม)	2.42	0.47	0.18
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	80.00	81.28	80.90
ใยอาหาร (กรัม)	1.56	1.26	1.53
เถ้า (กรัม)	0.90	0.57	0.38
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.18	-	-
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	3.97	-	-
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.52	0.23	-

ที่มาของข้อมูล : กองโภชนาการ กรมอนามัย 2547

การหุงข้าว

วิธีการหุงข้าว มีดังนี้

1. หุงข้าวแบบเช็ดน้ำเริ่มต้น โดยล้างหรือซาวข้าว เพื่อขจัดฝุ่นผง และสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ออกจนกระทั่งน้ำล้างข้าวใส แล้วจึงเติมน้ำปริมาณมาก ลงไปต้มให้เดือดในช่วงนี้ต้องหมั่นคนอย่าให้เมล็ดข้าวติดก้นหม้อ ต้มจนเมล็ดข้าวเกือบสุก เมื่อสังเกตเห็นเมล็ดข้าวยังมีไตขุ่นเป็นจุดเล็ก ๆ อยู่ภายในให้รินน้ำข้าวออกหม้อที่ใช้หุงข้าวแบบเช็ดน้ำนี้ จึงต้องมีหูสองข้าง และฝาหม้อต้องมีหูอยู่ตรงกึ่งกลางเวลาเช็ดน้ำใช้ไม้ขัดฝาหม้อที่ทำจากไม้ไผ่มาร้อยหูหม้อ และฝาหม้อเอียงหม้อเทน้ำข้าวออกจนหมด แล้วจึงนำไปดงบนไฟอ่อน ๆ จนน้ำแห้งการหุงข้าววิธีนี้จะได้ข้าวสวยก้นหม้อเป็นแผ่นแข็งเรียกว่า ข้าวตัง (สถาบันวิจัยข้าว, 2542)

2. หุงข้าวแบบไม่เช็ดน้ำ หลังจากซาวข้าวแล้ว จึงเติมน้ำกะให้พอเหมาะกับข้าวนำไปต้มจนสุก เมล็ดข้าวจะดูดซับน้ำจนแห้ง การหุงข้าววิธีนี้ คนหุงต้องมีทักษะในการคาดคะเนปริมาณน้ำ และความร้อน อุปกรณ์หุงข้าวในสมัยก่อนมักใช้หม้อดินต่อมาจึงเปลี่ยนมาเป็นหม้ออลูมิเนียม และพัฒนามาเป็นหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ที่มีระบบตัดไฟเมื่อน้ำในหม้อแห้ง

การหุงข้าวใช้วิธีตวงข้าว และน้ำ โดยปริมาตรใช้ข้าวสารทั่วไป (ข้าวเก่า) 1 ส่วนต่อน้ำ 14-2 ส่วนใช้ข้าวสารหอมมะลิ (ข้าวเก่า) 1 ส่วนต่อน้ำ 14 ส่วนใช้ข้าวสารทั่วไป (ข้าวใหม่) 1 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วนซาวข้าวใส่น้ำตามปริมาณที่กำหนดนำไปหุงในหม้อไฟฟ้า เมื่อข้าวสุกหม้อจะตัดไฟโดยอัตโนมัติ ควรปล่อยให้ข้าวที่สุกแล้วอยู่ในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอีก 5-10 นาที เพื่อให้ข้าวที่สุกระอุดีข้าวสาร 1 ถ้วยตวง เมื่อหุงเป็นข้าวสวยจะได้ข้าว 24 ถ้วยตวง (อบเชยและขนิษฐา, 2544)

3. การนึ่งด้วยไอน้ำ (อรอนงค์, 2550)

การนึ่งข้าวด้วยไอน้ำนั้น มีจุดประสงค์หลายอย่าง ได้แก่ การเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเม็ดหลังจากการสีปรับปรุงคุณสมบัติของข้าวเปลือกนึ่งให้เก็บรักษาได้ดีขึ้น และคุณภาพในการบริโภคให้ดีขึ้นการนึ่งด้วยไอน้ำจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเม็ดข้าว ดังนี้

1) ความชื้นในข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น จากการควบแน่นของไอน้ำที่ผ่านเข้าไปกระทบข้าวเปลือก

2) สารอาหารที่ละลายได้ในน้ำ จะกระจายในเม็ดข้าวของข้าวเปลือก

3) ความร้อนจากไอน้ำ ทำให้สตาร์ชภายในเม็ดข้าวเกิดเจลลาติในซ์

4) รอยร้าวของผิวเม็ดข้าวเชื่อมประสานกัน จากการเจลลาติในซ์ของสตาร์ช ในเนื้อเม็ดข้าวทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวแน่นและเกาะตัวกัน

5) เปลือกข้าวชั้นในที่หุ้มเนื้อในเม็ด เช่น เพอริคาร์ป และแอลิวโรน และส่วนคัพภะจะเพิ่มขึ้นและติดแน่นกับเนื้อในเม็ด ทำให้แยกออกยากในขั้นการสีข้าวเปลือก

6) ความร้อนจากไอน้ำ มีผลให้หยุดการงอกของข้าวเปลือกทำลายสปอร์ของเชื้อรา ไข่แมลง ตัวอ่อนของแมลง หรือมอด และเอนไซม์ถูกทำลายมีผลให้สามารถเก็บรักษาข้าวเปลือกได้นาน

4. การหุงข้าวในเตาอบ (Oven cooking) ทำได้โดยการเติมน้ำเดือดประมาณ 220-260 มล. ลงในข้าวสาร 100 กรัม ในถ้วยแก้วทนไฟที่ใช้ในเตาอบได้โดยมีฝาปิด หุงต้มในเตาอบ 176 °C 28 นาที แล้วเปิดฝาอบ อบไอน้ำในเตาอบอีก 5 นาที (ถ้าเป็นข้าวนึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 33 นาที) (Julino, 1985)

5. การนึ่งแบบเติมน้ำมัน (Steaming with oil added) คือการต้มน้ำ 800 มล. ในกระทะหรือหม้ออะลูมิเนียมจนเดือด ใส่ข้าวสาร 100 กรัม ต้มเดือด 5 หรือ 15 นาทีโดยเปิดฝา เทน้ำที่เหลือออกเทข้าวที่สะเด็ดน้ำลงในหม้อนึ่งซึ่งเป็นหม้อ 2 ชั้น ชั้นในใส่ข้าวที่สะเด็ดน้ำแล้วเติมน้ำมัน 1 ช้อนโต๊ะ (4.9 มล.) และน้ำร้อน 60 มล. นึ่งในน้ำเดือดในอยู่หม้ออีกชั้น 15 นาที (Julino, 1985)

6. การหุงข้าวในน้ำเติมน้ำมัน (Cooking in water with oil added) ต้มข้าวสาร 100 กรัม ผสมน้ำมันเมล็ดฝ้าย 1 ช้อนโต๊ะ (14.9 มล.) ในกระทะหรือหม้ออะลูมิเนียม 2-5 นาที แล้วเติมน้ำ 200 หรือ 250 มล. ลงในหม้อแล้วอุ่น 20, 25 หรือ 28 นาที โดยวางหม้อข้าวบนแผ่นกันความร้อนด้านล่างอีก 15 นาที บางประเทศเติมน้ำมันลงในน้ำ 250 มล. ต้มน้ำเดือด จึงใส่ข้าวสารแล้วอุ่นในหม้อปิดฝา 30 นาที (Julino, 1985)

การนึ่งด้วยไอน้ำ (อรอนงค์, 2550)

การนึ่งข้าวด้วยไอน้ำนั้น มีจุดประสงค์หลายอย่าง ได้แก่ การเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเม็ดหลังจากการสีปรับปรุงคุณสมบัติของข้าวเปลือกนึ่งให้เก็บรักษาได้ดีขึ้น และคุณภาพในการบริโภคให้ดีขึ้นการนึ่งด้วยไอน้ำจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเม็ดข้าว ดังนี้

1) ความชื้นในข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น จากการควบแน่นของไอน้ำที่ผ่านเข้าไปกระทบข้าวเปลือก

2) สารอาหารที่ละลายได้ในน้ำ จะกระจายในเม็ดข้าวของข้าวเปลือก

3) ความร้อนจากไอน้ำ ทำให้สตาร์ชภายในเม็ดข้าวเกิดเจลลาติในซ์

4) รอยร้าวของผิวเม็ดข้าวเชื่อมประสานกัน จากการเจลลาติในซ์ของสตาร์ช ในเนื้อเม็ดข้าวทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวแน่นและเกาะตัวกัน

5) เปลือกข้าวชั้นในที่หุ้มเนื้อในเม็ด เช่น เพอริคาร์ป และแอลิวโรน และส่วนคัพภะจะเพิ่มขึ้นและติดแน่นกับเนื้อในเม็ด ทำให้แยกออกยากในขั้นการสีข้าวเปลือก

6) ความร้อนจากไอน้ำ มีผลให้หยุดการงอกของข้าวเปลือกทำลายสปอร์ของเชื้อรา ไข่แมลง ตัวอ่อนของแมลง หรือมอด และเอนไซม์ถูกทำลายมีผลให้สามารถเก็บรักษาข้าวเปลือกได้นาน

ขั้นตอนการนึ่งด้วยไอน้ำ มีผลต่อคุณภาพและคุณลักษณะของข้าวภายหลังการสี โดยมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง คือปริมาณน้ำที่ข้าวเปลือกดูดซับไว้จากขั้นตอนการแช่น้ำเวลาในการนึ่งด้วยไอน้ำ อุณหภูมิ หรือความดันไอน้ำซึ่งจะทำให้ได้ข้าวที่ต่างกันดังนี้ข้าวนึ่งสมบูรณ์ (Fully parboiled rice) หมายถึงข้าวนึ่งที่สตาร์ชภายในเนื้อเม็ดข้าวเกิดการเจลลาติในซ์อย่างสมบูรณ์ทั้งเม็ด โดยเฉพาะในใจกลางเม็ดข้าวข้าวนึ่งบางส่วน (Partially or surface parboiled rice) หมายถึงข้าวนึ่งที่สตาร์ชภายในเนื้อเม็ดข้าวเกิดการเจลลาติไนซ์เฉพาะผิวนอกของของเนื้อในเม็ด ส่วนใจกลางเม็ดยังมีสีขาวขุ่นเนื่องจากยังไม่เกิดการเจลลาติในซ์ ข้าวนึ่งสีอ่อน (Light parboiled rice) หมายถึงข้าวนึ่งที่ผ่านไอน้ำด้วยอุณหภูมิต่ำ และเวลาสั้นเพื่อให้สีของข้าวนึ่งอ่อนข้าวนึ่งสีเข้ม (Dark panboiled rice) หมายถึงข้าวนึ่งผ่านไอน้ำด้วยอุณหภูมิสูงและเวลานานเพื่อให้สีของข้าวนึ่งเข้ม ลักษณะของข้าวที่ผ่านกระบวนการนึ่งด้วยไอน้ำในด้านสีน้ำตาล ที่เกิดจากเปลือกหุ้มแข็งละลายน้ำ และซึมเข้าสู่เนื้อในเม็ดจากความร้อนและความดันของไอน้ำ นอกจากนี้สตาร์ชเกิดการเจลลาติไนซ์แล้ว ถูกทำให้เย็นลง และทำให้แห้ง จึงเกิดการจัดเรียงโมเลกุลใหม่ ทำให้เกิดการสะท้อนแสงต่างจากเดิม น้ำตาลรีดิวซึ่งที่เกิดจากเอนไซม์ย่อยสลายสตาร์ชในขั้นตอนการแช่ทำปฏิกิริยากันกับกรดอะมิโนในกระบวนการการเกิดสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ด และจะเพิ่มสีน้ำตาลเข้มขึ้นเป็นลำดับ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิไอน้ำร้อนจาก 100 องศาเซลเซียส ถึง 120 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ส่วนของสตาร์ชที่ละลายได้จะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของไอน้ำเพิ่มขึ้นจาก 65 องศาเซลเซียสถึง 135 องศาเซลเซียส เช่นกัน

น้ำตาล

เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวานและละลายน้ำได้ดี จึงเรียกได้อีกอย่างว่า คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (soluble carbohydrate) ได้แก่

กลูโคส ชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น เดกซ์โทรส (dextrose) น้ำตาลองุ่น (grape sugar) เนื่องจากมีในองุ่นที่สุกเต็มที่แล้ว 20-30% และน้ำตาลในเลือด (blood sugar) เพราะในเลือด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีน้ำตาล 70-120 มิลลิกรัม กลูโคสใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำผลไม้ ลูกอม และลูกกวาด นอกจากนี้ยังใช้ผสมในเครื่องดื่มแทนน้ำตาลทรายด้วย จากการที่กลูโคสไม่สามารถถูกย่อยได้อีก จึงใช้ฉีดเข้ากระแสโลหิต เพื่อเป็นอาหารคนไข้ที่ไม่สามารถรับประทานอาหารได้พบกลูโคสในปัสสาวะคนไข้โรคเบาหวาน การมีกลูโคสในปัสสาวะ เรียกว่า ไกลโคซูเรีย (glycosuria) กลูโคสจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะเมื่อมีอาการตื่นเต้นหรือรับประทานอาหารมาก การตรวจน้ำตาลกลูโคสในปัสสาวะใช้น้ำยาเบเนดิกต์ (Benedict's solution) ซึ่งจะให้ตะกอนสีน้ำตาลแดงของคิวปรัสออกไซด์ (Cu_2O)

มอลโทส หรือน้ำตาลมอลต์ (malt sugar) เป็นไดแซ็กคาไรด์ที่ได้มาจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของแป้งโดยมีเอนไซม์ชื่อ diastase ซึ่งพบในข้าวบาร์เลย์หรือข้าวมอลต์ที่กำลังงอกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากว่าแป้งประกอบขึ้นจากน้ำตาลมอลโตสหลายๆ หน่วย มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิติก ดังนั้นในอุตสาหกรรมผลิตมอลโทส จึงได้จากนำแป้งมาผ่านกระบวนการไฮโดรไลซ์ ประโยชน์ที่สำคัญของมอลโทส คือใช้ทำเบียร์เครื่องดื่มและอาหารเด็ก

การวิเคราะห์หาน้ำตาลมีทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ดังนี้

1. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative method) เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบชนิดของน้ำตาลที่มีอยู่ในอาหาร ตัวอย่าง เช่น

1.1 การทดสอบโดยวิธีเฟห์ลิง (Felhling's test) สำหรับน้ำตาลรีดิวซ์เป็นการทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำตาลหรือทดสอบหมู่อัลดีไฮด์ และคีโตนในน้ำตาล โดยใช้สารละลายเฟห์ลิง น้ำตาลที่มีความสามารถในการรีดิวซ์ ได้แก่ โมโนแซ็กคาไรค์ แล็กโทส และมอลโทส จะเปลี่ยน $CuSO_4$ เป็นคิวปรัสออกไซด์ (Cu_2O)

1.2 การทดสอบโดยวิธีบาร์โฟด์ (Barfoeds test) ในกรณีที่พบว่ามีน้ำตาสรีดิวซ์ในอาหาร การทดสอบของบาร์โฟค์ จะใช้ทดสอบแล็กโทสและมอลโทส เนื่องจากโมโนแซ็กคาไรด์จะไม่เกิดปฏิกิริยากับการทศสอบแบบนี้สารละลายบาร์โฟค์ ประกอบด้วยคิวปริกอะซิเตดในกรดอะซิติก ปฏิกิริยาของแล็กโทส และมอลโทสกับสารละลายนี้จะเกิดตะกอนของ Cu_2O

1.3 ปฏิกิริยารีซอร์สินอล (Resorcinol reaction) ใช้ทดสอบน้ำตาลที่มีหมู่คีโตน เช่น ฟรักโทสโดยเติมกรดเกลือ 25% ลงไปในน้ำตาลที่ทดสอบ และเติมรีซอร์สินอลลงไปในปริมาณเท่ากัน อุ่นให้ร้อน ถ้ามีฟรักโทสจะได้สีแดงเป็นการทดสอบโดยวิธีเซลิวานอฟ (Seliwanoff's test)

2. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative method) เพื่อหาปริมาณของน้ำตาล มีตัวอย่าง ดังนี้

2.1 การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิง โดยให้สารละลายตัวอย่างที่ต้องการหาปริมาณน้ำตาลทำปฏิกิริยากับสารละลายเฟห์ลิงซึ่งมี 2 วิธี คือ

(1) วิธีวิเคราะห์โดยปริมาตร (volumetric method) โดยการหาปริมาตรของสารละลายน้ำตาล ซึ่งทำให้สารละลายเฟห์ลิงที่ทราบปริมาตรแน่นอนแล้วเกิดการตกตะกอนเป็น Cu_20 จนหมดแล้วคำนวณหาปริมาณน้ำตาลเทียบกับสารละลายมาตรฐานน้ำตาลวิธีวิเคราะห์โดยปริมาตรนี้มักใช้วิธีของ Lane and Eynon ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานทั่วไป

(2) วิธีวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (gravimetric method) โดยการหาน้ำหนักของ Cu_20 จากการเติมสารละลายเฟห์ลิงมากเกินพอ ลงในสารละลายน้ำตาลที่ทราบปริมาตรแล้วหลังจากนั้นนำตะกอนของ Cu_20 ที่เกิดขึ้นมาชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำตาลจากตารางต่อไป วิธีวิเคราะห์โดยน้ำหนักนิยมใช้วิธีของมูนสันและวอล์คเกอร์ (Munson and Walker)

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลชนิดต่างๆโดยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์มานซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี (HPLC) เป็นวิธีที่ใช้สำหรับวิเคราะห์น้ำตาลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ สามารถวิเคราะห์น้ำตาลหลายชนิดที่ผสมอยู่ด้วยกันได้ HPLC เป็นเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นจากคอลัมน์โครมาโตกราฟที่ใช้กันทั่วไปโดยใช้คอลัมน์ขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-5 มม. สารที่บรรจุในคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-10 ไมครอนและใช้เครื่องสูบดูดสารละลายตัวชะเข้าสู่ระบบสารละลายตัวชะนำสารที่ต้องการวิเคราะห์ผ่านคอลัมน์เกิดการแยกสารที่คอลัมน์สารที่แยกแล้วผ่านเข้าสู่ดีเทก

เตอร์ (detector) ตามลำดับควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์แสดงผลทางจอภาพหรือเครื่องพิมพ์ เป็นกราฟความสัมพันธ์ของเวลา (แกนนอน) กับสัญญานทางไฟฟ้า (แกนตั้ง) เรียกว่าโครมาโตแกรม

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing Sugar)

น้ำตาลประเภทรีดิวซ์เป็นน้ำตาลที่มีหมู่อัลดีไฮด์ หรือคีโตนอิสระที่สามารถทำปฏิกิริยากับตัวออกซิไดส์ เช่น โซเดียมเปอร์ไอโอเดท ($NaIo_3$) หรือกรดไนตริกได้กรดน้ำตาลชนิดต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพของปฏิกิริยา (สุรีย์, 2528) น้ำตาลทุกชนิดทั้งโมโนแซคคาไรด์และไดแซคคาไรด์ มีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ยกเว้นน้ำตาลซูโครส ซึ่งในโมเลกุลไม่มีหมู่อัลดีไฮด์หรือคีโตนอิสระ จึงเรียกว่า non-reducing sugar เมื่อน้ำตาลซูโครสถูกไฮโดรไลล์เป็นน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตส สารละลายที่ได้จะมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซิงได้ (ลักขณา และนิธิยา, 2533) การวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์นั้น ใช้วิธีการให้หมู่ -OH ในตำแหน่งคาร์บอนที่หนึ่ง ซึ่งเป็นอิสระรีดิวซ์เกลือของโลหะในสารละลายที่เป็นด่าง เช่น Cu^{++} และ Ag^{+} ซึ่งการรีดิวซ์สารละลายทองแดงในด่างนี้จะทำให้เกิดตะกอนสีเขียวของคอปเปอร์ออกไซด์ (CuO_2) ซึ่งดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร (สุรีย์, 2528)

รัตนวรรณ และคณะ (2562) รายงานว่าข้าวขาวในกลุ่มอมิโลสต่ำ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรักโทส และน้ำตาลที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุด ที่ 3.84 3.85 1.78 และ 9.48 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ข้าวพันธุ์กข 43 และพิษณุโลก 80 มีปริมาณน้ำตาลดังกล่าวใกล้เคียงกันในขณะที่ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 พบปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรักโทส และน้ำตาลที่ละลายได้ทั้งหมดน้อยที่สุดที่ 0.81 0.99 0.63 และ 2.43 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ข้าวกลุ่มอะมิโลสปานกลางและอะมิโลสสูง พบปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรักโทส และน้ำตาลที่ละลายได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 0.66-2.84, 1.05-2.05, 0.20-0.67 และ 2.54-5.49 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำตาลดังกล่าวส่งผลต่อรสชาติโดยเฉพาะน้ำตาลกลูโคสและซูโครสเป็นสารที่ให้รสหวาน จึงทำให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีรสชาติหวานเด่นชัดกว่าข้าวขาวพันธุ์อื่น ๆ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มข้าวสีพบว่าข้าวในกลุ่มนี้มีปริมาณน้ำตาลค่อนข้างสูงโดยปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรักโทส และน้ำตาลที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.61-8.65 5.04-9.87 1.72 -3.20 และ 10.36-21.23 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างตามลำดับ อนึ่งจากการศึกษาพบว่าตัวอย่างข้าวสีมีปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้สูงกว่าข้าวขาวสอดคล้องกับการศึกษาของ Shanmugavelan *et al*., (2013) ที่พบปริมาณน้ำตาลซูโครสตัวอย่างข้าวสีที่ปริมาณ 0.31 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสที่พบในตัวอย่างข้าวขาว (0.22 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) เช่นเดียวกับ Ali and Bhattacharya (1980) ที่พบปริมาณน้ำตาลซูโครสในข้าวกล้อง ข้าวขาว ข้าวกล้องนึ่ง และข้าวขาวนึ่ง ร้อยละ 0.93 0.02 0.66 และ 0.65 ตามลำดับ ส่วน Hu *et al*., (2017) พบปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรักโตส ซูโครส และมอลโทสในตัวอย่างข้าวที่ไม่ขัดสีสูงกว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการขัดขาว รสหวานซึ่งเป็นรสชาติหลักในข้าวและเป็นคุณลักษณะใช้ในการประเมินคุณภาพของข้าวด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส มีงานวิจัยพบว่า ในตัวอย่างข้าวประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส ฟรักโตส ซูโครส แรฟฟิโนสและมอลโทสในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่มีปริมาณมากที่สุด 10.30 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างข้าว 1 กรัม รองลงมาคือ กลูโคส และแรฟฟิโนส ตามลำดับ โดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลสามารถทำได้ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟี (Hu *et al*., 2017)

Glycemic index (GI) หรือ ดัชนีน้ำตาล

คือ ค่าที่มีเฉพาะในสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเท่านั้น โดยเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงความสามารถของอาหารที่ประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตต่างๆนั้น ว่ามีผลต่อการขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดได้รวดเร็วเพียงใดภายใน 2-3 ชั่วโมง หลังการบริโภคอาหารชนิดนั้น ค่าดัชนีน้ำตาลในอาหารจึงสำคัญกับผู้ป่วยเบาหวานมาก เพราะผู้ป่วยเบาหวานจะมีความผิดปกติของฮอร์โมนที่ชื่อว่า Insulin (อินซูลิน) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมระดับน้ำตาลในกระแสเลือด ดังนั้นหากผู้ป่วยเบาหวานมีความรู้ความเข้าใจในการเลือกแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำได้ ก็จะสามารถควบคุมโรคเบาหวานได้เป็นอย่างดี

สามารถแบ่งระดับ GI ได้ทั้งหมด 3 ระดับ ได้แก่

1. Low Glycemic หรือ ดัชนีน้ำตาลต่ำ คือ ค่า ≤ 55
2. Medium Glycemic หรือ ดัชนีน้ำตาลปานกลาง คือ ค่าระหว่าง 56-69
3. High Glycemic หรือ ดัชนีน้ำตาลสูง คือ ค่า ≥ 70

ปัจจัยที่มีผลต่อระดับดัชนีน้ำตาล ได้แก่

1. ระดับการผ่านการขัดสี การแปรรูป การปรุงประกอบ ของอาหาร เพราะ อาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ จะส่งผลให้อาหารชนิดนั้นมีค่าดัชนีน้ำตาลที่สูงขึ้น ยิ่งผ่านกระบวนการต่างๆมาก ค่ายิ่งสูงขึ้น เช่น ข้าวกล้อง (ไม่ผ่านการขัดสี) จะมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่า ข้าวขาว (ผ่านการขัดสี) เป็นต้น

2. ใยอาหาร เพราะ ใยอาหาร (โดยเฉพาะใยอาหารชนิดละลายน้ำ) ช่วยในการชะลอความเร็วในการย่อยพวกแป้ง และการดูดซึมพวกน้ำตาลกลูโคส ดังนั้นอาหารที่มีใยอาหารสูง จะมีค่าดัชนีน้ำตาลที่ต่ำกว่าอาหารที่มีใยอาหารน้อย

3. ชนิดของแป้ง เพราะ แป้งชนิด Amylose (โครงสร้างเป็นแบบเส้นตรง) จะย่อยช้ากว่าแป้งชนิด Amylopectin (โครงสร้างเป็นแบบกิ่งก้าน) ดังนั้นอาหารที่มีส่วนประกอบของแป้งชนิด Amylose มากกว่า ชนิด Amylopectin จะมีค่าดัชนีน้ำตาลที่ต่ำกว่า

4. ระดับความสุก เพราะ ยิ่งสุกมาก ค่าดัชนีน้ำตาลยิ่งสูง

5. ชนิดของน้ำตาลในอาหาร โดยแบ่งได้ดังนี้ น้ำตาลกลูโคส ค่า GI = 100, น้ำตาลฟรุกโตส ค่า GI = 23, น้ำตาลซูโครส(น้ำตาลทราย) ค่า GI = 65 และน้ำผึ้ง ค่า GI = 58

6. การผสมผสานสารอาหารอื่นในมื้ออาหาร คือ สารอาหารโปรตีนและไขมันในมื้ออาหารสามารถช่วยลดค่าดัชนีน้ำตาลจากสารอาหารคาร์โบไฮเดรตได้

7. ระดับความเป็นกรด คือ ความเป็นกรดจะช่วยชะลอการย่อยของแป้งให้ช้าลง ดังนั้นอาหารหรือผลไม้ที่มีความเป็นกรด จะส่งผลให้ค่าดัชนีน้ำตาลลดลงได้

8. สารอาหารบางชนิดยับยั้งการย่อยคาร์โบไฮเดรต เช่น สารจากถั่วเหลือง, ถั่วขาว และมันเทศ เป็นต้น

หลักการถนอมอาหารโดยการแช่แข็ง

การแช่เยือกแข็ง เป็นกระบวนการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง น้ำในอาหารส่วนใหญ่จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง ทำให้น้ำนั้นไม่สามารถเคลื่อนที่ และไม่ทำหน้าที่ต่างๆในปฏิกิริยาเคมี สารละลายมีความเข้มข้นสูงขึ้นเซลล์หรือเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตไม่สามารถ

ดำเนินกิจกรรมทางเคมีและชีวเคมีต่อไปได้ตามปกติ รวมทั้งเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ติดมา ก็จะชะงักการเจริญเติบโตและหยุดกระบวนการทางเมแทบอลิซึมทำให้คุณค่าทางอาหาร และลักษณะทางประสาทสัมผัสเปลี่ยนแปลงน้อยมากกระบวนการถนอมอาหารโดยการแช่เยือกแข็งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การแช่เยือกแข็ง (Freezing process) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิเยือกแข็ง และการละลาย (Thawing process) การแช่เยือกแข็ง จึงเป็นกรรมวิธีการแปรรูปอาหารเพื่อถนอมอาหาร ด้วยการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่า -18^{0}C โดยน้ำในอาหารจะเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็ง เป็นการถนอมอาหารที่คงความสดและรักษาคุณภาพอาหารได้ดีกว่าวิธีอื่นแม้จะเป็นอาหารที่ผ่านการปรุงสุกเพื่อเป็นอาหารพร้อมรับประทาน สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น

อาหารแช่เย็น (Chilled Foods)

การแช่เย็น เป็นกรรมวิธีที่ควบคุมอุณหภูมิของอาหารไว้ระหว่าง 1 ° C ถึง 8 ° C เพื่อลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมี และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารสดหรืออาหารแปรรูปวิธีนี้ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุด มักใช้วิธีการแช่เย็นควบคู่กับกรรมวิธีแปรรูปอื่นๆ เช่นการหมักการฉายรังสีหรือการพาสเจอไรซ์ เพื่อยืดอายุให้กับอาหารที่ผ่านผ่านกรรมวิธีที่ไม่รุนแรงนี้

การแช่เย็น คือ การลดอุณหภูมิลงให้ต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำสุดที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้จะยับยั้งการเจริญและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ได้ เชื้อจุลินทรีย์แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มตามช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต

1. เทอร์โมไฟล์ (Thermophile) มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญ 35- 55 ° C
2. เมโซไฟล์ (Mesophile) มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญ 10-40 ° C
3. ไซโคลไฟล์ (Psychrophile) มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญ 5-15 ° C

การแช่เย็นจะช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ประเภทเทอร์โมไฟล์ และเมโซไฟล์ ได้เชื้อไซโคลไฟล์ทำให้อาหารแช่เย็นเกิดการเน่าเสียได้ แต่ยังไม่ปรากฏว่ามีเชื้อไซโคลไฟล์ที่ก่อให้เกิดโรค ดังนั้นการแช่เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5-7 ° C จึงเป็นการยับยั้งการเน่าเสียและป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคได้อัตราการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี การแช่เย็นจึงเป็นการลดอัตราการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์ หรือเอนไซม์และยับยั้งการหายใจของอาหารสด

การคืนรูปของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง (Thawing of frozen products)

เป็นกระบวนการที่ตรงกันข้ามกับกระบวนการแช่เยือกแข็ง โดยการคืนรูปเป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง เพื่อให้ผลึกน้ำแข็งละลายกลับคืนสู่สภาพเดิมก่อนที่จะนำไปบริโภค หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นอัตราการละลายช้ากว่าอัตราการแช่เยือกแข็ง ความแตกต่างระหว่างอัตราการแช่เยือกแข็งและการละลาย อธิบายได้โดยคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำและน้ำแข็งที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อนำอาหารมาคืนรูป โดยทิ้งให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง น้ำแข็งมีคุณสมบัติในการนำความร้อนได้ดีกว่าน้ำ 4 เท่า และยังสามารถแพร่กระจายความร้อนได้ดีกว่าน้ำ 9 เท่า น้ำแข็งที่ผิวหน้าของอาหารจะละลายก่อนเกิดเป็นชั้นของน้ำที่ผิวหน้าน้ำ จะทำหน้าที่เป็นฉนวนความร้อนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารจะช้าลง เพราะการนำความร้อนและการส่งผ่านความร้อนน้อยกว่าน้ำแข็ง เมื่อความหนาของชั้นน้ำมากขึ้น การส่งผ่านความร้อนจะยิ่งช้าซึ่งตรงข้ามกับการแช่เยือกแข็ง

ความหนาของชั้นน้ำแข็งจะเร่งการส่งผ่านความร้อน ดังนั้นการละลายจึงใช้เวลานานเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาในการแช่เยือกแข็ง

การทิ้งให้อาหารละลายข้ามคืนที่อุณหภูมิห้องเป็นสิ่งที่ไม่เหมาะสมอาจเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และในกระบวนการแช่เยือกแข็ง อาจมีผลกระทบต่อโครงสร้างของอาหาร ทำให้อาหารง่ายต่อการเข้าทำลาย โดยจุลินทรีย์ นอกจากนี้อาหารที่คืนรูปอาจชื้นแฉะ ดังนั้นการคืนรูปที่ใช้เวลานานเกินไป จะทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพ และคุณค่าทางอาหาร การเพิ่มอัตราเร็วในการละลายสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การใช้อากาศเป็นวิธีการที่ใช้กันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารโดยกำหนดอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของอากาศให้เหมาะสมกับชนิดของอาหาร โดยทั่วไปความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เหมาะสมควรสูงกว่า 90% เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำหนักในการทำละลายอาหารแช่เยือกแข็งที่ไม่มีวัสดุห่อหุ้มการทำละลายอาหารทะเลแช่เยือกแข็งแบบแท่งที่มีความหนา 10 เซนติเมตร ใช้อากาศที่มีความเร็ว 300 เมตร / นาที อุณหภูมิไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์สูงถึงจุดอิ่มตัวใช้เวลา 4 ชั่วโมง ถ้าใช้อากาศที่มีความเร็วสูงขึ้นผิวหน้าของอาหารจะแห้ง ในขณะเดียวกันถ้าเพิ่มอุณหภูมิของอากาศจะทำให้จุลินทรีย์เจริญที่ผิวหน้าได้ (Jiang & Lee, 2004)

2. การแช่ในน้ำที่มีการหมุนเวียน นำอาหารมาแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส และมีการหมุนเวียนไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร / นาที ช่วยให้มีการถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้น ละลายได้เร็วขึ้น ไม่สูญเสียน้ำหนัก แต่วิธีนี้จะทำให้สูญเสียสารอาหารที่ละลายน้ำได้รวมทั้งรงควัตถุกลิ่นรส นอกจากนี้ยังไม่เหมาะกับอาหารบางชนิดที่เมื่อสัมผัสกับน้ำนาน ๆ ผิวของอาหารจะเปื่อยยุ่ย และน้ำ เช่น เนื้อสัตว์ ปลาที่แล่เป็นชิ้น

3. การใช้กระแสไฟฟ้า โดยนำอาหารมาแช่ในของเหลวหรือน้ำที่มีแผ่นอิเล็กโทรดเชื่อมต่อกับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักดิ์ 380 โวลต์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนมีสวิตช์ปิดเปิดอัตโนมัติควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป วิธีนี้อัตราการละลายจะเร็วกว่าวิธีที่สองถึงสามเท่า

4. การใช้ความร้อนเร่งการละลาย โดยการต้ม ย่าง อบ และนึ่ง นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านความร้อนก่อนการบริโภค ตัวอย่างเช่นผลิตภัณฑ์อาหารว่างแช่เยือกแข็ง เช่น ซาลาเปา ขนมจีบ และฮะเก๋ ที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน การคืนรูปทำได้ง่ายๆโดยการนำไปนึ่งก็จะได้ผลิตภัณฑ์อาหารร้อน ๆ พร้อมที่จะบริโภค

5. การใช้ไมโครเวฟ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานสูงมากในช่วง 2450 เมกะเฮิรตซ์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะกระตุ้นให้โมเลกุลของน้ำนั้นเคลื่อนไหว เกิดการชน และการเสียดสีกัน ทำให้อาหารร้อนขึ้นจากภายในช่วยให้ละลายได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดเวลา และพื้นที่สามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง มีดริปเกิดขึ้นน้อย และอาหารไม่ต้องสัมผัสกับของเหลวอื่น ช่วยลดการสูญเสียคุณค่าวิธีนี้ต้องลงทุนสูง แต่ในปัจจุบันนี้เตาไมโครเวฟเริ่มมีราคาถูกลงได้รับความนิยมในการนำมาใช้ละลายอาหารแช่เยือกแข็งในระดับครัวเรือน การเลือกวิธีการทำละลายนั้น วิธีที่ทำให้อาหารละลายได้เร็วที่สุด จะให้อาหารที่มีคุณภาพดีกว่า วิธีที่ใช้เวลานาน แต่จะต้องเป็นวิธีที่ไม่ทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงหรือจุลินทรีย์เจริญ นอกจากนี้ยังขึ้นกับธรรมชาติของอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการผลิตด้วย ถ้าเป็นอาหารที่เมื่อทำละลายแล้วไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปอีก หรือผ่านเพียงเล็กน้อยวิธีการที่เลือกใช้ต้องไม่เป็นวิธีที่ทำลายคุณค่า และคุณภาพของอาหารไม่มีผลกระทบต่อลักษณะปรากฏ และไม่ทำให้อาหารสูญเสียน้ำหนัก แต่ในกรณีของผลไม้แช่เยือกแข็งที่ต้องการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์

อาหารอื่น ๆ เช่น แยม ลักษณะปรากฏ และการสูญเสียดริปไม่ใช่สิ่งสำคัญเพราะสามารถเติมกลับเข้าไปได้สิ่งที่สำคัญ คืออัตราการละลายต้องรวดเร็วเพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์

การประกอบอาหารด้วยไมโครเวฟ เป็นการทำให้อาหารสุกโดยคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูง แตกต่างจากการแปรรูปอาหารด้วยเตาอบธรรมดา ที่ทำให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟ เช่น แบบเตาแก๊สหรือแบบขดลวดไฟฟ้า ซึ่งทำให้อาหารสุกได้ 3 วิธี คือ การนำ การพา และการแผ่รังสี Rosenthal (1992) กล่าวว่า เทคโนโลยีไมโครเวฟได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจนกลายเป็นของใช้ภายในครัวเรือนในรูปของเตาอบไมโครเวฟที่ใช้ในการหุงต้มอาหารได้ โดยเน้นประโยชน์ของพลังงานนี้ในรูปของการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย และ Fellows (2000) ระบุว่าคลื่นไมโครเวฟสามารถทำให้เกิดความร้อนในอาหารได้ โดยคลื่นไมโครเวฟทำให้อนุภาคที่มีประจุสั่นสะเทือน และโมเลกุลที่มีขั้วในอาหารหมุนตัวอย่างรวดเร็ว และยังทำให้เกิดการชนกันของโมเลกุลข้างเคียง และแปลงพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือน หมุนตัว หรือชนกันของโมเลกุลต่างๆ ให้อยู่ในรูปของพลังงานความร้อน สายสนม (2543) ได้อ้างอิงข้อกำหนดเกี่ยวกับความถี่ของคลื่นไมโครเวฟสำหรับการให้พลังงานความร้อนในระบบอุสาหกรรมและการใช้ในครัวเรือน โดยสถาบันระหว่างชาติ (International telecommunication Union; ITU) ไว้ที่ระดับความถี่ 915 และ 2,450 เมกะเฮิรต์

สำหรับผลของไมโครเวฟต่อข้าวที่หุงนั้น Natcha *et al*. (2011) ได้ทำการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและเคมีของข้าวกล้องดอกมะลิพันธุ์ 105 ที่ผ่านการหุงด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 4 วิธี ได้แก่ หุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า หุงด้วยไมโครเวฟ หุงด้วยวิธีใช้ไอน้ำ และวิธีแบบดั้งเดิม พบว่า การหุงด้วยวิธีดั้งเดิมมีผลให้ ปริมาณโปรตีนและปริมาณไขมันในข้าวหุงสุกเหลือปริมาณน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับข้าวที่ผ่านการหุงสุกด้วยวิธีอื่นๆ สำหรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัสที่ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง texture profile พบว่า ข้าวที่ผ่านการหุงด้วยไมโครเวฟ และวิธีการใช้ไอน้ำ มีค่าความแข็งของเมล็ดข้าวสูงกว่าข้าวที่ผ่านการหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าและการหุงข้าวด้วยวิธีดั้งเดิม

ระดับของการใช้ความเย็นในการถนอมอาหาร

การใช้ความเย็นแยกได้ตามระดับของการใช้อุณหภูมิได้ 2 ระดับ คือ การแช่เย็นหรือการใช้อุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็ง และการแช่แข็งหรือการใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง

1. การแช่เย็น (Refrigeration) การเก็บเนื้อสัตว์ไว้ในอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง หรือการเก็บเนื้อสัตว์ไว้ในห้องเย็นหรือตู้เย็น เรียกว่า การแช่เย็น (refrigeration) ณ อุณหภูมิประมาณ 0 – 5 องศาเซลเซียส การใช้ความเย็นในการถนอมรักษาเนื้อสัตว์เป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เท่านั้น ไม่ใช่การท าลายจุลินทรีย์ อุณหภูมิต่ำ ทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ช้าลง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ ใกล้จุดเยือกแข็ง เมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์จะช้าลงมาก ปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ก็ช้ามากด้วย ดังนั้น จุลินทรีย์จึงเจริญเติบโตได้ช้ามาก ทำให้การเน่าเสียกินเวลานานขึ้น

2. การแช่แข็ง (freezing) เป็นการเก็บอาหารไว้ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง หรือต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส การแช่แข็งเป็นการถนอมอาหารระยะยาวที่หากปฏิบัติอย่างถูกต้อง จะสามารถรักษาสี กลิ่นรส และคุณค่าทางอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ แต่จะสามารถรักษาเนื้อสัมผัสได้ปานกลางเท่านั้น ในกระบวนการแช่แข็งนั้น อุณหภูมิของอาหารถูกลดลงมา เราสามารถดึงความร้อนออกเพื่อลด

อุณหภูมิของอาหารลงเรื่อยๆ จนต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส โดยที่น้ำในอาหารยังไม่เป็นน้ำแข็ง ในสภาพที่อุณหภูมิของอาหารต่ำกว่าจุดเยือกของอาหารนั้น จะเป็นสภาพที่เรียกว่า เย็นยิ่งยวด (Undercool)

ข้าวถึงแม้จะเป็นอาหารหลักที่สำคัญ แต่เป็นที่ทราบกันดีว่า ดัชนีน้ำตาลในข้าวโดยเฉพาะข้าวขัดมักจะอยู่ในช่วงดัชนีน้ำตาลที่สูง โดยรายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ข้าวมีดัชนีน้ำตาลตั้งแต่ 54 ถึง 121 (Shobana *et al*., 2012) สาเหตุที่ระดับของดัชนีน้ำตาลในข้าวมีความแตกต่างกันนั้น อาจเนื่องมาจากหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น สายพันธุ์ที่แตกต่างกัน ปริมาณแอมิโลสหรืออัตราส่วนของปริมาณแอมิโลสและแอมิโลเพกทินและคุณสมบัติอื่นๆ ของแป้งข้าว (Parada and Aguilera, 2012) จากการศึกษาที่ผ่านมา แม้ว่าข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณแอมิโลส และแอมิโลเพกทิน จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในด้านการแพทย์ต่อผู้ป่วยเบาหวาน แต่ปริมาณแอมิโลส เพียงอย่างเดียวไม่สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดในเรื่องของการย่อยแป้ง หรือการทำนายค่าดัชนีน้ำตาลในข้าวพันธุ์นั้นๆ ได้ เนื่องจากมีรายงานวิจัยของ Panlasigui, *et al*.(1991) พบว่าข้าวซึ่งมีปริมาณแอมิโลสเท่ากัน แต่มีอัตราการย่อยแป้งและการตอบสนองของน้ำตาล (ดัชนีน้ำตาล) แตกต่างกันได้ ปัจจุบันเชื่อว่าปริมาณอะมิโลสไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มหรือลดลงของระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Syahariza *et al*., (2013) ที่แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของโครงสร้างของอะมิโลสและอะมิโลเพกทินที่แตกต่างกันในข้าว มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตราการย่อยแป้ง และการเพิ่มหรือลดของระดับน้ำตาล สำหรับประเทศไทย วัฒนธรรมในการบริโภคอาหารของคนไทยเปลี่ยนไปค่อนข้างมาก นำไปสู่ภาวะโรคอ้วนและเพิ่มความชุกของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยเฉพาะโรคเบาหวาน ดังนั้นการควบคุมหรือการป้องกันไม่ให้เกิดภาวะโรคอ้วนหรือเบาหวาน จึงมีคำแนะนำว่าควรเลือกรับประทานอาหารที่มีดัชนีน้ำตาลต่ำ - ปานกลาง ข้อดีของอาหารที่มีดัชนีน้ำตาลต่ำปานกลาง คือช่วยลดและควบคุมน้ำหนักตัว นอกจากนี้ อาหารที่มีดัชนีน้ำตาลต่ำ - ปานกลาง ยังช่วยในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและการตอบสนองของฮอร์โมนอินซูลินได้ดีอีกด้วย ประการสุดท้ายมีรายงานวิจัยพบว่า การรับประทานอาหารที่มีดัชนีน้ำตาลต่ำส่งผลให้การนอนหลับดีขึ้น มากกว่าอาหารที่มีดัชนีน้ำตาลสูง แต่เนื่องจากประเทศไทยมีสายพันธุ์ข้าวที่หลากหลาย โดยกรมวิชาการเกษตรรายงานว่าประเทศไทยมีข้าวพื้นเมืองและข้าวป่า รวมกันมากกว่า 24,000 สายพันธุ์ การนำข้าวพื้นเมืองหลายๆ พันธุ์มาทำการทดสอบหาดัชนีน้ำตาลในคนนั้นทำได้ยาก เนื่องจากต้องใช้งบประมาณสูง และการทดสอบทำได้จำนวนตัวอย่างน้อย

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เป็นการหาองค์ประกอบทั้งหมดที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ โมโนแซคคาไรด์ ไดแซคคาไรด์ และโอลิโกแซคคาไรด์ ซึ่งนำมาวิเคราะห์ได้ 2 วิธีดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total soluble sugar) ด้วยวิธี total sugar assay (พันธ์ระวี, 2551) มีวิธีการดังนี้ นำผงข้าวทดลอง 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ดูดสารละลายมา 200 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองแล้วเติม orcinal-sulphuric acid ปริมาตร 800 ไมโครลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากัน นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และทำให้เย็นลง

อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้องนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายกลูโคสเป็นสารมาตรฐานทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ตามวิธีของ Sormogyi-Nelson (Somogyi and Nelson, 1952) มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้ เตรียมสารสกัดจากข้าวทดลองแต่ละชนิด ให้มีความเข้มข้น 0.05% w/v แล้วดูดสารละลายปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองเดิมสารผสมระหว่าง Somogyi l และ Somogyi ll ในอัตราส่วน 4:1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายผสมกัน จากนั้นให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทำให้เย็นแล้วเติม Nelson 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกันนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับแบลงค์ ซึ่งใช้น้ำกลั่นและใช้สารละลายกลูโคสเป็นสารมาตรฐานทำการทดลอง 3 ซ้ำ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมจิต (2539) ศึกษาผลของการแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวสุกแช่เยือกแข็ง พบว่าการเตรียมข้าวสุกแช่เยือกแข็งที่เหมาะสม และผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวสุกแช่เยือกแข็งข้าวที่ใช้ทดลองมี 2 ชนิดคือข้าวขาว (อะมิโลส 25%) และข้าวหอมมะลิ (อะไมโลส 17.8%) พบว่าอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่เหมาะสำหรับหุงข้าวคือ 1:1.9 และ 1:1.4 ตามลำดับ และวิธีการหุงข้าวที่ดีที่สุดคือวิธีนึ่ง เนื่องจากให้ข้าวสุกมีค่าความชื้นสูงสุด และข้าวขาวได้คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสีสูงสุด ส่วนข้าวหอมมะลิได้คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสี และเนื้อสัมผัสสูงที่สุด อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแช่เยือกแข็งข้าวสุกที่บรรจุในกล่องกระดาษเคลือบไขปิดสนิทด้วยไอในโตรเจนเหลว คือ 70 °c แปรปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุกแช่เยือกแข็ง ได้แก่ ชนิดข้าว 2 ชนิด (ข้าวขาวและข้าวหอมมะลิ) วิธีแช่เยือกแข็ง 2 วิธี (ใช้ไอในโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ 70 °c และวิธี air blast ที่อุณหภูมิ -32 ° C) และวิธีอุ่นข้าวสุกแช่เยือกแข็ง 2 วิธี (นึ่งและใช้ไมโครเวฟ) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าชนิดข้าวมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสคือข้าวหอมมะลิได้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงกว่าข้าวขาวผลของวิธีอุ่น พบว่าการอุ่นด้วยวิธีนึ่งได้คะแนนเฉลี่ยด้านสีสูงกว่าวิธีใช้ไมโครเวฟ แต่คะแนนด้านอื่นไม่แตกต่างกันส่วนวิธีแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส

Sujata *et al*., (2004) ศึกษาคุณภาพการหุงต้มของข้าวกล้อง ข้าวสาร และข้าวที่ทำสุกบางส่วนจาก 2 แหล่งเพาะปลูกในอินเดียซึ่งจะสุ่มตัวอย่าง ในแต่ละฤดูกาลเป็นระยะเวลานาน 2 ปี พบว่าองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือปริมาณอะมิโลสของข้าวทั้ง 2 แหล่งมีค่าไม่แตกต่างกัน ขณะที่ Iturriaga *et al*., (2004) ศึกษาสมบัติทางเคมีของแป้งข้าวและสตาร์ชที่แยกได้จากข้าวเจ้า 5 พันธุ์ และข้าวเหนียว 2 พันธุ์ จากการศึกษาอุณหภูมิในการเจลาติไนซ์ด้วย DSC ในข้าวที่ทำให้สุกด้วยปริมาณน้ำที่มากเกินพอ พบว่าแป้งข้าวมีอุณหภูมิเจลาติไนซ์สูงกว่าสตาร์ช เนื่องจากแป้งข้าวยังมีองค์ประกอบอื่น เช่น ไขมัน โปรตีน น้ำตาล และเกลือแร่ อยู่ในองค์ประกอบจึงส่งผลต่อการดูดซับน้ำบางส่วน ที่แป้งต้องการใช้ในการเจลาติไนซ์

จิรศักดิ์และคณะ (2547) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิสายพันธุ์ 105 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ **α**- อะไมเลส ของข้าวที่เก็บไว้ทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากับ 0.9-7.8

และ 0.9-9.6 U / 100 กรัมตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวสารที่เก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีปริมาณเพิ่มขึ้นส่วนข้าวสารที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ในระหว่างการเก็บรักษาคุณสมบัติความหนืด วัดโดยเครื่องวัดความหนืด RVA ของแป้งข้าวสาร พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเก็บข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูง

Otegbayo, Osamuel and Fashakin (2001) ศึกษาผลกระทบของข้าวนึ่งสองชนิด (ข้าวขาวและข้าวกล้อง) ในประเทศไนจีเรียที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ โดยใช้ข้าวเปลือกในพื้นที่ของประเทศ ผลการทดลองนี้รายงานเป็นสมบัติทางเคมีกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ เวลาที่ใช้ในการหุงต้ม ปริมาณอะไมโลส โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ซึ่งพบว่า ข้าวนึ่งนั้นมีปริมาณของ โปรตีน ไขมัน ปริมาณอะไมโลส และเวลาที่ใช้ในการหุงต้ม น้อยกว่าข้าวสารขาวส่วนค่าอื่น ๆ ที่เหลือข้างต้น รวมทั้งวิตามินของข้าวนึ่งมีค่าที่ใช้ในการหุงต้มน้อยกว่าข้าวสารขาวส่วนค่าอื่น ๆ ที่เหลือข้างต้นรวมทั้งวิตามินของข้าวนึ่งมีค่ามากกว่าข้าวสารขาว

Singh, *et al*. (2005) ทำการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพการหุงต้มของข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ ในประเทศอินเดีย ทั้งหมด 23 สายพันธุ์ โดยศึกษาความสัมพันธ์ของสมบัติต่าง ๆ โดยใช้วิธี Pearson correlation พบว่า ปริมาณของอะไมโลส มีความสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการหุงสุกในทิศทางตรงข้าม แต่มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับค่าการสูญเสียของปริมาณของแข็ง ปริมาตร และค่าความแข็ง เช่นเดียวกับที่รายงานว่า การเกาะติดกันมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณอะไมโลส และค่าการสูญเสียของปริมาณของแข็ง แต่มีทิศทางตรงข้ามกับเวลาที่ใช้ในการหุงสุก

คุณภาพการรับประทานของข้าว (Eating quality) เป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อทั้งนี้ เพราะความชอบของแต่ละคนแตกต่างกัน (กรมวิชาการเกษตร, 2545) คุณภาพการรับประทานของข้าว มีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพการหุงต้ม เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสข้าวตามคุณภาพการรับประทานของผู้บริโภคการตรวจสอบที่ตรงประเด็นที่สุด คือ การตรวจสอบโดยใช้ประสาทสัมผัส (Sensory) การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความสำคัญมากในวงการอุตสาหกรรมอาหารซึ่งนักวิทยาศาสตร์การอาหารและผู้ที่มีความรับผิดชอบที่เกี่ยวข้องกับด้านนี้ให้ความสำคัญในการประเมินทางประสาทสัมผัสไม่น้อยไปกว่าศาสตร์แขนงอื่น ลักษณะข้าวหุงสุกที่ให้ผู้ชิมประเมินคือกลิ่น (aroma), กลิ่นรส (flavor) หรือรสชาติ (taste), ความนุ่ม (tenderness) หรือความแข็งหรือกระด้าง (hardness), ความเกาะตัวกัน (cohesiveness) หรือความเหนียวติดกัน (stickiness), ลักษณะปรากฏ (appearance) และความขาว (whiteness) หรือสี (color) (อรอนงค์, 2547)

Yau and Huang (1996) วิเคราะห์ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุก 4 สายพันธุ์ ใช้การทดสอบเชิงพรรณนาและให้คะแนนในช่วง 1 ถึง 15 แบ่งเป็น 1 = อ่อน 7 = ปานกลาง 15 = เข้มมากโดยการเสริฟท์ตัวอย่างแบบ 2 อุณหภูมิให้ผู้ทดสอบชิมคือ 18 องศาเซลเซียส (หุงสุกแล้วแช่เย็นที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง) และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (หุงสุกแล้วเสริฟท์ตัวอย่างมั่นที) ลักษณะข้าวหุงสุกที่ให้ผู้ชิมประเมิน ได้แก่ กลิ่นของข้าวสุก (hot aroma), ความแข็งหรือกระด้าง (hardness), ความเกาะตัวกัน (cohesiveness), ความหลวม (looseness) กลิ่นของข้าวกล้อง (brown aroma), ความหวาน (sweetness), กลิ่นของข้าวสุกเมื่อเย็น (cold-rice aroma), ลักษณะการเคี้ยว (chewiness) rice

Qingyun, *et al.* (2007) ทำการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกทั้งหมด 90 สายพันธุ์โดยวิธี Four-samples sensory tests ให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 20 คนประเมิน 7 ลักษณะคือกลิ่น (aroma), รสชาติ (taste), ลักษณะปรากฏ (appearance) ความสว่าง (brightness) และความน่ารับประทาน (palatability) ให้ระดับคะแนนตั้งแต่ 5 ถึง 5 ส่วนความเหนียว (stickiness), และความแข็งหรือกระด้าง (hardness) ให้ระดับคะแนนตั้งแต่ -3 ถึง 3 การหุงใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1: 1.4 แช่ในน้ำทิ้งไว้ 30 นาทีก่อนนำไปหุงเป็นเวลา 20 นาทีและอุ่นไว้ก่อน 10 นาทีจึงเสริฟท์ให้ผู้ทดสอบชิมโดยทดสอบช่วงเช้าเวลา 10.00 น. และช่วงบ่ายเวลา 15.30 น. การวิเคราะห์ผลทางสถิติแสดงผลออกมาเป็นความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยวิธีรีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร

Yau and Huang (1996) วิเคราะห์ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุก 4 สายพันธุ์ ใช้การทดสอบเชิงพรรณนาและให้คะแนนในช่วง 1 ถึง 15 แบ่งเป็น 1 = อ่อน ๆ = ปานกลาง 15 = เข้มมากโดยการเสริฟท์ตัวอย่างแบบ 2 อุณหภูมิให้ผู้ทดสอบชิมคือ 18 องศาเซลเซียส (หุงสุกแล้วแช่เย็นที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง) และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (หุงสุกแล้วเสริฟท์ตัวอย่างมั่นที) ลักษณะข้าวหุงสุกที่ให้ผู้ชิมประเมิน ได้แก่ กลิ่นของข้าวสุก (hot arorma), ความแข็งหรือกระด้าง (hardness), ความเกาะตัวกัน (cohesiveness), ความหลวม (looseness) กลิ่นของข้าวกล้อง (brown-rice aroma), ความหวาน (Sweetness), กลิ่นของข้าวสุกเมื่อเย็น (cold rice aroma), ลักษณะการเคี้ยว (chewiness)

ความสำคัญ ที่มาและวัตถุประสงค์

ปัจจุบันปัญหาสาธารณสุขของประเทศไทย มาจากการบริโคสารอาหารเกินความต้องการของร่างกาย ส่งผลต่อการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล จึงมีการสนับสนุนให้ประชาชนหันมาสนใจในการดูแลร่างกายด้วยการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น โดยวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือการป้องกันโรค ด้วยการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพควบคู่ไปกับคุณค่าทางสารอาหาร ทั้งนี้คนไทยได้รับปริมาณน้ำตาลจากเครื่องดื่มและคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าแต่ก่อน จนส่งผลให้โรคเบาหวานเป็นโรคที่กระทบต่อสุขภาพของคนไทย การบริโภคข้าวที่นิยมคือการนำมาหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า (Zhao *et al*., 2007) ซึ่งมักบริโภคข้าวหุงสุกขัดขาวมากกว่าข้าวกล้อง แต่ข้าวขัดขาวมีการปลดปล่อยน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดสูงกว่าข้าวกล้อง อีกทั้ง บรรจบ (2555) กล่าวว่าข้าวกล้อง 300 กรัม ใช้เวลาแช่น้ำก่อนหุง 30-60 นาที และเวลาหุงสุก 35-40 นาที บางครั้งจึงมีการหุงข้าวปริมาณมากแล้วนำไปแช่เย็นหรือแช่แข็ง ก่อนนำมาอุ่นซ้ำก่อนรับประทาน แต่มีงานวิจัยน้อยมากที่กล่าวถึงผลของการแช่แข็งข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล

ดังนั้นการวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อนำข้าวที่นิยมปลูกในจังหวัดภาคใต้ จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวเล็บนกปัตตานี ข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่า และใช้ข้าวหอมมะลิเป็นกลุ่มเปรียบเทียบ นำมาขัดสีและหุงสุก โดยใช้สภาวะการหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าและการนึ่ง จากนั้นนำตัวอย่างข้าวหุงสุกไปเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง (-20^{0}C) และตู้เย็น (-4^{0}C) ใช้ระยะเวลาการแช่ข้าวในตู้แช่แข็ง เป็นเวลา 1 เดือน ส่วนการแช่เย็น จะใช้เวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการอุ่น ที่ต่างกัน 2 วิธี ได้แก่การใช้ไมโครเวฟ และการนึ่งด้วยไอน้ำ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรวม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณความชื้น ค่า Aw และค่าสีของข้าวหุงสุก เพื่อนำผลที่ได้ไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการให้ความรู้แก่ผู้บริโภคที่รักษาสุขภาพ และต้องการควบคุมน้ำหนัก ควบคุมปริมาณ

น้ำตาลในร่างกายเพื่อผลต่อการดูแลสุขภาพ คาดหวังว่าจะสามารถต่อยอดไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพร้อมทานเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยในอนาคต

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรวม และน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวพื้นเมืองหุงสุก ที่ผ่านกระบวนการแช่แข็ง แช่เย็น และคืนสภาพ

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้ ใช้ตัวอย่างข้าวพื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวเล็บนกปัตตานี ข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่า และใช้ข้าวหอมมะลิ เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ นำมาขัดสีและหุงสุกโดยใช้สภาวะการหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าและการนึ่ง จากนั้นนำตัวอย่างข้าวหุงสุกไปเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง (-20^{0}C) และตู้เย็น (-4^{0}C) ใช้ระยะเวลาการแช่ข้าวในตู้แช่แข็ง เป็นเวลา 1 เดือน และนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรวม สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ส่วนการแช่เย็น จะใช้เวลา 7 วัน นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรวมในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 หลังเสร็จสิ้นการเก็บรักษา นำมาอุ่นด้วยวิธีการต่างกัน 2 วิธี ได้แก่การเข้าเครื่องไมโครเวฟ และการนึ่งด้วยไอน้ำเดือด เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรวม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณความชื้น ค่า Aw และค่าสีของข้าวหุงสุก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษา ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวพื้นเมืองหุงสุกที่ผ่านกระบวนการแช่แข็งและคืนสภาพ มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

เก็บตัวอย่างข้าวทดลองที่นิยมบริโภคในภาคใต้จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวเล็บนกปัตตานี ข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่า และใช้ข้าวหอมมะลิ เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ โดยเก็บข้าวเปลือกมาชนิดละ 20 กิโลกรัม นำมาขัดสีเป็นข้าวสาร นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระหว่างรอการทดลองเพื่อรักษาสภาพ (ภาพผนวกที่ 1)

1.2 การเตรียมข้าวหุงสุก (ดัดแปลงตามวิธีการของ สมจิต, 2539)

นำข้าวสาร ทั้ง 5 พันธุ์มาหุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าจนสุก ด้วยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกันตามชนิดข้าวและปริมาณอะมิโลสในข้าว อยู่ในช่วงระหว่าง 1: 1.4-1: 2 โดยน้ำหนัก ใช้เวลาในการหุงประมาณ 35-40 นาที (ภาพผนวกที่ 4) จากนั้นนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยด้วยวิธี 9 point Hedonics Scales โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คนที่มีอายุมากกว่า 20 ปี กำหนดให้คะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของข้าวแต่ละพันธุ์มีการทดสอบในหลายด้าน ได้แก่ ความชอบด้านสี กลิ่นหอม ความนุ่ม การเกาะตัว และความชอบรวม เพื่อกำหนดปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าว นำชุดทดลองที่ได้รับคัดเลือกดีที่สุดในแต่ละชนิดข้าว เป็นตัวอย่างสำหรับทำการเก็บรักษาและคืนสภาพ มาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นเริ่มต้นโดยวิธี Loss on drying at 135°C (AOAC, 2000), ปริมาณน้ำตาลรวมด้วยวิธี total sugar assay (พันธ์ระวี, 2551) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ดัดแปลงตามวิธีของ Dubois (1956), ค่า Aw และวัดค่าสีเริ่มต้น (วัดค่าสี L*, a* และ b* โดยเครื่องวัดสี Color Flex EZ) จากนั้นนำข้าวหุงสุกปริมาณ 150 กรัม บรรจุกล่องพลาสติกปิดฝา เพื่อใช้ในการทดลองข้อ 1.3

วิธีการหุงข้าวและคืนสภาพของแต่ละสภาวะการทดลอง

1. วิธีหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

ล้างข้าวสารด้วยน้ำสะอาด สะเด็ดน้ำให้แห้ง เติมน้ำใส่ข้าวตามอัตราส่วนที่สรุปได้จากข้อ 1.2 นำไปหุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติจนข้าวสุก (ภาพผนวกที่ 2)

2. วิธีนึ่ง

ล้างข้าวสารและเติมน้ำใส่ข้าวสารเหมือน ข้อ 1. แล้วนำไปนึ่งในหม้อนึ่งจับเวลา 20 - 30 นาที หลังน้ำเดือด (ภาพผนวกที่ 3)

3. วิธีการอุ่นข้าว โดยการนึ่ง

ข้าวแช่แข็ง ให้นำมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1.5 - 2 ชั่วโมง ส่วนข้าวแช่เย็นนำมาใช้นึ่งได้ทันที โดยนำไปนึ่งในลังถึง นำก้อนข้าวสุกใส่จาน นึ่งจนอุณหภูมิใจกลางก้อนข้าวเป็น 70 ± 5 องศาเซลเซียส (ภาพผนวกที่ 6)

4. วิธีการอุ่นข้าว โดยใช้เตาไมโครเวฟ

โดยนำข้าวทั้งแบบแช่เยือกแข็ง และ แช่เย็น อุ่นในเตาไมโครเวฟ ใช้กำลังไฟ 800 วัตต์ อุ่นประมาณ 4 นาที หรือจนอุณหภูมิใจกลางก้อนข้าวสุกเป็น 70 ± 5 องศาเซลเซียส (ภาพผนวกที่ 6)

1.3 การทดลอง

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในตัวอย่างข้าวหุงสุกทั้ง 5 สายพันธุ์ จากข้อ 14.2 ตามแผนการทดลองในตารางที่ 2 ดังนี้ โดยกำหนดปัจจัยการศึกษาเป็น 4 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 วิธีการหุงสุก (2 แบบ คือ ใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้า และใช้การนึ่งไอน้ำ) ปัจจัยที่ 2 วิธีการเก็บรักษา (2 แบบคือ แช่เย็น 4°C และ แช่แข็ง – 20°C) ปัจจัยที่ 3 ระยะเวลาเก็บรักษา (แช่เย็นใช้เวลา 1, 3, 5, 7 วัน และ แช่แข็งใช้เวลา 1, 2, 3, 4 สัปดาห์) และปัจจัยที่ 4 วิธีการคืนสภาพหรืออุ่น (2 แบบ คือ ไมโครเวฟ และ การนึ่งไอน้ำ) ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณน้ำตาล (ภาพผนวกที่ 5)

เมื่อครบเวลาตามวิธีการทดลอง จึงนำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ ดังนี้ (ภาพผนวกที่ 7-9)

(1) วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยวิธี Loss on drying at 135°C (AOAC, 2000)

(2) ปริมาณน้ำตาลรวมด้วยวิธี total sugar assay ดัดแปลงตามวิธีการของพันธ์ระวี (2551)

(3) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ดัดแปลงตามวิธีของ Dubois (1956)

(4) หาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw) โดยเครื่องวัดค่า a_w

(5) วัดค่าสี L*, a* และ b* โดยเครื่องวัดสี Color Flex EZ

(6) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากนั้นจึงนำข้อมูลผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำตาลรวม และน้ำตาลรีดิวซ์ กับตัวอย่างข้าวหุงสุกเริ่มต้นในข้อ 1.2 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาเปรียบเทียบโดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละข้าวทดลอง และปัจจัยการทดลอง เพื่อสรุปผลของการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณน้ำตาลรวม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และสมบัติกายภาพที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตารางที่ 2 การเก็บข้อมูลการทดลองตามปัจจัยการทดลอง

ปัจจัยที่ 1 วิธีหุงสุก	ปัจจัยที่ 2 วิธีเก็บรักษา	ปัจจัยที่ 3 เวลาเก็บรักษา	ปัจจัยที่ 4 วิธีการคืนสภาพ
ไฟฟ้า	แช่เย็น 4° C	1 วัน	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		3 วัน	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		5 วัน	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		7 วัน	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
	แช่แข็ง – 20° C	1 สัปดาห์	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		2 สัปดาห์	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		3 สัปดาห์	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		4 สัปดาห์	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
นึ่ง	แช่เย็น 4° C	1 วัน	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		3 วัน	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		5 วัน	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		7 วัน	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
	แช่แข็ง – 20° C	1 สัปดาห์	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		2 สัปดาห์	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		3 สัปดาห์	ไมโครเวฟ
			นึ่ง
		4 สัปดาห์	ไมโครเวฟ
			นึ่ง

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลระหว่าง treatment ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test: DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.5 สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการชีวเคมี สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และอาคารแปรรูป สาขาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อ. สิเกา จ.ตรัง ในปีงบประมาณ 2565

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการนำข้าวทดลอง 5 สายพันธุ์ ที่นิยมปลูกในภาคใต้ ได้แก่ ข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่า ข้าวเล็บนกปัตตานี ข้าวสังข์หยด และใช้ข้าวหอมมะลิ เป็นข้าวเปรียบเทียบ นำข้าวเปลือกมาสีเป็นข้าวสารขัดขาว จากนั้นนำข้าวสารมาหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ระยะเวลาหุงสุก

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาการหุงสุก (ตารางที่ 3) พบว่า ข้าวสารทั้ง 5 สายพันธุ์ เมื่อนำมาหุงสุกโดยใช้อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำตั้งแต่ 1:1.4 – 1: 1.6 พบว่าระยะเวลาหุงสุกของข้าวจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 15 – 20 นาที ขึ้นกับชนิดพันธุ์ โดยข้าวหอมมะลิ หุงสุกเร็วที่สุด ส่วนข้าวพันธุ์สังข์หยดหุงสุกช้าที่สุด ขณะที่ข้าวดอกข่าและเล็บนกปัตตานี หุงสุกด้วยระยะเวลาเท่ากัน คือ 18 นาที ซึ่ง Kaimma and Ema (1987) ศึกษาอัตราส่วนของน้ำต่อข้าวในการหุงต้ม แปรอัตราส่วนเป็น 1.0 ,1.1, 1.2 ,1.2 ,1.4 และ 1.5 เท่าโดยน้ำหนักข้าว พบว่า เมื่ออัตราส่วนน้ำเพิ่มขึ้น ข้าวสุกจะมีความชื้นสูงขึ้น ความแข็งน้อยลง เนื้อสัมผัสเหนียวเกาะติดกันมากขึ้น ขนาดเมล็ดข้าวสุกใหญ่ขึ้น และสีข้าวสุกจะมีความเหลืองน้อยลง โดยข้าวที่หุงใช้น้ำ 1.3-1.4 เท่า จะได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด เช่นเดียวกับ Juliano (1982) ศึกษาอัตราส่วนน้ำและข้าวในการหุงต้มข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่างกัน พบว่า ข้าวเหนียวมีอัตราส่วนน้ำและข้าวที่เหมาะสม คือ 0.8-1.3 ข้าวอะมิโลสต่ำ เท่ากับ 1.2-1.7 และข้าวอะมิโลสปาน กลางและสูง เท่ากับ 1.7-2.5

ปริมาณอะไมโลส (Amylose content)

จากการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในในข้าวทดลอง 5 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4) พบว่าปริมาณอะไมโลส มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 15.76 – 25.96 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวเล็บนกปัตตานี มีค่าสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 23.96 รองลงมา ได้แก่ ข้าวดอกพะยอม ข้าวหอมมะลิ ข้าวดอกข่า และข้าวสังข์หยด ตามลำดับ ซึ่งอะไมโลส เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการวัดคุณภาพของข้าว เพราะอะไมโลสมีผลโดยตรงต่อความแน่นของเมล็ด ความเหนียวและความมันวาวของข้าวสารสุก (Deepa *et al*., 2008) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง จะดูดซึมน้ำได้มากทำให้เมล็ดข้าวขยายตัวเป็นข้าวสุกได้ดี ถ้าข้าวมีปริมาณอะไมโลสต่ำ ก็จะมีความชื้นและเหนียว เช่นเดียวกับงานของเชาวนีพร และคณะ (2560) วิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง 22 สายพันธุ์ สามารถจำแนกได้ 4 กลุ่ม ตามปริมาณอะไมโลส คือ กลุ่มข้าวเหนียวมีอะไมโลสร้อยละ 0-9 กลุ่มข้าวอะไมโลสต่ำ มีอะไมโลสร้อยละ 10-19 กลุ่มข้าวอะไมโลสปานกลางมีอะไมโลสร้อยละ 20-25 กลุ่มข้าวอะไมโลสสูงมีอะไมโลส มากกว่าร้อยละ 25 ทั้งนี้จากการทดลองจะพบว่าปริมาณอะไมโลสที่วิเคราะห์ใกล้เคียงกับรายงานของ กรมการข้าว (2559) ที่พบว่าปริมาณอะไมโลสในข้าวสังข์หยดพัทลุง ข้าวเล็บนกปัตตานี ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวดอกข่า และข้าวดอกพะยอม มีค่าเท่ากับร้อยละ 14.25, 26.00, 15.54, 21.23 และ24.00 ตามลำดับ

ปริมาณความชื้น

ความชื้นข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C และคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ

ค่าความชื้นในตัวอย่างข้าวหุงสุก (น้ำหนักสด) ด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า และเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน เมื่อทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ (ตารางที่ 5) พบว่าการเก็บรักษาวันที่ 0, 3, 5, 7 วัน มีผลต่อปริมาณความชื้นในข้าวสุกหลังการคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ โดยข้าวทั้ง 5 ชนิด มีแนวโน้มความชื้นลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความชื้นมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 42.16 -60.68 ทั้งนี้ ความชื้นจัดเป็นองค์ประกอบทางเคมีบ่งชี้เกี่ยวกับคุณภาพของเมล็ดข้าวสาร เช่นเดียวกับค่าความชื้นในตัวอย่างข้าวหุงสุก (น้ำหนักสด) ด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า และเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แต่ทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง (ตารางที่ 6) พบว่าข้าวทั้ง 5 ชนิด มีแนวโน้มความชื้นลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าความชื้นมีแนวโน้มลดลงจากวันเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 51.83-60.68

เมื่อทำการเก็บรักษาข้าวหุงสุกทั้ง 5 ชนิด โดยเปลี่ยนเป็นอุณหภูมิแช่แข็ง -20°C ทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ (ตารางที่ 7) และคืนสภาพด้วยการนึ่ง (ตารางที่ 8) พบว่า การคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ มีแนวโน้มปริมาณความชื้นลดลงมากกว่าการคืนสภาพด้วยการนึ่ง โดยความชื้นของข้าวสุกหลังเก็บอุณหภูมิแช่แข็ง เป็นเวลา 1 เดือน มีแนวโน้มความชื้นหลังคืนสภาพ ต่ำกว่า เก็บอุณหภูมิแช่เย็น เป็นเวลา 7 วัน สอดคล้องกับงานวิจัยของวิไลพร (2561) ที่ทำการศึกษาปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวกล้องสังข์หยดที่ผ่านการหุงสุกด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน พบว่า วิธีการหุงสุกที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวกล้องสังข์หยดหุงสุก โดยการหุงสุกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันสูงทำให้มีปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวกล้องสูงที่สุด และระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณความชื้นในข้าวกล้องสังข์หยดที่ผ่านการหุงสุกทั้ง 3 วิธี โดยปริมาณความชื้นลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 7 วัน การหุงสุกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันสูงจะมีปริมาณความชื้นสูงที่สุด ในขณะที่การหุงสุกด้วยไมโครเวฟจะมีปริมาณความชื้นต่ำสุด ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้การ สูญเสียความชื้นของข้าวหุงสุกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นผลมาจากการเกิดรีโทรเกรเดชัน ซึ่งการเกิดรีโทรเกรเดชันเป็นการจัดเรียงโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินให้เกิดเป็นโครงสร้าง ที่มีความแข็งแรงมากขึ้น ส่งผลให้โมเลกุลของน้ำในโครงสร้างของสตาร์ชถูกบีบออกจากเมล็ด (Syneresis) จึงเป็นผลให้ความชื้นลดลงภายหลังการเก็บรักษา (ปาริดา, 2550)

ตารางที่ 3 ระยะเวลาหุงสุก ของข้าวสาร 5 สายพันธุ์

พันธุ์ข้าว	อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำ	เวลาในการหุง (นาที)
ข้าวหอมมะลิ	1 : 1.4	15
ข้าวดอกพะยอม	1 : 1.4	17
ข้าวดอกข่า	1 : 1.4	18
ข้าวเล็บนกปัตตานี	1 : 1.4	18
ข้าวสังข์หยด	1 : 1.6	20

ตารางที่ 4 ปริมาณอะไมโลส และปริมาณความชื้นในข้าวสาร 5 ชนิดพันธุ์ ก่อนทำการทดลอง

พันธุ์ข้าว	ปริมาณอะมิโลส (%)	ปริมาณความชื้น (ข้าวสาร) (%)
ข้าวหอมมะลิ	16.01±1.22^{b}	10.07±0.03^{d}
ข้าวดอกพะยอม	21.44±0.67^{b}	11.14±0.08^{a}
ข้าวดอกข่า	19.41±0.49^{c}	10.80±0.08^{b}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	25.96±0.34^{a}	8.02±0.09^{e}
ข้าวสังข์หยด	15.76±0.41^{c}	10.37±0.13^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 5 ความชื้นในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 °C เป็นระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	56.54±0.08^{a}	55.50±0.40^{b}	50.03±0.10^{c}	46.99±0.10^{d}	42.16±0.55^{e}
ข้าวดอกพะยอม	58.67±0.16^{a}	53.66±1.75^{b}	53.67±0.45^{b}	49.41±1.41^{c}	46.14±1.84^{d}
ข้าวดอกข่า	60.68±0.31^{a}	53.83±0.33^{b}	47.54±6.46^{c}	50.75±0.15^{bc}	52.00±0.10^{bc}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	56.06±0.11^{a}	51.52±0.48^{b}	47.73±1.66^{c}	51.17±0.50^{b}	43.85±0.16^{d}
ข้าวสังข์หยด	59.90±0.13^{a}	55.46±0.06^{b}	53.38±2.52^{b}	49.88±1.17^{c}	49.83±0.41^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 6 ความชื้นในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 °C เป็นระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	56.54±0.08^{a}	56.64±0.15^{a}	55.60±0.49^{b}	52.67±0.37^{c}	51.83±0.76^{d}
ข้าวดอกพะยอม	58.67±0.16^{a}	58.42±0.08^{a}	58.80±0.79^{a}	57.16±0.01^{c}	55.61±0.63^{d}
ข้าวดอกข่า	60.68±0.31^{a}	58.67±0.51^{b}	57.33±0.33^{c}	56.92±0.03^{c}	57.37±0.29^{c}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	56.06±0.11^{a}	56.52±0.23^{a}	54.40±0.51^{b}	54.33±0.25^{b}	52.77±0.49^{c}
ข้าวสังข์หยด	59.90±0.13^{a}	59.97±0.12^{a}	59.39±1.06^{a}	58.76±0.33^{b}	57.73±0.51^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 7 ความชื้นในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	56.54±0.08^{a}	48.09±1.42^{b}	47.14±0.86^{bc}	45.73±0.44^{c}	33.45±2.12^{d}
ข้าวดอกพะยอม	58.67±0.16^{a}	54.45±0.70^{b}	55.10±0.78^{b}	49.48±0.45^{c}	50.02±0.70^{c}
ข้าวดอกข่า	60.68±0.31^{a}	61.23±0.04^{a}	55.62±1.42^{b}	53.57±0.82^{c}	52.70±0.44^{c}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	63.77±0.63^{a}	56.06±0.11^{b}	55.27±0.36^{c}	47.73±0.11^{d}	41.64±0.15^{e}
ข้าวสังข์หยด	59.90±0.13^{a}	60.03±0.48^{a}	56.28±1.83^{b}	50.68±0.94^{c}	52.02±0.06^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 8 ความชื้นในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	56.54±0.08^{a}	55.11±0.82^{b}	54.12±1.27^{bc}	52.99±0.02^{c}	48.09±1.67^{d}
ข้าวดอกพะยอม	59.49±0.53^{a}	59.28±0.44^{a}	58.67±0.16^{ab}	57.74±0.54^{b}	50.02±0.92^{c}
ข้าวดอกข่า	64.14±0.23^{a}	62.49±0.15^{b}	60.68±0.31^{c}	58.90±0.51^{d}	54.43±0.49^{e}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	56.06±0.11^{a}	55.77±0.01^{a}	55.32±0.06^{a}	40.33±1.43^{b}	34.06±2.46^{c}
ข้าวสังข์หยด	59.90±0.13^{a}	60.38±0.35^{a}	58.38±1.34^{b}	58.27±0.04^{b}	52.46±0.03^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ปริมาณน้ำตาลรวม

ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 9) และการนึ่ง (ตารางที่ 10) พบว่า ข้าวสุกทั้ง 5 ตัวอย่าง ที่คืนสภาพด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรวมสูงกว่าค่าเริ่มต้น ยกเว้นข้าวดอกพะยอม ซึ่งมีค่าเริ่มต้น 5.29 มก./กรัมตัวอย่างสด และลดลงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 4.24 มก./กรัมตัวอย่างสด ขณะที่ การคืนสภาพด้วยการนึ่งในข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่าและข้าวเล็บนกปัตตานี มีแนวโน้มลดลง ยกเว้นข้าวหอมมะลิกับข้าวสังข์หยด ที่มีค่าสูงกว่าเริ่มต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาวิธีการคืนสภาพ จะพบว่าการนึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรวมน้อยกว่าการไม่โครเวฟ ดังนั้นการเก็บรักษาข้าวสุกที่ยาวนานขึ้น เมื่อนำมาอุ่นซ้ำด้วยการเข้าไมโครเวฟ มีผลทำให้แนวโน้มของปริมาณน้ำตาลรวมสูงกว่าการนึ่ง

ส่วนปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 11) และการนึ่ง (ตารางที่ 12) พบว่า ข้าวสุกทั้ง 5 ชนิดที่คืนสภาพหรืออุ่นซ้ำด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มน้ำตาลรวมเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าเริ่มต้น

ยกเว้น ข้าวดอกพะยอมที่มีแนวโน้มลดต่ำลงในช่วง 1 เดือนของการเก็บรักษา ขณะที่การคืนสภาพด้วยการนึ่ง มีแนวโน้มน้ำตาลรวมเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าเริ่มต้น ยกเว้นข้าวเล็บนกปัตตานี แต่การเปลี่ยนแปลงน้ำตาลรวมในข้าวพื้นเมืองทั้ง 4 ชนิด มีค่าเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นไม่มากเท่ากับข้าวหอมมะลิ โดย Juliano, (1972) พบว่า ข้าวขาวหอมมะลิ มีคาเฉลี่ยของน้ำตาลอิสระ อยู่ระหว่างร้อยละ 0.22-0.45 ที่ความชื้นเทากับ 14 % ขณะที่ประภาพันธ์ และคณะ (2564) พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในวันที่ 1 ก่อนการหมัก มีค่าเท่ากับ 0.50, 0.72 และ 0.48 กรัมต่อลิตร ในสาโทข้าวจี๊บ สาโทข้าวไรซ์เบอรี่ และสาโทข้าวผกาอัมปึล ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก พบว่ามีค่าลดลง เท่ากับ 0.13, 0.52 และ 0.43 กรัมต่อลิตร ในสาโทข้าวจี๊บ สาโทข้าวไรซ์เบอรี่ และสาโทข้าวผกาอัมปึล ตามลำดับ ขณะที่ รัตนวรรณ และคณะ (2562) พบว่า ข้าวขาวในกลุ่มอะมิโลสต่ำ เช่นข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรักโทส และน้ำตาลที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุด ที่ 3.84 3.85 1.78 และ 9.48 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ข้าวพันธุ์ กข 43 และพิษณุโลก 80 มีปริมาณน้ำตาลดังกล่าวใกล้เคียงกันในขณะที่ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 พบปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรักโทส และน้ำตาลที่ละลายได้ทั้งหมดน้อยที่สุดที่ 0.81 0.99 0.63 และ 2.43 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ข้าวกลุ่มอะมิโลสปานกลางและอะมิโลสสูง พบปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรักโทส และน้ำตาลที่ละลายได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 0.66-2.84, 1.05-2.05, 0.20-0.67 และ 2.54-5.49 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ จึงทำให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีรสชาติหวานเด่นชัดกว่าข้าวขาวพันธุ์อื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มข้าวสี พบว่าข้าวในกลุ่มนี้มีปริมาณน้ำตาลค่อนข้างสูงโดยปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรักโทส และน้ำตาลที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.61-8.65 5.04-9.87 1.72-3.20 และ 10.36-21.23 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ในตัวอย่างข้าวพันธุ์ต่างๆ พบว่ากลุ่มข้าวสีมีปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้สูงกว่ากลุ่มข้าวขาวและในกลุ่มข้าวขาวพบว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้สูงที่สุดซึ่งน่าจะมีความสัมพันธ์กับรสชาติหวานในการบริโภค

ตารางที่ 9 ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว/ ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณน้ำตาลรวม (มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่างสด)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	35.75±0.42^{d}	48.97±1.42^{ab}	47.13±3.75^{b}	51.43±0.21^{a}	41.16±0.31^{c}
ข้าวดอกพะยอม	5.29±0.53^{a}	5.12±0.86^{ab}	4.22±0.13^{b}	5.61±0.64^{a}	4.24±0.05^{b}
ข้าวดอกข่า	5.11±0.40^{c}	6.84±0.94^{b}	10.95±0.04^{a}	5.86±0.06^{c}	3.70±0.21^{d}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	2.73±0.06^{e}	4.94±0.72^{d}	8.46±0.22^{a}	6.03±0.02^{c}	7.48±0.30^{b}
ข้าวสังข์หยด	7.34±0.24^{d}	21.71±1.20^{a}	19.41±0.58^{b}	17.76±0.05^{b}	11.89±1.69^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan’s multiple test (DMRT)

ตารางที่ 10 ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว/	ปริมาณน้ำตาลรวม (มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่างสด)				
ระยะเวลา (วัน)	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	35.75±0.42^{b}	72.93±5.83^{a}	35.19±1.25^{b}	22.60±0.78^{c}	39.46±0.11^{b}
ข้าวดอกพะยอม	5.29±0.53^{a}	4.44±0.27^{b}	4.97±0.12^{ab}	3.81±0.02^{c}	3.40±0.46^{c}
ข้าวดอกข่า	5.11±0.40^{c}	6.72±0.46^{b}	7.56±0.25^{a}	5.05±0.03^{c}	0.76±0.08^{d}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	2.73±0.06^{c}	5.04±0.41^{b}	7.61±0.06^{a}	7.53±0.05^{a}	2.41±0.47^{c}
ข้าวสังข์หยด	7.34±0.24^{c}	16.41±0.54^{a}	14.31±1.07^{b}	16.21±0.09^{a}	15.57±1.14^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 11 ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว/	ปริมาณน้ำตาลรวม (มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่างสด)				
ระยะเวลา (สป.)	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	35.75±0.42^{c}	42.84±1.13^{b}	42.78±2.39^{b}	66.03±0.13^{b}	76.82±0.27^{a}
ข้าวดอกพะยอม	5.29±0.53^{a}	5.70±0.04^{a}	3.18±0.04^{b}	1.16±0.03^{c}	3.59±0.20^{b}
ข้าวดอกข่า	5.11±0.40^{c}	7.44±0.11^{b}	7.95±0.94^{b}	2.09±0.02^{d}	11.17±0.97^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	2.73±0.06^{c}	4.71±0.30^{a}	4.64±0.35^{a}	1.77±0.07^{d}	4.23±0.12^{b}
ข้าวสังข์หยด	7.34±0.24^{d}	9.98±0.33^{b}	8.73±0.83^{c}	3.23±0.02^{e}	15.28±0.24^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 12 ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว/	ปริมาณน้ำตาลรวม (มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่างสด)				
ระยะเวลา (สป.)	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	35.75±0.42^{e}	37.92±0.34^{d}	47.21±0.95^{c}	49.31±0.15^{b}	61.02±0.20^{a}
ข้าวดอกพะยอม	5.29±0.53^{b}	5.57±0.04^{b}	3.96±0.16^{c}	2.27±0.05^{d}	6.14±0.24^{a}
ข้าวดอกข่า	5.11±0.40^{d}	7.77±0.26^{b}	5.25±0.40^{d}	6.19±0.06^{c}	14.12±0.03^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	2.73±0.06^{c}	4.63±0.31^{a}	4.25±0.03^{b}	4.56±0.02^{a}	2.24±0.03^{d}
ข้าวสังข์หยด	7.34±0.24^{d}	10.55±0.63^{c}	12.96±0.36^{b}	1.80±0.02^{e}	13.70±0.42^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 13) และการนึ่ง (ตารางที่ 14) พบว่า ข้าวสุกทั้ง 5 ตัวอย่างที่คืนสภาพด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์ในวันที่ 1 – 5 และลดลงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา โดยเฉพาะข้าวสังข์หยด มีการลดลงของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด โดยมีค่าเริ่มต้น 0.39 มก./กรัมตัวอย่างสด และลดลงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา จนเหลือเพียง 0.10 มก./กรัมตัวอย่างสด ตรงกันข้ามกับข้าวหอมมะลิที่มีการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์ เมื่อเก็บรักษานานขึ้น จากค่าเริ่มต้น 0.31 มก./กรัมตัวอย่างสด เพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา เท่ากับ 2.62 มก./กรัมตัวอย่างสด เช่นเดียวกับการคืนสภาพด้วยการนึ่ง ในตัวอย่างข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่า และข้าวสังขหยด มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์ในช่วงวันที่1 – 3 และลดต่ำลงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา โดยข้าวสังข์หยด มีการลดลงของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด จากค่าเริ่มต้น 0.39 มก./กรัมตัวอย่างสด ลดลงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา จนเหลือเพียง 0.08 มก./กรัมตัวอย่างสด ส่วนข้าวเล็บนกปัตตานี มีค่าไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น ตรงกันข้ามกับข้าวหอมมะลิที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมากของน้ำตาลรีดิวซ์ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น จากค่าเริ่มต้น 0.31 มก./กรัมตัวอย่างสด เพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา เท่ากับ 4.46 มก./กรัมตัวอย่าง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หากเปรียบเทียบแนวโน้มการคืนสภาพข้าวสุกด้วยวิธีต่างกัน จะพบว่าทั้งสองแบบให้ผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้ไม่ต่างกัน แต่ระยะเวลาการเก็บรักษากลับมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวสุก

ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 15) และการนึ่ง (ตารางที่ 16) พบว่า การเก็บรักษาจนถึง สัปดาห์ที่ 3แล้วคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มน้ำตาลรวมในข้างทุกชนิดมีค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าเริ่มต้น แต่เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 4 กลับพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดต่ำลงกว่าค่าเริ่มต้น เช่นเดียวกับการคืนสภาพด้วยการนึ่งในข้าวทั้ง 5 ชนิด ซึ่งการแช่แข็งข้าวแล้วคืนสภาพทั้ง 2 วิธีการในข้าวหอมมะลิ จะให้ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำกว่าการแช่เย็น ทั้งนี้วิธีการแปรรูปข้าวมีผลต่อปริมาณน้ำตาลในข้าวทั้งสิ้น โดย Moongngarm, (2010) ศึกษาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวเหนียว (กข. 6) ที่แช่ 12 ชั่วโมง เพาะงอก 24 ชั่วโมง อุณหภูมิ 28-30 ° C พบว่ากระบวนการงอกมีน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลทั้งสองชนิด เกิดจากกระบวนการงอกทำให้แป้งถูกย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสได้เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับอุไรวรรณ และคณะ (2560) วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวสังข์หยดที่ปลูกบนพื้นที่ดอน ด้วยอายุการเก็บเกี่ยว และระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่างกัน จำนวน 24 ตัวอย่าง พบว่าข้าวสังข์หยดที่ผลิตในฤดูนาปรัง และฤดูนาปี มีแนวโน้มของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวสังข์หยดทั้งฤดูนาปีและนาปรัง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในช่วงระหว่าง 0.13 ถึง 0.23 กรัมต่อข้าว 100 กรัม ส่วนปัจจัยด้านอายุการเก็บเกี่ยวของข้าวสังข์หยด พบว่าในฤดูการผลิตนาปี ที่อายุการเก็บเกี่ยว 35 วันหลังออกดอก จะให้ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด ขณะที่ฤดูการผลิตข้าวนาปรัง ที่อายุการเก็บเกี่ยว 45 วันหลังออกดอก มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด ข้าวกะเทาะเปลือกสูงกว่าข้าวซ้อมมือ แสดงให้เห็นว่า อายุการเก็บเกี่ยว ระยะเวลาเก็บรักษาข้าวเปลือกและฤดูกาลผลิตข้าวมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวสังข์หยด

ตารางที่ 13 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว/	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่างสด)				
ระยะเวลา (วัน)	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	0.31±0.01^{c}	1.30±0.10^{b}	2.30±0.08^{a}	0.79±0.21^{bc}	2.62±0.62^{a}
ข้าวดอกพะยอม	0.36±0.01^{c}	0.48±0.12^{b}	0.40±0.01^{bc}	0.84±0.06^{a}	0.40±0.01^{bc}
ข้าวดอกข่า	0.39±0.05^{b}	0.48±0.04^{a}	0.49±0.01^{a}	0.36±0.03^{b}	0.22±0.03^{c}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.42±0.02^{c}	0.51±0.03^{bc}	0.90±0.11^{a}	0.56±0.01^{b}	0.29±0.03^{d}
ข้าวสังข์หยด	0.39±0.07^{b}	0.43±0.05^{b}	0.55±0.02^{a}	0.29±0.01^{c}	0.10±0.01^{d}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 14 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว/	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่างสด)				
ระยะเวลา (วัน)	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	0.31±0.01^{d}	1.83±0.15^{b}	1.97±0.03^{b}	0.74±0.11^{c}	4.46±0.02^{a}
ข้าวดอกพะยอม	0.36±0.01^{b}	0.36±0.02^{b}	0.36±0.02^{b}	0.71±0.12^{a}	0.25±0.01^{b}
ข้าวดอกข่า	0.39±0.05^{b}	0.54±0.01^{b}	0.57±0.03^{a}	0.27±0.02^{c}	0.22±0.07^{c}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.42±0.02^{c}	0.70±0.12^{a}	0.61±0.02^{ab}	0.56±0.01^{b}	0.42±0.01^{c}
ข้าวสังข์หยด	0.39±0.07^{b}	0.53±0.06^{a}	0.36±0.01^{bc}	0.29±0.01^{c}	0.08±0.02^{d}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 15 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว/	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่างสด)				
ระยะเวลา (วัน)	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	0.31±0.01^{e}	0.71±0.02^{c}	0.96±0.03^{b}	1.43±0.00^{a}	0.42±0.06^{d}
ข้าวดอกพะยอม	0.36±0.01^{b}	0.31±0.01^{c}	0.55±0.04^{a}	0.57±0.01^{a}	0.21±0.02^{d}
ข้าวดอกข่า	0.39±0.05^{c}	0.50±0.02^{b}	0.59±0.01^{a}	0.37±0.02^{c}	0.25±0.02^{d}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.42±0.02^{c}	0.73±0.01^{a}	0.79±0.06^{a}	0.54±0.01^{b}	0.36±0.02^{d}
ข้าวสังข์หยด	0.39±0.07^{b}	0.37±0.03^{b}	0.73±0.01^{a}	0.74±0.01^{a}	0.37±0.03^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 16 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว/ ระยะเวลา (สป.)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่างสด)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	0.31±0.01^{e}	0.41±0.03^{d}	1.51±0.05^{b}	1.76±0.00^{a}	0.57±0.01^{c}
ข้าวดอกพะยอม	0.36±0.01^{b}	0.24±0.01^{d}	0.69±0.01^{a}	0.22±0.01^{d}	0.27±0.01^{c}
ข้าวดอกข่า	0.39±0.05^{b}	0.60±0.01^{a}	0.56±0.01^{a}	0.41±0.02^{b}	0.29±0.05^{c}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.42±0.02^{b}	0.70±0.03^{a}	0.76±0.08^{a}	0.39±0.01^{bc}	0.32±0.01^{c}
ข้าวสังข์หยด	0.39±0.07^{b}	0.35±0.00^{b}	0.54±0.01^{a}	0.59±0.01^{a}	0.35±0.01^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

ปริมาณน้ำอิสระในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 17) และการนึ่ง (ตารางที่ 18) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.933 - 0.987 แปรผันตรงกับระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวหุงสุก โดยมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำอิสระสูงสุดในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ยกเว้นข้าวเล็บนกปัตตานีที่คืนสภาพด้วยการนึ่ง จะมีปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกัน ส่วนปริมาณน้ำอิสระในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 19) และการนึ่ง (ตารางที่ 20) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.962 - 0.988 โดยข้าวที่คืนสภาพแบบนึ่ง พบว่า อายุการเก็บรักษาไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำอิสระในข้าวหุงสุก 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวดอกพะยอม ข้าวเล็บนกปัตตานี และข้าวหอมมะลิ ทั้งนี้ปริมาณน้ำอิสระทุกตัวอย่างทดลองมีค่าสูง เพราะเป็นข้าวหุงสุก ซึ่งแบคทีเรียเกือบทุกชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า Aw มากกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตที่ค่า Aw สูงกว่า 0.7 จึงคาดเดาได้ว่าจึงอาจเน่าเสียได้ง่าย

ตารางที่ 17 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	0.968±0.013^{ab}	0.958±0.009^{b}	0.961±0.011^{ab}	0.970±0.014^{ab}	0.981±0.002^{a}
ข้าวดอกพะยอม	0.962±0.012^{a}	0.933±0.027^{b}	0.967±0.013^{a}	0.976±0.004^{a}	0.975±0.007^{a}
ข้าวดอกข่า	0.968±0.004^{ab}	0.946±0.015^{c}	0.957±0.006^{bc}	0.976±0.009^{a}	0.978±0.003^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.970±0.010^{ab}	0.964±0.011^{b}	0.978±0.007^{ab}	0.973±0.006^{ab}	0.981±0.002^{a}
ข้าวสังข์หยด	0.966±0.006^{b}	0.966±0.007^{b}	0.982±0.003^{a}	0.979±0.006^{a}	0.977±0.006^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 18 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	0.968±0.013^{a}	0.962±0.014^{ab}	0.947±0.003^{b}	0.979±0.011^{a}	0.980±0.002^{a}
ข้าวดอกพะยอม	0.962±0.012^{bc}	0.958±0.009^{c}	0.978±0.003^{ab}	0.967±0.013^{bc}	0.987±0.004^{a}
ข้าวดอกข่า	0.968±0.004^{bc}	0.953±0.016^{c}	0.982±0.001^{ab}	0.980±0.009^{ab}	0.987±0.001^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.970±0.010	0.979±0.009	0.979±0.009	0.982±0.006	0.985±0.001
ข้าวสังข์หยด	0.966±0.006^{ab}	0.960±0.016^{b}	0.972±0.015^{ab}	0.976±0.010^{ab}	0.987±0.003^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 19 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	0.968±0.013	0.973±0.004	0.971±0.015	0.971±0.005	0.980±0.007
ข้าวดอกพะยอม	0.962±0.012^{b}	0.985±0.005^{a}	0.976±0.008^{ab}	0.981±0.012^{a}	0.972±0.002^{ab}
ข้าวดอกข่า	0.968±0.004	0.973±0.008	0.974±0.002	0.970±0.006	0.972±0.003
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.970±0.010	0.977±0.007	0.976±0.009	0.972±0.008	0.976±0.006
ข้าวสังข์หยด	0.966±0.006^{b}	0.983±0.008^{a}	0.972±0.006^{ab}	0.976±0.006^{ab}	0.980±0.002^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 20 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง –20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	0.968±0.013	0.966±0.008	0.983±0.006	0.978±0.011	0.965±0.006
ข้าวดอกพะยอม	0.962±0.012	0.981±0.006	0.972±0.013	0.972±0.024	0.972±0.006
ข้าวดอกข่า	0.968±0.004^{c}	0.978±0.008^{b}	0.988±0.002^{a}	0.984±0.002^{ab}	0.984±0.005^{ab}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.970±0.010	0.977±0.004	0.981±0.008	0.972±0.008	0.973±0.006
ข้าวสังข์หยด	0.966±0.006^{b}	0.977±0.003^{a}	0.981±0.006^{a}	0.983±0.004^{a}	0.980±0.001^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

การวัดค่าสีในข้าวหุงสุก

นำข้าวหุงสุกทั้ง 5 ชนิด ด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ รายงานผลค่าสี เป็นค่า *L* และ *a**, *b** (ตารางที่ 21, 22, 23) ซึ่งค่าสี *L* แสดงความสว่างของสี ค่าสี *+a** แสดงค่าสีแดง *-a** แสดงค่าสีเขียว ส่วนค่าสี *+b** แสดงค่าสีเหลือง *-b** แสดงค่าสีน้ำเงิน พบว่าความสว่าง มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าสีแดงในข้าวสังข์หยด และข้าวดอกข่า ซึ่งเป็นข้าวในกลุ่มสีแดง มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) ขณะที่ค่าสีเหลืองในข้าวทั้ง 5 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการนำตัวอย่างข้าวทั้ง 5 ชนิดดังกล่าว คืนสภาพด้วยการนึ่ง (ตารางที่ 24, 25, 26) พบว่าความสว่าง มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) ค่าสีแดงในข้าวสังข์หยด และข้าวดอกข่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าสีเหลืองในข้าวทั้ง 5 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) แสดงว่า วิธีการคืนสภาพข้าวหุงสุกด้วยการเข่าไมโครเวฟและการนึ่ง ไม่ส่งผลต่อค่าสีและความสว่างในข้าวหุงสุกหลังการเก็บรักษา 7 วัน ค่าที่ได้จากการทดลองใกล้เคียงกับการศึกษาของ Inpun (2014) พบว่า ค่าสีของข้าวสังข์หยดขัดลาย มีค่าสี L*,a*,b* เท่ากับ 60.70, 6.70 และ 16.10 เช่นเดียวกับการทดลองของ วิไลพร (2561) พบว่าค่าสีของข้าวกล้องสังข์หยดที่ผ่านการหุงสุกด้วยวิธีที่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน รายงานผลในรูปของ *L*, a*, b**, Huc angle และ Chroma พบว่าวิธีการหุงสุกที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าสีของข้าวกล้องสังข์หยดหุงสุก โดยระยะเวลาการเก็บรักษาส่งผลต่อค่าสีของข้าวกล้องสังข์หยดที่ผ่านการหุงสุกทั้ง 3 วิธี ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงค่าสี ได้ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ค่า *L*, a** และ Chroma จะลดลง เห็นได้ว่าการเก็บรักษานานขึ้น ส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องสังข์หยดหุงสุกมีสีคล้ำขึ้น อาจเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดในระหว่างการเก็บรักษา (Champagne, 1996) และความเป็นสีแดงของเมล็ดข้าวกล้องสังข์หยดหุงสุกลดลง เนื่องมาจากระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้นขึ้น ส่งผลให้แอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดงในชั้นเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องสังข์หยดเกิดการสลายตัว ทำให้ความเป็นสีแดงของเมล็ดมีค่าลดลง (Wrolstad *et al*., 2005)

ตารางที่ 21 ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	73.51±0.10^{a}	72.75±0.50^{b}	71.06±0.21^{c}	73.05±0.20^{ab}	70.92±0.30^{c}
ข้าวดอกพะยอม	73.51±0.09^{a}	71.25±0.53^{b}	71.47±0.43^{b}	68.59±0.29^{c}	68.43±0.54^{c}
ข้าวดอกข่า	66.70±0.15^{a}	65.43±0.07^{b}	64.42±0.18^{c}	63.90±0.10^{c}	63.99±0.68^{c}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	70.63±0.16^{a}	70.10±0.47^{ab}	69.42±0.44^{b}	69.91±0.15^{b}	66.61±0.45^{c}
ข้าวสังข์หยด	59.79±0.14^{a}	59.17±0.18^{ab}	58.86±1.08^{ab}	58.28±0.18^{b}	58.69±0.21^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 22 ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	-2.18±0.01^{c}	-1.98±0.01^{a}	-2.13±0.02^{b}	-2.20±0.01^{d}	-1.97±0.01^{a}
ข้าวดอกพะยอม	-1.65±0.02^{e}	-1.46±0.03^{d}	-1.36±0.04^{c}	-0.73±0.03^{a}	-1.15±0.05^{b}
ข้าวดอกข่า	0.36±0.02^{e}	1.35±0.01^{d}	2.56±0.01^{a}	1.80±0.02^{c}	2.17±0.03^{b}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	-1.59±0.00^{a}	-1.77±0.04^{c}	-1.69±0.01^{b}	-1.77±0.04^{c}	-1.75±0.01^{c}
ข้าวสังข์หยด	3.47±0.10^{e}	5.54±0.14^{d}	5.83±0.05^{c}	6.51±0.02^{a}	6.32±0.06^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 23 ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	6.45±0.07^{e}	7.17±0.04^{c}	8.43±0.10^{b}	6.98±0.10^{d}	8.89±0.13^{a}
ข้าวดอกพะยอม	8.21±0.03^{c}	7.53±0.09^{d}	8.59±0.24^{b}	8.45±0.04^{b}	9.65±0.07^{a}
ข้าวดอกข่า	3.81±0.05^{e}	5.79±0.04^{d}	7.65±0.06^{b}	7.42±0.04^{c}	8.97±0.01^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	3.27±0.04^{e}	5.53±0.17^{d}	5.78±0.10^{c}	6.38±0.10^{b}	7.85±0.15^{a}
ข้าวสังข์หยด	6.81±0.12^{d}	10.33±0.37^{b}	10.33±0.05^{b}	9.91±0.07^{c}	11.03±0.03^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 24 ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	73.51±0.10^{a}	72.15±0.24^{ab}	70.48±1.17^{bc}	69.26±2.36^{c}	69.57±0.08^{c}
ข้าวดอกพะยอม	73.51±0.09^{a}	72.74±0.03^{b}	72.66±0.22^{b}	72.06±0.14^{c}	71.57±0.47^{d}
ข้าวดอกข่า	66.67±0.29^{a}	65.43±0.07^{b}	64.59±0.16^{c}	64.48±0.06^{c}	64.63±0.05^{c}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	72.97±0.27^{a}	73.49±0.05^{a}	71.75±0.56^{b}	69.54±0.65^{c}	69.42±0.44^{c}
ข้าวสังข์หยด	62.47±0.45^{a}	62.07±0.45^{a}	60.85±0.23^{b}	60.10±0.14^{c}	59.17±0.18^{d}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 25 ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	-2.18±0.01^{c}	-1.93±0.01^{ab}	-2.01±0.09^{b}	-2.00±0.05^{b}	-1.86±0.02^{a}
ข้าวดอกพะยอม	-1.65±0.02^{d}	-1.21±0.03^{b}	-1.38±0.01^{c}	-1.06±0.02^{a}	-1.38±0.05^{c}
ข้าวดอกข่า	0.36±0.02^{d}	0.95±0.03^{b}	1.92±0.06^{a}	0.99±0.03^{b}	0.80±0.01^{c}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	-1.59±0.00^{a}	-1.78±0.02^{d}	-1.74±0.01^{c}	-1.66±0.02^{b}	-1.75±0.02^{c}
ข้าวสังข์หยด	3.47±0.10^{d}	4.81±0.04^{c}	5.27±0.28^{b}	4.95±0.03^{c}	6.16±0.01^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 26 ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	6.45±0.07^{b}	3.03±0.15^{d}	5.60±0.02^{c}	5.45±0.10^{c}	7.15±0.11^{a}
ข้าวดอกพะยอม	8.21±0.03^{b}	7.34±0.08^{c}	6.81±0.18^{d}	8.66±0.05^{a}	8.59±0.04^{a}
ข้าวดอกข่า	3.81±0.05^{e}	5.75±0.09^{b}	4.35±0.01^{d}	4.98±0.06^{c}	7.25±0.05^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	3.27±0.04^{b}	5.55±0.16^{a}	5.44±0.05^{a}	5.48±0.12^{a}	5.45±0.09^{a}
ข้าวสังข์หยด	6.81±0.12^{e}	9.38±0.08^{b}	9.02±0.06^{c}	8.79±0.04^{d}	10.00±0.04^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

เมื่อนำข้าวหุงสุกทั้ง 5 สายพันธุ์ ด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า มาเก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 1 เดือน เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ รายงานผลค่าสี เป็นค่า *L* และ *a**, *b** (ตารางที่ 27, 28, 29) พบว่าความสว่างในข้าวหอมมะลิและข้าวสังข์หยด มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่าและข้าวเล็บนกปัตตานี มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ค่าสีแดงในข้าวสังข์หยด และข้าวดอกข่า มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P\leq0.05$) ขณะที่ค่าสีเหลืองในข้าว 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวดอกข่า ข้าวเล็บนกปัตตานีและข้าวสังข์หยด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P\leq0.05$) ส่วนข้าวหอมมะลิและข้าวดอกพะยอม มีค่าสูงขึ้นในสัปดาห์ที่สองของการเก็บรักษา จากนั้นจึงลดต่ำลงในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 แตกต่างจากการนำตัวอย่างข้าวทั้ง 5 ชนิดดังกล่าว คืนสภาพด้วยการนึ่ง (ตารางที่ 30, 31, 32) พบว่าค่าความสว่าง มีค่าสูงขึ้นในสัปดาห์ที่สองของการเก็บรักษา และลดต่ำลงในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของการเก็บรักษา ($P\leq0.05$) ค่าสีแดงในข้าวสังข์หยด และข้าวดอกข่า มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P\leq0.05$) ส่วนค่าสีเหลืองในข้าว 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวดอกข่า ข้าวเล็บนกปัตตานีและข้าวดอกพยอม มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P\leq0.05$) แสดงว่า วิธีการคืน

สภาพข้าวหุงสุกด้วยการเข่าไมโครเวฟและการนึ่ง ส่งผลต่อค่าสีและค่าความสว่างในข้าวหุงสุกหลังการเก็บรักษา 1 เดือน

ตารางที่ 27 ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	73.51±0.10^{a}	68.45±0.21^{d}	72.06±0.49^{b}	69.74±0.36^{c}	68.08±0.40^{d}
ข้าวดอกพะยอม	73.51±0.09^{b}	72.24±0.17^{c}	68.14±0.65^{d}	68.41±0.47^{d}	75.74±0.08^{a}
ข้าวดอกข่า	65.43±0.07^{b}	63.59±0.70^{c}	69.28±0.59^{a}	69.44±0.12^{a}	69.72±0.45^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	69.42±0.44^{c}	70.51±0.19^{b}	70.56±0.20^{b}	72.02±0.53^{a}	72.03±0.24^{a}
ข้าวสังข์หยด	59.17±0.18^{d}	63.08±0.24^{a}	61.82±0.61^{b}	60.23±0.14^{c}	56.11±0.12^{e}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 28 ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	-2.18±0.01^{e}	-1.94±0.02^{b}	-1.97±0.02^{c}	-2.01±0.00^{d}	-1.89±0.03^{a}
ข้าวดอกพะยอม	-1.65±0.02^{b}	-1.45±0.04^{b}	-0.32±1.13^{a}	-1.24±0.03^{ab}	-0.90±0.02^{ab}
ข้าวดอกข่า	0.36±0.02^{e}	0.99±0.05^{d}	1.64±0.00^{c}	1.80±0.18^{b}	2.92±0.03^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	-1.59±0.00^{b}	-1.75±0.01^{e}	-1.69±0.01^{d}	-1.65±0.03^{c}	-1.33±0.00^{a}
ข้าวสังข์หยด	3.47±0.10^{d}	4.90±0.01^{c}	6.10±0.02^{a}	5.76±0.07^{b}	5.75±0.04^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 29 ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	6.45±0.07^{c}	5.46±0.01^{d}	8.75±0.28^{a}	7.12±0.12^{b}	3.54±0.07^{e}
ข้าวดอกพะยอม	8.21±0.03^{c}	7.43±0.22^{e}	8.89±0.07^{a}	8.47±0.09^{b}	7.99±0.11^{d}
ข้าวดอกข่า	3.81±0.05^{e}	5.04±0.10^{d}	6.68±0.17^{c}	8.25±0.52^{b}	9.01±0.11^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	3.27±0.04^{e}	6.21±0.05^{c}	5.19±0.14^{d}	8.22±0.24^{b}	9.03±0.01^{a}
ข้าวสังข์หยด	6.81±0.12^{c}	8.49±0.03^{b}	10.06±0.03^{a}	9.99±0.08^{a}	10.07±0.04^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 30 ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	73.51±0.10^{b}	73.45±0.07^{b}	74.82±0.59^{a}	74.29±0.20^{ab}	67.59±0.94^{c}
ข้าวดอกพะยอม	73.51±0.09^{a}	67.93±1.74^{c}	72.69±0.30^{a}	72.80±0.27^{a}	70.98±0.14^{b}
ข้าวดอกข่า	65.43±0.07^{c}	65.74±0.29^{bc}	68.81±0.56^{a}	69.43±0.39^{a}	66.21±0.26^{b}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	69.42±0.44^{d}	74.99±0.27^{a}	74.17±1.10^{ab}	73.42±0.18^{b}	71.89±0.21^{c}
ข้าวสังข์หยด	59.17±0.18^{c}	60.50±0.23^{b}	62.69±0.19^{a}	62.64±0.04^{a}	56.58±0.05^{d}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 31 ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	-2.18±0.01^{d}	-1.95±0.02^{c}	-1.80±0.01^{a}	-1.89±0.02^{b}	-1.88±0.03^{b}
ข้าวดอกพะยอม	-1.65±0.02^{d}	-1.35±0.04^{c}	-1.33±0.03^{c}	-0.86±0.02^{b}	-0.47±0.11^{a}
ข้าวดอกข่า	0.36±0.02^{d}	1.60±0.08^{c}	2.38±0.03^{b}	1.52±0.01^{c}	2.90±0.04^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	-1.59±0.00^{c}	-1.75±0.01^{e}	-1.67±0.01^{d}	-1.38±0.05^{b}	-1.32±0.02^{a}
ข้าวสังข์หยด	3.47±0.10^{d}	5.78±0.07^{b}	5.57±0.07^{c}	5.96±0.01^{a}	5.92±0.04^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 32 ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	6.45±0.07^{d}	9.21±0.05^{a}	7.72±0.02^{c}	8.38±0.12^{b}	4.16±0.03^{e}
ข้าวดอกพะยอม	8.21±0.03^{b}	6.22±0.26^{c}	7.74±0.09^{b}	8.04±0.03^{b}	10.51±0.54^{a}
ข้าวดอกข่า	3.81±0.05^{d}	6.88±0.13^{c}	7.47±0.09^{b}	6.81±0.05^{c}	9.04±0.11^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	3.27±0.04^{e}	6.87±0.11^{c}	5.75±0.06^{d}	7.49±0.13^{b}	8.99±0.03^{a}
ข้าวสังข์หยด	6.81±0.12^{d}	9.97±0.08^{b}	10.57±0.04^{a}	10.06±0.12^{b}	9.68±0.07^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 33) และคืนสภาพด้วยการนึ่ง (ตารางที่ 34) ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale เพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความนุ่ม การเกาะตัว และความชอบโดยรวม พบว่าคะแนนความชอบด้านสี ความนุ่ม การเกาะตัว และความชอบโดยรวม ของข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คะแนนที่ได้อยู่ในช่วงสูงเกินกว่า 8 ซึ่งเป็นค่าคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ยกเว้นกลิ่นหอมที่มีค่าไม่แตกต่างกันในวันที่ 1-5 ของการเก็บรักษา แต่มีค่าลดลงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แสดงว่า วิธีการคืนสภาพข้าวหุงสุกทั้งด้วยเตาไมโครเวฟและการนึ่ง ไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่นยกเว้นด้านกลิ่นหอมที่มีค่าลดลงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ขณะที่การนำข้าวหุงสุกทั้ง 5 สายพันธุ์ด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า มาเก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 35) และการนึ่ง (ตารางที่ 36) พบว่าคะแนนความชอบด้านความนุ่ม และการเกาะตัวของข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คะแนนที่ได้อยู่ในช่วงสูงเกินกว่า 8 ซึ่งเป็นค่าคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ยกเว้นคะแนนด้านสี กลิ่นหอมและความชอบโดยรวม ที่มีค่าไม่แตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 1-3 ของการเก็บรักษา แต่มีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แสดงว่าวิธีการคืนสภาพข้าวหุงสุกด้วยเตาไมโครเวฟและการนึ่ง ส่งผลต่อความชอบด้านคุณลักษณะทางประสาทในข้าวหุงสุกหลังการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ โดยรัตนวรรณ และคณะ (2562) กล่าวว่า กลิ่นหอมและรสชาติเป็นคุณสมบัติที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการบริโภค และเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกบริโภคข้าวของผู้บริโภค โดยกลิ่นหอมในข้าวมีผลต่อราคาและคุณภาพของข้าว ซึ่งองค์ประกอบหลักของกลิ่นหอมในข้าว ได้แก่ สาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) และสารระเหยชนิดอื่น ส่วนสารให้รสหวานมาจากปริมาณน้ำตาลละลายน้ำได้ ซึ่งแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ พบว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีองค์ประกอบของสารระเหยแตกต่างจากตัวอย่างข้าวกลุ่มมีสี เช่น ข้าวเหนียวดำพันธุ์ลืมผัว มีสารระเหยใกล้เคียงกับข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ส่วนกลิ่นที่ทำให้ข้าวแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน พบสารประเภท 2AP, 3-methyl-2-pentene, 2,3,4,5-tetrahydro-pyridine และ 2-methyl-2-hexenal ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สาร Leu-Gly, 2,3-butanedione, pinene ในข้าวเหนียวดำพันธุ์ลืมผัว และกลุ่มข้าวสีพบปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้สูงกว่ากลุ่มข้าวขาว โดยพบสูงสุดในข้าวพันธุ์มะลิดำ เช่นเดียวกับการทดลองของนาฎนภางค์ (2560) พบว่า วิธีการหุงและการเก็บรักษาข้าวสุกต่อปริมาณสตาร์ชที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของข้าวสุกหลังเก็บรักษาข้าวสุกที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับข้าวหุงสุกใหม่ โดยที่ความชอบด้านกลิ่น และเนื้อสัมผัสของข้าวสุกหลังเก็บรักษามีค่าใกล้เคียงกับข้าวหุงสุกใหม่ อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 45 วัน มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่ำกว่าตัวอย่างข้าวอื่นๆ

ตารางที่ 33 คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ของข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

คุณลักษณะ	พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
		1	3	5	7
สี	ข้าวหอมมะลิ	7.90±0.04	7.88±0.02	8.11±0.15	7.73±0.09
	ข้าวดอกพะยอม	8.41±0.21	8.36±0.18	8.31±0.11	8.23±0.01
	ข้าวดอกข่า	7.89±0.17	7.93±0.09	7.79±0.17	7.88±0.02
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.15±0.11	8.00±0.15	7.99±0.07	7.81±0.05
	ข้าวสังข์หยด	8.14±0.17	8.07±0.14	7.95±0.07	7.83±0.13
กลิ่นหอม	ข้าวหอมมะลิ	8.33±0.14^{a}	8.24±0.07^{a}	8.17±0.02^{a}	7.05±0.03^{b}
	ข้าวดอกพะยอม	8.47±0.07^{a}	8.33±0.23^{a}	8.09±0.06^{a}	7.11±0.25^{b}
	ข้าวดอกข่า	8.21±0.14^{a}	8.19±0.02^{a}	8.02±0.16^{a}	7.17±0.10^{b}
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.21±0.04^{a}	8.09±0.15^{a}	7.88±0.07^{a}	7.15±0.12^{b}
	ข้าวสังข์หยด	8.45±0.14^{a}	8.36±0.22^{a}	8.30±0.16^{a}	7.18±0.19^{b}
ความนุ่ม	ข้าวหอมมะลิ	8.59±0.14	8.30±0.23	7.77±0.02	7.47±0.07
	ข้าวดอกพะยอม	8.27±0.07	8.30±0.12	8.24±0.25	8.16±0.31
	ข้าวดอกข่า	8.44±0.07	8.05±0.14	8.16±0.18	8.00±0.02
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.19±0.16	8.11±0.21	8.08±0.07	8.05±0.05
	ข้าวสังข์หยด	8.34±0.07	8.29±0.11	8.07±0.24	8.00±0.12
การเกาะตัว	ข้าวหอมมะลิ	8.45±0.01	8.34±0.04	8.23±0.08	8.00±0.08
	ข้าวดอกพะยอม	8.19±0.12	8.15±0.10	8.02±0.05	8.00±0.09
	ข้าวดอกข่า	8.33±0.34	8.26±0.01	8.20±0.02	8.15±0.06
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.14±0.16	8.05±0.11	8.11±0.08	8.00±0.08
	ข้าวสังข์หยด	8.26±0.02	8.17±0.17	8.14±0.02	8.11±0.09
ความชอบรวม	ข้าวหอมมะลิ	8.44±0.21	8.36±0.15	8.25±0.09	8.21±0.14
	ข้าวดอกพะยอม	8.20±0.04	8.16±0.06	8.11±0.02	8.10±0.02
	ข้าวดอกข่า	8.35±0.01	8.21±0.15	8.18±0.03	8.11±0.13
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.15±0.08	8.15±0.09	8.00±0.09	7.91±0.15
	ข้าวสังข์หยด	8.27±0.17	8.06±0.11	8.00±0.13	8.04±0.11

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 34 คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ของข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และคืนสภาพด้วยการนึ่ง

คุณลักษณะ	พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
		1	3	5	7
สี	ข้าวหอมมะลิ	8.47±0.09	8.35±0.12	8.17±0.11	8.10±0.15
	ข้าวดอกพะยอม	8.27±0.11	8.25±0.08	8.11±0.15	8.09±0.21
	ข้าวดอกข่า	8.39±0.10	7.95±0.09	7.77±0.19	7.86±0.12
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.15±0.01	8.07±0.11	7.97±0.13	7.88±0.19
	ข้าวสังข์หยด	8.31±0.15	8.22±0.14	7.99±0.19	7.84±0.26
กลิ่นหอม	ข้าวหอมมะลิ	8.59±0.14^{a}	8.44±0.07^{a}	8.37±0.02^{a}	7.45±0.03^{b}
	ข้าวดอกพะยอม	8.57±0.07^{a}	8.43±0.23^{a}	8.29±0.06^{a}	7.31±0.25^{b}
	ข้าวดอกข่า	8.31±0.14^{a}	8.29±0.02^{a}	8.22±0.16^{a}	7.37±0.10^{b}
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.31±0.04^{a}	8.25±0.15^{a}	8.28±0.07^{a}	7.40±0.12^{b}
	ข้าวสังข์หยด	8.65±0.14^{a}	8.46±0.22^{a}	8.40±0.16^{a}	7.38±0.19^{b}
ความนุ่ม	ข้าวหอมมะลิ	8.61±0.04	8.47±0.14	8.33±0.24	8.27±0.30
	ข้าวดอกพะยอม	8.27±0.17	8.30±0.22	8.24±0.20	8.11±0.24
	ข้าวดอกข่า	8.53±0.04	8.31±0.16	8.26±0.28	8.00±0.37
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.19±0.14	8.11±0.11	8.03±0.19	8.09±0.21
	ข้าวสังข์หยด	8.41±0.27	8.29±0.31	8.17±0.22	8.15±0.19
การเกาะตัว	ข้าวหอมมะลิ	8.46±0.22	8.24±0.32	8.19±0.25	8.10±0.31
	ข้าวดอกพะยอม	8.26±0.16	8.23±0.12	8.12±0.24	8.00±0.17
	ข้าวดอกข่า	8.39±0.10	8.21±0.12	8.21±0.18	8.15±0.14
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.21±0.05	8.17±0.09	8.11±0.26	8.04±0.34
	ข้าวสังข์หยด	8.33±0.08	8.36±0.03	8.06±0.31	8.01±0.29
ความชอบรวม	ข้าวหอมมะลิ	8.44±0.12	8.36±0.22	8.33±0.12	8.21±0.20
	ข้าวดอกพะยอม	8.30±0.28	8.26±0.24	8.31±0.12	8.22±0.15
	ข้าวดอกข่า	8.41±0.09	8.40±0.02	8.35±0.04	8.24±0.10
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.23±0.04	8.21±0.07	8.17±0.09	8.15±0.11
	ข้าวสังข์หยด	8.37±0.09	8.34±0.24	8.30±0.20	8.22±0.17

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 35 คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และคืนสภาพเตาไมโครเวฟ

คุณลักษณะ	พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		1	2	3	4
สี	ข้าวหอมมะลิ	8.64±0.03[a]	8.28±0.32[a]	8.31±0.19[a]	7.53±0.25[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.37±0.25[a]	8.26±0.31[a]	8.19±0.28[a]	7.31±0.38[b]
	ข้าวดอกข่า	8.51±0.10[a]	8.48±0.11[a]	8.39±0.20[a]	7.48±0.34[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.27±0.11[a]	8.32±0.05[a]	8.30±0.02[a]	7.39±0.15[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.44±0.15[a]	8.37±0.20[a]	8.25±0.34[a]	7.40±0.43[b]
กลิ่นหอม	ข้าวหอมมะลิ	8.67±0.17[a]	8.53±0.20[a]	8.49±0.16[a]	7.70±0.26[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.65±0.10[a]	8.56±0.23[a]	8.30±0.36[a]	7.65±0.43[b]
	ข้าวดอกข่า	8.31±0.04[a]	8.29±0.08[a]	8.22±0.16[a]	7.57±0.20[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.19±0.11[a]	8.22±0.17[a]	8.30±0.22[a]	7.75±0.13[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.51±0.07[a]	8.49±0.05[a]	8.28±0.38[a]	7.65±0.45[b]
ความนุ่ม	ข้าวหอมมะลิ	8.60±0.05	8.45±0.01	8.27±0.24	8.01±0.42
	ข้าวดอกพะยอม	8.37±0.04	8.40±0.02	8.34±0.15	8.11±0.31
	ข้าวดอกข่า	8.44±0.11	8.40±0.13	8.23±0.22	8.07±0.37
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.30±0.16	8.29±0.11	8.23±0.17	8.21±0.09
	ข้าวสังข์หยด	8.40±0.02	8.15±0.12	8.36±0.05	8.09±0.32
การเกาะตัว	ข้าวหอมมะลิ	8.50±0.04	8.32±0.21	8.41±0.08	8.25±0.26
	ข้าวดอกพะยอม	8.44±0.16	8.36±0.10	8.21±0.32	8.10±0.39
	ข้าวดอกข่า	8.46±0.25	8.55±0.14	8.22±0.25	8.09±0.29
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.36±0.07	8.14±0.05	8.09±0.18	8.13±0.22
	ข้าวสังข์หยด	8.40±0.01	8.39±0.15	8.14±0.22	8.10±0.17
ความชอบรวม	ข้าวหอมมะลิ	8.61±0.11[a]	8.26±0.45[a]	8.33±0.29[a]	7.47±0.36[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.44±0.17[a]	8.21±0.35[a]	8.26±0.33[a]	7.37±0.47[b]
	ข้าวดอกข่า	8.50±0.14[a]	8.36±0.29[a]	8.41±0.20[a]	7.33±0.22[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.35±0.28[a]	8.16±0.39[a]	8.20±0.34[a]	7.29±0.22[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.48±0.11[a]	8.04±0.55[a]	8.17±0.43[a]	7.44±0.54[b]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 36 คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และคืนสภาพด้วยการนึ่ง

คุณลักษณะ	พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		1	2	3	4
สี	ข้าวหอมมะลิ	8.69±0.05[a]	8.55±0.10[a]	8.43±0.11[a]	7.28±0.34[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.52±0.20[a]	8.44±0.21[a]	8.37±0.20[a]	7.31±0.22[b]
	ข้าวดอกข่า	8.64±0.03[a]	8.48±0.10[a]	8.39±0.10[a]	7.33±0.22[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.39±0.21[a]	8.34±0.30[a]	8.35±0.19[a]	7.30±0.24[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.61±0.05[a]	8.65±0.04[a]	8.50±0.09[a]	7.40±0.29[b]
กลิ่นหอม	ข้าวหอมมะลิ	8.58±0.04[a]	8.42±0.15[a]	8.30±0.22[a]	7.63±0.24[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.40±0.04[a]	8.29±0.08[a]	8.17±0.16[a]	7.40±0.30[b]
	ข้าวดอกข่า	8.54±0.14[a]	8.29±0.30[a]	8.21±0.45[a]	7.56±0.21[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.35±0.14[a]	8.35±0.09[a]	8.24±0.20[a]	7.35±0.28[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.51±0.09[a]	8.37±0.15[a]	8.29±0.11[a]	7.27±0.24[b]
ความนุ่ม	ข้าวหอมมะลิ	8.54±0.07	8.40±0.11	8.34±0.14	8.21±0.22
	ข้าวดอกพะยอม	8.42±0.08	8.45±0.07	8.33±0.12	8.29±0.15
	ข้าวดอกข่า	8.50±0.07	8.29±0.32	8.37±0.20	8.31±0.17
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.35±0.17	8.41±0.14	8.33±0.18	8.11±0.29
	ข้าวสังข์หยด	8.45±0.14	8.20±0.30	8.33±0.22	8.17±0.30
การเกาะตัว	ข้าวหอมมะลิ	8.57±0.07	8.34±0.25	8.29±0.30	8.10±0.42
	ข้าวดอกพะยอม	8.40±0.08	8.31±0.19	8.22±0.28	8.30±0.16
	ข้าวดอกข่า	8.49±0.05	8.40±0.14	8.32±0.20	8.33±0.19
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.43±0.16	8.30±0.21	8.25±0.22	8.14±0.29
	ข้าวสังข์หยด	8.45±0.08	8.40±0.05	8.37±0.12	8.35±0.17
ความชอบรวม	ข้าวหอมมะลิ	8.66±0.10[a]	8.46±0.15[a]	8.34±0.20[a]	7.30±0.26[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.50±0.08[a]	8.29±0.26[a]	8.24±0.23[a]	7.27±0.37[b]
	ข้าวดอกข่า	8.60±0.14[a]	8.37±0.39[a]	8.21±0.33[a]	7.33±0.50[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.44±0.21[a]	8.26±0.35[a]	8.20±0.38[a]	7.59±0.42[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.58±0.11[a]	8.24±0.40[a]	8.27±0.35[a]	7.34±0.40[b]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ปริมาณความชื้น

ความชื้นในข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง แล้วทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน และคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 37) พบว่า การเก็บรักษา ณ วันที่ 0, 1, 3, 5, 7 มีผลต่อค่าความชื้นในข้าวสุกหลังการคืนสภาพ โดยข้าวทั้ง 5 ชนิด มีแนวโน้มความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความชื้นมีค่าระหว่างร้อยละ 9.80 -11.32 เช่นเดียวกับค่าความชื้นในตัวอย่างข้าวหุงสุกและคืนสภาพด้วยการนึ่ง (ตารางที่ 36) ที่ค่าความชื้นของข้าวทั้ง 5 ชนิด มีค่าสูงขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 9.27 – 11.32 แสดงถึงกระบวนการคืนสภาพมีผลต่อปริมาณความชื้นในข้าวหุงสุก

ส่วนการเก็บรักษาข้าวหุงสุกทั้ง 5 ชนิด โดยเปลี่ยนเป็นอุณหภูมิ -20°C เวลา 4 สัปดาห์ เมื่อทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ (ตารางที่ 39) และคืนสภาพด้วยการนึ่ง (ตารางที่ 40) พบว่าทั้งสองวิธีการ ให้ค่าความชื้นเช่นเดียวกัน คือมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยความชื้นอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 9.20 – 11.59 บ่งชี้ว่า ระยะเวลาการแช่แข็งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นในข้าวหุงสุกหลังคืนสภาพ

ตารางที่ 37 ปริมาณความชื้นในข้าวสุก (dry weight; DW) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	10.46±0.48^{b}	10.28±0.24^{bc}	9.81±0.04^{c}	10.37±0.26^{b}	11.12±0.08^{a}
ข้าวดอกพะยอม	10.72±0.77^{bc}	11.12±0.11^{ab}	10.32±0.42^{c}	11.32±0.35^{a}	11.21±0.05^{a}
ข้าวดอกข่า	10.44±0.93^{ab}	9.82±0.09^{b}	11.04±0.30^{a}	11.03±0.31^{a}	10.18±0.23^{ab}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	10.74±0.11^{b}	10.56±0.03^{c}	10.60±0.13^{bc}	11.00±0.06^{a}	11.06±0.11^{a}
ข้าวสังข์หยด	10.26±0.24^{b}	10.04±0.42^{bc}	9.80±0.06^{c}	10.01±0.15^{bc}	11.24±0.02^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 38 ปริมาณความชื้นในข้าวสุก (DW) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	10.46±0.48^{ab}	10.39±0.38^{b}	9.66±0.60^{c}	9.84±0.03^{bc}	11.12±0.08^{a}
ข้าวดอกพะยอม	10.72±0.77^{ab}	10.36±0.21^{b}	10.80±0.01^{ab}	11.32±0.35^{a}	11.11±0.35^{ab}
ข้าวดอกข่า	10.44±0.93^{ab}	9.91±0.10^{b}	10.10±0.15^{b}	11.03±0.31^{a}	10.64±0.21^{ab}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	10.74±0.11^{a}	10.44±0.02^{b}	10.68±0.28^{ab}	10.56±0.03^{ab}	10.78±0.11^{a}
ข้าวสังข์หยด	10.26±0.24^{b}	10.91±0.12^{a}	9.27±0.01^{c}	10.53±0.32^{b}	11.24±0.02^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 39 ปริมาณความชื้นในข้าวสุก (DW) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	10.46±0.48^{b}	10.01±0.09^{c}	11.07±0.15^{a}	11.15±0.04^{a}	11.43±0.12^{a}
ข้าวดอกพะยอม	10.72±0.77^{ab}	10.21±0.05^{b}	10.09±0.03^{b}	11.25±0.04^{a}	11.01±0.02^{a}
ข้าวดอกข่า	10.44±0.93^{a}	9.53±0.08^{b}	10.51±0.07^{a}	10.64±0.02^{a}	11.18±0.61^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	10.74±0.11^{b}	9.48±0.09^{c}	10.64±0.02^{b}	11.05±0.15^{a}	10.99±0.13^{a}
ข้าวสังข์หยด	10.26±0.24^{b}	9.57±0.05^{c}	10.19±0.01^{b}	10.34±0.16^{b}	10.59±0.12^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 40 ปริมาณความชื้นในข้าวสุก (DW) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	10.46±0.48^{ab}	10.36±0.75^{b}	10.59±0.10^{ab}	11.01±0.07^{ab}	11.18±0.06^{a}
ข้าวดอกพะยอม	10.72±0.77^{ab}	10.03±0.38^{b}	10.62±0.10a^{b}	11.02±0.08^{a}	10.80±0.01^{a}
ข้าวดอกข่า	10.44±0.93^{bc}	9.72±0.18^{c}	10.38±0.20^{bc}	10.68±0.28^{b}	11.65±0.08^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	10.74±0.11^{a}	9.96±0.29^{b}	10.65±0.17^{a}	9.65±0.19^{b}	10.71±0.04^{a}
ข้าวสังข์หยด	10.26±0.24^{a}	9.20±0.03^{b}	10.32±0.02^{a}	10.84±0.10^{a}	10.62±0.79^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ปริมาณน้ำตาลรวม

ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง และเก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 41) พบว่า ข้าวสุกทั้ง 5 ตัวอย่างที่คืนสภาพด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรวมตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่เมื่อพิจารณาข้าวแต่ละชนิดจะพบว่า ข้าวหอมมะลิ มีปริมาณน้ำตาลรวมเพิ่มสูงกว่าค่าเริ่มต้น (40.54 มก./ก.น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 7 เท่ากับ 324.56 มก./ก.น้ำหนักแห้ง ขณะที่ข้าวดอกพะยอม มีค่าเริ่มต้น 8.73 มก./ก.น้ำหนักแห้ง และสูงสุดในวันที่ 7 เท่ากับ 8.96 มก./ก.น้ำหนักแห้ง และข้าวเล็บนกปัตตานี มีค่าเริ่มต้น 3.27 มก./ก.น้ำหนักแห้ง และสูงสุดในวันที่ 7 เท่ากับ 38.21 มก./ก.น้ำหนักแห้ง ปริมาณน้ำตาลรวมที่เปลี่ยนแปลงจัดว่ามีค่าไม่สูง เมื่อเทียบกับข้าวหอมมะลิ ซึ่งข้าวทั้งสองชนิดมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าข้าวหอมมะลิ ส่วนข้าวสังข์หยด และข้าวดอกข่า ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มข้าวมีสี และอะไมโลสต่ำ จะพบว่าข้าวสังข์หยดจะให้ปริมาณน้ำตาลรวมในวันที่ 7 (165.65มก./ก.น้ำหนักแห้ง) น้อยกว่า ข้าวดอกข่า (300.27 มก./ก.น้ำหนักแห้ง) ส่วนการคืนสภาพด้วยการนึ่ง (ตารางที่ 42) พบว่าในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีแนวโน้มให้ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวทั้ง 5 ชนิดสูงการการคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ โดยข้าวหอมมะลิ

ข้าวดอกข่า และข้าวสังข์หยด มีค่าเท่ากับ 562.77, 473.53 และ 331.56 มก./ก.น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ขณะที่ข้าวดอกพะยอม และข้าวเล็บนกปัตตานี มีค่าเท่ากับ 10.79 และ 46.42 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้การทดลองชี้ให้เห็นว่า วิธีการคืนสภาพข้าวหุงสุก มีผลต่อเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรวม โดยการนึ่งจะส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรวมเพิ่มสูงกว่าการเข้าไมโครเวฟ

ส่วนปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 43) และการนึ่ง (ตารางที่ 44) พบว่าการคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มน้ำตาลรวมสูงสุดในสัปดาห์ที่สอง และเริ่มลดลงในสัปดาห์ที่สามของการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการคืนสภาพด้วยการนึ่ง ในข้าวหอมมะลิ ข้าวสังข์หยดและข้าวเล็บนกปัตตานี ยกเว้นข้าวดอกพะยอมและข้าวดอกข่าที่นึ่งซ้ำ จะให้ปริมาณน้ำตาลรวมสูงกว่าเดิม แสดงว่าข้างหุงสุกที่ผ่านการแช่แข็งนาน 3 สัปดาห์ มีแนวโน้มของการลดลงของปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวเมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟได้ดีกว่าการนึ่ง

ตารางที่ 41 ปริมาณน้ำตาลรวม (mg./g.DW.) ในข้าวสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	40.54±4.84^{c}	124.56±28.92^{b}	322.87±4.11^{a}	126.58±38.99^{b}	324.56±20.09^{a}
ข้าวดอกพะยอม	8.73±0.14^{b}	9.03±0.22^{b}	8.96±0.44^{b}	5.23±0.59^{c}	10.41±0.61^{a}
ข้าวดอกข่า	6.20±0.36^{d}	6.99±0.29^{d}	49.99±0.67^{c}	109.89±0.29^{b}	300.27±0.85^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	3.27±0.03^{e}	5.09±0.04^{d}	5.93±0.14^{c}	10.23±0.14^{b}	38.21±0.73^{a}
ข้าวสังข์หยด	4.83±0.10^{d}	6.69±0.62^{d}	30.34±0.17^{c}	66.54±0.28^{b}	165.65±3.01^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 42 ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	40.54±4.84^{d}	286.52±5.76^{b}	30.02±8.52^{d}	253.94±11.90^{c}	562.77±14.62^{a}
ข้าวดอกพะยอม	8.73±0.14^{c}	11.92±0.19^{a}	7.34±0.05^{d}	6.44±0.79^{e}	10.79±0.21^{b}
ข้าวดอกข่า	6.20±0.36^{d}	7.00±0.23^{d}	86.88±0.34^{b}	12.58±0.67^{c}	473.53±2.33^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	3.27±0.03^{d}	5.34±0.23^{c}	5.42±0.03^{c}	16.74±0.19^{b}	46.42±0.35^{a}
ข้าวสังข์หยด	4.83±0.10^{d}	8.16±0.30^{d}	75.24±0.24^{b}	15.15±0.30^{c}	331.56±5.37^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 43 ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	102.66±1.24^{a}	20.87±0.13^{b}	19.96±0.13^{b}	5.83±0.17^{c}	4.68±0.12^{d}
ข้าวดอกพะยอม	3.54±0.18^{b}	1.20±0.01^{d}	4.83±0.06^{a}	2.69±0.03^{c}	0.47±0.02^{e}
ข้าวดอกข่า	3.64±0.21^{c}	1.23±0.11^{d}	16.49±0.25^{a}	1.80±0.21^{d}	5.10±0.60^{b}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	3.11±0.08^{b}	1.77±0.01^{c}	5.98±0.02^{a}	1.56±0.14^{d}	1.43±0.12^{d}
ข้าวสังข์หยด	4.38±0.27^{b}	3.64±0.23^{c}	7.41±0.03^{a}	0.69±0.09^{e}	2.80±0.14^{d}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 44 ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	102.66±1.24^{a}	38.10±0.65^{c}	54.45±0.14^{b}	29.64±0.24^{d}	6.03±0.21^{e}
ข้าวดอกพะยอม	3.54±0.18^{b}	1.88±0.08^{d}	2.97±0.06^{c}	3.88±0.03^{a}	3.87±0.02^{a}
ข้าวดอกข่า	3.64±0.21^{e}	9.48±0.02^{c}	48.70±0.71^{b}	54.65±0.37^{a}	8.41±0.06^{d}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	3.11±0.08^{c}	0.38±0.01^{d}	15.56±0.25^{a}	4.51±0.15^{b}	0.65±0.17^{d}
ข้าวสังข์หยด	4.38±0.27^{c}	8.19±0.03^{b}	14.34±0.64^{a}	0.54±0.07^{e}	1.33±0.24^{d}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 45) และการนึ่ง (ตารางที่ 46) พบว่า ข้าวสุกทั้ง 5 ตัวอย่างที่คืนสภาพด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์ตามระยะเวลาของการเก็บรักษา แต่การเพิ่มขึ้นของข้าวดอกพะยอม ข้าวเล็บนกปัตตานี และข้าวสังข์หยด จะน้อยกว่าข้าวดอกข่าและข้าวหอมมะลิ โดยข้าวทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมมะลิ ข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่า ข้าวเล็บนกปัตตานีและข้าวสังข์หยด มีค่าน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้น เท่ากับ 8.80, 1.65, 2.25, 1.15 และ 1.44 มก./กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 เท่ากับ 57.50, 1.847, 51.25, 4.16 และ 28.41 มก./กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เช่นเดียวกับการคืนสภาพด้วยการนึ่ง ซึ่งในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างข้าวหอมมะลิ, ดอกพะยอม ข้าวดอกข่า ข้าวเล็บนกปัตตานี และข้าวสังข์หยด เท่ากับ 121.12, 1.01, 99.22, 4.15 และ 22.08 มก./กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ระยะเวลาการเก็บรักษา และการคืนสภาพ ส่งผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวสุก

ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 47) และการนึ่ง (ตารางที่ 48) พบว่า สัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษา เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ พบว่าน้ำตาลรีดิวซ์ มีค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าเริ่มต้น แต่เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 4 กลับมีค่าลดต่ำลง เช่นเดียวกับการคืนสภาพด้วยการนึ่ง โดยพบว่า ข้าวหอมมะลิ ข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่า ข้าวเล็บนกปัตตานีและข้าวสังข์หยด มีค่าเท่ากับ 0.27, 1.14, 0.42, 0.46 และ 4.12 มก./กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยข้าวทั้ง 5 ชนิดที่ผ่านการแช่แข็ง แล้วคืนสภาพจะให้ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ใกล้เคียงกับการแช่เย็น

ตารางที่ 45 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	8.80±0.00^{d}	5.12±0.06^{e}	25.37±0.02^{b}	22.63±0.31^{c}	57.50±0.24^{a}
ข้าวดอกพะยอม	1.65±0.04^{d}	1.73±0.05^{c}	1.90±0.01^{a}	0.92±0.03^{e}	1.84±0.04^{b}
ข้าวดอกข่า	2.25±0.01^{d}	1.35±0.03^{e}	7.88±0.09^{c}	20.61±0.94^{b}	51.25±0.32^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	1.15±0.03^{d}	1.41±0.24^{c}	0.78±0.19^{e}	2.91±0.02^{b}	4.16±0.00^{a}
ข้าวสังข์หยด	1.44±0.01^{c}	1.88±0.10^{c}	1.87±0.11^{c}	15.55±0.81^{b}	28.41±0.16^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 46 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	8.80±0.00^{d}	5.11±0.19^{e}	23.07±0.21^{b}	14.69±0.29^{c}	121.12±0.15^{a}
ข้าวดอกพะยอม	1.65±0.04^{ab}	1.59±0.05^{b}	1.67±0.05^{a}	1.62±0.02^{ab}	1.01±0.02^{c}
ข้าวดอกข่า	2.25±0.01^{d}	1.21±0.11^{e}	19.44±0.02^{c}	21.46±0.23^{b}	99.22±0.16^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	1.15±0.03^{c}	0.86±0.09^{d}	0.95±0.07^{d}	2.80±0.03^{b}	4.15±0.02^{a}
ข้าวสังข์หยด	1.44±0.01^{d}	1.51±0.06^{d}	4.62±0.07^{c}	14.78±0.27^{b}	22.08±0.14^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 47 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	1.11±0.02^{c}	0.10±0.02^{d}	0.76±0.19^{c}	2.21±0.19^{a}	1.52±0.34^{b}
ข้าวดอกพะยอม	1.37±0.01^{b}	0.97±0.02^{d}	1.13±0.10^{c}	1.76±0.04^{a}	1.17±0.03^{c}
ข้าวดอกข่า	1.00±0.02^{bc}	0.86±0.01^{bc}	1.40±0.36^{b}	4.62±0.57^{a}	0.45±0.08^{c}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.95±0.03^{b}	0.66±0.06^{c}	1.23±0.26^{a}	1.23±0.03^{a}	0.61±0.02^{c}
ข้าวสังข์หยด	0.70±0.05^{d}	2.67±0.05^{c}	3.08±0.27^{b}	4.69±0.01^{a}	2.52±0.01^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 48 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	1.11±0.02^{b}	1.27±0.20^{b}	1.22±0.52^{b}	4.96±0.27^{a}	0.27±0.09^{c}
ข้าวดอกพะยอม	1.37±0.01^{b}	1.28±0.06^{bc}	1.17±0.15^{c}	2.88±0.02^{a}	1.14±0.02^{c}
ข้าวดอกข่า	1.00±0.02^{c}	9.72±0.85^{b}	23.78±5.26^{a}	20.93±0.08^{a}	0.42±0.17^{c}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.95±0.03^{bc}	4.25±0.72^{a}	1.63±0.52^{b}	1.18±0.08^{bc}	0.46±0.08^{c}
ข้าวสังข์หยด	0.70±0.05^{d}	2.88±0.20^{c}	4.31±0.40^{a}	3.56±0.01^{b}	4.12±0.03^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

ปริมาณน้ำอิสระในข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง และเก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 49) และการนึ่ง (ตารางที่ 50) มีค่าอยู่ในช่วงไม่เกิน 0.7 โดยปริมาณน้ำอิสระมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทำให้การแช่เย็นข้าวหุงสุกในวันที่ 7 มีค่าปริมาณน้ำอิสระสูงที่สุด ส่วนปริมาณน้ำอิสระในข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง และเก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อนำมาคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 51) และการนึ่ง (ตารางที่ 52) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.591 - 0.686 โดยข้าวที่คืนสภาพมีค่าปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้ปริมาณน้ำอิสระทุกตัวอย่างทดลองมีค่าไม่เกิน 0.7 เพราะเป็นข้าวหุงสุกแล้วนำมาอบแห้ง

ตารางที่ 49 ปริมาณ Aw ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	0.640±0.032^{a}	0.653±0.022^{a}	0.597±0.015^{b}	0.662±0.020^{a}	0.649±0.007^{a}
ข้าวดอกพะยอม	0.640±0.010^{c}	0.590±0.010^{d}	0.666±0.010^{b}	0.664±0.007^{b}	0.684±0.004^{a}
ข้าวดอกข่า	0.599±0.013^{c}	0.570±0.025^{d}	0.606±0.007^{c}	0.651±0.004^{b}	0.682±0.002^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.613±0.009^{d}	0.680±0.016^{ab}	0.642±0.011^{c}	0.671±0.006^{b}	0.692±0.007^{a}
ข้าวสังข์หยด	0.617±0.015^{b}	0.610±0.025^{b}	0.631±0.005^{b}	0.659±0.004^{a}	0.659±0.012^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 50 ปริมาณ Aw ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	0.640±0.032^{b}	0.624±0.013^{b}	0.639±0.005^{b}	0.650±0.005^{ab}	0.676±0.004^{a}
ข้าวดอกพะยอม	0.640±0.010^{b}	0.571±0.024^{c}	0.639±0.009^{b}	0.678±0.005^{a}	0.676±0.004^{a}
ข้าวดอกข่า	0.599±0.013^{c}	0.565±0.013^{d}	0.662±0.007^{b}	0.643±0.011^{b}	0.703±0.007^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.613±0.009	0.545±0.172	0.653±0.009	0.677±0.013	0.660±0.009
ข้าวสังข์หยด	0.617±0.015^{b}	0.627±0.028^{b}	0.643±0.004^{ab}	0.634±0.007^{b}	0.667±0.008^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 51 ปริมาณ Aw ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	0.634±0.006^{d}	0.669±0.018^{ab}	0.661±0.013^{bc}	0.643±0.005^{cd}	0.687±0.010^{a}
ข้าวดอกพะยอม	0.620±0.003^{c}	0.644±0.009^{b}	0.641±0.012^{b}	0.648±0.009^{b}	0.674±0.005^{a}
ข้าวดอกข่า	0.592±0.006^{d}	0.627±0.004^{c}	0.642±0.003^{b}	0.624±0.011^{c}	0.664±0.006^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.595±0.008^{c}	0.660±0.005^{b}	0.662±0.002^{b}	0.662±0.004^{b}	0.673±0.004^{a}
ข้าวสังข์หยด	0.591±0.005^{c}	0.663±0.020^{a}	0.636±0.006^{b}	0.672±0.006^{a}	0.664±0.010^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 52 ปริมาณ Aw ในข้าวสุก (dry weight) ด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	0.634±0.006^{c}	0.629±0.007^{c}	0.664±0.007^{a}	0.648±0.008^{b}	0.656±0.004^{ab}
ข้าวดอกพะยอม	0.620±0.003^{d}	0.661±0.020^{b}	0.640±0.005^{c}	0.639±0.004^{c}	0.690±0.005^{a}
ข้าวดอกข่า	0.592±0.006^{d}	0.637±0.001^{c}	0.654±0.006^{b}	0.658±0.014^{b}	0.686±0.006^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.595±0.008^{c}	0.643±0.011^{b}	0.686±0.003^{a}	0.673±0.004^{a}	0.673±0.009^{a}
ข้าวสังข์หยด	0.591±0.005^{d}	0.625±0.013^{c}	0.654±0.010^{b}	0.641±0.014^{bc}	0.678±0.013^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ค่าสีในข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง

ข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง ทั้ง 5 ชนิด ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 53, 54, 55) โดยค่าสี *L* แสดงความสว่าง ค่าสีแดง (+*a**) ค่าสีเขียว (-*a**) ค่าสีเหลือง (+*b**) ค่าสีน้ำเงิน (-*b**) พบว่า ความสว่างมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าสีแดง มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) ขณะที่ค่าสีเหลือง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ยกเว้นข้าวดอกข่า และข้าวสังข์หยด เช่นเดียวกับการนำตัวอย่างข้าวทั้ง 5 ชนิดดังกล่าว คืนสภาพด้วยการนึ่ง (ตารางที่ 56, 57, 58) พบว่าความสว่าง มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) เช่นกัน ค่าสีแดง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) และค่าสีเหลืองในข้าว 4 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) ยกเว้นข้าวสังข์หยดมีค่าลดต่ำลง แสดงว่าถึงวิธีการคืนสภาพข้าวหุงสุกด้วยการใช้ไมโครเวฟและการนึ่ง ส่งผลต่อค่าสีและความสว่างในข้าวหุงสุกบางชนิดหลังการเก็บรักษา 7 วัน

เมื่อนำข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 59, 60, 61) พบว่าในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา ค่าความสว่างในข้าวหอมมะลิ ข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่า มีแนวโน้มลดลง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนข้าวเล็บนกปัตตานี และข้าวสังข์หยด มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) ค่าสีแดงในข้าวหอมมะลิ ข้าวดอกข่าและข้าวเล็บนกปัตตานี ที่เก็บรักษาเป็นวเลา 4 สัปดาห์ มีค่าสีแดงไม่ต่างจากสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ขณะที่ข้าวสังข์หยด และข้าวดอกพะยอม มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) ขณะที่ค่าสีเหลืองในสัปดาห์ที่ 4 ในข้าวทุกชนิด ยกเว้นข้าวหอมมะลิมีค่าสูงกว่าค่าเริ่มต้น ส่วนข้าวหอมมะลิมีค่าไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น

เมื่อนำข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และคืนสภาพด้วยการนึ่ง (ตารางที่ 62, 63, 64) พบว่าค่าความสว่างของข้าวสังข์หยดมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ส่วนข้าวอีก 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมมะลิ ข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่า และข้าวเล็บนกปัตตานี มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) ค่าสีแดงในข้าวดอกข่า และข้าวสังข์หยดมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) ส่วนข้าวเล็บนกปัตตานี ที่เก็บรักษาเป็นวเลา 4 สัปดาห์ มีค่าสีแดงไม่ต่างจากสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ขณะที่ข้าวดอกพะยอม มีค่าสูงกว่าสัปดาห์แรก

ของการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) ขณะที่ค่าสีเหลืองในสัปดาห์ที่ 4 ในข้าวทุกชนิด ยกเว้นข้าวหอมมะลิ มีค่าสูงกว่าค่าเริ่มต้น มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

แสดงว่าข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เมื่อคืนสภาพข้าวด้วยการใช้ไมโครเวฟและการนึ่ง จะส่งผลต่อค่าสีและค่าความสว่างในข้าวหุงสุกหลังการเก็บรักษา 1 เดือน

ตารางที่ 53 ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	53.31±5.57^{a}	46.41±1.74^{ab}	47.65±6.56^{ab}	44.10±4.99^{b}	42.65±0.31^{b}
ข้าวดอกพะยอม	48.78±0.95^{a}	44.19±2.26^{b}	44.85±3.65^{b}	51.80±1.62^{a}	41.26±0.99^{b}
ข้าวดอกข่า	54.96±0.73^{a}	29.01±3.41^{c}	41.35±3.14^{b}	43.64±1.88^{b}	29.73±2.88^{c}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	46.10±3.39^{b}	44.63±3.60^{b}	53.03±1.00^{a}	48.80±2.88^{ab}	37.22±5.14^{c}
ข้าวสังข์หยด	35.64±2.91^{a}	27.83±1.07^{bc}	31.52±2.53^{ab}	31.04±4.31^{ab}	25.22±2.90^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 54 ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	0.35±0.15^{bc}	-0.06±0.13^{c}	0.80±0.57^{ab}	0.85±0.36^{ab}	1.18±0.29^{a}
ข้าวดอกพะยอม	0.21±0.11^{b}	0.25±0.11^{b}	0.91±0.37^{a}	0.45±0.11^{b}	1.17±0.11^{a}
ข้าวดอกข่า	1.07±0.15^{b}	1.46±0.38^{b}	2.16±0.36^{ab}	2.52±0.45^{a}	2.66±0.48^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.17±0.14^{b}	0.47±0.09^{b}	0.15±0.04^{b}	0.43±0.18^{b}	1.29±0.64^{a}
ข้าวสังข์หยด	5.73±0.86^{abc}	2.58±1.94^{c}	7.02±2.62^{ab}	3.75±0.23^{bc}	7.77±1.84^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 55 ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	5.03±0.21^{b}	4.25±0.20^{b}	6.68±1.00^{a}	6.72±0.28^{a}	6.74±0.35^{a}
ข้าวดอกพะยอม	3.68±0.48^{c}	4.85±0.12^{b}	6.46±0.64^{a}	6.90±0.82^{a}	6.40±0.49^{a}
ข้าวดอกข่า	4.46±0.08^{b}	2.76±1.44^{c}	6.03±0.54^{a}	6.81±0.38^{a}	3.63±0.33^{bc}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	4.33±0.83^{b}	5.42±0.62^{ab}	5.20±0.50^{ab}	6.38±0.30^{a}	5.94±0.79^{a}
ข้าวสังข์หยด	6.96±1.69^{a}	2.94±1.44^{b}	6.22±0.79^{a}	6.71±2.58^{a}	2.76±0.09^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 56 ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	53.31±5.57^{a}	41.60±2.12^{b}	51.80±3.89^{b}	45.86±1.13^{b}	40.97±0.64^{b}
ข้าวดอกพะยอม	48.78±0.95^{a}	44.53±4.15^{ab}	42.89±4.09^{bc}	41.28±0.48^{bc}	38.68±0.65^{c}
ข้าวดอกข่า	54.96±0.73^{a}	35.33±4.08^{bc}	33.60±2.22^{c}	38.90±1.54^{b}	28.37±0.97^{d}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	46.10±3.39^{a}	47.24±2.11^{a}	44.98±3.82^{a}	44.72±3.18^{a}	36.25±1.63^{b}
ข้าวสังข์หยด	35.64±2.91^{a}	32.33±4.07^{ab}	32.70±4.29^{ab}	31.10±2.88^{ab}	28.14±0.13^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 57 ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	0.35±0.15^{b}	-0.28±0.15^{c}	0.31±0.13^{b}	0.71±0.19^{b}	1.80±0.61^{a}
ข้าวดอกพะยอม	0.21±0.11^{d}	0.30±0.14^{cd}	0.88±0.39^{b}	1.84±0.11^{a}	0.61±0.12^{bc}
ข้าวดอกข่า	1.07±0.15^{c}	1.62±0.03^{c}	1.68±0.58^{c}	2.66±0.71^{b}	3.07±0.39^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.17±0.14^{b}	0.11±0.12^{b}	0.79±0.43^{a}	0.80±0.19^{a}	0.79±0.11^{a}
ข้าวสังข์หยด	5.73±0.86^{b}	2.99±1.82^{b}	5.05±0.41^{ab}	7.02±0.84^{a}	3.27±1.12^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 58 ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	1	3	5	7
ข้าวหอมมะลิ	5.03±0.21^{b}	3.58±0.28^{c}	5.15±0.27^{b}	5.07±0.39^{b}	6.60±0.19^{a}
ข้าวดอกพะยอม	3.68±0.48^{c}	4.13±0.54^{c}	5.99±0.64^{b}	4.55±0.96^{c}	7.51±0.23^{a}
ข้าวดอกข่า	4.46±0.08^{bc}	3.95±0.18^{c}	4.80±0.38^{b}	3.66±0.84^{c}	6.71±0.21^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	4.33±0.83^{b}	4.69±0.29^{b}	5.44±0.62^{b}	5.40±0.66^{b}	6.65±0.55^{a}
ข้าวสังข์หยด	6.96±1.69^{a}	4.23±2.08^{ab}	4.81±1.10^{ab}	6.25±2.86^{b}	2.64±0.20^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 59 ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	40.46±3.35^{b}	30.60±3.08^{c}	47.96±2.99^{a}	46.64±1.29^{b}	43.12±2.23^{ab}
ข้าวดอกพะยอม	49.69±4.14^{a}	41.56±1.74^{b}	42.89±3.29^{b}	43.58±3.39^{ab}	43.59±2.95^{ab}
ข้าวดอกข่า	45.47±6.94^{a}	30.46±0.84^{b}	40.06±8.39^{ab}	36.18±5.69^{ab}	37.03±2.87^{ab}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	39.87±6.67^{b}	42.90±4.54^{ab}	46.45±2.99^{ab}	47.44±5.10^{ab}	50.64±5.60^{a}
ข้าวสังข์หยด	26.85±1.01^{b}	26.15±4.25^{b}	30.37±0.95^{ab}	30.68±4.23^{ab}	33.04±2.49^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 60 ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	0.57±0.45^{b}	3.32±2.63^{a}	0.13±0.20^{b}	0.12±0.05^{b}	0.92±0.07^{b}
ข้าวดอกพะยอม	0.40±0.12^{c}	1.12±0.14^{a}	0.23±0.17^{c}	0.71±0.13^{b}	1.09±0.15^{a}
ข้าวดอกข่า	1.84±0.46^{b}	4.46±0.79^{a}	1.81±0.10^{b}	2.70±0.96^{b}	2.58±0.59^{b}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.45±0.25^{b}	1.18±0.13^{a}	0.27±0.10^{b}	0.65±0.37^{b}	0.61±0.42^{b}
ข้าวสังข์หยด	1.92±0.31^{b}	3.58±0.99^{ab}	3.81±1.78^{ab}	4.31±2.15^{ab}	5.74±0.37^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 61 ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	7.59±0.17^{a}	4.87±1.15^{b}	3.65±0.90^{b}	4.38±0.52^{b}	7.20±0.61^{a}
ข้าวดอกพะยอม	2.84±0.70^{d}	6.30±0.40^{a}	4.74±0.23^{c}	5.34±0.27^{bc}	6.03±0.26^{ab}
ข้าวดอกข่า	4.01±0.60^{d}	6.47±0.41^{a}	4.53±0.68^{cd}	5.50±0.11^{b}	5.31±0.43^{bc}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	3.71±0.54^{d}	7.86±0.62^{a}	4.70±0.30^{c}	6.31±0.72^{b}	6.15±0.37^{b}
ข้าวสังข์หยด	2.11±0.42^{c}	5.51±0.35^{ab}	5.06±1.58^{ab}	3.82±1.28^{bc}	5.82±0.87^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 62 ค่าสี *L** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	40.46±3.35^{bc}	38.59±1.97^{c}	48.76±1.64^{b}	45.90±2.44^{bc}	60.61±9.93^{a}
ข้าวดอกพะยอม	49.69±4.14^{b}	40.19±3.46^{b}	42.59±0.73^{ab}	40.54±1.32^{b}	50.37±7.77^{a}
ข้าวดอกข่า	45.47±6.94^{a}	35.30±2.67^{b}	40.71±2.15^{ab}	46.45±2.86^{a}	46.86±3.09^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	39.87±6.67^{b}	52.04±0.76^{a}	36.76±5.69^{b}	53.51±7.38^{a}	53.61±2.67^{a}
ข้าวสังข์หยด	26.85±1.01	31.73±1.52	30.52±6.03	27.71±2.00	34.46±6.01

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 63 ค่าสี *a** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	0.57±0.45^{ab}	0.87±0.19^{a}	-1.09±0.27^{c}	0.18±0.07^{b}	0.19±0.18^{b}
ข้าวดอกพะยอม	0.40±0.12^{c}	1.22±0.33^{a}	0.31±0.22^{b}	0.58±0.22^{b}	0.48±0.35^{b}
ข้าวดอกข่า	1.84±0.46^{b}	3.08±0.22^{a}	1.92±0.26^{b}	2.09±0.37^{b}	3.17±0.50^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	0.45±0.25^{a}	0.47±0.03^{a}	0.04±0.03^{b}	0.39±0.26^{a}	0.29±0.14^{ab}
ข้าวสังข์หยด	1.92±0.31^{b}	7.10±2.79^{a}	1.66±0.80^{b}	4.92±2.58^{ab}	6.52±0.32^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 64 ค่าสี *b** ในข้าวหุงสุกด้วยวิธีการนึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C เวลา 4 สัปดาห์หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ข้าวหอมมะลิ	7.59±0.17^{a}	6.04±0.90^{b}	3.15±0.52^{d}	4.07±0.28^{cd}	4.42±0.44^{c}
ข้าวดอกพะยอม	2.84±0.70^{c}	5.87±0.15^{a}	4.48±0.41^{b}	4.60±0.26^{b}	5.63±0.43^{a}
ข้าวดอกข่า	4.01±0.60^{d}	6.01±0.25^{b}	3.90±0.14^{d}	5.17±0.68^{c}	7.08±0.27^{a}
ข้าวเล็บนกปัตตานี	3.71±0.54^{c}	6.05±0.41^{a}	3.66±0.22^{c}	4.81±0.25^{b}	5.45±0.73^{ab}
ข้าวสังข์หยด	2.11±0.42^{b}	7.27±1.86^{a}	2.91±2.62^{b}	3.85±1.70^{b}	6.94±0.50^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 65) และคืนสภาพด้วยการนึ่ง (ตารางที่ 66) ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale พบว่าคะแนนความชอบด้านสี ความนุ่ม การเกาะตัว และความชอบโดยรวม ของข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คะแนนที่ได้อยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ยกเว้นกลิ่นหอมที่มีค่าไม่แตกต่างกันในวันที่ 1-5 ของการเก็บรักษา แต่มีค่าลดลงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ($p\leq0.05$) ชี้ให้เห็นว่า วิธีการคืนสภาพข้าวหุงสุกด้วยการนึ่งทั้งแบบไมโครเวฟและการนึ่ง ไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่นยกเว้นด้านกลิ่นหอมที่มีค่าลดลงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ขณะที่การนำข้าวหุงสุกทั้ง 5 สายพันธุ์ด้วยการนึ่ง เก็บรักษาอุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ (ตารางที่ 67) และการนึ่ง (ตารางที่ 68) พบว่าคะแนนความชอบด้านความนุ่ม และการเกาะตัวของข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ยกเว้นคะแนนด้านสี กลิ่นหอม และความชอบโดยรวม ที่มีค่าไม่แตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 1-3 ของการเก็บรักษา แต่มีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา ($p\leq0.05$) แสดงว่า วิธีการคืนสภาพข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง ด้วยไมโครเวฟและการนึ่ง ส่งผลต่อความชอบด้านคุณลักษณะทางประสาทในข้าวหุงสุกหลังการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ เช่นเดียวกับ วิไลพร (2561) พบว่า คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และรสชาติของข้าวหุงสุกไม่มีความแตกต่างในระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะส่งผลให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และ ความชอบโดยรวมลดลงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาข้าวกล้องสังข์หยดที่ผ่านการหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า และการหุงสุกด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันสูงจะมีคะแนนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดลงจาก 8.00 เหลือเท่ากับ 7.67 และ 7.83 เหลือเท่ากับ 7.65 ตามลำดับ ทั้งนี้คะแนนความชอบค้านเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องสังข์หยดหุงสุกในระหว่างการเก็บรักษามีผลมาจากการเกิดรีโทรเกรเดชันของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของข้าวมีความแข็งเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบโดยรวมลดลงตามระยะเวลาการเก็บ รักษาที่นานขึ้น (Perdon *et al*, 1999) สอดคล้องกับ ประภาศรี และไพรัตน์ (2533) ศึกษา

กรรมวิธีการผลิตและคุณภาพของข้าวสุกแช่เยือกแข็ง พบว่าในด้านความอ่อนนุ่ม สี ความเลื่อมมัน และคุณลักษณะรวมจะให้ผลที่แตกต่างกัน การศึกษาอายุการเก็บรักษาข้าวสุกแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 เดือน พบการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยทั่วไปเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสุภาภรณ์ (2545) ปรับปรุงคุณภาพข้าวหุงสุกเร็ว โดยใช้วิธีการแช่เยือกแข็งร่วมกับการใช้ไมโครเวฟในการผลิต พบว่าด้านสีของผลิตภัณฑ์ข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากข้าวขาวตาแห้ง จะได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่า ข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทั้งในกรณีของการคืนรูปโดยโดยการใช้เตาไมโครเวฟ และการเติมน้ำต้มเดือด ส่วนในด้านความสมบูรณ์ของเมล็ด และกลิ่นข้าวสุก พบว่า ข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากข้าวขาวตาแห้งจะได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่าข้าวหุงสุกเร็วที่มีจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ ส่วนในด้านการเกาะตัวของเมล็ดข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากข้าวขาวตาแห้ง และข้าวหุงสุกเร็วที่มีจำหน่ายในตลาดต่างประเทศจะได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่น้อยกว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในด้านของรสชาติและเนื้อสัมผัสพบว่า ข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่าข้าวหุงสุกเร็วที่มีจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ และข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากข้าวขาวตาแห้ง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงการยอมรับโดยรวม พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 มากที่สุด ส่วนวิธีการคืนรูปโดยการใช้เตาไมโครเวฟและวิธีการคืนรูปโดยการเติมน้ำต้มเดือด จะได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 65 คะแนนด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บรักษาที่ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

คุณลักษณะ	พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
		1	3	5	7
สี	ข้าวหอมมะลิ	8.40±0.05	8.36±0.08	8.03±0.30	7.63±0.67
	ข้าวดอกพะยอม	7.94±0.07	7.65±0.29	7.81±0.10	7.51±0.22
	ข้าวดอกข่า	8.30±0.05	7.80±0.44	8.01±0.26	7.63±0.69
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.26±0.15	8.03±0.30	7.95±0.27	7.76±0.45
	ข้าวสังข์หยด	8.28±0.10	8.04±0.30	7.90±0.38	7.83±0.37
กลิ่นหอม	ข้าวหอมมะลิ	8.50±0.04^{a}	8.41±0.09^{a}	8.30±0.22^{a}	7.52±0.43^{b}
	ข้าวดอกพะยอม	8.40±0.08^{a}	8.30±0.10^{a}	8.27±0.36^{a}	7.40±0.23^{b}
	ข้าวดอกข่า	8.46±0.14^{a}	8.30±0.48^{a}	8.22±0.36^{a}	7.77±0.51^{b}
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.33±0.04^{a}	8.19±0.10^{a}	8.10±0.48^{a}	7.65±0.60^{b}
	ข้าวสังข์หยด	8.40±0.10^{a}	8.37±0.20^{a}	8.34±0.26^{a}	7.30±0.22^{b}
ความนุ่ม	ข้าวหอมมะลิ	8.57±0.10	8.25±0.33	7.73±0.79	7.67±0.87
	ข้าวดอกพะยอม	8.37±0.17	8.33±0.20	8.22±0.50	7.99±0.51
	ข้าวดอกข่า	8.43±0.04	8.29±0.10	8.26±0.21	8.10±0.32
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.34±0.16	8.25±0.21	8.10±0.47	8.00±0.46
	ข้าวสังข์หยด	8.40±0.09	8.34±0.10	8.27±0.20	8.20±0.22
การเกาะตัว	ข้าวหอมมะลิ	8.52±0.07	8.34±0.28	7.89±0.64	7.60±0.94
	ข้าวดอกพะยอม	8.30±0.10	8.25±0.12	7.99±0.36	7.88±0.45
	ข้าวดอกข่า	8.47±0.24	8.09±0.51	7.71±0.72	7.25±1.18
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.22±0.06	8.15±0.10	8.21±0.08	8.10±0.18
	ข้าวสังข์หยด	8.45±0.12	8.30±0.20	8.09±0.32	8.19±0.25
ความชอบรวม	ข้าวหอมมะลิ	8.51±0.15	8.36±0.30	7.93±0.59	7.71±0.80
	ข้าวดอกพะยอม	8.42±0.04	8.16±0.38	7.81±0.62	7.73±0.72
	ข้าวดอกข่า	8.40±0.01	8.15±0.15	7.66±0.71	7.58±0.85
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.35±0.18	8.20±0.29	7.81±0.55	7.72±0.61
	ข้าวสังข์หยด	8.41±0.17	8.07±0.40	7.97±0.50	7.75±0.71

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 66 คะแนนด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บรักษาที่ 4°C ระยะเวลา 7 วัน หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

คุณลักษณะ	พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
		1	3	5	7
สี	ข้าวหอมมะลิ	8.44±0.15	8.20±0.35	8.10±0.44	8.00±0.45
	ข้าวดอกพะยอม	8.15±0.02	7.87±0.30	7.77±0.35	7.63±0.55
	ข้าวดอกข่า	8.42±0.11	7.90±0.58	7.75±0.80	7.70±0.72
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.00±0.09	8.05±0.10	7.96±0.09	7.82±0.17
	ข้าวสังข์หยด	8.40±0.12	8.29±0.20	7.90±0.59	7.81±0.63
กลิ่นหอม	ข้าวหอมมะลิ	8.57±0.11^{a}	8.43±0.29^{a}	8.32±0.35^{a}	7.64±0.63^{b}
	ข้าวดอกพะยอม	8.32±0.17^{a}	8.25±0.20^{a}	8.17±0.16^{a}	7.70±0.35^{b}
	ข้าวดอกข่า	8.52±0.19^{a}	8.45±0.22^{a}	8.30±0.46^{a}	7.69±0.59^{b}
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.30±0.05^{a}	8.22±0.12^{a}	8.18±0.38^{a}	7.55±0.30^{b}
	ข้าวสังข์หยด	8.47±0.16^{a}	8.36±0.25^{a}	8.27±0.20^{a}	7.70±0.39^{b}
ความนุ่ม	ข้าวหอมมะลิ	8.60±0.27	8.67±0.21	8.55±0.22	8.43±0.26
	ข้าวดอกพะยอม	8.30±0.04	8.03±0.26	8.23±0.18	8.10±0.25
	ข้าวดอกข่า	8.46±0.04	8.37±0.14	8.33±0.04	7.97±0.48
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.21±0.14	8.22±0.11	8.13±0.19	8.09±0.21
	ข้าวสังข์หยด	8.38±0.17	8.31±0.22	8.25±0.20	8.22±0.24
การเกาะตัว	ข้าวหอมมะลิ	8.45±0.22	8.36±0.32	8.19±0.42	8.02±0.47
	ข้าวดอกพะยอม	8.30±0.33	8.00±0.61	8.23±0.46	8.17±0.38
	ข้าวดอกข่า	8.41±0.24	8.22±0.43	8.16±0.45	8.00±0.57
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.20±0.12	8.20±0.09	8.11±0.17	8.05±0.30
	ข้าวสังข์หยด	8.33±0.13	8.20±0.24	8.15±0.12	8.00±0.31
ความชอบรวม	ข้าวหอมมะลิ	8.46±0.08	8.41±0.16	8.22±0.25	8.20±0.30
	ข้าวดอกพะยอม	8.30±0.34	8.20±0.44	8.25±0.35	8.20±0.36
	ข้าวดอกข่า	8.42±0.22	8.33±0.34	8.36±0.32	8.20±0.38
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.26±0.20	8.25±0.39	8.30±0.24	8.21±0.24
	ข้าวสังข์หยด	8.40±0.37	8.38±0.43	8.40±0.30	8.27±0.44

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 67 คะแนนด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บรักษาที่ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟ

คุณลักษณะ	พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		1	2	3	4
สี	ข้าวหอมมะลิ	8.61±0.15[a]	8.64±0.14[a]	8.45±0.14[a]	7.49±0.03[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.46±0.10[a]	8.20±0.45[a]	8.32±0.35[a]	7.20±0.34[b]
	ข้าวดอกข่า	8.58±0.10[a]	8.44±0.58[a]	8.32±0.30[a]	7.47±0.44[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.20±0.21[a]	8.18±0.10[a]	8.26±0.14[a]	7.20±0.25[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.52±0.20[a]	8.40±0.31[a]	8.31±0.35[a]	7.42±0.42[b]
กลิ่นหอม	ข้าวหอมมะลิ	8.67±0.10[a]	8.55±0.23[a]	8.42±0.46[a]	7.68±0.53[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.63±0.17[a]	8.50±0.20[a]	8.41±0.36[a]	7.37±0.36[b]
	ข้าวดอกข่า	8.41±0.04[a]	8.20±0.28[a]	8.15±0.16[a]	7.26±0.20[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.24±0.10[a]	8.20±0.17[a]	8.14±0.03[a]	7.47±0.13[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.55±0.07[a]	8.41±0.15[a]	8.34±0.28[a]	7.55±0.35[b]
ความนุ่ม	ข้าวหอมมะลิ	8.60±0.05	8.49±0.08	8.37±0.27	8.00±0.49
	ข้าวดอกพะยอม	8.39±0.08	8.45±0.12	8.30±0.25	8.16±0.31
	ข้าวดอกข่า	8.47±0.09	8.10±0.50	8.26±0.37	8.09±0.46
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.35±0.16	8.30±0.21	8.20±0.31	8.11±0.39
	ข้าวสังข์หยด	8.45±0.15	8.42±0.10	8.00±0.48	8.17±0.30
การเกาะตัว	ข้าวหอมมะลิ	8.53±0.04	8.30±0.21	8.45±0.08	8.25±0.26
	ข้าวดอกพะยอม	8.41±0.25	8.50±0.14	8.32±0.25	8.08±0.39
	ข้าวดอกข่า	8.48±0.01	8.36±0.15	8.15±0.32	8.19±0.37
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.32±0.07	8.10±0.25	8.00±0.28	8.12±0.22
	ข้าวสังข์หยด	8.40±0.16	8.30±0.20	8.29±0.22	8.10±0.39
ความชอบรวม	ข้าวหอมมะลิ	8.66±0.10[a]	8.41±0.45[a]	8.32±0.30[a]	7.52±0.41[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.40±0.07[a]	8.32±0.26[a]	8.29±0.23[a]	7.30±0.40[b]
	ข้าวดอกข่า	8.54±0.16[a]	8.38±0.39[a]	8.30±0.32[a]	7.23±0.42[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.36±0.28[a]	8.19±0.51[a]	8.25±0.49[a]	7.40±0.42[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.50±0.11[a]	8.10±0.55[a]	8.22±0.33[a]	7.34±0.50[b]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 68 คะแนนด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บรักษาที่ -20°C ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังการคืนสภาพด้วยการนึ่ง

คุณลักษณะ	พันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		1	2	3	4
สี	ข้าวหอมมะลิ	8.67±0.15[a]	8.52±0.34[a]	8.44±0.30[a]	8.19±0.40[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.50±0.21[a]	8.44±0.31[a]	8.35±0.32[a]	8.01±0.48[b]
	ข้าวดอกข่า	8.66±0.05[a]	8.62±0.04[a]	8.50±0.12[a]	8.12±0.29[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.41±0.20[a]	8.30±0.25[a]	8.25±0.29[a]	8.01±0.25[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.62±0.07[a]	8.40±0.32[a]	8.32±0.31[a]	8.00±0.59[b]
กลิ่นหอม	ข้าวหอมมะลิ	8.62±0.07[a]	8.55±0.14[a]	8.40±0.18[a]	7.78±0.26[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.50±0.10[a]	8.33±0.28[a]	8.25±0.26[a]	7.89±0.23[b]
	ข้าวดอกข่า	8.55±0.13[a]	8.31±0.23[a]	8.11±0.47[a]	7.41±0.45[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.44±0.08[a]	8.22±0.35[a]	8.32±0.26[a]	7.61±0.29[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.53±0.21[a]	8.46±0.19[a]	8.30±0.24[a]	7.55±0.38[b]
รสหวานความนุ่ม	ข้าวหอมมะลิ	8.52±0.07	8.20±0.32	8.37±0.20	8.11±0.41
	ข้าวดอกพะยอม	8.40±0.08	8.46±0.17	8.30±0.22	8.21±0.25
	ข้าวดอกข่า	8.50±0.07	8.42±0.11	8.30±0.14	8.14±0.32
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.38±0.07	8.40±0.04	8.23±0.28	8.19±0.19
	ข้าวสังข์หยด	8.44±0.14	8.29±0.20	8.31±0.22	8.15±0.30
การเกาะตัว	ข้าวหอมมะลิ	8.49±0.10	8.31±0.30	8.20±0.37	8.11±0.49
	ข้าวดอกพะยอม	8.40±0.15	8.30±0.19	8.22±0.28	8.30±0.19
	ข้าวดอกข่า	8.45±0.18	8.35±0.29	8.23±0.28	8.26±0.26
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.38±0.14	8.32±0.20	8.21±0.22	8.11±0.35
	ข้าวสังข์หยด	8.43±0.18	8.46±0.15	8.39±0.22	8.32±0.20
ความชอบรวม	ข้าวหอมมะลิ	8.65±0.10[a]	8.41±0.35[a]	8.34±0.40[a]	8.15±0.06[b]
	ข้าวดอกพะยอม	8.41±0.08[a]	8.22±0.26[a]	8.21±0.23[a]	8.07±0.17[b]
	ข้าวดอกข่า	8.62±0.14[a]	8.30±0.39[a]	8.22±0.33[a]	8.03±0.20[b]
	ข้าวเล็บนกปัตตานี	8.42±0.21[a]	8.33±0.25[a]	8.24±0.38[a]	8.00±0.12[b]
	ข้าวสังข์หยด	8.60±0.11[a]	8.22±0.40[a]	8.28±0.35[a]	8.12±0.20[b]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลอง เรื่อง ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวพื้นเมืองหุงสุกที่ผ่านกระบวนการแช่แข็งและคืนสภาพ สรุปได้ว่า

1. ค่าความชื้นในข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 7 วัน และเก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการคืนสภาพด้วยเตาไมโครเวฟและการนึ่ง พบว่ามีค่าความชื้นลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยการเก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20°C เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ ให้ค่าความชื้นลดลงมากกว่าการคืนสภาพด้วยการนึ่ง ตรงกันข้ามกับการหุงสุกด้วยวิธีการนึ่งและเก็บรักษาตามสภาวะข้างต้น พบว่าความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

2. ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยหม้อไฟฟ้า เก็บที่อุณหภูมิ 4°C เวลา 7 วัน เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรวมสูงกว่าค่าเริ่มต้น ยกเว้นข้าวดอกพะยอม ส่วนการคืนสภาพด้วยการนึ่งในข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่าและข้าวเล็บนกปัตตานี มีแนวโน้มลดลง ยกเว้นข้าวหอมมะลิกับข้าวสังข์หยดที่มีค่าสูงกว่าเริ่มต้น ส่วนการเก็บที่อุณหภูมิ -20°C เวลา 4 สัปดาห์ คืนสภาพด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มน้ำตาลรวมเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าเริ่มต้น ยกเว้นข้าวดอกพะยอม และการคืนสภาพด้วยการนึ่ง มีค่าน้ำตาลรวมเพิ่มสูงขึ้น ยกเว้นข้าวเล็บนกปัตตานี

3. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวหุงสุกด้วยหม้อไฟฟ้า เก็บที่อุณหภูมิ 4°C เวลา 7 วัน คืนสภาพด้วยไมโครเวฟ และการนึ่ง มีค่าการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์ในวันที่ 1–5 และลดลงในวันที่ 7 โดยข้าวสังข์หยด มีการลดลงของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เวลา 4 สัปดาห์ เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟและการนึ่ง พบว่า การคืนสภาพในสัปดาห์ที่ 3 มีแนวโน้มน้ำตาลรวมในข้างทุกชนิดสูงขึ้น แต่เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 4 กลับพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดต่ำลงกว่าค่าเริ่มต้น ซึ่งการแช่แข็งข้าวจะให้ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำกว่าการแช่เย็น

4. การวัดค่าสีในข้าวหุงสุกทั้งการการหม้อไฟฟ้าและการนึ่ง เก็บอุณหภูมิ 4°C เวลา 7 วัน หลังคืนสภาพ พบว่า ความสว่างมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ค่าสีแดงในข้าวสังข์หยด และข้าวดอกข่า มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่ค่าสีเหลืองในข้าวทั้ง 5 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนการเก็บที่อุณหภูมิ -20°C เวลา 1 เดือน ให้ความสว่างในข้าวหอมมะลิและข้าวสังข์หยดลดลงแต่ข้าวดอกพะยอม ข้าวดอกข่าและข้าวเล็บนกปัตตานี มีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วันและคืนสภาพทุกวิธีการ ผู้บริโภคให้การยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การเก็บที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา มีค่าการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น และคะแนนความชอบลดต่ำลงกว่าเริ่มต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6. ปริมาณน้ำตาลรวมในข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บที่อุณหภูมิ 4°C เวลา 7 วัน เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรวมสูงกว่าค่าเริ่มต้น ส่วนการคืนสภาพด้วยการนึ่ง พบว่าในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีค่าปริมาณน้ำตาลรวมสูงการการคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เวลา 4 สัปดาห์ คืนสภาพด้วยไมโครเวฟมีแนวโน้มน้ำตาลรวมสูงสุดในสัปดาห์ที่สอง และเริ่มลดลงในสัปดาห์ที่สาม เช่นเดียวกับการคืนสภาพด้วยการนึ่งในข้าวหอมมะลิ ข้าวสังข์หยดและข้าวเล็บนกปัตตานี ยกเว้นข้าวดอกพะยอมและข้าวดอกข่าที่ให้ปริมาณน้ำตาลรวมสูง

กว่าเดิม แสดงว่าข้าวหุงสุกที่ผ่านการแช่แข็ง 3 สัปดาห์ และคืนสภาพด้วยไมโครเวฟ มีการลดลงของปริมาณน้ำตาลต่ำกว่าการนึ่ง

7. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวหุงสุกด้วยการนึ่ง เก็บที่อุณหภูมิ 4°C เวลา 7 วัน คืนสภาพด้วยไมโครเวฟ และการนึ่ง มีค่าการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์ตามระยะเวลาเก็บรักษา แต่การเพิ่มขึ้นของข้าวดอกพะยอม ข้าวเล็บนกปัตตานี และข้าวสังข์หยด จะน้อยกว่าข้าวดอกข่าและข้าวหอมมะลิ ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เวลา 4 สัปดาห์ เมื่อคืนสภาพด้วยไมโครเวฟและการนึ่ง พบว่าในสัปดาห์ที่ 3 มีแนวโน้มน้ำตาลรวมในข้าวทุกชนิดสูงขึ้น แต่เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 4 กลับพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดต่ำลง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาข้าวพร้อมบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างชนิดกัน เพื่อดูผลของบรรจุภัณฑ์และกระบวนการเก็บรักษาต่อปริมาณน้ำตาลรวมและน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวทดลอง
2. ควรเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาด้วนวิธีการแช่แข็งให้นานขึ้น เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรวมและน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวทดลอง

บรรณานุกรม

กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. องค์ความรู้เรื่องข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. [ออนไลน์] สืบค้นได้จาก : https://webold.ricethailand.go.th/rkb3/ (10 มิถุนายน 2566).

กรมวิชาการเกษตร. 2545. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. กรุงเทพฯ : จิรวัฒน์เอ็กซ์เพรส.

กองโภชนาการ . 2547. คุณค่าทางโภชนาการข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุงเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวเล็บนกปัตตานี. กรุงเทพมหานคร: กรมอนามัย.

กรุงเทพธุรกิจ. 2556. สจล.-กรมข้าวฟื้นข้าวพื้นเมือง เฟ้น12 สายพันธุ์ป้อนชาวนา. หนังสือพิมพ์ ฉบับวันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2556.

จิรศักดิ์ คงเกียรติขจร, เพลงพิณ ศิวพรรัก และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิสายพันธุ์ 105 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน.วารสารวิจัย และพัฒนา มจธ., (27), 285 – 297.

เชาวนีพร ชีพประสพ, หาสันต์สาเหล็ม, และฤทัยทิพย์อโนมุณี. (2560). องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณอะไมโลสในข้าวพันธุ์พื้นฐานจังหวัดพัทลุง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. ธัญบุรี, 7(2), 84 – 97

นาฎนภางค์ พามขุนทด. 2560. ผลของวิธีการหุงและการเก็บรักษาข้าวสุกต่อปริมาณสตาร์ชที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา. 81 น.

บรรจบ ชุณหสวัสดิกุล. 2555. สำนักการแพทย์ทางเลือก (ข้าวกล้องดีต่อสุขภาพ). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.thaicam.go.th/index.php=147. (1 พฤศจิกายน 2558).

บังอร บุญชู. 2547. การศึกษาวิธีวิเคราะห์น้ำตาลชนิดต่าง ๆ ในตัวอย่างนมและผลิตภัณฑ์นมโดยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์มานซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี. โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

ปาริดา ขุนแอ. 2550. ผลของการดัดแปรด้วยวิธีความร้อนชื้นต่อสมบัติทางรีโอโลยีและการเกิดรีโทรเกรเดชันของสตาร์ชข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ประภาศรี สิงห์รัตน์ และไพรัตน์ โสภโณดร . 2533. ศึกษากรรมวิธีการผลิตและคุณภาพของข้าวสุกแช่เยือกแข็ง. รายงานฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. สงขลา

ประภาพันธ์ ศิริขันธ์แสง , เพ็ญนภา ตาชูชาติ และวอรดา ตอรบรัมย์. 2564. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีประสาทสัมผัส และการต้านอนุมูลอิสระของสาโทข้าวเจ้า. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่26 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2564. 1067-1079 น.

พันธ์ระวี หมวดศรี. 2551. การศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารพรีไบโอติคจากพืชหัวในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

รัตนวรรณ จันทร์ศศิธร วัชรี สุขวิวัฒน์ อังศุธรย์ วสุสัณห์ พัชราภรณ์ รักชุม ผกามาศ วงค์เตย ศจี รักษาเจริญ และจารุวรรณ จุยกระจาย.2562. การวิเคราะห์ชนิดของกลิ่นและปริมาณน้ำตาล

ในพันธุ์ข้าวไทยด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี. วารสารวิชาการข้าวปีที่ 10 ฉ.1 (2562).

วิไลพร กลาย. 2561. สภาวะการหุงและการเก็บรักษาต่อคุณภาพ ความคงตัวของแอนโทไซยานินและกรดฟีนอลิกในข้าวกล้องสังข์หยดหุงสุกพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ . สงขลา. 210 น.

สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร. 2542. ข้าวกล้อง. ฟันนี่พลับบลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

สมจิต ประภาเลิศรัศมี .2539. ผลของการแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวสุกแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร วิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สายสนม ปะดิษฐ์ดวง. 2543. การให้ความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟและการฉายรังสีอาหาร. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาภรณ์ ธัญญะวานิช. 2545. การปรับปรุงคุณภาพข้าวหุงสุกเร็วโดยใช้วิธีการแช่เยือกแข็งร่วมกับการใช้ไมโครเวฟในการผลิต. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2552. เอกสารวิชาการข้าวโภชนาการ. กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 366 น.

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูลผลกุล. 2544. หลักการประกอบอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุไรวรรณ วัฒนกุล นพรัตน์ มะเห และ พีรพงษ์ พึ่งแย้ม . 2560. กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกและข้าวงอกนึ่งที่เหมาะสมต่อการเพิ่มคุณค่าสารอาหารในข้าวพื้นเมืองที่มีศักยภาพของภาคใต้. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ม. เทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, ตรัง.

Ali, S.Z. and K.R. Bhattacharya. 1980. Changes in sugars and amino acids during parboiling of rice.J. Food Biochem. 4: 169-179.

AOAC (Association of official Analytical I Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. Association of official Analytical I Chemists, Washington D.C. 2200 p.

Champagne, E.T. 1996. Rice starch composition and characteristics. Cereal Foods World. 41: 833 – 838.

Dubois, M. K. A. Gaillis, J. K. Haminlton,P.A. Rebers and Smith. F. 1956. Coolorimetric method for determination of sugars and related subtancea. Analytical Chemistry 28: 350 - 356.

Fellows, P. 2000. Food processing technology. New York; CRC Press. 575 p.

Hu, X., C. Fang, L. Lu, Z. Hu, Y. Shao and Z. Zhu. 2017. Determination of soluble sugar profile in rice. J. Chromatogr. B. 1058: 19-23

Inpun, R. 2014. Studies of glycemic index of rice and flour rice indigenous southern Thai rice: Sangyod Phatthalung. Master Dissertation. Prince of Songkla University.

Iturriaga.L.B. Iturriaga, B. Lopez de Mishima, M.C. Añon. 2004. Thermal and physicochemical characterization of seven argentine rice flours and starches Food Research International, 37 (2004), pp. 439-447.

Jiang, S.T. and T.C. Lee. 2004. Freezing Seafood and Seafood Products Principle and Application, p. 272-279. In. Hui, Y.A., CornillonP., Guerrero L. I., Lim M. H. and Wai-Kit Nip.Handbook of Frozen Foods. Marcel Dekker,New York. 735 pp

Juliano, B.O. 1972. An international survey of method used for evaluation of the cooking and Eating qualities of milled rice. IRRI Research Paper,Series No. 77 pp. 1-28.

Juliano, B.O. 1982. An international survey of methods used for evaluation of cooking and eating qualities of milled rice. IRRI Res. Paper Ser. 77. Int. Rice Res. Inst., Los Bonos, Philippines.

Juliano, B.O. 1985. Rice : Chemistry and Technology. Amer. Assoc. Cereal Chem. Inc., St. Paul, Minnessota. 755 p.

Moongngarm, A. and Saetung, N. 2010. Comparison of Chemical Compositions and Bioactive Compounds of Germinated Rough Rice and Brown Rice. Food Chemistry, 122, 782-788.

Natcha, D., Anchita, M., Lalita, P.& Angkana N. 2011. Effect of cooking methods on physicochemical properties of brown rice. 2 nd ed. International Conference on Environmeantal Science and Technology. Singapore.

Otegbayo, B.O. Osamuel, F., and Fashakin, J. B. 2001. Effect of parboillng on physico-chemical qualities of two local rice varieties in Nigeria. The Journal of Food Technology in Africa. 6(4) : 130-132.

Panlasigui, L., Thompson, L.U., Juliano, B.O., Perez, C.M., Yiu, S.H., & Greenberg, G.R. 1991. Rice varieties with similar amylose content differ in starch digestibility and glycemic response in humans. American Journal of Clinical Nutrition, 54,871-877.

Parada, J., & Aguilera, J.M. 2012. Effect of native crystalline structure of isolated potato starch on gelatinization behavior and consequently on glycemic response.Food Research International, 45,238-243.

Perdon, A.A., Siebnmorgen, T.J., Buescher, R.W. and Gbur, E.E. 1999. Starch retrogradation and texture of cooked mill rice during storage. Journal of Food Science. 64 (5) : 828 – 832.

Qingyun, I., Yeming, C., Mikami, T., Kawano, and Zaigui, L. 2007. Adaptability of four-

Samples sensory tests prediction of visual and near – infared reflectance spectroscopy for Chinese indica rice. Journal of Food Engineering, 79(4), 1445 – 1451.

Rosenthal M. 1992. Food texture measurement and perception. New York : Chapman&Hall.

Shobana, S., Kokila, A., Lakshmipriya, N., Subhaashini, S., Bai, M.R., Mohan, V., et al. 2012.Glycaemic index of three India rice varieties.International Journal of Food Science and Nutrition, 63,178-183.

Shanmugavelan, P., S.Y. Kim, J.B. Kim, H.W. Kim, S.M. Cho, S.N. Kim, S.Y. Kim, Y.S. Cho and H.R. Kim. 2013. Evaluation of sugar content and composition in commonly consumed Korean vegetables, fruits,cereals, seed plants, and leaves by HPLC-ELSD.Carbohydr. Res. 380: 112-117.

Singh, N., Lovedeep, K., Navdeep, S.S. and Kashmira, S.S. 2005. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. Food Chemistry. 89(2) : 253 – 259.

Sormogyi, M., and Nelson, K. 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biological Chemistry,195(1), 19-23.

Sujata, S. J., Ahmad, R. and Bath, P.R. 2004. Physicochemical properties and cooking qualities of two varieties of raw and parboil rice cultivated in the coastal region of Dakshina Kannada, India. Food Chemistry, 86(2), 211 – 216.

Syahariza, Z.A., Sar, S., Hasjim, J., Tizzotti, M., & Gilbert R.G. 2013. The importance of amylose and amylopectin fine structure for starch digestibility in cooked rice grains.Food Chemistry, 136,742-749.

Worsltad, R. E., Durst, R. W., & Lee, J. (2005). Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. Trends Food Sci. Technol. 16, 423-428.

Yau NJN, Huang JJ. 1996. Sensory analysis of cooked rice. Food quality and preference ;7(3/4) : 263 – 270.

Zhao,S. S., Xiong, C., Qiu, & Xu, Y. 2007 . Effect of microwaves on rice quality. Journal of Stored Products Research, 43, 496-502.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

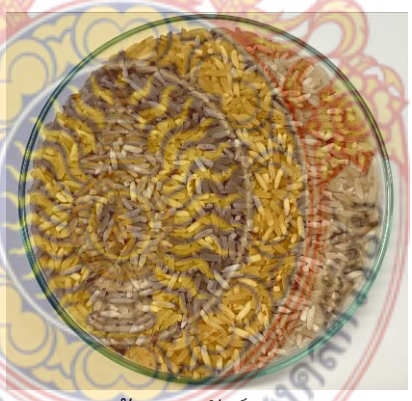
ภาพการวิเคราะห์ค่าต่างๆ

ข้าวสารหอมมะลิ

ข้าวสารดอกพะยอม

ข้าวสารดอกข่า

ข้าวสารเล็บนก

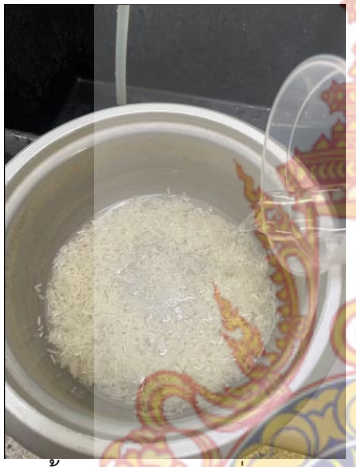


ข้าวสารสังข์หยด

ภาพผนวกที่ 1 ตัวอย่างข้าวทดลองที่นิยมบริโภคในภาคใต้จำนวน 5 สายพันธุ์

เตรียมข้าวสารแต่ละสายพันธุ์

ล้างทำความสะอาด

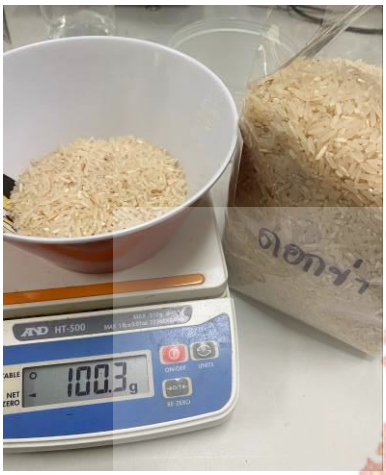


เติมน้ำด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม

หุงข้าวสุกด้วยหม้อไฟฟ้าอัตโนมัติ

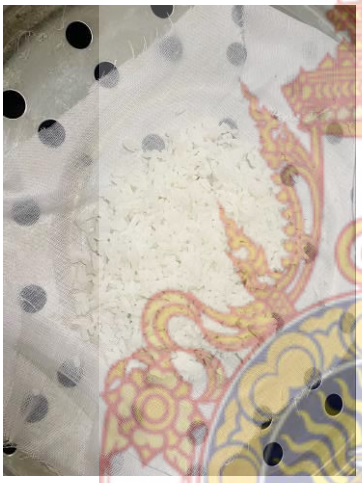
ข้าวหุงสุก

ภาพผนวกที่ 2 การเตรียมข้าวหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า



เตรียมข้าวสารแต่ละสายพันธุ์

ล้างทำความสะอาด



นำข้าวสารใส่ในผ้าขาวบาง

หุงข้าวสุกด้วยการนึ่งไอน้ำ

ข้าวหุงสุก

ภาพผนวกที่ 3 การเตรียมข้าวหุงสุกด้วยการนึ่งไอน้ำ

ข้าวหอมมะลิหุงสุก

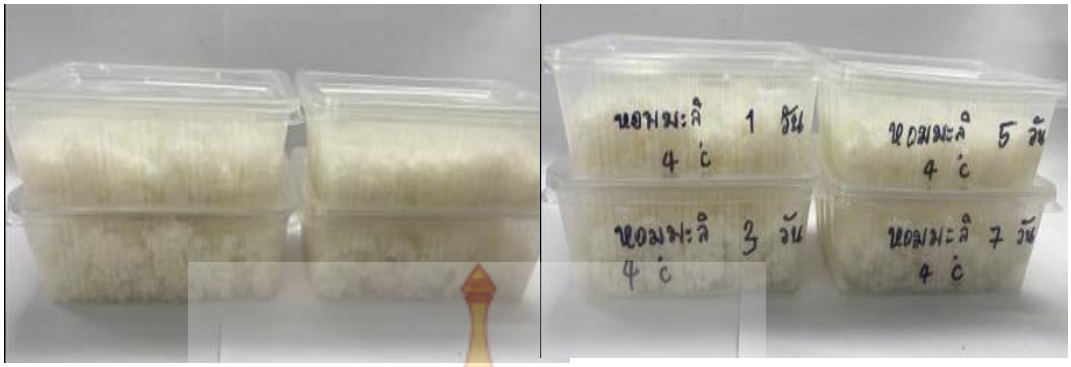
ข้าวดอกพะยอมหุงสุก

ข้าวดอกข่าหุงสุกเซลเซียส

ข้าวเล็บนกหุงสุก

ข้าวสังข์หยดหุงสุก

ภาพผนวกที่ 4 ตัวอย่างข้าวหุงสุกจำนวน 5 สายพันธุ์

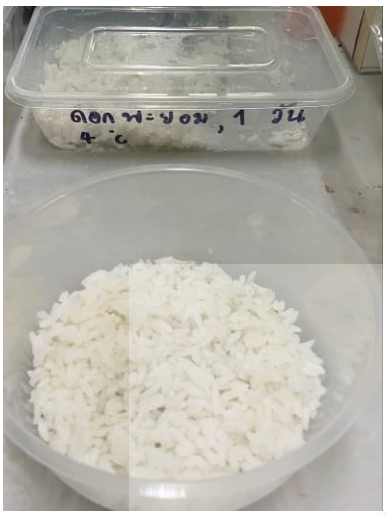


นำข้าวหุงสุกบรรจุกล่องพลาสติกปิดฝา นำข้าวหุงสุกบรรจุกล่องพลาสติกปิดฝา

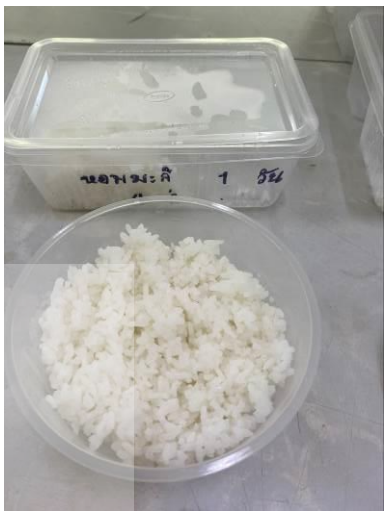
นำข้าวหุงสุกบรรจุกล่องพลาสติกปิดฝา นำข้าวหุงสุกบรรจุกล่องพลาสติกปิดฝา

เก็บรักษาแบบแช่เย็น 4°C เก็บรักษาแบบแช่แข็ง -20°C

ภาพผนวกที่ 5 การเก็บรักษาในตัวอย่างข้าวหุงสุกทั้ง 5 สายพันธุ์



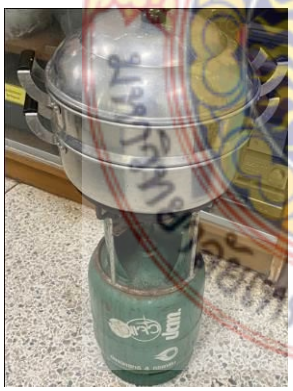
การคืนสภาพหรืออุ่นข้าวสุก



การคืนสภาพหรืออุ่นข้าวสุก

การคืนสภาพหรืออุ่นด้วยการใช้เตาไมโครเวฟ

การคืนสภาพหรืออุ่นด้วยการใช้เตาไมโครเวฟ



การคืนสภาพหรืออุ่นด้วยการนึ่งไอน้ำ

การคืนสภาพหรืออุ่นด้วยการนึ่งไอน้ำ

ภาพผนวกที่ 6 การคืนสภาพหรืออุ่นด้วยการใช้เตาไมโครเวฟและการนึ่งไอน้ำ

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น

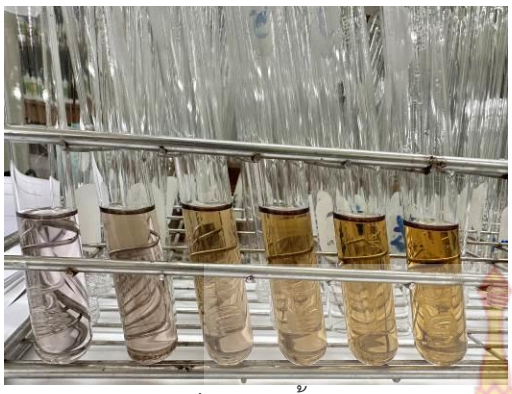
วิเคราะห์ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น

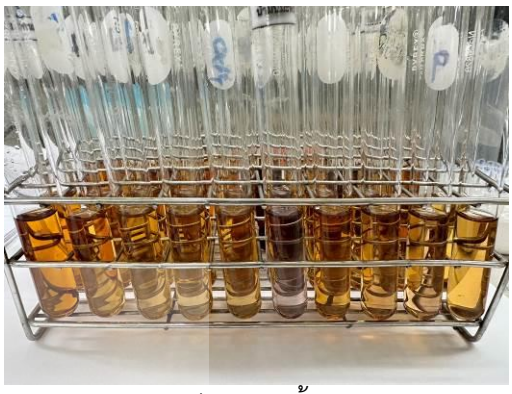
วิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

วิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

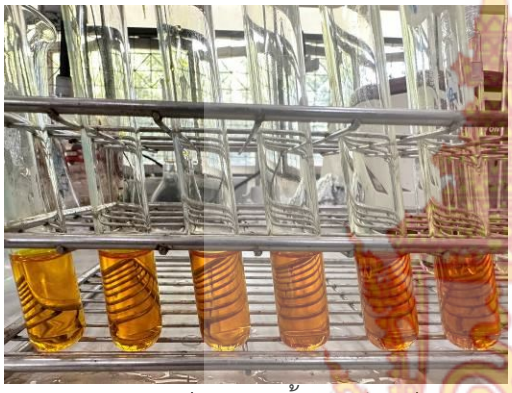
ภาพผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณอะไมโลส



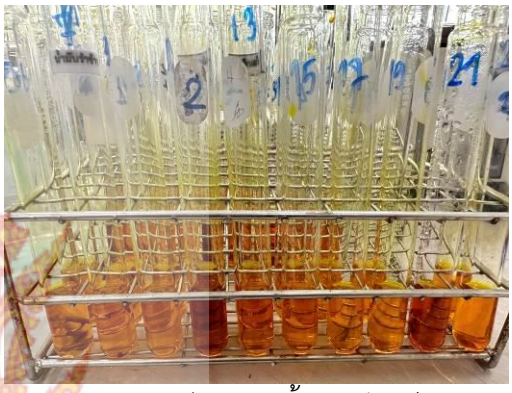
วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรวม



วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรวม

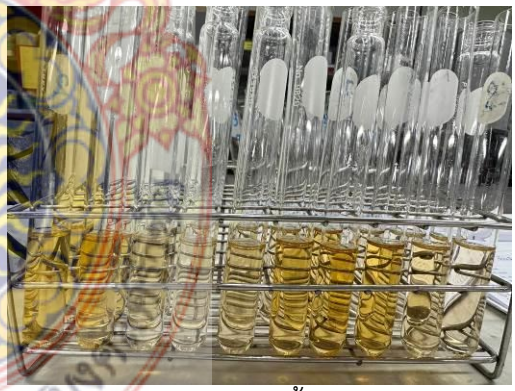


วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์



วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

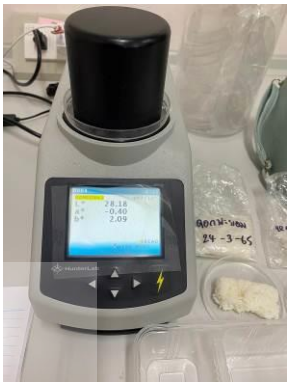
วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์



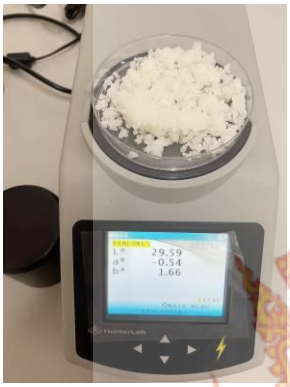
วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ภาพผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรวมและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

วัดค่าสี L*, a* และ b*



วัดค่าสี L*, a* และ b*



วัดค่าสี L*, a* และ b*

วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw)

วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw)

ภาพผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw) และวัดค่าสี L*, a* และ b*

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์ค่าต่างๆ

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000)

. อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) ตู้อบไฟฟ้า (hot air oven)

2) ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาปริมาณความชื้น (aluminium can/moisture can)

3) โถดูดความชื้น (desiccator)

4) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1) อบถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝา ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 -105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง วางให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปอบซ้ำเป็นเวลา 30 นาที จนทราบน้ำหนักที่แน่นอน

2) ชั่งน้ำหนักให้ได้ตัวอย่างแน่นอนประมาณ 1 - 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียมเกลี่ยตัวอย่างให้กระจาย

3) นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกมาวางให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักที่แน่นอนชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.001 - 0.003 มิลลิกรัม แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณปริมาณความชื้นจากสูตร

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(W_1-W_2)\times 100}{W_2}$$

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2. การวัดค่าสี L* , a* และ b* โดยเครื่องวัดสี Color Flex EZ

วัสดุอุปกรณ์

- ตัวอย่างอาหาร
- ภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่าง จากนั้นเกลี่ยตัวอย่างให้ครอบคลุมภาชนะบรรจุตัวอย่าง อย่าให้มีช่องว่างภายในภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่าง

2. นำภาชนะที่บรรจุตัวอย่างไปวางบนเครื่องวิเคราะห์ค่าสีจากนั้นกดตัววิเคราะห์ จดบันทึกค่าสี L* ค่าสี a*และ ค่าสี b* ที่เครื่องอ่านได้

3. การหาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw) โดยเครื่องวัดค่า Aw

วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่าง เช่น มีด เขียง เครื่องบดอาหาร
2. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (water activity meter)
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมเปิดเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ทำการวอร์มเครื่องก่อนใช้งาน 30 นาที

2. Calibrate เครื่องด้วยสารละลาย NaCl ที่มีค่า Aw อยู่ในช่วงเดียวกับตัวอย่างอาหารที่ต้องการวัดค่าทุกครั้งก่อนใช้เครื่องหรืออาจใช้น้ำกลั่นในการ Calibrate โดยจะมีค่า Aw อยู่ในช่วง 0.997 - 1.003

3. บรรจุตัวอย่างบดละเอียดลงในภาชนะบรรจุที่ใช้สำหรับเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ให้ได้ประมาณ 1 ใน 3 ของภาชนะบรรจุ

4. เกลี่ยตัวอย่างให้กระจายให้ทั่วครอบคลุมพื้นที่ของก้นภาชนะบรรจุและตรวจสอบความสะอาดบริเวณขอบและด้านนอกของภาชนะบรรจุ

5. ใส่ภาชนะบรรจุไปในช่องใส่ตัวอย่าง หมุนปุ่มจากตำแหน่ง OPEN/LOAD ไปยังตำแหน่ง READ เครื่องจะเริ่มทำการวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ)

6. เมื่อเครื่องทำการวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้เสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีสัญญาณเตือนที่หน้าจอของเครื่องจะแสดงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่อ่านได้พร้อมอุณหภูมิของตัวอย่าง

7. บันทึกค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่วัดได้และทำความสะอาดเครื่องก่อนวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของตัวอย่างต่อไป

4. การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส (Juliano (1971)

สารเคมี

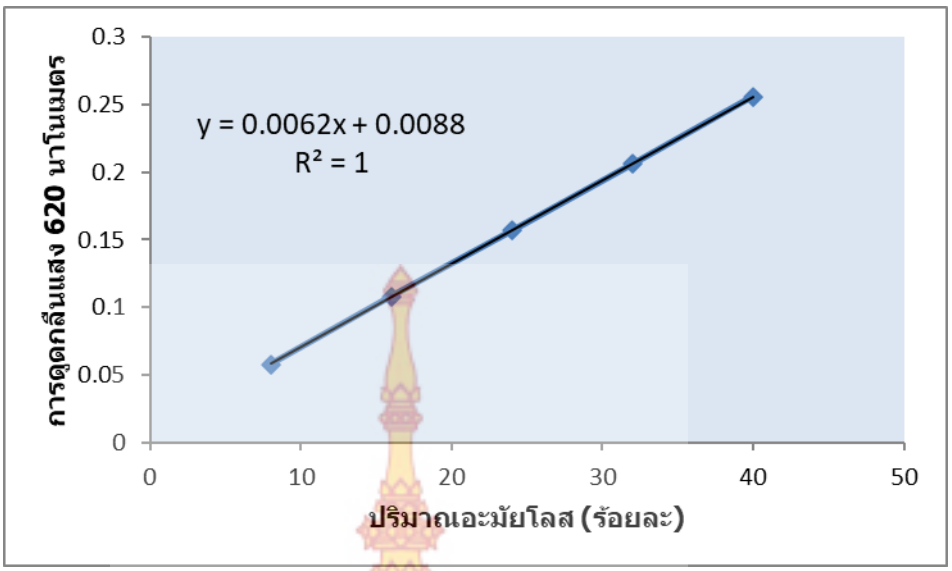
1 N NaoH

1 N glacial acetic acid

สารละลายไอโอดีน (ชั่งไอโอดีน 0.2 g และ KI 2.0 g ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 ml)

วิธีการวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างแป้งข้าว 0.1 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml เติม 95 % ethyl alcohol จำนวน 1 ml เขย่าเบาๆ เพื่อให้แป้งกระจายตัว นำสารละลายแป้งมา 1 ml เติม 1 N NaoH จำนวน 9 ml นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที ทิ้งให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 ml ทิ้งไว้ค้างคืน ใช้ปิเปตดูดสารละลายแป้งที่เตรียมไว้มา 5 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml ที่มีน้ำกลั่น 50 ml 1 N glacial acetic acid จำนวน 1 ml และสารละลายไอโอดีน จำนวน 2 ml แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 ml เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที นำไปวัดค่าความเข้มสีของสารละลาย โดยใช้เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร อ่านค่าการดูดกลืนสี โดย blank เป็นสารละลายที่เตรียมโดยไม่มีตัวอย่างข้าว ปริมาณ amylose หาได้โดยการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐาน แล้วแสดงค่าเป็นร้อยละของน้ำหนัก สำหรับกราฟมาตรฐานเตรียมโดยชั่ง potato amylase 0.04 g เตรียมให้เป็นสารละลายแป้งเช่นเดียวกับตัวอย่าง เขย่าให้เข้ากันดูดสารละลายแป้งมา 1,2,3,4 และ 5 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml ที่มีน้ำกลั่นประมาณ 50 ml 1 N glacial acetic acid จำนวน 1 ml ตามลำดับ และสารละลายไอโอดีน จำนวน 2 ml แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 ml ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที อ่านค่าการดูดกลืนสี ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เขียนกราฟระหว่าง ความเข้มข้นของ amylase กับค่าการดูดกลืนแสง



กราฟมาตรฐานของอะมิโลส (ร้อยละ)

5. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรวม (Dubois et al.1956)

สารเคมี

1. 5% phenol solution
2. Standard glucose solution

การเตรียมสารเคมี

1. 5% phenol solution เตรียมโดยชั่ง phenol ปริมาณ 5 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น
2. การเตรียม stock solution สารละลายกลูโคสมาตรฐาน โดยชั่ง glucose anhydrous มาจำนวน 0.01 กรัม ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ stock solution เข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

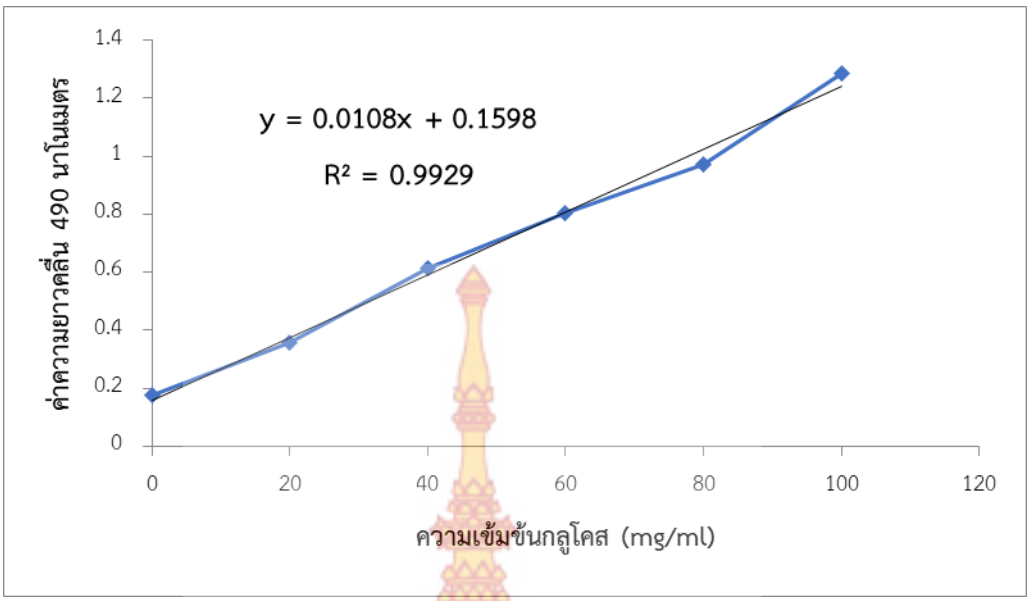
วิธีการทำ Standard Curve

1. ปิเปต stock solution มาจำนวน 0 , 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตรใส่หลอดทดลองแล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.0 , 0.8, 0.6 ,0.4, 0.2 และ 0 มิลลิลิตร จะได้สารละลายกลูโคสที่มีความเข้มข้น 0,20,40,60,80 และ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นปิเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นมา 1.0 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่สะอาด

2. เติม 5% phenol solution ลงไป 1.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที
3. เติม Conc. H_2SO_4 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer จากนั้นนำไปวางไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ผสมด้วย vortex mixer อีกครั้ง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างเพื่อทำชุดควบคุม (blank) อ่านค่า Absorbance ของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน นำค่า Absorbance ที่อ่านได้และความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมาตรฐานมาทำ Standard Curve

วิธีการวิเคราะห์

1. เจือจางตัวอย่างให้มีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 0-100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ดูดสารละลายแต่ละความเจือจางแล้ว ใส่หลอดทดลองหลอดละ 1 มิลลิลิตร
2. เติม 5% phenol solution ลงไป 1.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที
3. เติม Conc. H_2SO_4 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer จากนั้นนำไปวางไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ผสมด้วย vortex mixer อีกครั้ง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างเพื่อทำชุดควบคุม (blank) อ่านค่า Absorbance ของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน นำค่า Absorbance ที่อ่านได้และความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมาตรฐานมาทำ Standard Curve



กราฟมาตรฐานปริมาณน้ำตาลรวม

6. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing) โดยวิธี DNS (Miller,1959)

สารเคมี

1. 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS reagent)
2. 2 N NaOH
3. Standard glucose solution

การเตรียมสารเคมี

1. 2 N NaOH เตรียมโดยชั่ง NaOH 16 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร

2. DNS reagent เตรียมโดยชั่ง 3,5-dinitrosalicylic acid ปริมาณ 1 กรัม ละลายใน 2 N NaOH 20 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน จากนั้นเติม Potassium Sodium Tartrate ลงไป 30 กรัม คนให้เข้ากัน เทใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร นำมาเก็บในขวดสีชา

3. การเตรียม stock solution สารละลายกลูโคสมาตรฐาน โดยชั่ง glucose anhydrous มาจำนวน 0.5 กรัม ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

วิธีการเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดละเอียด ปริมาณ 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 นำส่วนใสที่ได้ไปวิเคราะห์น้ำตาลต่อไป

วิธีการทำ Standard Curve

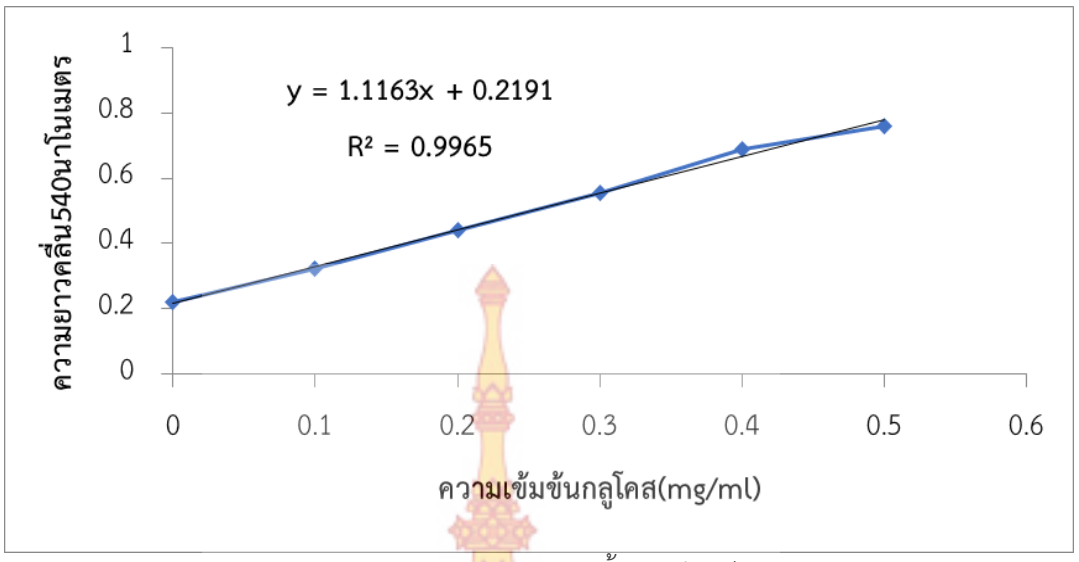
1. ปิเปต stock solution มาจำนวน 0 , 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ 0.10 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองแล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.0 , 0.98 , 0.96 , 0.94, 0.92 และ 0.90 มิลลิลิตร จะได้สารละลายกลูโคสที่มีความเข้มข้น 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นปิเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นมา 1.0 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่สะอาด

2. เติม DNS reagent ลงไป 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด 5 นาที แช่หลอดในน้ำเย็น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างเพื่อทำชุดควบคุม (blank) อ่านค่า Absorbance ของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน นำค่า Absorbance ที่อ่านได้และความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมาตรฐานมาทำ Standard Curve

วิธีการวิเคราะห์

1. เจือจางตัวอย่างให้มีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 0-100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ดูดสารละลายแต่ละความเจือจางแล้ว ใส่หลอดทดลองหลอดละ 1 มิลลิลิตร

2. เติม DNS reagent ลงไป 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด 2-3 นาที แช่หลอดในน้ำเย็น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างเพื่อทำชุดควบคุม (blank) อ่านค่า Absorbance ของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน นำค่า Absorbance ที่อ่านได้และความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมาตรฐานมาทำ Standard Curve



กราฟมาตรฐานปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย