บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การวิเคราะห์คุณภาพข้าวสาร

จากการวิเคราะห์คุณภาพข้าวสาร 2 ชนิด ได้แก่ ข้าวขาว และข้าวหอมมะลิ พบว่าความชื้นของข้าวสาร 2 ชนิดใกล้เคียงกัน และอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานของข้าวไทย ที่กำหนดความชื้นไม่เกิน 14% (เครือวัลย์ , 2534) แต่สำหรับประเทศที่มีอากาศหนาวเย็น ระดับความชื้นอาจสูงถึง 16% (Pomeranz , 1987) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสในข้าวพบว่าข้าว 2 ชนิดมีปริมาณอะมิโลสที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยข้าวขาวจัดเป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสปานกลาง ถึงค่อนข้างสูง (25-27%) ส่วนข้าวหอมมะลิจัดเป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ (12-20%) (Cagampang , Perez and Juliano , 1973) ซึ่งปริมาณอะมิโลสในข้าวเป็นดัชนีหลักที่ใช้บอก ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก และปริมาณน้ำที่ใช้หุงต้มข้าวข้าวได้ (Juliano , 1965) ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะมีเนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่แข็ง ร่วน และต้องการน้ำในการหุงต้มมากกว่า ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ

นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนในข้าวก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ข้าวมีความต้องการน้ำ และเวลาในการหุงต้มแตกต่างกัน (Juliano , 1971) ข้าวที่มีโปรตีนสูงจะต้องการน้ำ และเวลาในการหุงต้มมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ ซึ่งจากการวิเคราะห์โปรตีนในข้าวทั้ง 2 ชนิด พบว่า ข้าวขาวมีโปรตีน 7.43 %ซึ่งสูงกว่าข้าวหอมมะลิที่มีโปรตีน 6.78 % ดังนั้นข้าวขาวจึงมีต้องการน้ำในการหุงต้มมากกว่าข้าวหอมมะลิ ซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณอะมิโลสในข้าวเช่นกัน อย่างไรก็ตามการที่ข้าวขาวต้องการน้ำมากกว่านั้นเนื่องจากผลของปริมาณอะมิโลสมากกว่า

5.2 การศึกษาวิธีการเตรียมข้าวสุกที่เหมาะสม

5.2.1 ศึกษาหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการหุงข้าว

เนื่องจากข้าว 2 ชนิด มีปริมาณอะมิโลสแตกต่างกัน ซึ่งมีผลให้ความต้องการน้ำในการหุงต้มแตกต่างกันด้วยดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นในการทดลองนี้จึงต้องแปรปริมาณน้ำที่ใช้หุงต้มข้าว 2 ชนิดในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยข้าวขาว แปรปริมาณน้ำในอัตราส่วน ข้าว : น้ำ เท่ากับ 1:1.5 1:1.7 1:1.9 และ 1:2.1 ส่วนข้าวหอมมะลิแปรปริมาณน้ำในอัตราส่วน ข้าว: น้ำ เท่ากับ 1:1.2 1:1.4 และ 1:1.6 ซึ่งอัตราส่วนต่างๆที่เลือกมาทดลองได้ทดลองขั้นต้นมาแล้วว่าอัตราส่วนดังกล่าว เมื่อหุงต้มข้าวแล้วไม่ทำให้ข้าวสุกดิบ หรือแฉะจนเกินไป

จากการประเมินคุณภาพข้าวสุกด้วยผู้วิจัยเองพบว่า ข้าวขาวเมื่อหุงต้มแล้วจะได้ข้าวสุกที่มีเนื้อสัมผัสไม่นุ่ม ค่อนข้างร่วน ลักษณะเมล็ดข้าวยาว ค่อนข้างกลม พองตัวมากเนื่องจากใช้น้ำในการหุงต้มมาก สีข้าวขาวสว่าง กลิ่นไม่หอม เปรียบเทียบคุณภาพข้าวสุกเมื่อหุงด้วยปริมาณน้ำที่แตกต่างกันพบว่า เมื่อใช้ปริมาณน้ำมากขึ้น เนื้อ สัมผัสข้าวสุกจะนุ่มขึ้นเล็กน้อย สีขาวสว่างขึ้น ลักษณะเมล็ดข้าวจะพองตัวมากขึ้นแต่กลิ่นของข้าวจะไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการศึกษาของ Kainuma และ Ema (1987) พบว่า เมื่ออัตราส่วนน้ำในการหุงข้าวเพิ่มขึ้น ข้าวสุกจะมีความชื้นสูงขึ้น ความแข็งน้อยลง เนื้อสัมผัสเหนียวเกาะติดกันมากขึ้น ขนาดเมล็ดข้าวสุกใหญ่ขึ้น และสีข้าวสุกจะมีความเหลืองน้อยลง จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าในช่วงอัตราส่วนข้าว:น้ำ เท่ากับ 1:1.5 ถึง 1:1.9 ผู้ทดสอบส่วนใหญ่จะพอใจเมื่อปริมาณน้ำมากขึ้น เนื่องจากข้าวจะนุ่มขึ้น และสีข้าวจะสว่างขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และความชอบรวม นั้นผลไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าใช้อัตราส่วน1:2.1 จะทำให้เมล็ดข้าวแตกบานและพองมากเกินไป เนื้อสัมผัสจะแฉะเล็กน้อย ซึ่งเป็นลักษณะปรากฏไม่ดี ไม่สวยถ้านำไปผลิตเป็นข้าวสุกแช่เยือกแข็ง ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนที่ 1:1.9 ใช้ในการทดลองต่อไป

ส่วนข้าวหอมมะลิเป็นข้าวซึ่งไม่ต้องการน้ำในการหุงต้มมากเนื่องจากเป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ ข้าวสุกจะมีลักษณะเมล็ดเรียวยาว เนื้อสัมผัสนุ่ม และมีกลิ่นหอม น่ารับประทาน เมื่อใช้ปริมาณน้ำในการหุงต้มมากเกินไป ข้าวจะมีลักษณะแฉะ เมล็ดข้าวบานและมีรอยแตก แต่สีข้าวสุกจะขาวสว่างขึ้น แต่ถ้าใช้น้ำน้อยข้าวจะมีเนื้อสัมผัสแห้ง ไม่นุ่ม เมล็ดข้าวขยายตัวน้อย สีข้าวสุกจะมีสีออกเหลืองอ่อนๆ จากผลการทดลองแปรปริมาณน้ำในการหุงต้มเป็น 3 ระดับ พบว่าอัตราส่วน 1:1.4 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม เพราะได้คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงกว่า ที่อัตราส่วน 1:1.2 และ 1:1.6 อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากข้าวสุกที่ได้จะมีลักษณะเมล็ดข้าวเรียวสวย เนื้อสัมผัสนุ่ม และกลิ่นหอมดี

อัตราส่วนข้าวและน้ำที่เหมาะสมสำหรับหุงข้าวทั้ง 2 ชนิด ที่สรุปได้นี้ พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ Juliano(1965) สรุปไว้ว่าข้าวอะมิโลสต่ำมีอัตราส่วนน้ำและข้าว เท่ากับ 1.2-1.7 เท่า ส่วนข้าวอะมิโลสปานกลางและสูงเท่ากับ 1.7-2.5 เท่า

5.2.2 ศึกษาหาวิธีการหุงข้าวที่เหมาะสม

จากการแปรวิธีการหุงข้าวเป็น 3 วิธี ซึ่งเป็นวิธีทั่วไปที่นิยมใช้หุงข้าว คือใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ และวิธีนึ่ง ส่วนอีกวิธีนั้นเป็นวิธีที่ดัดแปลงจากวิธี ที่ Boggs และคณะ (1951) ใช้ในการทดลองข้าวสุกแช่เยือกแข็ง ซึ่งวิธีจะใกล้เคียงกับวิธีนึ่ง แต่จะเพิ่มขั้นตอนการต้มข้าวก่อนการนึ่ง เพื่อให้ข้าวดูดน้ำเข้าไปก่อนแล้วจึงนำไปนึ่ง จากผลการทดลองพบว่า วิธีที่เหมาะสมในการหุงข้าวทั้ง 2 ชนิด คือ วิธีนึ่ง สำหรับข้าวขาว การนึ่งมีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสีสูงกว่าอีก 2 วิธี อย่างมีนัยสำคัญ ข้าวสุกจะมีสีขาวสว่างกว่าอย่างเห็นได้ชัด ส่วนข้าวหอมมะลินั้นวิธีนึ่งมีผลให้คะแนนเฉลี่ยด้าน สี และ เนื้อสัมผัสสูงกว่าวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ข้าวสุกจะมีสีขาวสว่างกว่า และเนื้อสัมผัสนุ่มกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการนึ่งเป็นการใช้ความร้อนแบบความร้อนชื้น(moist heat) คือ ไอน้ำ ในการหุงต้ม ทำให้ข้าวมีปริมาณน้ำหรือความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างการหุงต้ม จึงมีผลให้สีของข้าวสุกขาวสว่างกว่า และเนื้อสัมผัสนุ่มกว่าวิธีใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ซึ่งใช้ความร้อนจากการนำความร้อนจากขดลวด ทำให้ระหว่างหุงต้มมีการสูญเสียความชื้นออกสู่ภายนอก ส่วนวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Boggs และคณะนั้นถึงแม้จะมีขั้นตอนการนึ่งก็ตาม แต่ก่อนหน้านั้นมีการต้มข้าวบนเตาแกสก่อน ซึ่งระหว่างการต้มก็มีการสูญเสียความชื้นก่อนนำไปนึ่ง ดังผลในตารางที่ 4.4 ซึ่งเปรียบเทียบปริมาณน้ำทั้งหมดก่อนการหุงต้มกับความชื้นของข้าวสุก เมื่อหุงต้มด้วยวิธีต่างกันจะพบว่า วิธีนึ่งมีผลให้ความชื้นของข้าวสุกหลังการหุงเพิ่มขึ้นจากปริมาณน้ำเริ่มต้น ทั้งนี้เนื่องจากข้าวจะดูดซับความชื้นจากไอน้ำที่ใช้ให้ความร้อนเพื่อทำให้ข้าวสุก ส่วนข้าวสุกที่หุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้ามีความชื้นลดลง และวิธีBoggs จะมีความชื้นใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่ใส่ในข้าวก่อนหุง

แต่จากคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสเมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 3 วิธี ดังตารางที่ 4.5 และ4.6 พบว่าคะแนนอยู่ในช่วงคะแนนที่ใกล้เคียงกัน และผู้ทดสอบให้ความยอมรับอยู่ในช่วง6-7 คะแนน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าวิธีทั้ง 3 วิธี สามารถใช้หุงข้าวได้ เพียงแต่ว่าถ้าจะหุงข้าวโดยใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้าอาจต้องใส่น้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพื่อทดแทนการสูญเสียความชื้นระหว่างการหุงแต่ถ้าพิจารณาการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมแล้ววิธีนึ่งน่าจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด เนื่องจากสามารถดัดแปลงสร้างเครื่องมือให้ใหญ่และใช้ไอน้ำเป็นตัวกลางให้ความร้อนทำให้นึ่งข้าวได้ครั้งละมากๆ ซึ่งน่าจะประหยัดกว่าการใช้ไฟฟ้า หรือแกสในการให้ความร้อนเพื่อหุงข้าว

5.3 การศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแช่เยือกแข็งข้าวสุกด้วยไอไนโตรเจนเหลว

จากการทดลองแปรอุณหภูมิที่ใช้แช่เยือกแข็งเป็น 3 ระดับ คือ -70 -90 และ -110 องศาเซลเซียส พบว่า ค่า %freezing loss ของข้าวสุกแช่เยือกแข็งของข้าวทั้ง 2 ชนิดที่แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส ให้ค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการแช่เยือกแข็งแบบ cryogenic เป็นการแช่เยือกแข็งที่ใช้อุณหภูมิต่ำมาก จึงทำให้เซลที่ผิวเกิดการแตก และมีการสูญเสียความชื้นออกไปมาก (Hanenian และคณะ , 1989) ดังนั้นถ้าใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งต่ำมาก จะทำให้ผิวของข้าวยิ่งแตกมาก จึงเกิดการสูญเสียความชื้นได้มากกว่าการใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่สูงกว่า

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสทุกด้านของข้าวสุกทั้งสองชนิดที่แช่เยือกแข็งด้วยอุณหภูมิต่างกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกับการทดลองของ Olalquiaga และคณะ(1986) ได้ศึกษาผลของการแปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็งข้าวสเปน 3 ชนิด โดยวิธี air blast ที่อุณหภูมิ -18 และ -40 องศาเซลเซียส และวิธีแช่เยือกแข็งแบบจุ่มในไนโตรเจนเหลว พบว่าผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ความเหนียว(stickiness) ความสุกอย่างทั่วถึง(uniformity) และ fracturbility ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

5.4 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุกแช่เยือกแข็ง

เลือกปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อคุณภาพข้าวสุกแช่เยือกแข็ง ได้แก่ ชนิดของข้าว 2 ชนิด ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกแตกต่างกัน เป็นข้าวที่คนไทยภาคกลางนิยมบริโภคคือข้าวขาวหรือคือข้าวในกลุ่มข้าวขาวตาแห้ง และข้าวหอมมะลิ (งามชื่น ,2539) วิธีแช่เยือกแข็งโดยเลือกใช้วิธี air blast และวิธีใช้ไอไนโตรเจนเหลว ซึ่งมีอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งต่างกัน โดยวิธี air blast จะมีอัตรารีวการแช่เยือกแข็งเท่ากับ 4.17 เซนติเมตร/ชั่วโมง(แสดงวิธีคำนวณในภาคผนวก ค) ซึ่งช้ากว่าวิธีใช้ไอไนโตรเจนเหลวที่มีอัตราเร็วเท่ากับ 8.75 เซนติเมตร/ชั่วโมง นอกจากนี้แปรวิธีอุ่นข้าวสุกแช่เยือกแข็งก่อนรับประทานเป็น 2 วิธี คือ แบบใช้วิธีการละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้องแล้วจึงนำไปนึ่งให้ร้อน และวิธีละลายน้ำแข็งและอุ่นให้ร้อนด้วยเตาไมโครเวฟในขั้นตอนเดียว

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังตารางที่ 4.10-4.12 พบว่า อิทธิพลของชนิดข้าวและ อิทธิพลของวิธีอุ่นมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส โดยอิทธิพลของชนิดข้าวมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) กล่าวคือข้าวหอมมะลิจะได้คะแนนเฉลี่ยในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม มากกว่าข้าวขาว แต่คะแนนด้านสีจะด้อย

กว่าข้าวขาว ดังที่ทราบว่าข้าวหอมมะลิเป็นข้าวที่หุงไม่ขึ้นหม้อ ลักษณะเมล็ดข้าวเรียวยาว เนื้อสัมผัสนุ่ม และมีกลิ่นหอม ทำให้รับประทานอร่อย (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2534) ผู้บริโภคส่วนใหญ่จึงนิยมรับประทาน ส่วนข้าวขาวถึงแม้จะมีสีข้าวสุกที่ขาวสว่างกว่า เนื่องจากใช้น้ำในการหุงต้มมากกว่า และสีของข้าวสารก่อนหุงก็มีสีขาวสว่างกว่าก็ตาม แต่คุณภาพในด้านอื่นจะด้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงเลือกข้าวหอมมะลิไปผลิตเป็นข้าวสุกแช่เยือกแข็งต่อไป

อิทธิพลของวิธีอุ่นข้าวสุกแช่เยือกแข็ง มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านสีของข้าวสุก กล่าวคือ วิธีอุ่นแบบนึ่งทำให้ข้าวสุกมีสีที่สว่างกว่าวิธีอุ่นด้วยไมโครเวฟ เนื่องจากการอุ่นโดยวิธีนึ่ง เป็นการอุ่นโดยใช้ไอน้ำ ซึ่งจะทำให้ความชื้นของข้าวสุกเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดข้าวจะดูดซับความชื้นจากไอน้ำที่ใช้อุ่น จึงทำให้สีของข้าวขาวสว่างกว่าวิธีใช้ไมโครเวฟ ซึ่งเป็นการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้โมเลกุลของน้ำในข้าว ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีขั้วเกิดการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก และเสียดสีกัน (Decareau , 1992) เกิดเป็นความร้อนทำให้ข้าวร้อนขึ้น เมื่อข้าวร้อนน้ำในข้าวจะเกิดการระเหยเป็นไอและจะดันฝากล่องทำให้รอยซีลแตกออกบางช่วง ทำให้สูญเสียความชื้นออกไป มีผลให้สีข้าวสุกคล้ำกว่าการอุ่นโดยวิธีนึ่ง ส่วนคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัสและความชอบรวมนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าวิธีอุ่นด้วยไมโครเวฟก็เป็นวิธีที่ใช้อุ่นข้าวสุกแช่เยือกแข็งได้ดีเช่นกัน เพียงแต่คุณภาพหลังอุ่นในด้านสีจะด้อยกว่าวิธีนึ่ง ซึ่งถ้าหากมีการเพิ่มขั้นตอนทำให้ข้าวสุกสูญเสียความชื้นน้อยลงก็อาจทำให้คุณภาพข้าวสุกหลังอุ่นใกล้เคียงกับวิธีนึ่งได้ เช่นอาจมีการพรมน้ำลงบนข้าวสุกแช่เยือกแข็งก่อนอุ่นด้วยไมโครเวฟ

ส่วนอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็งนั้นพบว่า ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสทุกด้าน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Olalquiaga และคณะ (1986) ที่พบว่า การแช่เยือกแข็งข้าวสุกของสเปนด้วยวิธีแช่เยือกแข็งแบบใช้ไอไนโตรเจนเหลว และแบบ air blast ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ ความเหนียว ความสุกอย่างทั่วถึง(uniformity) และ fracturbility ดังนั้นผู้ทดลองจึงมีความเห็นว่าน่าจะนำปัจจัยวิธีแช่เยือกแข็งไปศึกษาในขั้นการศึกษาผลของภาวะการเก็บรักษา เพื่อติดตามผลต่อไป

5.5 การศึกษาผลของวิธีการแช่เยือกแข็ง ภาวะการเก็บรักษา และอายุการเก็บ ต่อคุณภาพข้าวสุกแช่เยือกแข็ง

ในขั้นนี้เป็นการศึกษาผลของวิธีแช่เยือกแข็ง ภาวะการเก็บรักษา และอายุการเก็บ โดยเปรียบเทียบวิธีแช่เยือกแข็ง 2 วิธี คือ วิธีใช้ไอไนโตรเจนเหลวที่ อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส และ วิธี air blast ที่อุณหภูมิ -32 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่ 2 ภาวะ คือ อุณหภูมิคงที่ -18 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิไม่คงที่ (fluctuation) ระหว่าง -8 ถึง -18 องศาเซลเซียส โดยภาวะอุณหภูมิไม่คงที่ได้ใช้ภาวะการเก็บที่ตู้เก็บอาหารแช่เยือกแข็งของบริษัท S&P Syndicate จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิตอาหารกล่องแช่เยือกแข็ง ในแต่ละวันตู้เก็บอาหารแช่เยือกแข็งจะถูกปิดและเปิดวันละหลายๆครั้งเพื่อเคลื่อนย้ายสินค้าเข้าและออกมีผลให้อุณหภูมิในตู้เก็บไม่คงที่ มีผลการบันทึกอุณหภูมิในแต่ละวันพบว่า อุณหภูมิจะอยู่ในช่วง - 8 ถึง - 18 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเป็นภาวะที่ดีและเป็นจริงในสถานการณ์ที่โรงงานผลิตอาหารแช่เยือกแข็งจะต้องประสบ จากนั้นเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 5 เดือน และตรวจสอบคุณภาพในด้านต่างๆดังนี้

- ผลต่อค่า % weight loss

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ตามตารางที่ 4.14 พบว่า อิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง ภาวะการเก็บรักษา อายุการเก็บ อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและภาวะการเก็บ อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บ และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยภาวะการเก็บรักษาและอายุการเก็บ มีผลต่อค่า % weight loss อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลของวิธีแช่เยือกแข็งพบว่า การแช่เยือกแข็งข้าวสุกด้วยไอไนโตรเจนเหลว ทำให้ค่า % weight loss ต่ำกว่าการแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast เนื่องจากการทดลองแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวที่ศึกษานี้เป็นวิธีแช่เยือกแข็งที่มีอัตราเร็วการแช่เยือกแข็งเร็วกว่าการแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast จึงมีการถ่ายเทความร้อนได้เร็วกว่า มีผลให้น้ำในเซลมีการระเหยออกไปได้น้อย (Soerensen และ Jul , 1985) ดังนั้นค่า% weight loss จึงต่ำ ส่วนผลของภาวะการเก็บรักษา พบว่า การเก็บรักษาข้าวสุกแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิไม่คงที่ทำให้ค่า % weight loss ต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองเป็นการแช่เยือกแข็งข้าวสุกที่บรรจุในกล่องกระดาษที่ปิดสนิท ซึ่งBoast(1985) อธิบายว่าการแช่เยือกแข็งอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท จะทำให้อาหารสูญเสียความชื้นได้มากกว่าอาหารที่ไม่ได้บรรจุในภาชนะ เพราะอากาศในกล่องไม่มีการหมุนเวียน การถ่ายเทความร้อนจึงเกิดขึ้นได้ไม่ดี ทำให้ความชื้นที่ระเหยออกจากอาหารกลายเป็นเกล็ดน้ำแข็ง(frost)เกาะอยู่ภายในภาชนะบรรจุ ดังนั้นเมื่อเก็บข้าวสุกบรรจุกล่อง

แช่เยือกแข็งไว้ที่ภาวะอุณหภูมิไม่คงที่ ในช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้น น้ำแข็งที่เกาะอยู่ภายในกล่องอาจกลายเป็นละออง หรือหยดน้ำตกกลับลงมาในข้าวสุกได้ จึงทำให้ข้าวสุกแช่เยือกแข็งสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่ (ชั่งน้ำหนักเฉพาะก้อนข้าวสุก) เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและภาวะการเก็บรักษาพบว่าการแช่เยือกแข็งด้วยไอ ไนโตรเจนเหลว และเก็บรักษาไว้ทั้งที่ภาวะคงที่และไม่คงที่จะมีค่า %weight loss น้อยกว่าวิธี air blast ซึ่งแสดงว่าวิธีแช่เยือกแข็งมีผลต่อค่า weight lossของข้าวสุกแช่เยือกแข็งมากกว่า อิทธิพลของภาวะการเก็บทั้งนี้เพราะการสูญเสียน้ำหนักของข้าวสุกจะเกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็ง

ส่วนผลของอายุการเก็บรักษา พบว่า เมื่ออายุการเก็บนานขึ้นค่า % weight loss จะลดลง ซึ่งเมื่อพิจารณาผลของอายุการเก็บร่วมกับผลของภาวะการเก็บรักษา จะพบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิคงที่ ค่า % weight loss ของข้าวสุกแช่เยือกแข็งจะค่อนข้างคงที่ในช่วงการเก็บ 4 เดือนแรก และจะลดลงเล็กน้อยในเดือนที่ 5 แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่คงที่ ค่า % weight loss จะลดลงเมื่ออายุการเก็บนานขึ้น เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่คงที่จะทำให้ค่า %weight loss น้อยกว่าการเก็บที่อุณหภูมิคงที่ดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นเมื่อยิ่งเก็บรักษานานขึ้นในภาวะอุณหภูมิไม่คงที่จึงมีผลให้น้ำแข็งที่เกาะอยู่ภายในกล่องละลายกลายเป็นหยดน้ำตกกลับลงมาที่ก้อนข้าวสุกได้มากขึ้น ทำให้ค่า%weight loss ยิ่งลดลงเมื่อเทียบกับก่อนเก็บรักษา

- ผลต่อ % ข้าวสุกหัก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดังตารางที่ 4.14 พบว่า วิธีแช่เยือกแข็ง อายุการเก็บ และ ปัจจัยร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็ง และอายุการเก็บรักษา มีผลต่อค่า % ข้าวสุกหัก อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาผลของวิธีแช่เยือกแข็งดังตารางที่ 4.15 พบว่าการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีair blast จะทำให้ค่า % ข้าวสุกหักสูงกว่าการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว ทั้งนี้เนื่องจากการแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast เป็นวิธีแช่เยือกแข็งที่มีอัตราเร็วช้ากว่าวิธีใช้ไอไนโตรเจนเหลว จึงทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งที่ใหญ่กว่า ซึ่งอาจมีผลต่อการทำลายโครงสร้างของเมล็ดข้าวสุกทำให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกหักได้ ส่วนผลของอายุการเก็บรักษานั้น พบว่า เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น ค่า % ข้าวสุกหักมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาขนาดผลึก น้ำแข็งจะใหญ่ขึ้นตามปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Ostwald ripening (Reid , 1993) จึงมีผลต่อการทำลายเซลและโครงสร้างของเมล็ดข้าวสุก ทำให้เมล็ดข้าวสุกหักเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุการเก็บนานขึ้น เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บ พบว่าการแช่เยือกแข็ง

ข้าวสุกด้วยไอไนโตรเจนเหลว เมื่อเก็บรักษานานขึ้น % ข้าวสุกหักจะมีค่าใกล้เคียงกัน ในช่วง 4 เดือนแรก แต่จะเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 5 ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวิธีแช่เยือกแข็งแบบเร็ว ขนาดผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในช่วงแรกมีขนาดเล็กมาก ทำให้ไม่มีผลทำลายโครงสร้างของเมล็ดข้าวสุกมากนัก แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ผลึกน้ำแข็งจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากปรากฏการณ์การเชื่อมติดกันของผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กหรือเรียกว่า Sintering of ice ทำให้ไปทำลายโครงสร้างของเมล็ดข้าวสุกได้ แต่การแช่เยือกแข็งข้าวสุกด้วยวิธี air blast และเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้ค่า % ข้าวสุกหักสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเก็บรักษา ทั้งนี้เพราะการแช่เยือกแข็งวิธี air blast ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งใหญ่กว่าวิธีใช้ไอไนโตรเจนเหลว เมื่อเก็บรักษานานขึ้นจึงยิ่งเกิดผลึกน้ำแข็งใหญ่ยิ่งขึ้น ทำให้โครงสร้างเมล็ดข้าวยิ่งถูกทำลายมาก ดังนั้น %ข้าวสุกหักจึงสูงขึ้น

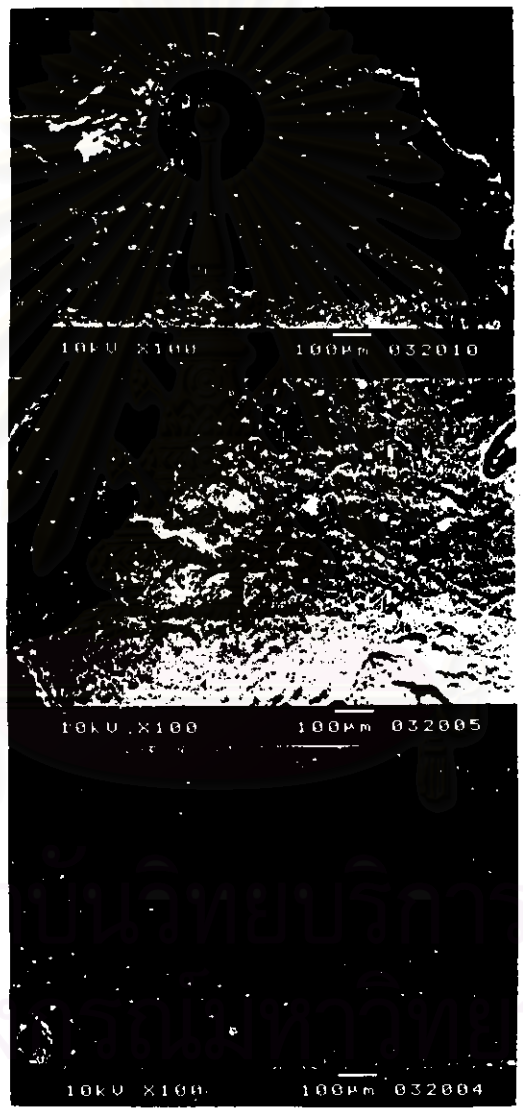
- ผลต่อ % ความชื้น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามตารางที่ 4.14 พบว่าอายุการเก็บ มีผลต่อค่า% ความชื้นของข้าวสุกแช่เยือกแข็ง คือเมื่ออายุการเก็บนานขึ้นความชื้นของข้าวสุกจะสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะก่อนการเก็บรักษาจะมีน้ำแข็งเกาะอยู่ภายในกล่อง ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษา น้ำแข็งที่เกาะอยู่ภายในกล่องจะละลายกลายเป็นหยดน้ำตกกลับลงมาที่ก้อนข้าวสุก จึงทำให้ความชื้นของข้าวสุกสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเก็บรักษาซึ่งมีน้ำแข็งเกาะอยู่ภายในกล่องมากกว่า

- ผลต่อค่าแรงต้านของข้าวสุก

จากตารางที่ 4.21 พบว่าข้าวสุกก่อนแช่เยือกแข็งหลังอุ่นจะมีค่าแรงต้านของข้าวสุกสูงกว่าหรือคือมีเนื้อสัมผัสแข็ง เนื้อแน่นกว่าข้าวสุกแช่เยือกแข็งหลังอุ่นทุกตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบวิธีแช่เยือกแข็งและภาวะการเก็บพบว่าวิธีใช้ไอไนโตรเจนเหลวและเก็บที่ภาวะคงที่จะมีค่าแรงต้านสูงกว่าวิธีair blast และเก็บที่ภาวะไม่คงที่ ทั้งนี้เพราะการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวจะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งที่เล็ก เมื่อเก็บที่ภาวะคงที่ผลึกน้ำแข็งจะใหญ่ขึ้นไม่มากจึงไปทำลายโครงสร้างของข้าวสุก น้อยกว่าซึ่งทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกแข็งหรือแน่นเนื้อ กว่าข้าวสุกที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast และเก็บที่ภาวะไม่คงที่ และเมื่อเปรียบเทียบค่าแรงต้านข้าวสุกเมื่ออายุการเก็บนานขึ้นพบว่า มีค่า ลดลงอย่างชัดเจน เพราะในระหว่างการเก็บรักษาผลึกน้ำแข็งจะใหญ่ขึ้นจากปรากฏการณ์ Ostwald ripening และ Sintering of iceซึ่งมีผลทำลายเซลโครงสร้างของเมล็ดข้าวทำให้ความแข็งของข้าวสุกลดลง จากการศึกษาโครงสร้างภาคตัดขวางของเมล็ดข้าวสุกก่อนแช่เยือกแข็ง และหลังแช่เยือกแข็งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง และอายุการเก็บต่างกันด้วยเครื่อง SEM (Scanning

Electron Microscope) พบว่าการแช่เยือกแข็งด้วยไอในโตรเจนเหลวจะมีโพรงของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในระหว่างแช่เยือกแข็งในเมล็ดข้าวเล็กละเอียดกว่าวิธี air blast ดังรูปที่ 5.1 และเมื่ออายุการเก็บนานขึ้นขนาดของโพรงนี้จะขยายขนาดใหญ่และเห็นชัดเจนขึ้น อันเนื่องจากผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังรูปที่ 5.2 ดังนั้นการศึกษาโครงสร้างภาคตัดขวางของเมล็ดข้าวสุกนี้จึงสามารถยืนยันการเกิดปรากฏการณ์ดังที่กล่าวมาแล้วได้

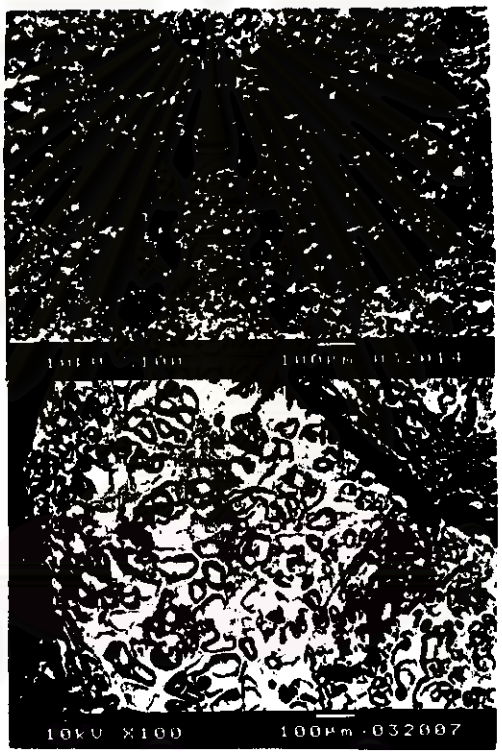


(1)

(2)

(3)

รูปที่ 5.1 ลักษณะโครงสร้างภาคตัดขวางของเมล็ดข้าวสุก ถ่ายด้วยเครื่อง SEM กำลังขยาย 100 เท่า (1)ข้าวสุกก่อนแช่เยือกแข็ง (2)ข้าวสุกหลังแช่เยือกแข็งด้วยไอในโตรเจนเหลว (3)ข้าวสุกหลังแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast



(1)

(2)

<u>รูปที่ 5.2</u> ลักษณะโครงสร้างภาคตัดขวางของเมล็ดข้าวสุก ถ่ายด้วยเครื่อง SEM กำลังขยาย 100 เท่า (1)ข้าวสุกแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว อายุ 6 เดือน (2)ข้าวสุกแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast อายุ 6 เดือน

- ผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ตามตารางที่ 4.23 พบว่า วิธีแช่เยือกแข็ง ภาวะการเก็บรักษา อายุการเก็บ อิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและภาวะการเก็บ และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บ มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ภายหลังการอุ่น กล่าวคือการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่า วิธีair blast เมื่อเก็บรักษาที่ภาวะอุณหภูมิคงที่จะได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิไม่คงที่ ข้าวสุกแช่เยือกแข็งที่มีอายุการเก็บ 1-2 เดือนจะได้คะแนนเฉลี่ยใกล้เคียงกับก่อนการเก็บรักษา แต่ที่อายุ 3 เดือนคะแนนเฉลี่ยจะลดลง และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและภาวะการเก็บ และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บ ตามตารางที่ 4.27 และ 4.28 พบว่าข้าวสุกที่แช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิคงที่ และไม่คงที่ ทั้งที่ผลิตใหม่ๆ และอายุการเก็บ 1-4 เดือน ได้คะแนนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าที่อายุ 5 เดือนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนข้าวสุกที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast เก็บรักษาไว้นาน 4-5 เดือนที่อุณหภูมิไม่คงที่จะได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด จะสังเกตว่าผลคะแนนด้านลักษณะปรากฏจะเป็นแนวโน้มที่สอดคล้องกับค่า%ข้าวสุกหัก เนื่องจากคะแนนด้านลักษณะปรากฏมีการประเมินระดับความหักของเมล็ดข้าวสุกด้วย จากตารางที่ 4.17 เมื่อตรวจพบ % ข้าวสุกหักช่วง ประมาณ 24-26 % ผู้ทดสอบจะเริ่มเห็นความแตกต่าง และให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)ดังตารางที่ 4.26

ผลต่อคะแนนด้านสี พบว่า วิธีแช่เยือกแข็ง อายุการเก็บ และอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและภาวะการเก็บ มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านสีอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) กล่าวคือการแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast จะได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าวิธีใช้ไอไนโตรเจนเหลว เพราะสีข้าวสุกจะขาวสว่างกว่า และเมื่ออายุการเก็บมากขึ้นคะแนนเฉลี่ยจะลดลง แต่เมื่อพิจารณาผลของปัจจัยร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและภาวะการเก็บรักษาพบว่า การแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast จะได้คะแนนเฉลี่ยด้านสีสูงกว่าวิธีแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวทั้งภาวะการเก็บรักษาอุณหภูมิคงที่และไม่คงที่ แสดงว่าวิธีแช่เยือกแข็งมีอิทธิพลต่อสีข้าวสุกมากกว่าภาวะการเก็บรักษา

ผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นพบว่า วิธีแช่เยือกแข็ง ภาวะการเก็บรักษา และอายุการเก็บไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นของข้าวสุกแช่เยือกแข็ง อย่างมีนัยสำคัญ($p > 0.05$) แต่จากตารางที่ 4.22 จะพบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยหลังจากเก็บรักษาไว้ทั้งที่อุณหภูมิคงที่และไม่คงที่เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารให้กลิ่นหอมของข้าวคือ 2-acetyl-1-pyrroline เป็นสารระเหย(Buttery และคณะ , 1983) ดังนั้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้นสารระเหยที่ให้กลิ่นหอมในข้าวก็จะระเหยหายไปบ้าง แต่ไม่มากจนผู้ทดสอบรู้สึกว่ากลิ่นหอมหายไป

ซึ่งการแช่เยือกแข็งเป็นวิธีที่ช่วยเก็บรักษากลิ่นหรือสารระเหยในอาหารได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการถนอมอาหารวิธีอื่น เช่นการใช้ความร้อน

ผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสพบว่า วิธีแช่เยือกแข็ง ภาวะการเก็บรักษา และอายุการเก็บ ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสของข้าวสุกแช่เยือกแข็ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Boggs และคณะ(1951) ซึ่งทดลองแช่เยือกแข็งข้าวสุก 2 ชนิดที่ต่างกันที่อุณหภูมิ -23 องศาเซลเซียส แปรอุณหภูมิเก็บรักษานปืน -23 -18.5 และ -12 องศาเซลเซียส เก็บรักษานาน 8 เดือน พบว่าข้าวสุกแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาที่ทุกอุณหภูมิ ได้คะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และ grain separation แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจถือได้ว่าไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และ grain separation จะลดลงเล็กน้อย แต่จากการวัดค่าแรงด้านหรือเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ดังตารางที่ 4.21 พบว่าข้าวสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งวิธีต่างกัน ภาวะการเก็บ และอายุการเก็บรักษาต่างกันจะมีค่าแรงด้านของข้าวสุกแตกต่างกัน โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบอายุการเก็บพบว่า ค่าแรงด้านลดลงอย่างชัดเจนหรือคือเนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่มขึ้น แต่จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสกลับไม่พบความแตกต่างเลย ทั้งนี้สอดคล้องกับที่ Juliano และคณะ(1981) รายงานว่าค่า hardness และ stickiness ที่วัดด้วยเครื่องมือ(instrument) จะบอกความแตกต่างของเนื้อสัมผัสข้าวสุกที่ต่างกันได้ดีกว่าการทดสอบทางประสาทสัมผัส นอกจากนี้อาจเนื่องจากแบบทดสอบที่ใช้ประเมินเนื้อสัมผัสนี้เป็นการถามความชอบหรือความพอใจในด้านเนื้อสัมผัสของผู้ทดสอบด้วยซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่มักชอบข้าวนุ่ม ดังนั้นเมื่อข้าวสุกแช่เยือกแข็งที่เก็บนานมีความนุ่มขึ้นจึงทำให้ผู้ทดสอบยังรู้สึกชอบ และให้คะแนนไม่แตกต่างจากเริ่มต้นมากนัก

ผลต่อคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมพบว่า ภาวะการเก็บรักษา และอายุการเก็บมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยความชอบรวม แต่วิธีแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ย กล่าวคือข้าวสุกแช่เยือกแข็งที่เก็บที่ภาวะอุณหภูมิคงที่จะได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าภาวะไม่คงที่ ซึ่งจะสอดคล้องกับคะแนนเฉลี่ยในด้านอื่นได้แก่ ด้านลักษณะปรากฏ ดังตารางที่ 4.25 และสี ดังตารางที่ 4.27 คือที่ภาวะคงที่ได้คะแนนเฉลี่ยมากกว่าภาวะไม่คงที่ และเมื่ออายุการเก็บนานขึ้นคะแนนเฉลี่ยจะลดลง ดังตารางที่ 4.26 ซึ่งจะสอดคล้องกับคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ และสีเช่นกัน ทั้งนี้เพราะคะแนนความชอบรวมจะประเมินถึงคุณภาพโดยรวมทั้งหมดของข้าวสุก ได้แก่ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส จากตารางที่ 4.22 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมที่ได้พบว่าอยู่ในช่วงคะแนน 7.23-7.70 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ทดสอบให้ความพอใจในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ถึงแม้ว่าอายุการเก็บรักษาจะนานถึง 5 เดือนก็ตาม

- ผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ในข้าวสุกแช่เยือกแข็งจะลดลงเมื่ออายุการเก็บนานขึ้น เพราะในสภาพอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ทนต่ออุณหภูมิต่ำซึ่งมีจำนวนมากในอาหารทั่วไปจะถูกทำลายเนื่องจากผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในระหว่างการแช่เยือกแข็ง (Frazier และ Westhoff ,1988) ส่วนจุลินทรีย์ที่สามารถทนและเจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำซึ่งพบน้อยมากในอาหารและตามธรรมชาติ(Gunderson และ peterson ,1977) ก็จะอยู่รอดได้ จากตารางที่ 4.29 จะพบว่าหลังอายุการเก็บ 2 เดือนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราในข้าวสุกแช่เยือกแข็งทุกตัวอย่างมีปริมาณน้อยมากคือน้อยกว่า 30 โคโลนี/กรัม ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานของอาหารแช่เยือกแข็ง เช่นสับปะรดแช่เยือกแข็งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถบริโภคได้ทันที ตามมาตรฐาน มอก 425-2525 กำหนดว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 3.0×10^{6} โคโลนี/กรัม ดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์ข้าวสุกแช่เยือกแข็งนี้มีความปลอดภัยในการบริโภค เนื่องจากยังต้องมีขั้นตอนการอุ่นก่อนบริโภคซึ่งสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้อีก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย