การผลิตข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์

นางอนลลักษณ์ โอฬาริโกวิท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-5749-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF READY-TO-EAT RICE IN RETORT POUCH

Mrs. Anolluck Olarikovit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2003

ISBN 974-17-5749-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์
โดย	นางอนลลักษณ์ โอฬาริโกวิท
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กีรติพิบูล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กีรติพิบูล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์)

.....กรรมการ
(คุณอรุณ อันประเสริฐพร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(PRODUCTION OF READ-TO-EAT RICE IN RETORT POUCH)

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กีรติพิบูล, 119 หน้า. ISBN 974-17-5749-2

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ โดยใช้วัตถุดิบข้าว 2 พันธุ์คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวชัยนาท 1 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสต่างกัน เมื่อนำวัตถุดิบมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะมิโลส 14 .91% ความชื้น 11.87% โปรตีน 6.68% และไขมัน 0.79% และข้าวชัยนาท 1 มีปริมาณอะมิโลส 27 .32% ความชื้น 11.74% โปรตีน 6.92% และไขมัน 0.89% นำข้าวทั้งสองพันธุ์มาหาอุณหภูมิแป้งสุกโดยวิธีการสลายตัวในด่าง พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าการสลายตัวในด่าง 6-7 ข้าวชัยนาท 1 มีค่าการสลายตัวในด่าง 4-5 แสดงให้เห็นว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีอุณหภูมิแป้งสุกอยู่ในระดับต่ำ (น้อยกว่า 69 °ซ) และข้าวชัยนาท 1 มีอุณหภูมิแป้งสุกอยู่ในระดับปานกลาง (70-74 °ซ) จากนั้นศึกษาสภาวะการเตรียมข้าวก่อนการบรรจุในรีทอร์ตเพาช์ซึ่งประกอบด้วยสภาวะในการแช่และการทำให้ข้าวสุกบางส่วน การแช่ข้าวใช้สารละลาย 2 ชนิดคือ น้ำและกรดซิตริก ในการแช่น้ำจะแปรอุณหภูมิน้ำเป็นอุณหภูมิห้อง 50 และ60 °ซ และในการแช่สารละลายกรดซิตริกแปรความเข้มข้นกรดเป็น 0 0.5 และ 1.0% และแปรระยะเวลาในการแช่ทั้ง 2 แบบเป็น 60 120 180 และ240 นาที พบว่าหลังการแช่ความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 อยู่ในช่วง 30-39% ข้าวชัยนาท 1 อยู่ในช่วง 27-31% จึงคัดเลือกสภาวะการแช่ที่ทำให้ข้าวมีความชื้นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป ซึ่งได้แก่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที 60°ซ 60 นาที 60°ซ 120 นาที 60°ซ 180 นาที และ 60°ซ 240 นาที ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่กรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% 60 นาที 1.0% 60 นาที และ1.0% 180 นาที ข้าวชัยนาท 1 แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที อุณหภูมิห้อง 120 นาที 60°ซ 60 นาที และ 60°ซ 180 นาที ข้าวชัยนาท 1 แช่กรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% 60 นาที 1.0% 60 นาที และ1.0% 180 นาที มาศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำให้ข้าวสุกบางส่วนโดยการลวกข้าวในน้ำเดือด โดยข้าวขาวดอก-มะลิ 105 ได้แปรระยะเวลาในการลวกเป็น 2 3 4 และ 5 นาที ข้าวชัยนาท 1 แปรระยะเวลาในการลวกเป็น 9 10 11 และ 12 นาที จากนั้นบรรจุในรีทอร์ตเพาช์ขนาด 120 X 180 มม. (120 ± 2 กรัม) และฆ่าเชื้อที่ 121 °ซ 15 นาที แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าในข้าวทั้งสองพันธุ์ลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านการสุกทั่วถึง เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม สภาวะที่ข้าวได้รับการยอมรับสูงสุดคือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาทีลวกในน้ำเดือด 4 นาที หรือแช่ในสารละลายกรดซิตริก 0.5% 60 นาทีลวกในน้ำเดือด 4 นาที และข้าวชัยนาท 1 แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาทีลวกในน้ำเดือด 10 นาที หรือแช่ในสารละลายกรดซิตริก 0.5% 60 นาทีลวกในน้ำเดือด 10 นาที จากนั้นทำการศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวขณะเก็บ โดยศึกษาการใช้สารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส (T) ซึ่งแปรความเข้มข้นเป็น 1 2 3 และ 4% สารละลายโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต (STPP) ซึ่งแปรความเข้มข้น 0.1 0.2 และ 0.3% และสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต ซึ่งแปรความเข้มข้นเป็น 0.5 1.0 และ 1.5% เป็นสารละลายที่ใช้ลวกในขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วน บรรจุข้าวในรีทอร์ตเพาช์ ปิดผนึก และฆ่าเชื้อที่ 121 °ซ 15 นาที แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส จากผลการทดสอบพบว่าทั้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำแล้วลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 2 และ 3% ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสสูงที่สุด โดยค่าความแข็งของข้าวขาวดอกมะลิเท่ากับ 26.42 และ 27.14 นิวตัน ตามลำดับ ข้าวชัยนาท 1 เท่ากับ 33.96 และ 35.02 นิวตัน ตามลำดับ และข้าวที่ผ่านการแช่น้ำแล้วลวกในโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต 0.2% ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสสูงที่สุด โดยค่าความแข็งของข้าวขาวดอกมะลิเท่ากับ 23.64 นิวตัน ข้าวชัยนาท 1 เท่ากับ 32.17 นิวตัน (การใช้สารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตทำให้ข้าวสุกมีกลิ่นที่ผู้ทดสอบไม่สามารถยอมรับได้) ดังนั้นจึงใช้สภาวะดังกล่าวในการผลิตข้าวพร้อมบริโภคเพื่อศึกษาอายุการเก็บเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม(ไม่ใช้สารเคมี) เพื่อดูผลของสารเคมีต่อการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก ตลอดระยะเวลาการเก็บ 12 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับ และค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ข้าวชัยนาท 1 ที่เป็นตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างที่มีการใช้โซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต 0.2% ตัวอย่างที่มีการใช้น้ำตาลทรีฮาโลส 2 % และ 3 % ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมลดลงจนไม่เป็นที่ยอมรับในสัปดาห์ที่ 3 6 4 และ 6 ตามลำดับ โดยและมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเป็น 57.17 56.17 55.48 และ 57.54 นิวตัน ตามลำดับ

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4372471123: MAJORFOODTECHNOLOGY

KEYWORD: COOKED RICE / RETORT POUCH / READY-TO-EAT RICE

ANOLLUCK OLARIKOVIT: RODUCTION OF READ-TO-EAT RICE IN RETORT POUCH

THESIS ADVISOR: ASST. PROF. SUWIMOL KEERATIPIBUL,Ph.D. 119 pp. ISBN 974-17-5749-2

The objective of this research was to study the production of ready-to-eat rice in retort pouch. Two varieties of rice which represented different level of amylose, Khoa Dok Mali 105 (KDM 105) and Chainard 1 (C1) were used. Chemical compositions of raw material were analyzed. It was found that the KDM 105 contained 14.91% amylose, 11.87% moisture content, 6.68% protein and 0.79% fat whilst the C1 contained 27.32% amylose, 11.74% moisture content, 6.92% protein and 0.89% fat. Gelatinization temperature (GT) of both rice were estimated from alkali digestibility. The results showed that digestibility values were 6-7 in KDM 105 and 4-5 in C1. It could be concluded that KDM 105 had lower GT (< 69°C) whereas C1 had moderate GT (70-74 °C). Then condition of rice preparation before filling in retort pouch, in terms of soaking condition and pre-cooking condition were studied. Water and citric acid solution were used for soaking of rice. Temperatures used for soaking in water were room temperature (RT), 50 and 60 °C. Citric acid concentrations were varied to 0, 0.5 and 1.0%. Times used for soaking in both water and acid solution were 60, 120, 180 and 240 minutes. The results indicated that moisture contents after soaking ranged from 30-39% in KDM 105 and 27-31% in C1. Therefore, the conditions which resulted in significant difference in moisture contents were chosen for further experiment. KDM 105 was soaked in water for 60 minutes at room temperature and 60, 120, 180 and 240 minutes at 60 °C. KDM 105 was also soaked in citric acid solution at concentrations of 0.5% and 1.0% for 60 minutes, and 1.0% for 180 minutes. C1 was soaked in water for 60 and 120 minutes at room temperature and 60 minutes and 180 minutes at 60 °C. C1 was also soaked in citric acid solution at concentration of 0.5% and 1.0% for 60 minutes and 1.0% for 180 minutes. Then pre-cooking was carried out by cooking rice in boiling water for a period of 2, 3, 4 and 5 minutes for soaked KDM 105 and 9, 10, 11 and 12 minutes for soaked C1. Pre-cooked rice was then filled into 120x180 mm. retort pouch (120 $\pm$ 2 grams) and sterilized at 121 °C with 15 minutes holding time. Sensory scores of cooked rice were evaluated. The results showed no significant difference in color, flavor and taste between both varieties of rice. However, differences in thoroughness of cooking, texture and overall acceptance were significantly observed. The most organoleptically accepted cooked rice were KDM 105 soaked in room temperature water for 60 minutes with 4 minutes pre-cooking, KDM 105 soaked in 0.5% citric acid solution for 60 minutes with 4 minutes pre-cooking, C1 soaked in room temperature water for 60 minutes with 10 minutes pre-cooking and C1 soaked in 0.5% citric acid solution for 60 minutes with 10 minutes pre-cooking. Then, the studies of chemicals to retard retrogradation of cooked rice were carried out. Solutions of trehalose (1, 2, 3 and 4% concentrations), sodium tripolyphosphate (STPP) (0.1, 0.2 and 0.3% concentrations) and sorbitan monooleate (0.5, 1.0 and 1.5% concentrations) were used in pre-cooking stage instead of boiling water. Pre-cooked rice was filled in retort pouch and sterilized at 121 °C for 15 minutes. Sensory evaluation on cooked rice was then again carried out. The results showed that KDM 105 and C1 soaked in water and pre-cooked in 2 or 3% trehalose obtained the highest scores in flavor, taste and texture. Hardness of KDM 105 was 23.64 Newton (N) and 32.17 N in C1 (both varieties of rice used sorbitan monooleate brought unacceptability in flavor of cooked rice in every concentration used) Therefore, this condition was used for studying the effects of chemicals on retarding retrogradation of cooked rice in 12 weeks storage period. For KDM 105, it was found that an increase in storage time resulted in a decrease in sensory scores and an increase in hardness. However the scores were still acceptable. For C1, the sensory scores in texture and overall acceptance decreased in controlled sample, those with 0.2% STTP and the one with 2 and 3% trehalose after 3, 6, 4 and 6 weeks of storage respectively. Moreover, hardness increased to 57.17, 56.17, 55.48 and 57.54 N respectively.

Department Food Technology	Student's signature……
Field of study Food Technology	Advisor's signature……
Academic year 2003	Co- Advisor's signature……

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กีรติพิบูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้การสนับสนุน ให้คำแนะนำ ตลอดจนให้กำลังใจในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ และยังให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์อีกมากมายในการดำเนินชีวิต

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ และคุณอรุณ อันประเสริฐพร (กรรมการผู้จัดการ บริษัท อินเตอร์เนชั่นแนล เซอร์เวลแลนซ์ แอนด์ คอนซัลแตนซี จำกัด) ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และ คุณวราทิพย์ สมบุญญฤทธิ์ จากกรมประมง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และชี้แนะเกี่ยวกับการใช้รีทอร์ตและรีทอร์ตเพาช์

ขอกราบขอบพระคุณบริษัท เจริญโภคภัณฑ์ เมล็ดพันธุ์ จำกัด คุณธนธรรศ สนธีระ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านวัตถุดิบข้าวที่ใช้ในงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณบริษัท สยามพรีเสิร์ฟฟู้ดส์ จำกัด โดยคุณอรุชา วงศ์เครือศร ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณบริษัท แอลแคน แพ็คเกจจิ้ง สตรองแพ็ค จำกัด (มหาชน) โดยคุณธีรยุทธ โชติปทุมวัน ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านรีทอร์ตเพาช์ที่ใช้ในงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณคุณสุมาลี ทั่งพิทยกุล นักวิทยาศาสตร์ 8 ว.หัวหน้ากลุ่มวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรรมการวิชาการร่างมาตรฐานภาชนะพลาสติกและภาชนะโลหะบรรจุอาหารของสำนักงานผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ คุณพ่อสามี คุณแม่สามี สามี และลูกสาว ที่เป็นแรงใจในการฟันฝ่าอุปสรรค จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงลงได้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้การช่วยเหลือพร้อมให้กำลังใจตลอดมา

และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยเป็นอย่างดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ซ

สารบัญภาพ.....ญ

บทที่

1.บทนำ.....1

2.วารสารปริทัศน์.....4

3. การดำเนินงานวิจัย.....27

4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....33

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....101

รายการอ้างอิง.....102

ภาคผนวก.....125

ภาคผนวก ก รายละเอียดสารเคมีและบรรจุภัณฑ์.....106

ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์.....107

ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....117

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....119

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	คุณสมบัติบางประการของวัตถุดิบ	33
4.2	ค่าการสลายตัวในด่างของวัตถุดิบ	34
4.3	ความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลังแช่น้ำที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	35
4.4	กลุ่มสภาวะการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ	36
4.5	ความชื้นของข้าวชัยนาท 1 หลังแช่น้ำที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	37
4.6	กลุ่มสภาวะการแช่ข้าวชัยนาท 1 ในน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ	38
4.7	ความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลังแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นและเวลาต่างๆ	40
4.8	กลุ่มสภาวะการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในสารละลายกรดซิตริกที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ	41
4.9	ความชื้นของข้าวชัยนาท 1 หลังแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นและเวลาต่างๆ	42
4.10	กลุ่มสภาวะการแช่ข้าวชัยนาท 1 ในสารละลายกรดซิตริกที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ	43
4.11	สภาวะการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวชัยนาท 1 ในน้ำและในสารละลายกรดซิตริกที่คัดเลือก	45
4.12	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและความชื้น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและการทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ	47
4.13	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและความชื้น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและการทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ	55
4.14	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและความชื้นข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ	62
4.15	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและความชื้น ข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและการทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ	70
4.16	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose,T)	77
4.17	ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose,T)	77
4.18	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวชัยนาท 1 ที่ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose,T)	80
4.19	ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวชัยนาท 1 ที่ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose,T)	81

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.20 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP).....83

4.21 ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP).....83

4.22 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวชัยนาท 1 ที่ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP).....85

4.23 ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวชัยนาท 1 ที่ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP).....85

4.24 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate, SM).....87

4.25 ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate, SM).....88

4.26 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวชัยนาท 1 ที่ลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate, SM).....89

4.27 ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate, SM).....90

4.28 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสีของตัวอย่างข้าวที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์.....92

4.29 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านกลิ่นของตัวอย่างข้าวที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์.....93

4.30 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านรสชาติของตัวอย่างข้าวที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์.....94

4.31 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างข้าวที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์.....95

4.32 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของตัวอย่างข้าวที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์.....96

4.33 ค่าเอนทาลปีของตัวอย่างข้าวที่สัปดาห์ที่ 15.....100

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ **หน้า**

2.1 ลักษณะทั่วไปของต้นข้าว.....5

2.2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว.....5

2.3 เม็ดแป้งข้าว.....7

2.4 โครงสร้างอมัยโลส.....8

2.5 โครงสร้างอมัยโลเพคติน.....9

2.6 ลักษณะโครงสร้างอมัยโลเพคตินที่ประกอบด้วยสาย A B และ C.....10

2.7 ลักษณะโครงสร้างอมัยโลเพคตินที่ประกอบด้วยส่วนผลึก (1) และส่วนอสัณฐาน (2).....11

2.8 การเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ดข้าวพันธุ์โคชิฮิการิที่ผ่านการแช่และให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ วิเคราะห์โดยใช้ NMR Micro Images.....12

2.9 ผลิตภัณฑ์อาหารในรีทอร์ตเพาช์รูปแบบต่าง ๆ.....21

2.10 ภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างฟิล์ม.....21

3.1 ขั้นตอนการผลิตข้าวพร้อมบริโภค.....29

4.1 ความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลังแช่น้ำที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ.....36

4.2 ความชื้นของข้าวชัยนาท 1 หลังแช่น้ำที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ.....39

4.3 ความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลังแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นและเวลาต่างๆ..41

4.4 ความชื้นของข้าวชัยนาท 1 หลังแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นและเวลาต่างๆ.....44

4.5 คะแนนความชอบด้านสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ.....49

4.6 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ.....50

4.7 คะแนนความชอบด้านรสชาติของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ.....50

4.8 คะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ.....51

4.9 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ.....52

4.10 คะแนนการยอมรับรวมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ.....53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

4.11 คะแนนความชอบด้านสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ.....56
4.12 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ.....57
4.13 คะแนนความชอบด้านรสชาติของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลาย กรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ.....57
4.14 คะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลาย กรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ.....58
4.15 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลาย กรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ.....59
4.16 คะแนนความชอบด้านการยอมรับรวมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลาย กรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ 60
4.17 คะแนนความชอบด้านสีของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนใน สภาวะต่าง ๆ.....64
4.18 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนใน สภาวะต่าง ๆ.....64
4.19 คะแนนความชอบด้านรสชาติของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนใน สภาวะต่าง ๆ.....65
4.20 คะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุก บางส่วนในสภาวะต่าง ๆ.....66
4.21 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสถึงของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วน ในสภาวะต่าง ๆ.....67
4.22 คะแนนการยอมรับรวมของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วน ในสภาวะต่าง ๆ.....67
4.23 คะแนนความชอบด้านสีของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้ สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ.....71
4.24 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ.....71
4.25 คะแนนความชอบด้านรสชาติของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก และทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ.....72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

4.26 คะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ....72
4.27 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ....73
4.28 คะแนนการยอมรับรวมของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ....74
4.29 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างข้าวระหว่างการเก็บ....98
4.30 คะแนนการยอมรับรวมของตัวอย่างข้าวระหว่างเก็บ....99
4.31 ค่า Hardness ของข้าวตัวอย่างระหว่างการเก็บ....99
ข.1 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณอมัยโลส....109

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรไทยและประชากรในอีกหลายๆ ประเทศทั่วโลก ความนิยมในการบริโภคข้าวเริ่มจากประเทศในแถบทวีปเอเชียและละตินอเมริกาก่อน แต่ในปัจจุบันชาวตะวันตกก็ได้หันมาสนใจบริโภคข้าวเพิ่มมากขึ้น ทำให้ข้าวและผลิตภัณฑ์จากข้าวเป็นสินค้าที่แพร่หลายไปทั่วโลก

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่เป็นอันดับ 1 ของโลก และข้าวก็เป็นสินค้าทางการเกษตรประเภทพืชไร่ที่ทำรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นจำนวนมากโดยในปีพ.ศ.2546 ประเทศไทยมีการส่งออกข้าว 7,343,437 ตัน มูลค่าการส่งออก 76,678.1 ล้านบาท ซึ่งมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี 2545 ถึงร้อยละ 9.53 (70,005.5 ล้านบาท) โดยตลาดส่งออกข้าวของไทย 10 อันดับแรก ได้แก่

ประเทศ	มูลค่า(ล้านบาท)	
	ปีพ.ศ. 2545	ปีพ.ศ. 2546
อินโดนีเซีย	5,812.6	6,493.0
สหรัฐอเมริกา	4,329.5	5,567.6
ฮ่องกง	4,019.1	4,899.2
ไนจีเรีย	8,348.2	4,325.0
อิหร่าน	2,998.5	4,018.4
จีน	4,456.6	3,994.4
มาเลเซีย	2,751.4	3,941.2
อิรัก	1,941.7	3,805.3
สิงคโปร์	3,181.7	3,771.2
เซเนกัล	5,294.1	3,514.8

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมศุลกากร (2547)

นอกจากข้าวแล้วยังมีผลิตภัณฑ์จากข้าว ได้แก่ แป้งข้าว ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว อาหารประเภทพองกรอบ อาหารเด็ก ข้าวกึ่งสำเร็จรูป และข้าวสำเร็จรูป แม้ว่าผลิตภัณฑ์จากข้าวจะมีมูลค่าสินค้าสูงกว่าข้าว แต่ปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์จากข้าวและอัตราการขยายตัวไม่สูงนัก โดยจะเห็นได้ว่าการส่งออกผลิตภัณฑ์จากข้าวในปี 2545 มีมูลค่า 5,570.85 ล้านบาทและในปี 2546 มีมูลค่า 5,633.4 ล้านบาท ซึ่งมีอัตราการขยายตัวเพียงร้อยละ 1.12 ทั้งที่ประเทศมีศักยภาพทางด้านวัตถุดิบสูง ซึ่งอาจ

มีสาเหตุมาจากความหลากหลายของผลิตภัณฑ์และขั้นตอนการเตรียมก่อนนำมาบริโภคที่ซับซ้อนทำให้ขาดความสะดวกในการบริโภค

ตลาดส่งออกผลิตภัณฑ์ของไทย 10 อันดับแรกได้แก่

ประเทศ	มูลค่า(ล้านบาท)	
	ปีพ.ศ. 2545	ปีพ.ศ. 2546
ญี่ปุ่น	1,704.6	1,630.4
สหรัฐอเมริกา	728.6	758.5
มาเลเซีย	533.8	551.7
ฮ่องกง	409.3	420.6
ออสเตรเลีย	422.7	380.6
เนเธอร์แลนด์	280.0	374.6
สหราชอาณาจักร	291.6	304.9
สิงคโปร์	198.3	194.5
แคนาดา	160.0	168.4
ไต้หวัน	130.5	111.9

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมศุลกากร (2547)

ในสังคมยุคปัจจุบันรูปแบบการดำเนินชีวิตของคนได้เปลี่ยนแปลงไป โดยมีการหันมาบริโภคอาหารสำเร็จรูปกันมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ข้าวพร้อมบริโภคที่มีการวางจำหน่ายอยู่ทั่วไปในขณะนี้ส่วนมากบรรจุในกระป๋อง ซึ่งมักประสบปัญหาในการเทข้าวออกจากกระป๋องเพื่อนำมาบริโภค และการอุ่นข้าวก่อนนำมาบริโภคค่อนข้างยุ่งยาก ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ขึ้นเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการบริโภค เนื่องจากข้อดีของบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้คือสามารถฉีกซองตรงรอยบากได้ยาวตลอดแนวความกว้างของซองซึ่งกว้างพอสำหรับการเทข้าวออกจากซอง อีกทั้งวัสดุที่ใช้ทำรีทอร์ตเพาช์มีความหนาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุที่ใช้ทำกระป๋อง และการออกแบบรูปทรงทำให้มีพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนต่อปริมาตรค่อนข้างสูง ทำให้การอุ่นข้าวก่อนนำมาบริโภคทำได้ง่ายโดยแช่ถุงรีทอรต์เพาช์ในน้ำร้อนเพียง 3-5 นาที จากข้อได้เปรียบของผลิตภัณฑ์ข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ซึ่งเพิ่มความสะดวกสบายในการบริโภคข้าวสำเร็จรูปให้สอดคล้องกับวิถีการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน และยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของข้าวและเพิ่มการส่งออกผลิตภัณฑ์จากข้าวของประเทศไทย โดยคาดการณ์ว่าผลิตภัณฑ์ข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์จะสามารถส่งไปขายยัง

ประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นประเทศที่นิยมบริโภคอาหารสำเร็จรูปในรีทอร์ตเพาช์อย่างกว้างขวางอยู่แล้ว และประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นประเทศมีวัฒนธรรมหลากหลายและเป็นประเทศลูกค้าอันดับต้นๆ ของประเทศไทยในสินค้าประเภทข้าวและผลิตภัณฑ์จากข้าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้าวที่สุกทั่วถึงกัน มีสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและคล้ายคลึงกับข้าวที่หุงด้วยวิธีธรรมดามากที่สุด โดยเกิดการคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation) ที่จะทำให้เนื้อสัมผัสข้าวแข็งขึ้นช้าที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าว

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของข้าว

ข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวตระกูลหญ้า เจริญได้ดีในเขตร้อนและอบอุ่น ลักษณะต้นข้าวแสดงในรูปที่ 2.1 ข้าวจัดอยู่ใน Genus *Oryza* มีทั้งหมดมากกว่า 20 ชนิด แต่ที่นิยมปลูกเป็นอาหารนั้นมีอยู่ 2 ชนิดคือ *Oryza sativa L.* และ *Oryza glaberrima*

ประเทศไทยมีการเพาะปลูกข้าวในทุกภูมิภาค สถาบันวิจัยข้าวเป็นหน่วยงานของรัฐบาลที่ดำเนินงานในด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อเพิ่มผลผลิตและพัฒนาให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพดี มีความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูข้าว ปรับตัวได้ในสภาวะแวดล้อมต่างๆ ให้ผลผลิตต่อไร่สูง และเป็นที่ต้องการของตลาด และยังทำการส่งเสริมให้กสิกรปลูกข้าวสายพันธุ์ต่างๆ มากกว่า 70 สายพันธุ์ ซึ่งมีทั้งพันธุ์ข้าวหอม เช่น พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ข้าวทั่วไป เช่น พันธุ์ชัยนาท 1

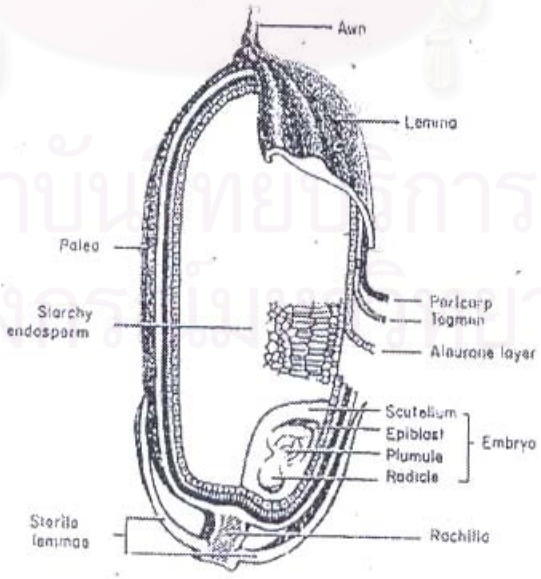
ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวพันธุ์ที่มีความไวต่อแสง ปลูกมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประทศไทย ความสูงของต้นประมาณ 140-150 เซนติเมตร ลำต้นและใบค่อนข้างเล็ก ใบสีเขียวอ่อน เมล็ดข้าวเปลือกมีสีคล้ายฟาง เมล็ดข้าวมีรูปร่างเรียวยาว ความยาวของเมล็ดข้าวกล้องประมาณ 7.5 มิลลิเมตร มีท้องไข่น้อย เมล็ดข้าวมีความเลื่อมมัน ข้าวพันธุ์นี้จะออกดอกในช่วงวันที่ 20-25 ตุลาคมและสามารถเก็บเกี่ยวในช่วงประมาณวันที่ 20 พฤศจิกายนของปีเดียวกัน ให้ผลผลิตประมาณ 363 กก.ต่อไร่ ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์นี้คือสามารถปลูกได้ในที่นาดอนทั่วไป มีความทนทานต่อสภาวะแห้งแล้ง สามารถทนต่อสภาพดินเปรี้ยว และดินเค็ม มีความต้านทานต่อไส้เดือนฝอย จัดเป็นข้าวที่มีปริมาณอมัยโลสต่ำ คุณภาพการหุงต้มดี มีกลิ่นหอม รสชาติดี เนื้อนุ่ม (สุเทพ และ วีระศักดิ์, 2544)

ข้าวชัยนาท 1 เป็นข้าวพันธุ์ที่ปลูกได้ตลอดปีนิยมปลูกมากทางภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลาง และภาคใต้ของประเทศไทย ให้ผลผลิตต่อไร่สูงคือประมาณ 740 กก.ต่อไร่ มีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว และโรคใบหงิก(โรคจู๋) เป็นข้าวที่มีปริมาณอมัยโลสสูง หุงขึ้นหม้อ เมื่อหุงสุกจะได้ข้าวเนื้อแน่นและร่วน

รูปที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของต้นข้าว

2.1.2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

โครงสร้างของเมล็ดข้าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา: Juliano (1972)

1. เปลือกแข็งหุ้มเมล็ดหรือแกลบ (Husk) เป็นส่วนที่พัฒนามาจากส่วนของกลีบดอก (Lemma และ Palea) เปลือกแข็งนี้มีน้ำหนักประมาณ 18-28% ของน้ำหนักข้าวเปลือก ประกอบด้วย เซลลูโลส (Cellulose) 25% ลิกนิน (Lignin) 30% เพนโตแซน (Pentosans) 15% และเถ้า (Ash) 21% ซึ่งในส่วนของเถ้านี้จะมีซิลิกาอยู่สูงถึง 95%

2. เปลือกหุ้มผล (Pericarp) มีสัดส่วนประมาณ 4.8% โดยน้ำหนักของเมล็ด ประกอบด้วยชั้นต่างๆ องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มผลนี้ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรทซึ่งได้แก่ เซลลูโลส เฮมิ-เซลลูโลส นอกจากนี้ยังประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุต่าง ๆ

3. เมล็ด ประกอบด้วย

3.1 เปลือกหุ้มเมล็ด (Tegmen หรือ Seed Coat) ประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังเซลล์อ่อนนุ่ม มีรูปร่างยาวรี เรียงต่อกันเป็นแถวตามแนวขวาง เซลล์ในชั้นนี้มีสารให้สีอยู่ ทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีต่างๆ นอกจากนี้ยังเป็นชั้นที่อุดมไปด้วยไขมัน จึงมีสมบัติในการป้องกันไม่ให้น้ำซึมเข้าสู่เนื้อเมล็ด ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 5 ถึง 8 ไมโครเมตร (Hoseney, 1994)

3.2 ชั้นเนื้อเยื่อโปร่งแสง (Hyaline Layer หรือ Nucellus) อยู่ติดกับชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด มีลักษณะโปร่งและใส ประกอบด้วยสารให้สีเช่นเดียวกับชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด

3.3 ชั้นแอลิวโรนหรือเยื่อหุ้มเมล็ด (Aleurone Layer) เป็นชั้นที่ห่อหุ้มเนื้อเมล็ด (Endosperm) และคัพภะ (Embryo) ไว้ประกอบด้วยเซลล์ที่มีความหนา 1 ถึง 7 ชั้น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ข้าวเมล็ดสั้นจะมีชั้นแอลิวโรนที่มีลักษณะหยาบและมีความหนากว่าข้าวเมล็ดยาว ลักษณะของเซลล์ในชั้นแอลิวโรนมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง ผนังเซลล์หนา ประกอบด้วยโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ชั้นนี้มีความสำคัญเพราะประกอบไปด้วยวิตามินต่างๆ เช่น วิตามินบี 1 (Thiamine) วิตามินบี 2 (Riboflavin) และวิตามินบี 3 (Niacin) ซึ่งพบในชั้นนี้มากกว่าส่วนอื่น

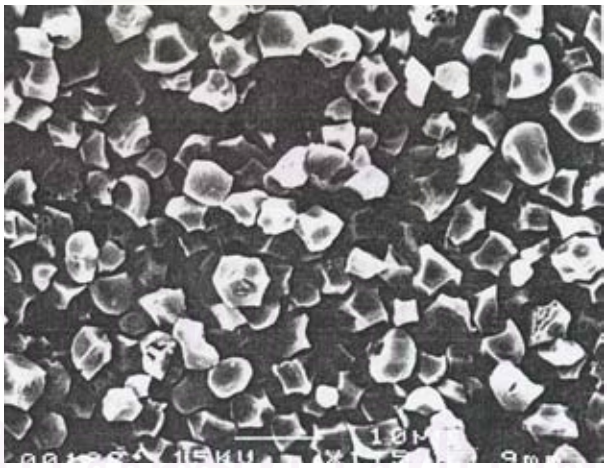
3.4 คัพภะ (Germ หรือ Embryo) เป็นส่วนของเมล็ดข้าวที่จะเจริญไปเป็นต้นอ่อนหรือเป็นจุดกำเนิดของต้น จึงอยู่ด้านฐานใกล้กับรอยต่อของเมล็ด ส่วนของคัพภะนี้มีชั้นแอลิวโรนล้อมรอบอยู่ ภายในคัพภะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่คือ ส่วนสกูเทลลัม (Scutellum) ซึ่งเป็นเกราะป้องกันอยู่ระหว่างเนื้อเมล็ดและคัพภะ เป็นส่วนที่ดูดซึมและนำสารอาหารจาก Endosperm มาสู่ Embryo ขณะที่มีการเจริญเติบโต และส่วนของคัพภะ (Embryonic Axis) ซึ่งพร้อมจะเจริญไปเป็นต้นอ่อนต่อไป สารอาหารที่มีมากคือโปรตีนซึ่งอยู่ในรูป Protein Bodies และไขมันซึ่งอยู่ในรูป Lipid Bodies วิตามินที่มีมากคือ วิตามินบี และวิตามินอี

3.5 เนื้อเมล็ด (Endosperm) คิดเป็นน้ำหนักประมาณ 90% ของน้ำหนักข้าวเปลือก แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่ติดกับชั้นแอริวโลน (Subaleurone Layer) เป็นเซลล์ที่มีผนังบาง มีขนาดเล็กรูปลูกบาศก์ ส่วนที่สองคือเนื้อเมล็ด (Inner Endosperm) ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างยาวเป็นแนวรัศมีเข้าสู่จุดศูนย์กลางเมล็ด เซลล์เหล่านี้จะเป็นเซลล์ผนังบาง ส่วนของผนังเซลล์ที่ห่อหุ้มเนื้อ

เมล็ดนี้ ประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลส เพนโทแซน และเบต้า-กลูแคน (β-Glucan) มีเซลลูโลสอยู่น้อยมาก ในเนื้อเมล็ดประกอบด้วยแป้ง (Starch) และโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ แป้งที่เกิดในผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อเมล็ดจะอยู่รวมกันในเม็ดแป้ง (Starch Granule)

2.1.3 เม็ดแป้งในข้าว (Rice Starch Granule)

เม็ดแป้งของข้าวมีขนาดเล็กมาก (3-5 ไมครอน) มีลักษณะเป็นรูปหลายเหลี่ยม (รูปที่ 2.3) เนื่องจากขณะที่เม็ดแป้งข้าวกำลังก่อรูปร่างจะมีแรงดึงดูดกันระหว่างโปรตีนและแป้ง ทำให้เม็ดแป้งซึ่งมีผิวที่อ่อนนุ่มแต่เหนียวเข้ามาใกล้กันมากขึ้น เบียดและอัดตัวกัน จนเกิดเป็นรูปหลายเหลี่ยม (Sandhya Rani and Bhattacharya, 1995) ส่วนใหญ่เม็ดแป้งข้าวจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (Compound Granule) มากถึง 150 เม็ดต่อกลุ่ม แต่ก็พบในลักษณะเม็ดเดี่ยวๆ เช่นกัน โปรตีน (Protein Bodies) ที่พบอยู่ในเนื้อเมล็ดจะอยู่รวมกับเม็ดแป้ง โดยเกาะรวมกันเป็นรูปร่างกลม ซึ่งพบอยู่ในชั้นติดกับชั้นแอริวโลนเป็นส่วนใหญ่ ภายในเมล็ดข้าวสารมีแป้งที่ประกอบด้วยโพลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสอยู่ 2 ชนิดคือ อมัยโลส (Amylose) และอมัยโลเพคติน (Amylopectin)

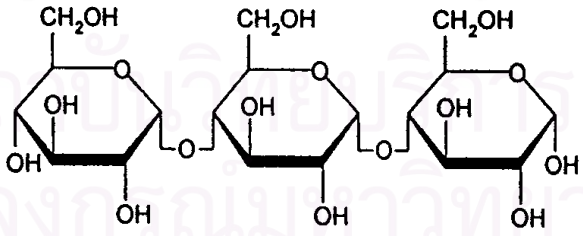


รูปที่ 2.3 เม็ดแป้งข้าว
ที่มา: อรุณี เหลืองสุนทร (2543)

อมัยโลส (Amylose)

เป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 200-2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันเป็นสายด้วยพันธะ α-1,4-Glucosidic Linkage ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และมีบางส่วนของสายอมัยโลสที่เป็นกิ่ง ซึ่งตรงส่วนนี้จะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,6-Glucosidic Linkage ทำให้อมัยโลสมีกิ่งก้านด้วยแต่มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อมัยโลสมีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยกว่าอมัยโลเพคติน ทำปฏิกิริยากับไอโอดีนให้สีน้ำเงิน เมื่อให้ความร้อนจนสุกแล้วทิ้งให้เย็นจะเกิดการคืนตัวของแป้งสุก จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง ปริมาณอมัยโลสมีผลต่อความแข็งแรงของเม็ดแป้ง เม็ดแป้งที่มีอมัยโลสสูงจะมีความแข็งแรงและพองตัวได้ยาก ขณะที่เม็ดแป้งที่มีอมัยโลสต่ำ จะค่อนข้างเปราะบาง พองตัวและทำปฏิกิริยาได้ง่าย (Sandhya Rani and Bhattacharya, 1995) ในเมล็ดข้าว ปริมาณอมัยโลสในข้าวมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุก ข้าวที่มีอมัยโลสสูงเมื่อหุงสุกจะให้ข้าวที่มีลักษณะแข็งร่วน ส่วนข้าวที่มีอมัยโลสต่ำเมื่อหุงสุกจะได้ข้าวที่นุ่มและค่อนข้างเหนียวติดกัน (Juliano,1972) ดังนั้นจึงสามารถใช้ปริมาณอมัยโลสเป็นเกณฑ์ในการจัดจำแนกข้าวได้เป็น

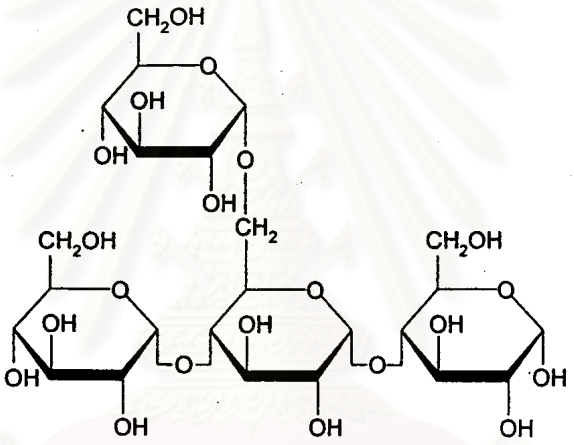
1) ข้าวเหนียว มีอมัยโลสประมาณ 0-2%
2) ข้าวอมัยโลสต่ำ มีปริมาณอมัยโลส ต่ำกว่า 19%
3) ข้าวอมัยโลสปานกลาง มีปริมาณอมัยโลส 20-24%
4) ข้าวอมัยโลสสูง มีปริมาณอมัยโลส 25-33%



รูปที่ 2.4 โครงสร้างอมัยโลส
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2543)

อมัยโลเพคติน (Amylopectin)

เป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีกิ่งก้านสาขา ประกอบด้วยกลูโคสมากกว่า 10,000 หน่วย ส่วนที่เป็นกิ่งสาขาจะประกอบด้วยกลูโคส 10-60 หน่วย โมเลกุลมีขนาดใหญ่ ตรงบริเวณที่เป็นเส้นตรงเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-Glucosidic Linkage และตรงบริเวณรอยต่อที่มีการแตกเป็นกิ่งก้านสาขาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,6-Glucosidic Linkage ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งมีประมาณ 5% ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอมัยโลเพคตินทั้งหมด อมัยโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าอมัยโลสถึง 1,000 เท่า อมัยโลเพคตินมีความสามารถละลายน้ำได้ดี เมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีนจะให้สีแดงม่วง อมัยโลเพคตินมีส่วนทำให้เกิดการคืนตัวของแป้งสุกน้อยกว่าอมัยโลส



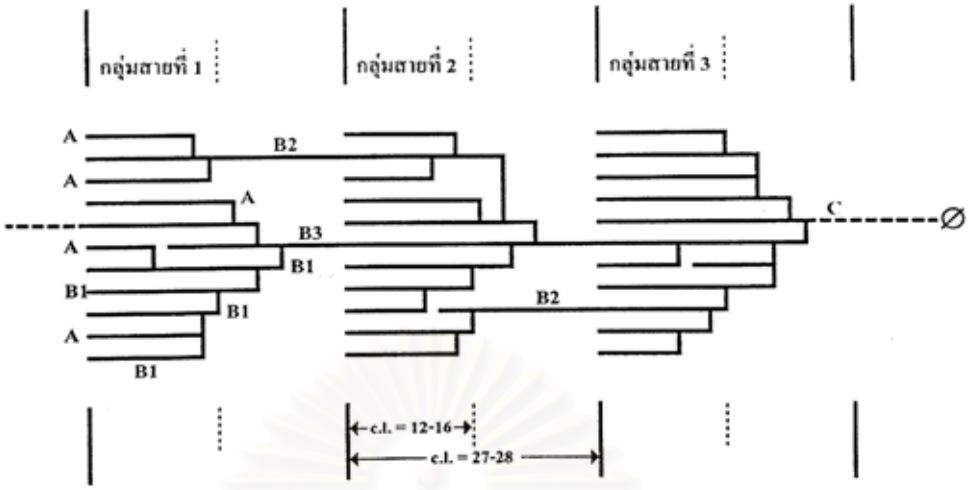
รูปที่ 2.5 โครงสร้างอมัยโลเพคติน
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2543)

โครงสร้างของอมัยโลเพคตินประกอบด้วยสาย 3 ชนิดดังแสดงในรูปที่ 2.6 คือ

1.สาย C (C-Chain) เป็นสายกลูโคสแกนหลักที่มีความยาวมากที่สุดประกอบด้วยหมู่รีดิวซิ่ง 1 หมู่ และมีเพียง 1 สายในอมัยโลเพคตินแต่ละโมเลกุล

2.สาย B (B-Chain) เป็นสายกลูโคสสายกิ่งที่มาเชื่อมต่อจากสาย C หรือสาย B ด้วยกันอีกทีหนึ่ง ตรงสาย B นี้จะถูกเชื่อมต่อกับสายกลูโคสอื่นอีก 2 สายหรือมากกว่านั้น

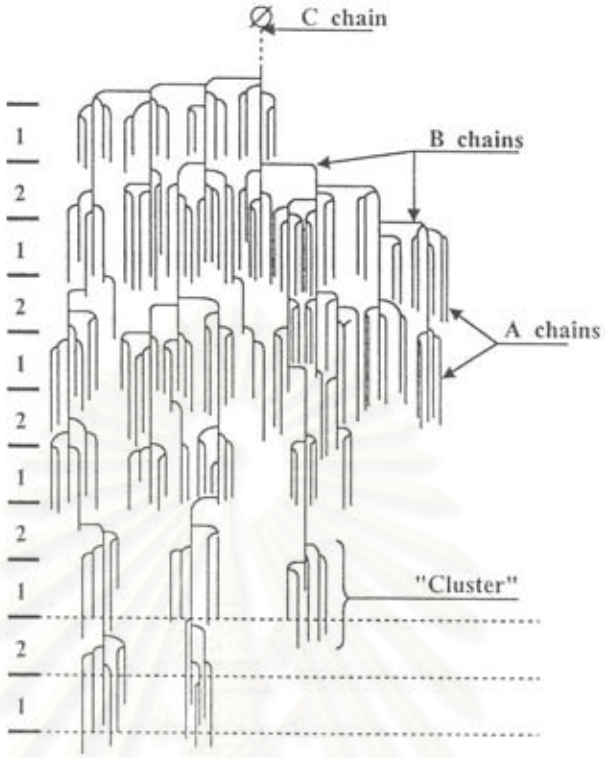
3.สาย A (A-Chain) เป็นกลูโคสสายสั้นที่ไม่มีกิ่งเชื่อมออกจากสายชนิดนี้



รูปที่ 2.6 ลักษณะโครงสร้างอมัยโลเพคตินที่ประกอบด้วยสาย A B และ C
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2543)

โครงสร้างของอมัยโลเพคตินที่เป็นสายเหล่านี้จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน (Cluster) (รูปที่ 2.7) มีบริเวณที่เป็นส่วนเชื่อมของกิ่งก้านสาขา เรียกว่าส่วนอสัณฐาน (Amorphous Region) ซึ่งประกอบด้วยกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ α-1,6-Glucocidic บริเวณนี้เป็นส่วนที่ง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาเนื่องจากมีพันธะมาต่อกันแบบหลวมๆ และอีกบริเวณหนึ่งคือส่วนผลึก (Crystalline Region) บริเวณนี้ประกอบด้วยกลูโคสสายตรงซึ่งต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-Glucocidic อย่างหนาแน่น น้ำและเอนไซม์จะเข้าทำปฏิกิริยาได้ยาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 ลักษณะโครงสร้างอมัยโลเพคตินที่ประกอบด้วยส่วนผลึก (1) และส่วนอสัณฐาน (2)
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2543)

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

2.1.4.1 คาร์โบไฮเดรท เป็นองค์ประกอบหลักในข้าวมีประมาณ 70-80% โดยน้ำหนัก แบ่งออกเป็นพวกที่ให้เส้นใย ได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) และลิกนิน (Lignin) ซึ่งพบมากในแกลบ และพวกที่เป็นแป้ง (Starch)

2.1.4.2 โปรตีน มีประมาณ 6.5-12% โดยน้ำหนักขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โปรตีนในข้าวได้แก่ Albumin Globulin Prolamin และ Glutelin (Ju, Hettiarachchy and Rath, 2001)

2.1.4.3 ไขมัน พบมากบริเวณรำและจมูกข้าว (Germ) ในข้าวเปลือกมีไขมันประกอบอยู่ประมาณ 3% ในข้าวกล้องมีไขมันประกอบอยู่ประมาณ 1.6-2.8% ส่วนในข้าวที่ผ่านการขัดสีแล้วจะเหลือไขมันอยู่ประมาณ 1%

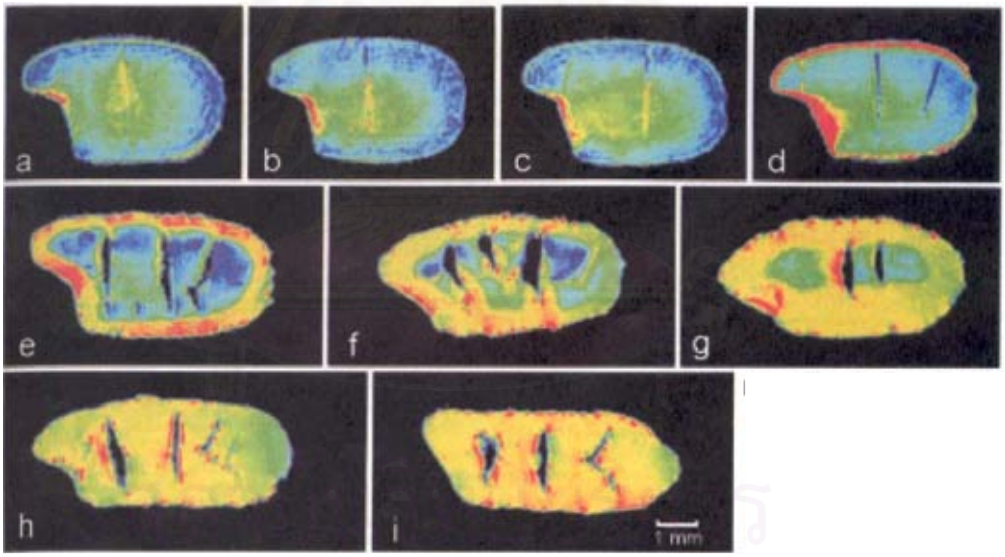
2.1.4.4 แร่ธาตุและวิตามิน พบมากในส่วนของแกลบ รำ และคัพภะ

2.1.5 การเปลี่ยนแปลงของข้าวขณะสุก

ข้าวสุกเกิดจากการเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบภายในเมล็ดข้าว ขณะหุงข้าวน้ำจะซึมเข้าไปในเม็ดแป้งของข้าวตรงส่วนอสัณฐาน สายของอมัยโลสและอมัยโลเพคตินจะ

คลายตัวออกและดูดน้ำเอาไว้ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพันธะไฮโดรเจนจะอ่อนแอลง น้ำจะสามารถซึมเข้าเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้น เม็ดแป้งจะพองตัวมากขึ้นและใสขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิแป้งสุกของข้าว พันธะต่างๆภายในเม็ดแป้งข้าวจะถูกทำลายและเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจนปฏิกิริยาไม่สามารถผันกลับได้ ข้าวจะเริ่มสุกจากผิวรอบนอกของเมล็ดข้าวก่อน แล้วค่อย ๆ เพิ่มชั้นความหนาของชั้นที่เกิดเจลาติไนเซชันหรือชั้นที่สุกขึ้นเรื่อยๆ ตามอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนจนข้าวสุกจนถึงแกนด้านใน (Core) ของเมล็ดข้าว

ในปีค.ศ.1999 Horigane และคณะได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวระหว่างการหุงโดยใช้ Nuclear Magnetic Resonance (NMR) และพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ข้าว ข้าวจะสามารถดูดน้ำไว้มากขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการหุงให้สูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน ข้าวจะเริ่มสุกโดยจะสุกจากบริเวณขอบนอกของเมล็ดก่อน และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหุงข้าวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ชั้นของข้าวที่เกิดเจลาติไนเซชันจะหนาขึ้นตามระยะเวลาที่ให้ความร้อน ดังในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ดข้าวพันธุ์โคชิฮิการิที่ผ่านการแช่และให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ วิเคราะห์โดยใช้ NMR Micro Images

(a) ข้าวที่ผ่านการแช่ 1 ชั่วโมง
(b) ข้าวที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 45°C
(c) อุณหภูมิ65 °C
(d) อุณหภูมิ85 °C
(e) อุณหภูมิ 95 °C
(f) อุณหภูมิ100 °C
(g) อุณหภูมิ100 °C เป็นเวลา 5 นาที
(h) อุณหภูมิ100 °C เป็นเวลา 10 นาที
(i) อุณหภูมิ100 °C เป็นเวลา 15 นาที

ที่มา: Horigane และคณะ (1999)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.6 การผลิตข้าวสำเร็จรูปในภาชนะปิดสนิท

ข้าวสำเร็จรูปนั้นมีลักษณะเป็นข้าวสวยที่พร้อมจะบริโภคได้ทันที ปัจจุบันมีการผลิตข้าวสำเร็จรูปในบรรจุภัณฑ์หลายชนิดเช่น กระป๋อง และบรรจุภัณฑ์ที่มีความยืดหยุ่น (Semi-rigid Package) ได้แก่ รีทอร์ตเพาช์ (Retort Pouch) และรีทอร์ตเทรย์ (Retort Tray) เป็นต้น ข้าวพร้อมบริโภคจัดเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low-Acid Food) โดยมีค่า pH ประมาณ 6.3-6.4 ในการฆ่าเชื้ออาหารประเภทนี้จึงต้องใช้อุณหภูมิและความดันสูงเพื่อทำลายเซลล์และสปอร์ของเชื้อ *Clostridium botulinum* เนื่องจากเป็นเชื้อที่สามารถสร้างสารพิษที่มีผลต่อระบบประสาท และเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ เชื้อชนิดนี้สามารถเจริญได้ในช่วง pH 4.6-9.0 ในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobe) (สุวิมล กีรติพิบูล, 2544) ซึ่งเป็นสภาวะเดียวกับที่ใช้บรรจุข้าวสำเร็จรูป

การผลิตข้าวสำเร็จรูปในภาชนะบรรจุปิดสนิทประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การแช่ข้าว (Soaking)
2. การทำให้ข้าวสุกบางส่วน (Pre-Cooking)
3. การฆ่าเชื้อ (Retorting)

2.1.6.1 การแช่ข้าว (Soaking) มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดข้าว น้ำจะซึมเข้าสู่เมล็ดข้าวโดยอาศัยหลักการแพร่ (Diffusion) เม็ดแป้งข้าวจะดูดน้ำไว้จนอิ่มตัว โดยมีความชื้นประมาณ 30-35% (Matz,1970) หากต้องการให้เมล็ดข้าวมีความชื้นเพิ่มขึ้นสามารถทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ใช้แช่ข้าวให้สูงขึ้น ข้าวที่ผ่านการแช่จะใช้ระยะเวลาในการหุงลดลง เนื่องจากน้ำที่ถูกดูดซึมไว้ในเม็ดแป้งพร้อมที่จะเกิดเจลาติไนเซชันทันทีเมื่อได้รับความร้อน นอกจากนี้ข้าวที่ผ่านการแช่จะมีการถ่ายเทความร้อนในขณะให้ความร้อนได้ดีกว่า และยังทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกดีขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นยังลดการสลายตัวบริเวณขอบนอกเมล็ดข้าวซึ่งจะละลายไปกับน้ำที่ใช้หุงด้วย

2.1.6.2 การทำให้ข้าวสุกบางส่วน (Pre-Cooking) มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดข้าวให้เพียงพอต่อการเกิดเจลาติไนเซชันอย่างทั่วถึงทั้งเมล็ด การทำให้สุกบางส่วนสามารถทำได้โดยลวกข้าวในน้ำเดือดหรือพ่นไอน้ำใส่ข้าวจนข้าวมีความชื้นเหมาะสมตามต้องการซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ข้าวที่มีปริมาณอมัยโลสสูงจะต้องการความชื้นในเมล็ดข้าวหลังทำให้สุกบางส่วนสูงกว่าข้าวที่มีปริมาณอมัยโลสต่ำ

2.1.6.3 การฆ่าเชื้อ (Retorting) เป็นขั้นตอนการฆ่าเชื้อและทำให้ข้าวสุก ข้าวจัดเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low-Acid Food, pH<4.6) การฆ่าเชื้อต้องใช้อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อกำจัดเชื้อ *Clostridium botulinum* รวมทั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย หลังจากนำข้าวที่ผ่านการแช่และทำให้สุกบางส่วนมาบรรจุในภาชนะและปิดผนึกแล้ว จึงนำข้าวไปฆ่าเชื้อพร้อมๆ กับทำให้สุกในรีทอร์ต

2.1.7 การคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation)

ขณะที่แป้งเกิดเจลาติไนเซชัน เม็ดแป้งจะพองตัวเต็มที่และแตกออก ทำให้โมเลกุลอมัยโลสและอมัยโลเพคตินกระจัดกระจายอย่างอิสระ เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงโมเลกุลของอมัยโลสที่อยู่ใกล้กันจะจับตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจน เกิดการเรียงตัวแบบร่างแหสามมิติที่แตกต่างไปจากเดิม ร่างแหสามมิตินี้สามารถอุ้มน้ำเอาไว้ได้และจะไม่ดูดน้ำเพิ่มเข้าไป มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียว คล้ายฟิล์มหรือผลึก เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงอีก ลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น เจลแป้งมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation) (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

การทำให้ข้าวสุกเป็นการทำให้เม็ดแป้งในข้าวเกิดเจลาติไนเซชัน แต่เมื่อเก็บข้าวเป็นระยะเวลาหนึ่ง ข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยข้าวจะมีเนื้อแข็งแน่นขึ้น เมล็ดข้าวเปราะ แตกหักง่าย ความเหนียวลดลงและร่วน เนื่องจากเกิดการคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation) นั่นเอง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกได้แก่

1. อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิต่ำ การเคลื่อนที่ของอนุภาคต่างๆ ในสารละลายแป้งจะช้าลง ทำให้สายอมัยโลสสามารถเข้าใกล้กันและจับตัวกันง่ายขึ้น เมื่อทดสอบการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกของ Waxy Rice Starch Gel ที่เก็บไว้เป็นเวลา 3 วันที่อุณหภูมิห้องเปรียบเทียบกับเก็บไว้ในตู้เย็นโดยใช้ Differential Scanning Calorimeter พบว่า ค่าเอนทาลปีของข้าวที่วิเคราะห์ได้เป็น 0.38 Cal/g และ 0.53 Cal/g ตามลำดับ (Kim, Kim and Shin, 1997)

2. ชนิดของแป้ง แป้งที่มีอมัยโลสสูงจะเกิดการคืนตัวของแป้งสุกได้มากและเร็วกว่าแป้งที่มีอมัยโลสต่ำ เนื่องจากอมัยโลสมีบทบาทสำคัญในการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก แป้งข้าวเหนียวมีอัตราการคืนตัวของแป้งสุกต่ำเนื่องจากเป็นแป้งที่ไม่มีอมัยโลส จากการทดลองศึกษาการคืนตัวของแป้งสุกด้วยวิธี α-Amylase-Iodine Method ของ Waxy Rice Starch Gel เปรียบเทียบกับ Nonwaxy Rice Starch Gel ที่ผ่านการเก็บไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 1 วันพบว่า Waxy Rice Starch Gel มีค่า Degree of Retrogradation (DR) เท่ากับ 3.6% ขณะที่ Nonwaxy Rice Starch Gel มีค่า Degree of Retrogradation (DR) เท่ากับ 14.9 % (Kim, Kim and Shin, 1997)

3. ขนาดของโมเลกุลอมัยโลส การคืนตัวของแป้งสุกจะเกิดได้ดีในแป้งที่มีอมัยโลสขนาด Degree of Polymerization (DP) =100-200 และอัตราการคืนตัวของแป้งสุกจะลดลงเมื่อโมเลกุลอมัยโลสมีสายยาวหรือสั้นกว่านี้

4. ความเข้มข้นของแป้ง แป้งที่มีความเข้มข้น 50-60% จะเกิดการคืนตัวของแป้งสุกได้ดีที่สุด จากการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกของ Nonwaxy Rice Starch Gel ซึ่งมีความเข้มข้นสารละลายแป้งเป็น 10% และ 50% ที่ผ่านการเก็บไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 3 วัน ด้วยวิธี α-

Amylase-Iodine Method พบว่ามีค่า Degree of Retrogradation ประมาณ 18% และ 45% ตามลำดับ (Kim, Kim and Shin, 1997)

5. ปริมาณน้ำ น้ำในสารละลายทำหน้าที่เป็น Plasticizer ถ้าในสารละลายแป้งมีน้ำมากกว่า 90% จะเกิดการคืนตัวของแป้งสุกลดลง

6. องค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่แป้ง ได้แก่ น้ำตาล ไขมัน น้ำตาลเป็นตัว Anti-Plasticizer ทำให้โมเลกุลอมัยโลสมีความคล่องตัวน้อยลง จึงเกิดการคืนตัวของแป้งสุกได้ช้าลง ส่วนไขมันสามารถจับตัวกับอมัยโลสเกิดเป็นสารประกอบของไขมันและอมัยโลส (Amylose-Lipid Complex) ทำให้สายของอมัยโลสมีขนาดใหญ่ขึ้น การจัดเรียงตัวกันใหม่จึงทำได้ยากขึ้น นอกจากนี้ยังมีเกลือต่างๆ ที่สามารถชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก ได้แก่ Mono Valent Anion และ Cation Calcium Nitrate และ Urea (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

7. ค่าความเป็นกรด-ด่าง แป้งเกิดการคืนตัวของแป้งสุกได้ดีที่สุดที่ pH 5-7

การวิเคราะห์การเกิดการคืนตัวของแป้งสุก

1. X-ray Diffraction Analysis การคืนตัวของแป้งสุกเกิดจากการ Recrystallization ของโมเลกุลแป้ง ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วจะให้ Pattern ของแป้งเป็นแบบ B-type (Hibi, Kitamuru และ Kage, 1990)

2. Thermal Method แป้งที่เกิดเจลาติไนเซชันอย่างสมบูรณ์แล้วจะไม่มีโครงสร้างที่เป็นผลึกเหลืออยู่ หลังจากนั้นหากโมเลกุลแป้งมีการกลับมาจับตัวกันใหม่หรือเกิดการคืนตัวของแป้งสุกขึ้นจะเกิดโครงสร้างที่เป็นผลึกขึ้นอีกครั้ง การสลายโครงสร้างที่เป็นผลึกในแป้งนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานจำนวนหนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถวัดการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกได้โดยดูจากพลังงานที่ให้กับแป้งในการสลายผลึก โดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimeter หรือ DSC ซึ่งสามารถติดตามวัดพลังงาน (Endotherm) ที่แป้งใช้ได้

3. Rheological Properties เช่นการวัด Viscoelastic Measurement เป็นการดูค่าความหนืดของแป้งที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งหลังจากเกิดการคืนตัวของแป้งสุกความหนืดของแป้งจะมีค่าเพิ่มขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

4. Enzymatic Digestion โดยใช้เอนไซม์ α -Amylase ย่อยแป้งจากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลาย Iodine และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เกิดขึ้นโดยใช้ Spectrophotometer ที่ 625 nm. (Kim, Kim and Shin, 1997)

2.1.8 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุก

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวสุกบางครั้งมีลักษณะนุ่มเหนียว แต่บางครั้งมีลักษณะแข็งร่วนมีสาเหตุมาจาก

2.1.8.1 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ สภาวะการทำแห้ง (Drying Condition) ความชื้นสุดท้ายของข้าวสารหรือข้าวเปลือก (Final Moisture Content : FMC) และระดับการขัดสี (Degree of Milling: DOM) โดยพบว่าสภาวะการทำแห้งและความชื้นสุดท้ายของข้าวสารหรือข้าวเปลือกมีผลต่อค่า Cohesiveness ของข้าวสุก ข้าวที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำหรือทำแห้งจนมีความชื้นสุดท้าย 15% จะมีค่า Cohesiveness น้อยกว่าข้าวที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงหรือทำแห้งจนมีความชื้นสุดท้าย 12% ทั้งนี้เป็นเพราะการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูงหรือทำแห้งจนมีความชื้นสุดท้ายต่ำๆ นั้น ทำให้ผิวเมล็ดข้าวแตกเป็นรอยที่มีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ (Fissure) เกิดขึ้นมากกว่าการทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิต่ำหรือเหลือความชื้นสุดท้ายสูงกว่า ขณะหุงน้ำจะซึมเข้าไปในข้าวตรงส่วนที่เป็นรอยแตกเหล่านี้และสารต่างๆ ในข้าวจะซึมออกจากเมล็ดข้าวได้มากกว่า ข้าวสุกที่ได้จึงมีค่า Cohesiveness สูงกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวที่ผ่านการขัดสีเมล็ดแบบลึก เมื่อนำมาหุงสุกจะให้ค่า Hardness น้อยกว่าข้าวที่ผ่านการขัดสีแบบธรรมดา เนื่องจากข้าวที่ผ่านการขัดสีแบบลึกจะเสียองค์ประกอบของเมล็ดข้าวที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวสุกได้แก่โปรตีนและอมัยโลส ไปมากกว่า ทำให้ข้าวสุกที่ได้มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่นิ่มกว่า (Champagne และคณะ, 1998)

2.1.8.2 อายุของข้าวสาร ผนังเซลล์ของข้าวสารที่มีอายุมากหรือข้าวสารเก่า จะมีความแข็งแรงมากกว่าผนังเซลล์ของข้าวสารที่มีอายุน้อยหรือข้าวสารใหม่ ในปีค.ศ.1959 Deshachar และ Subrahmanyam ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการขยายตัวของข้าวขณะหุงโดยวัดความยาวของตัวอย่างข้าวที่มีอายุ 1 เดือนและ 1 ปีเปรียบเทียบกัน และพบว่าข้าวสารเก่าหรือข้าวที่มีอายุ 1 ปีมีอัตราการขยายตัวตามแนวยาวของเมล็ดข้าวมากกว่าข้าวสารใหม่หรือข้าวที่มีอายุ 1 เดือน และยังได้ทำการศึกษาภาพตัดขวางของข้าวขณะหุงพบว่าผนังเซลล์ของข้าวสุกจากข้าวสารใหม่จะแตกออก ทำให้องค์ประกอบต่างๆ ในข้าวไหลออกจากเมล็ดข้าว ในขณะที่ข้าวสุกที่ได้จากข้าวสารเก่าผนังเซลลล์ส่วนใหญ่ยังคงโครงสร้างของเซลล์ไว้ได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวสุก เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อหุงข้าวสารเก่าจะได้ข้าวสุกที่ขึ้นหม้อ แต่ถ้าหุงข้าวสารใหม่จะได้ข้าวที่ค่อนข้างมีความเหนียวติดกัน (Stickiness) และไม่ขึ้นหม้อ ในปีค.ศ. 1976 Villareal และคณะ ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวในระหว่างการเก็บ พบว่าเมื่อเก็บข้าวเป็นระยะเวลานานขึ้นอมัยโลสและกรดไขมันในข้าวจะจับตัวกันเป็นสารประกอบขึ้น ทำให้เม็ดแป้งพองตัวในน้ำลดลง และกรดไขมันไม่อิ่มตัวในแป้งเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดสารประกอบคาร์บอนิล ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับโปรตีน ทำให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง ส่งผลให้ข้าวสารเก่าใช้ระยะเวลาในการหุงนานขึ้น

2.1.8.3 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว มีผลต่อคุณภาพของข้าวสุกทั้งคุณภาพการหุง (Cooking quality) และคุณภาพการบริโภค (Eating Quality) องค์ประกอบที่มีผลมาก ได้แก่ โปรตีน และอมัยโลส พบว่าข้าวที่มีโปรตีนสูงจะมีอัตราการดูดน้ำ (Water Absorption Ratio) ต่ำกว่าและต้องใช้เวลาในการหุงมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ (Juliano, 1965) เนื่องจากโปรตีนโดยเฉพาะโปรตีนที่ติดอยู่กับเม็ดแป้ง (Starch Granule Associated Protein: SGAP) จะจัดเรียงตัวอยู่รวมกับเม็ดแป้งทำให้เม็ดแป้งมีความแข็งแรง หากโปรตีนชนิดนี้มีน้อยหรือถูกทำลายลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำและเกิดเจลาติไนเซชันได้ง่ายขึ้น (Hamaker, Griffin และ Moldenhauer, 1991) โปรตีนมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวมากกว่าลักษณะด้านสีและกลิ่น ข้าวที่มีโปรตีนมากจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งและหยาบ ส่วนข้าวที่มีโปรตีนต่ำ ข้าวจะนุ่มและมีความเหนียวเพิ่มขึ้น (Hamaker, 1994) ส่วนปริมาณอมัยโลสในข้าวนั้นมีผลต่อความแข็งของข้าว ข้าวที่มีปริมาณอมัยโลสสูงต้องการน้ำในการหุงมากกว่าข้าวที่มีปริมาณอมัยโลสต่ำเพื่อให้ได้ข้าวสุกที่มีความนุ่มเท่าๆ กัน (Juliano และ Perez, 1983) และข้าวที่มีปริมาณอมัยโลสสูงเมื่อนำมาหุงจะได้ข้าวสุกที่เนื้อแข็งร่วน ส่วนข้าวที่มีปริมาณอมัยโลสต่ำจะได้ข้าวสุกที่นุ่มและเหนียวติดกัน (Juliano, 1965)

2.1.8.4 การใช้สารเคมีเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้าวสุก สารเคมีที่ใช้มีหลายชนิดขึ้นกับจุดประสงค์ของการใช้ เช่น การใช้ Propylene Oxide, Epichlohydrin, ไขมัน และสารประกอบฟอสเฟต เพื่อลดหรือชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก ในปีค.ศ. 1993 Yook, Pek และ Park พบว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการ Hydroxypropylation ด้วย Propylene Oxide ความเข้มข้น 10% และข้าวที่ผ่านกระบวนการ Cross-linking ด้วย Epichlorohydrin ความเข้มข้น 0.25% เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter จะมีค่าเอนทาลปีเท่ากับ 1.65 Cal/g และ 1.72 Cal/g ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าข้าวไม่การใช้ Propylene Oxide และ Epichlorohydrin ซึ่งมีค่าเอนทาลปีเท่ากับ 2.45 Cal/g

ในปีค.ศ.1990 Hibi, Kitamuru และ Kage ได้ทำการทดลองโดยปรับเปลี่ยนปริมาณไขมันในข้าว นำข้าวไปหุงให้สุก แล้วนำมาทำให้เกิดการคืนตัวของแป้งสุกโดยเก็บข้าวสุกไว้ที่อุณหภูมิ 5°C จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วย X-ray Diffraction Pattern พบว่าข้าวที่ผ่านการเติมไขมัน (Fatted Rice)จะปรากฏ Pattern แบบ B-type Pattern ซึ่งเป็น Pattern ที่เกิดจาก Crystalline Structure ช้ากว่าตัวอย่างข้าวที่ไม่มีการเติมไขมัน (Native Rice) และข้าวที่มีการสกัดเอาไขมันออก (Defatted Rice) ทั้งนี้เนื่องจากไขมันที่เติมลงไปจะไปจับตัวกับอมัยโลสเกิดเป็นสารประกอบของไขมันและอมัยโลส (Amylose-Lipid Complex) ขึ้นทำให้สายอมัยโลสมีขนาดใหญ่ขึ้น การจัดเรียงตัวกันใหม่จึงทำได้ยากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการคืนตัวของแป้งสุกได้ยากขึ้น

ในปีค.ศ.1984 Kim และ Kim ศึกษาผลของสารประกอบฟอสเฟตต่ออัตราการแข็งตัวของข้าว โดยเติมสารประกอบฟอสเฟตลงในน้ำที่ใช้หุงข้าว จากนั้นเก็บข้าวไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วนำมาวัดค่า Hardness ของข้าว พบว่าตัวอย่างที่มีการเติมสารประกอบฟอสเฟตมีอัตราการแข็งตัวของข้าวช้า

กว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารประกอบฟอสเฟต 1.4-1.6 เท่า เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตกีดขวางการจับตัวกันใหม่ของโมเลกุลอมัยโลส ทำให้การเกิดการคืนตัวของแป้งสุกเกิดได้ช้าลง

ในปีค.ศ.1960 Ferrel, Kester และ Pence ทำการศึกษาการใช้ Emulsifier และ Emulsified Oil ซึ่งประกอบด้วย Emulsifier ผสมกับน้ำมันพืช ในการลดการเกาะติดกันของข้าวกระป๋อง พบว่าข้าวที่มีการใช้ Emulsifier และ Emulsified Oil มีค่า Separation Index เท่ากับ 47% และ 77% ตามลำดับ ขณะที่ข้าวที่ไม่มีการใช้ Emulsifier และ Emulsified Oil มีค่า Separation Index เท่ากับ 19% ทั้งนี้เนื่องจากไขมันที่เติมลงไปจะไปเคลือบอยู่ตรงผิวของเมล็ดข้าวและจับตัวกับอมัยโลสเกิดเป็นสารประกอบของไขมันและอมัยโลส (Amylose-Lipid Complex) ขึ้นทำให้สายอมัยโลสมีขนาดใหญ่ขึ้น การจัดเรียงตัวกันใหม่ตรงบริเวณผิวของเมล็ดข้าวจึงทำได้ยากขึ้น ข้าวจึงไม่เกาะติดกัน

2.2 รีทอร์ตเพาช์ (วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ์, 2544)

รีทอร์ตเพาช์ เป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว (Flexible Package) ประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด เช่น พลาสติก อลูมิเนียม และวัสดุเชื่อมประสานตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป มีน้ำหนักเบา ใช้สำหรับบรรจุอาหารและสามารถทนความร้อนและความดันในระหว่างการฆ่าเชื้อได้เช่นเดียวกับกระป๋องและขวดแก้ว อีกทั้งยังสามารถเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้นานตั้งแต่ 6 เดือนจนถึง 2 ปี

ในปี 1950 ได้มีการพัฒนารีทอร์ตเพาช์เพื่อใช้ในกองทัพสหรัฐอเมริกา โดย The US Army Natick Research and Development Center ได้พัฒนาการใช้รีทอร์ตเพาช์ในการบรรจุอาหาร เพื่อใช้ในโครงการอวกาศอพอลโลและเป็นอาหารเสบียงของทหาร แต่ในเชิงการค้ายังไม่เป็นที่แพร่หลาย ซึ่งตรงกันข้ามกับในประเทศญี่ปุ่นที่ได้รับความนิยมแพร่หลายเป็นอย่างมาก จนกระทั่งประเทศญี่ปุ่นเป็นผู้ผลิตอาหารในรีทอร์ตเพาช์รายใหญ่ที่สุดของโลก อัตราการผลิตต่อปีบางปีมีปริมาณมากถึง 500 ล้านถุง ซึ่งอาหารส่วนใหญ่เป็นอาหารประเภทแกงกะหรี่ญี่ปุ่น สตูว์เนื้อและผัก ซุป ข้าว ข้าวต้ม อาหารทะเลสุก และซอสต่างๆ สำหรับประเทศเกาหลี ไต้หวัน และประเทศไทย อาหารที่บรรจุในรีทอร์ตเพาช์ก็กำลังเป็นที่นิยมแพร่หลายกันมากขึ้น โดยมีการนำเข้าวัสดุและเทคโนโลยีส่วนใหญ่จากประเทศญี่ปุ่น

2.2.1 ข้อดีของการใช้รีทอร์ตเพาช์ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร

1) ข้อดีของการใช้รีทอร์ตเพาช์ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารที่มีต่อของผู้ผลิต

ก) ประหยัดพลังงาน ซองบางจึงถ่ายเทความร้อนสู่อาหารได้ดีกว่า ทำให้ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อสั้นกว่า

ข) น้ำหนักเบา ประหยัดพื้นที่ บรรจุภัณฑ์เปล่าสามารถประหยัดพื้นที่ในการเก็บและขนส่งได้มากกว่ากระป๋องขนาด 8 ออนซ์ถึง 12 เท่า

ค) การเปลี่ยนขนาดบรรจุสามารถทำได้ง่าย

ง) การพิมพ์ฉลาก สามารถพิมพ์ฉลากบนตัวซองลามิเนได้โดยตรง และสามารถพิมพ์ลวดลายที่ดึงดูดผู้บริโภคได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์แบบอื่น เช่นขวดแก้ว หรือกระป๋อง

จ) การกระจายสินค้า ประหยัดพื้นที่ในการขนส่ง ทำให้ขนส่งได้คราวละมาก ๆ

2) ข้อดีของการใช้รีทอร์ตเพาช์ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารที่มีต่อผู้บริโภค

ก) สะดวกในการใช้ กล่าวคือซองสามารถฉีกได้ง่าย สะดวกในการนำอาหารออกมารับประทาน และการอุ่นอาหารทำได้ง่ายโดยการแช่ซองรีทอร์ตเพาช์ในน้ำเดือด 3 นาที

ข) คุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพของอาหาร เนื่องจากใช้เวลาในการฆ่าเชื้อน้อย จึงมีการสูญเสียสารอาหารน้อย และมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อย

3) ข้อดีของการใช้รีทอร์ตเพาช์ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสภาพแวดล้อม ขยะจากซองรีทอร์ตเพาช์มีปริมาณน้อยกว่าและสามารถกำจัด หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ในรูปแบบอื่นได้ง่ายกว่าขยะที่ได้จากวัสดุชนิดอื่น เช่น แก้วและกระป๋อง

2.2.2 คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ทำรีทอร์ตเพาช์

1) ได้รับการอนุมัติให้ใช้สัมผัสกับอาหารได้

2) ป้องกันก๊าซออกซิเจน และไอน้ำได้

3) ป้องกันไขมัน น้ำมัน และส่วนประกอบต่างๆ ของอาหารซึมผ่านได้

4) ทนต่ออุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อได้

5) ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดี และมีช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการปิดผนึกกว้าง

6) มีความแข็งแรงทางกายภาพ ไม่แตกทะลุหรือฉีกขาดง่าย

7) สามารถใช้กับเครื่องขึ้นรูปและเครื่องบรรจุอัตโนมัติได้

8) สามารถพิมพ์ลวดลายและข้อความต่างๆ ได้ง่าย ชัดเจนและทนทาน

2.2.3 ตัวอย่างและคุณสมบัติของพลาสติกที่ใช้ทำรีทอร์ตเพาช์

- โพลีสไตรีน (Polystyrene)

พลาสติกชนิดนี้ทนแรงกระทบกระแทกได้ดี มักจะมีส่วนผสมของ Butadiene/Styrene หรือ Polybutadiene Rubber ที่นำมาใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร แต่ไม่ทนความร้อนและไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้

- ไฮเดนซิตีโพลีเอทธีลีน (Hydensity Polyethylene, HDPE)

พลาสติกชนิดนี้มีความคงรูปมากกว่า สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและอากาศได้ดีกว่าโลเดนซิตีโพลีเอทธีลีน (Low Density Polyethylene, LDPE)

- โพลีโพไพลีน (Polypropylene)

มีอุณหภูมิจุดอ่อนตัวสูง (High Softening Point) ที่อุณหภูมิ 140°-150°C จึงเหมาะสำหรับการใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อแบบ Sterilization ที่อุณหภูมิสูงกว่า 120°C แต่คุณสมบัติด้านการซึมผ่านของออกซิเจนนั้นคล้ายกับ HDPE คือสามารถป้องกันอากาศซึมผ่านได้แต่ไม่ดีนัก

- โพลีเอทธีลีนเธอเรฟทาเรท (Polyethylene Terephthalate, PET)

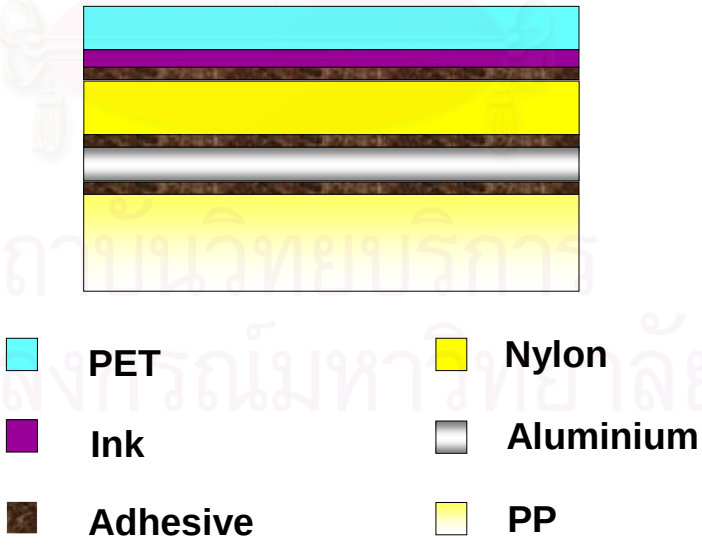
เป็นพลาสติกที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายสำหรับบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับอาหารและเครื่องดื่มประเภทต่างๆ เช่น น้ำอัดลม เบียร์ มีคุณสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซที่ดีและเมื่อถูกเคลือบแล้วจะมีคุณสมบัติในด้านนี้ดียิ่งขึ้น สามารถใช้พลาสติกชนิดนี้กับการบรรจุอาหารที่ร้อนและนำไปฆ่าเชื่อที่อุณหภูมิ 121°C ได้โดยไม่เสียรูป

ส่วนพลาสติกที่มีคุณสมบัติเป็นตัวป้องกันความชื้นและการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (Barrier Materials) ที่นำมาใช้เคลือบกับพลาสติกชนิดนี้ ได้แก่ โพลีไวนิลิดีนคลอไรด์ (Polyvinylidene Chloride, PVDC) หรือใช้ร่วมกันกับเอทธีลีนไวนิลแอลกอฮอล์ (Ethylene Vinyl Alcohol, EVOH) โดยวิธีการรีดร่วม PVDC และ EVOH จะเพิ่มคุณสมบัติการป้องกันความชื้นและอากาศได้เป็นอย่างดี

จะเห็นว่าพลาสติกชนิดเดียวจะมีคุณสมบัติไม่ครบถ้วนที่จะใช้เป็นวัสดุในการทำรีทอร์ตเพาช์ซึ่งใช้บรรจุอาหารที่ต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบสเตอริไลซ์ (Sterilization) หรือแบบพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) และหลังจากการฆ่าเชื้อแล้ว จะต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นและออกซิเจนซึมผ่าน ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้พลาสติกหลายชนิดร่วมกัน โดยคำนึงถึงราคา ความสามารถในการขึ้นรูป ทนความร้อน และมีคุณสมบัติเกี่ยวกับการเป็นตัวขัดขวางความชื้นและอากาศ โดยทั่วไปจะนำแผ่นฟิล์มที่มีคุณสมบัติเหล่านี้มาเชื่อมประสานหรือรีดร่วมกัน (Lamination หรือ Coextrusion) จนได้เป็นฟิล์มพลาสติกลามิเนตที่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุในการผลิตรีทอร์ตเพาช์ได้

รีทอร์ตเพาช์นั้นมีหลายรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นซองสี่เหลี่ยมแบบปิดผนึกทั้ง 4 ด้าน มีความหนาของตะเข็บ 3/8 นิ้วขึ้นไป หรือเป็นแบบมีส่วนขยายที่ก้นถุง (Gusset) เพื่อให้เป็นซองที่ตั้งได้ (Standing Pouch) ซองส่วนใหญ่มี 4 ชั้น คือ ชั้นนอกเป็นโพลีเอสเตอร์ (Polyester) มีความหนาประมาณ 12 ไมครอน ชั้นที่ 2 เป็นไนลอน (Nylon) มีความหนาประมาณ 15-25 ไมครอน ชั้นที่ 3 เป็นอลูมินัมฟอยล์ (Aluminum Foil) มีความหนาประมาณ 7-9 ไมครอน และชั้นในสุดเป็นโพลีโพไพลีน (Polypropylene) มีความหนาประมาณ 70-100 ไมครอน ซึ่งภาพจำลองวัสดุที่ใช้ทำรีทอร์เพาช์แสดงดังรูปที่ 2.10 ในบางกรณีซองรีทอร์ตเพาช์จะมีลักษณะใส เพื่อให้ผู้บริโภคเห็นผลิตภัณฑ์ภายในซอง ซองประเภทนี้จะใช้วัสดุอื่นแทนอลูมินัมฟอยล์ ได้แก่ ไนลอน (Nylon) หรือใช้โพลีไวนิลิดีน-คลอไรด์ (Polyvinylidene Chloride, PVDC) รีดรวมกับ (Ethylene Vinyl Alcohol, EVOH) เพื่อให้สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและความชื้น แต่ไม่สามารถป้องกันได้ดีเท่ากับอลูมินัมฟอยล์ ดังนั้นอายุการเก็บอาหารในซองประเภทนี้จึงน้อยกว่าซองที่ใช้อลูมินัมฟอยล์

รูปที่ 2.9 ผลิตภัณฑ์อาหารในรีทอร์ตเพาช์รูปแบบต่าง ๆ



รูปที่ 2.10 ภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างฟิล์ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.4 การบรรจุและการปิดผนึก (Filling and Sealing) (วราทิพย์, 2544)

การบรรจุและการปิดผนึก จัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการผลิต เนื่องจากปริมาณและความหนาของผลิตภัณฑ์ในถุงรีทอร์ตเพาช์ จะมีผลต่อการให้ความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อ นอกจากนั้นบริเวณรอยปิดผนึกต้องสะอาดไม่มีอาหารปนเปื้อน เพราะจะทำให้การปิดผนึกไม่สนิทแน่น โดยทั่วไปในระดับอุตสาหกรรมการบรรจุและปิดผนึกมักใช้เครื่องอัตโนมัติซึ่งส่วนใหญ่จะทำงานด้วยอัตราเร็ว 30-60 ถุงต่อนาที ที่ขนาดบรรจุประมาณ 180 กรัมต่อถุง

หลังจากที่บรรจุอาหารใส่ถุงแล้ว จำเป็นต้องไล่อากาศออกจากถุง เนื่องจากถ้ามีอากาศอยู่ในถุงจำนวนมาก การกระจายความร้อนจะไม่ดี การฆ่าเชื้อจะไม่สมบูรณ์และยังมีผลทำให้ถุงแตกได้ในระหว่างการฆ่าเชื้อ นอกจากนั้นออกซิเจนที่ค้างอยู่ในถุงยังเป็นสาเหตุของการเกิด Oxidation ของอาหารด้วยทำให้อาหารเสื่อมสภาพ จึงควรไล่อากาศก่อนโดยการพ่นไอน้ำหรือบรรจุขณะร้อนหรือบรรจุแบบสุญญากาศ

การปิดผนึกเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง เพราะจะทำให้เกิดการปนเปื้อนขึ้นได้อีกครั้งซึ่งเกิดจากรอยปิดผนึกไม่สนิทถึงแม้ว่าการฆ่าเชื้อจะสมบูรณ์ก็ตาม โดยทั่วไปเครื่องปิดผนึกมักจะใช้แบบแผ่นร้อน (Hot Plates) แต่ระบบการปิดผนึกแบบ Impulse Sealing จะเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงมีจังหวะการทำงานแบบร้อนและเย็นสลับกัน คือ ขณะปิดผนึกจะใช้ความร้อนทำให้ชั้นพลาสติกหลอมติดกันแล้วจะมีระบบทำให้เย็นติดตั้งอยู่ด้วยเพื่อป้องกันการเกิดความร้อนสูงเกินไป ทำให้ควบคุมอุณหภูมิขณะปิดผนึกได้

2.2.5 การตรวจสอบความสมบูรณ์ของการปิดผนึกถุงรีทอร์ตเพาช์ (รวมวดี เลขะกุล, 2544)

การใช้ถุงรีทอร์ตเพาช์ บรรจุอาหารจะต้องมีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของการปิดผนึกโดยคุณภาพในการปิดผนึกขึ้นอยู่กับ

1. อุณหภูมิของผิววัสดุที่ใช้ในการปิดผนึก
2. แรงดันที่ใช้ในการปิดผนึก
3. ระยะเวลาในการปิดผนึก
4. ความสามารถในการหลอมรวมกันของวัสดุที่ใช้ทำรีทอร์ตเพาช์
5. การปนเปื้อนตรงบริเวณรอยปิดผนึก
6. สภาพทางกายภาพของผิวที่ใช้ในการปิดผนึก

การตรวจสอบความสมบูรณ์ของการปิดผนึกถุงรีทอร์ตเพาช์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) สังเกตลักษณะทั่วไปภายนอก ได้แก่

ก) สังเกตฉลากบนบรรจุภัณฑ์

ข) การตรวจขอบของรอยผนึกแต่ละด้าน ต้องไม่มีร่องรอยของผลิตภัณฑ์ เช่น ซอส หรือน้ำมัน อยู่บริเวณรอยผนึก

ค) วัดความกว้างของรอยผนึก โดยทั่วไปรอยผนึกต้องมีความกว้างไม่ต่ำกว่า 3 มิลลิเมตร

ง) ตรวจรอยผนึก รีทอร์ตเพาช์ที่ปิดผนึกแล้วต้องทนต่อแรงดัน 35 Psig ได้นาน 30 วินาที และรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วต้องทนต่อแรงดัน 20 psig ได้นาน 30 วินาที เนื่องจากหลังการฆ่าเชื้อในรีทอร์ตแล้วความแข็งแรงของรอยผนึกจะลดลงประมาณ 30% จากนั้นสังเกตบริเวณรอยผนึกว่ามีรอยรั่วหรือรอยผนึกลอกร่อนออกจากกัน (Delaminate) หรือไม่

2) การตรวจสอบความสมบูรณ์ของการปิดผนึก (Seal Integrity)

โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

ก) การทดสอบความแข็งแรงของรอยผนึก (Seam Strength)

โดยใช้เครื่องต้านแรงดึง (Tensile Test) การทดสอบเริ่มจากเก็บชิ้นตัวอย่างที่ต้องการทดสอบควรไว้ที่อุณหภูมิ 23$\pm$2°C (73.4$\pm$3.6°F) และความชื้นสัมพัทธ์ 50$\pm$5% ที่ความดันบรรยากาศอย่างน้อย 40 ชั่วโมง นำชิ้นงานขนาดกว้าง 25.4 mm.(1นิ้ว) และยาว 75 mm. (3นิ้ว) มาใส่ในตัวยึดที่มีระยะห่างระหว่างปลายทั้งสองด้านอยู่ในช่วง 25-50 mm. (1-2นิ้ว) และรอยผนึกที่ต้องการทดสอบต้องตั้งฉากกับแนวที่จะดึง อัตราเร็วของการดึงอยู่ระหว่าง 250-300 mm./min. (10-12 นิ้ว/นาที) ค่า Tensile มีหน่วยเป็น kg/25.4 mm.หรือ Pound/inch ทำการทดลอง 3 ครั้งโดยใช้ตัวอย่างที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของ Seal Strength ซึ่งโดยปกติมีค่า 5.5 kg/25.4 mm.หรือ 12 ปอนด์/นิ้ว) ก่อนผ่านการฆ่าเชื้อและจะลดลงประมาณ 20% หลังผ่านการฆ่าเชื้อแบบสเตอร์ไรซ์ (Sterilization)

ข) การทดสอบความต้านแรงดันทะลุภายใน (Internal Bursting)

โดยการบรรจุน้ำเปล่าลงในถุงปิดผนึกแล้วกดด้วยแรงไฮดรอลิก ถุงต้องสามารถรับแรงกดได้ 7.5 กก. สำหรับความยาวของรอยผนึก 15 มม. เป็น 15 วินาที

ค) การทดสอบความแข็งแรงต่อการใช้งาน (Performance) ประกอบด้วย

- การทดสอบการสั่นสะเทือน (Vibration Test) ที่ความถี่ 5.8-7.9 เฮิรตซ์
- การทดสอบการตกกระแทก (Drop Test) ที่ความสูง 45.7 ซม. เมื่อทดสอบการสั่นสะเทือนและการตกกระแทกแล้วให้ตรวจสอบด้วยสายตาว่ารอยผนึกและผิวของถุงผิดปกติหรือไม่ นำเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 14 วัน เพื่อตรวจสอบว่าเกิดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่อาจปนเปื้อนเข้าไปตามรอยผนึกที่ปริแตกจากการทดสอบหรือไม่ และมีการรั่วซึมเกิดขึ้นหรือไม่ โดยสังเกตจากกลิ่นเน่าเสียหรือเกิดก๊าซที่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ หากมีสิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นแสดงว่าถุงไม่เหมาะกับการใช้งาน

ง) การทดสอบด้วยสีย้อม (Dye Test)

การใช้สีย้อมทดสอบรอยผนึกสามารถบ่งบอกตำแหน่งที่มีการปิดผนึกไม่สนิทได้ สามารถทำได้โดยเปิดซอง แล้วฉีดสีย้อม ซึ่งประกอบ IPA ผสมกับ Rhodamine B โดยใช้หลอดฉีดยาฉีดตามแนวรอยผนึกด้านใน ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง แล้วสังเกตภายนอกซองด้วยแสง UV จะเห็นแสงสะท้อนของสีย้อม

ที่รั่วซึมออกมา ปัญหาสำหรับการทดสอบโดยใช้สีย้อมคือสารละลายที่ใช้ละลายสีย้อม อาจกัดเนื้อของพลาสติกทำให้ได้ผลที่ผิดพลาดได้ แต่การทดสอบสามารถยืนยันผลด้วยการทดสอบอื่นๆ เช่น การทดสอบโดยการบ่ม

จ) การทดสอบโดยการบ่ม (Incubation Test)

เก็บผลิตภัณฑ์หลังจากฆ่าเชื้อในรีทอร์ตไปบ่มไว้ในสภาวะที่จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียสามารถเจริญเติบโตได้ เช่นที่อุณหภูมิ 37°C เนื่องจากไม่สามารถที่จะตรวจผลจุลินทรีย์จากผลิตภัณฑ์ทั้งหมด จึงควรเก็บผลิตภัณฑ์หลังจากฆ่าเชื้อไว้ 10-14 วัน ก่อนวางจำหน่าย เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่บอกถึงการรั่วของถุงรีทอร์ตเพาช์ เช่นการบวม การเกิดกลิ่นผิดปกติหรือการเน่าเสียก่อนการขนส่ง

2.3 **รีทอร์ต** (ธนะบูลย์ สัจจาอนันตกุล, 2544)

เครื่องฆ่าเชื้อ จัดเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการผลิตอาหารที่บรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิทโดยเฉพาะอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH<4.6) ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้จะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีมาตรฐาน มีการควบคุม อุณหภูมิ เวลา และความดันที่ถูกต้องตามกำหนด เพื่อให้อาหารที่ได้มีทั้งคุณภาพและความปลอดภัย เนื่องจากรีทอร์ตเพาช์ เป็นภาชนะบรรจุที่มีความบอบบางมากกว่ากระป๋องและขวดแก้ว ดังนั้นเครื่องฆ่าเชื้อหรือรีทอร์ต (Retort) ที่ใช้กับรีทอร์ตเพาช์จำต้องมีคุณลักษณะและความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิและความดันได้เป็นอย่างดี เพื่อป้องกันการแตกปริของรีทอร์ตเพาช์ รวมทั้งไม่มีส่วนที่จะทำให้เกิดการขูดขีดหรือทำให้รีทอร์ตเพาช์เกิดฉีกขาดขึ้นระหว่างการฆ่าเชื้อ

รีทอร์ตที่ใช้กับรีทอร์ตเพาช์สามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

1. การแบ่งตามลักษณะการจัดวางตัว คือวางรีทอร์ตเพาช์ในแนวตั้ง (Vertical Retort) และวางรีทอร์ตเพาช์ในแนวนอน (Horizontal Retort) เครื่องฆ่าเชื้อสำหรับรีทอร์ตเพาช์ส่วนมากมักเป็นแบบที่มีการจัดวางรีทอร์ตเพาช์ในลักษณะนอน (Horizontal Arrangement) เนื่องจากการจัดวางทำได้สะดวกมากกว่า

2. การแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ของรีทอร์ตเพาช์ภายใน คือแบบที่รีทอร์ตเพาช์ไม่มีการเคลื่อนที่ (Stationary Retort) และแบบที่รีทอร์ตเพาช์มีการเคลื่อนที่หรือมีการหมุน (Rotary Retort) โดยทั่วไปเครื่องฆ่าเชื้อสำหรับรีทอร์ตเพาช์สามารถปรับให้มีการฆ่าเชื้อทั้ง 2 ลักษณะคือ สามารถฆ่าเชื้อในขณะที่รีทอร์ตเพาช์อยู่นิ่ง หรือปรับให้รีทอร์ตเพาช์มีการเคลื่อนที่หรือหมุนขณะฆ่าเชื้อได้

3. การแบ่งตามลักษณะความต่อเนื่องในการฆ่าเชื้อ คือ เครื่องฆ่าเชื้อแบบทีละชุด (Batch Retort) หรือเครื่องฆ่าเชื้อต่อเนื่อง (Continuous Retort) โดยมากเครื่องฆ่าเชื้อสำหรับรีทอร์ตเพาช์ มัก

นิยมแบบฆ่าเชื้อทีละชุด (Batch Retort) มากกว่าแบบการฆ่าเชื้อต่อเนื่อง เนื่องจากการออกแบบการผลิตและการวางเครื่องมือทำได้ง่ายกว่า

4. การแบ่งตามประเภทตัวกลางในการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ (Heating Media) ซึ่งทำให้เครื่องแต่ละเครื่องมีลักษณะจำเพาะในการออกแบบและประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันไป

ก. รีทอร์ตไอน้ำ (Steam Retort) โดยการใช้ไอน้ำเพียงอย่างเดียวคล้ายกับเครื่องฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องทั่วไป ทั้งนี้ต้องเป็นเครื่องที่สามารถควบคุมปริมาณไอน้ำซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความดันในการฆ่าเชื้อได้ละเอียดและแม่นยำ รวมทั้งมีระบบในการทำให้รีทอร์ตเพาช์เย็นโดยมีการควบคุมความดัน รีทอร์ตประเภทนี้เหมาะสำหรับฆ่าเชื้ออาหารที่มีลักษณะดังนี้

-อาหารที่บรรจุในภาชนะกึ่งแข็ง (Semi-Rigid Container)

-อาหารแห้งที่ไม่มีน้ำ หรือน้ำเกลือ หรือน้ำมัน ปริมาณมากบรรจุอยู่ภายในรีทอร์ตเพาช์

-อาหารที่ระหว่างการฆ่าเชื้อไม่เกิดความดันขึ้นภายในรีทอร์ตเพาช์สูงเกินกว่าความดันภายในรีทอร์ต ซึ่งเกิดจากแรงดันไอน้ำที่ใช้ ณ อุณหภูมิฆ่าเชื้อ เช่น อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 120°C จะทำให้เกิดแรงดันภายเครื่อง 15 lb/in^2 (psig) เป็นต้น

ข. รีทอร์ตแบบใช้น้ำท่วม (Full Water Immersion Heating Retort) การฆ่าเชื้อด้วยรีทอร์ตประเภทนี้รีทอร์ตเพาช์จะอยู่ในน้ำร้อนตลอดระยะเวลาการฆ่าเชื้อ รีทอร์ตลักษณะนี้สามารถฆ่าเชื้อได้ที่อุณหภูมิต่ำตั้งแต่100°C ในลักษณะการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์ จนถึงความร้อนสูง 125°C ในลักษณะการฆ่าเชื้อแบบสเตอร์ไรซ์ ซึ่งจำเป็นต้องมีการอัดความดันภายในเครื่องระหว่างการฆ่าเชื้อเพื่อให้น้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงกว่า100°C ในการรักษาความดันภายในเครื่อง อาจใช้ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) หรืออาจใช้อากาศก็ได้ ในอุตสาหกรรมอาหารส่วนมากนิยมใช้อากาศเพื่อควบคุมความดันภายในเครื่องให้น้ำมีอุณหภูมิสูงตามต้องการและเพื่อต้านความดันที่เกิดภายในรี-ทอร์ตเพาช์ไม่ให้ดันรีทอร์ตเพาช์ฉีกขาดเสียหายได้ การให้ความร้อนกับน้ำสามารถทำได้โดยใช้ไอน้ำฉีดผสมกับน้ำเข้าโดยตรง ภายในรีทอร์ตหรือใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) โดยปั๊มน้ำผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้น้ำมีอุณหภูมิสูง แล้วปั๊มกลับเข้าสู่ถังฆ่าเชื้อตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง

ค. รีทอร์ตแบบใช้น้ำร้อนไหลผ่าน (Cascade หรือ Shower Water Heating Retort) เป็นการใช้น้ำร้อนในการฆ่าเชื้อโดยปล่อยน้ำร้อนออกเป็นสายจากส่วนบนรีทอร์ตผ่านรีทอร์ตเพาช์ตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดน้ำที่ใช้ แต่ขณะเดียวกันต้องมีการหมุนเวียนของน้ำ ปริมาณมากอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ การให้ความร้อนแก่น้ำมักใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และควบคุมความดันด้วยอากาศ ในรีทอร์ตแบบนี้สามารถควบคุมความดันได้ดีกว่าและมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างช้าๆ แตกต่างจากรีทอร์ตแบบใช้น้ำท่วม น้ำที่ใช้ในการฆ่าเชื้อนี้อาจหมุนเวียนมาใช้เป็นน้ำหล่อเย็นได้ในภายหลัง อย่างไรก็ตามหากไม่มีการออกแบบที่ดีแล้ว อาจก่อให้เกิดปัญหาในด้านความสม่ำเสมอของอุณหภูมิภายในรีทอร์ตเพาช์ตลอดทั่วทั้งรีทอร์ตในระหว่างการฆ่าเชื้อได้

ง. รีทอร์ตแบบใช้ไอน้ำและอากาศ (Steam-Air Heating Retort) เป็นรีทอร์ตที่มีการออกแบบเฉพาะให้ใช้ไอน้ำในการฆ่าเชื้อ และขณะเดียวกันก็มีการอัดอากาศเข้าในเครื่องพร้อมกันเพื่อต่อต้านความดันที่เกิดภายในรีทอร์ตเพาช์ที่อุณหภูมิการฆ่าเชื้อนั้นๆ ทำให้สามารถใช้ฆ่าเชื้ออาหารในรีทอร์ตเพาช์ได้หลากหลายมากกว่าเครื่องที่ใช้ไอน้ำ (Steam Retort) เพียงอย่างเดียว การควบคุมอัตราส่วนของไอน้ำต่ออากาศ เป็นจุดควบคุมที่สำคัญเพื่อให้ทั้งอุณหภูมิและความดันในการฆ่าเชื้ออย่างถูกต้องเป็นไปตามที่กำหนด อัตราส่วนที่นิยมใช้คือไอน้ำอิ่มตัวต่ออากาศเป็น 75/25 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพในการส่งผ่านความร้อนสูงและควบคุมความดันที่เหมาะสมสำหรับรีทอร์ต-เพาช์ ลักษณะที่สำคัญอีกประการคือ มีการออกแบบให้มีพัดลมหรือกลไกที่ทำให้ไอน้ำและอากาศผสมกันอย่างสม่ำเสมอและสามารถกระจายตัวได้อย่างทั่วถึงไปทั่วทั้งรีทอร์ต ซึ่งหากมีการออกแบบและควบคุมทั้ง 2 จุดคืออัตราส่วนไอน้ำอิ่มตัวต่ออากาศและการออกแบบพัดลมที่ช่วยในการผสมไอน้ำอิ่มตัวและอากาศให้ดีแล้วรีทอร์ตแบบใช้ไอน้ำและอากาศนี้จะลดปัญหาการใช้น้ำปริมาณมาก ลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วหรือ Thermal Shock และทำให้ช่วงเวลาการนำอุณหภูมิขึ้นสู่อุณหภูมิฆ่าเชื้อ (Come-up Time) เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรีทอร์ตแบบใช้น้ำท่วม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

ขอบเขตงานวิจัย

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของวัตถุดิบ

ในงานวิจัยนี้ใช้วัตถุดิบเป็นข้าว 2 พันธุ์คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวชัยนาท 1 ซึ่งตัวอย่างข้าวได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เจริญโภคภัณฑ์ จำกัด

ส่วนที่ 2 ศึกษาวิธีการผลิตข้าวพร้อมบริโภคบรรจุในรีทอร์ตเพาช์

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่ข้าว (Soaking) โดยใช้ความชื้นของข้าวหลังแช่เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำข้าวสุกบางส่วน (Pre-cooking) แล้วนำข้าวที่ผ่านการแช่และทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ มาบรรจุในรีทอร์ตเพาช์ ปิดผนึก แล้วฆ่าเชื้อพร้อมทำให้สุกในรีทอร์ต นำข้าวสุกที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อเลือกสภาวะการเตรียมข้าวที่เหมาะสมที่สุด

ส่วนที่ 3 ศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก

งานวิจัยนี้ใช้สารเคมีในการชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกคือ น้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphsphate) และซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้เป็นสารละลายในการลวกข้าวในขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนก่อนบรรจุข้าวลงในรีทอร์ตเพาช์ ปิดผนึก แล้วฆ่าเชื้อพร้อมทำให้สุกในรีทอร์ต นำข้าวสุกที่ได้มาวัดค่าเนื้อสัมผัส วัดค่าสี และทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อเลือกระดับความเข้มข้นของสารเคมีที่เหมาะสมที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

ส่วนที่ 4 ศึกษาอายุการเก็บของข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์

นำข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ที่ผลิตจากสภาวะที่ได้จากการทดลองมาวัดค่าเนื้อสัมผัส วัดค่าสี และทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกันทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เพื่อดูการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินอายุของข้าวสำเร็จรูปในรีทอร์ตเพาช์

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของวัตถุดิบ

3.1.1 วิเคราะห์ปริมาณอมัยโลส โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ AACC 61-03 (2000) ดังแสดงในภาคผนวก ข.1

3.1.2 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยใช้วิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อน ดัดแปลงมาจากวิธีของ AOAC 32.1.03 (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ข.2

3.1.3 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยใช้ Kjeldahl method ดัดแปลงมาจากวิธีของ AOAC 960.25 (1995) และคำนวณหาปริมาณโปรตีนตามวิธีของ Juliano (1972) ดังแสดงในภาคผนวก ข.3

3.1.4 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ AOAC 4.5.01 (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ข.4

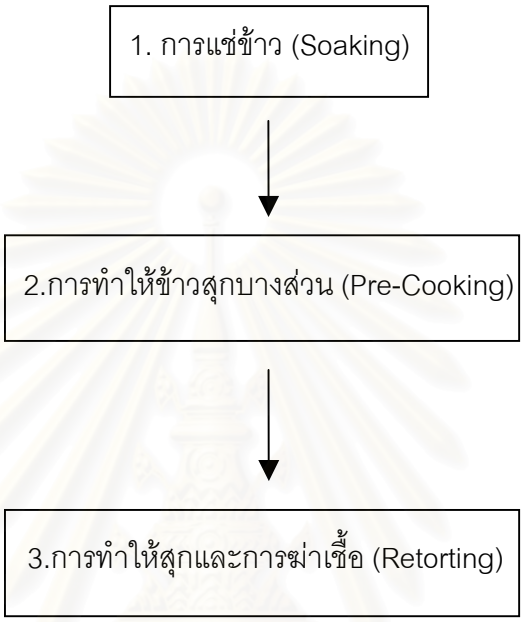
3.1.5 ประมาณอุณหภูมิแป้งสุกของวัตถุดิบจากค่าการสลายตัวในด่าง ดัดแปลงจากวิธีของงามชื่น คงเสรี และคณะ (2542) ดังแสดงในภาคผนวก ข.7

ข้อ 3.1.1-3.1.5 ทำการทดลอง 3 ซ้ำวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ศึกษาวิธีการผลิตข้าวพร้อมบริโภคบรรจุในรีทอร์ตเพาช์

การผลิตข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์มีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน (Robert, Houston and Kester, 1953) ดังนี้ (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตข้าวพร้อมบริโภค

3.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่ข้าว (Soaking)

การแช่ข้าวมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความชื้นในข้าว การทดลองนี้แช่ข้าวในสารละลาย 2 ชนิด คือ

ก) น้ำ

ข) สารละลายกรดซิตริก

การแช่ข้าวในน้ำแปรอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่ โดยแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (30) 50 และ 60 $^{\circ}$C แปรระยะเวลาในการแช่ในแต่ละอุณหภูมิเป็น 60 120 180 และ 240 นาที ส่วนการแช่ข้าวในสารละลายกรดซิตริกจะแช่ข้าวที่อุณหภูมิห้อง โดยแปรความเข้มข้นสารละลายกรดซิตริกเป็น 0 0.5 และ1.0% แปรระยะเวลาในการแช่ข้าวในแต่ละความเข้มข้นเป็น 60 120 180 และ 240 นาที

นำข้าวที่ผ่านการแช่ในสภาวะต่างๆ มาซับน้ำส่วนเกินบนผิวเมล็ดออกด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร นาน 5 นาที แล้วจึงนำไปหาความชื้นโดยวิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อน ตามวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ AOAC 32.1.03 (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ข.2

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial 3x4 ทำการทดลอง 3 ซ้ำวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คัดเลือกสภาวะที่ใช้ในการแช่ข้าวโดยใช้ความชื้นของข้าวหลังแช่เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

3.2.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำให้ข้าวสุกบางส่วน (Pre-Cooking)

นำข้าวที่ผ่านการแช่ในสภาวะที่คัดเลือกมาจากข้อ 3.2.1 มาลวกในน้ำเดือด ระยะเวลาในการลวกข้าวจะแตกต่างกันตามพันธุ์ข้าว ดังนี้คือ

ก) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แปรระยะเวลาในการลวกเป็น 2 3 4 และ 5 นาที

ข) ข้าวชัยนาท 1 แปรระยะเวลาในการลวกเป็น 9 10 11 และ 12 นาที

แล้วนำข้าวที่ผ่านการลวกตามระยะเวลาที่กำหนดขึ้นจากน้ำเดือด ทำให้เย็นโดยเปิดน้ำให้ไหลผ่านสะเด็ดน้ำในตะแกรงเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปบรรจุลงถุงรีทอร์ตเพาช์ (รายละเอียดรีทอร์ตเพาช์แสดงในภาคผนวก ก.2) ถุงละ 120$\pm$2 กรัม ปิดผนึก นำเข้ารีทอร์ตในสภาวะการฆ่าเชื้อที่ 121°C 15 นาที ซึ่งจะได้ค่า F_0=4 นาที ปล่อยตัวอย่างให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง ข้ามคืน

นำข้าวในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้มาวิเคราะห์ดังนี้

1.ปริมาณความชื้น โดยใช้วิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อน โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ AOAC 32.1.03 (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ข.2

2. ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ Hedonic Score 7 ระดับ ใช้ผู้ชิมกึ่งฝึกฝน 12 คน ทดสอบความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ การสุกทั่วถึง เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ตัวอย่างแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ค.1

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomize Complete Block Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test

คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการแช่และทำให้ข้าวสุกบางส่วน โดยใช้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

3.3 ศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก

ศึกษาผลของการใช้สารเคมีเพื่อช่วยชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก 3 ชนิดคือ น้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate) และซอร์บิแทนโมโนโอลิเอท (Sorbitan Monooleate) (รายละเอียดสารเคมีแสดงในภาคผนวก ก.1) ในรูปของสารละลายที่จะใช้แทนน้ำเดือดในขั้นตอนการลวกข้าว โดยแปรความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิดดังนี้

- น้ำตาลทรีฮาโลส แปรความเข้มข้นเป็น 1 2 3 และ 4 %
- โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต แปรความเข้มข้นเป็น 0.1 0.2 และ 0.3 %
- ซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต แปรความเข้มข้นเป็น 0.5 1.0 และ 1.5 % (ทำให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้ Hand Homogenizer 3 ครั้งๆ ละ 2 นาที)

หลังจากผ่านขั้นตอนการแช่ข้าว และขั้นตอนการลวกข้าวในสารละลายเดือดแต่ละชนิดในแต่ละความเข้มข้นตามสภาวะที่ได้จากการทดลองข้อ 3.2.2 แล้ว นำข้าวที่ได้ไปบรรจุลงถุงรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120$\pm$2 กรัม ปิดผนึก นำเข้ารีทอร์ตในสภาวะการฆ่าเชื้อที่ 121°C 15 นาที ซึ่งจะได้ค่า F_0=4 นาที ปล่อยตัวอย่างให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง ข้ามคืน

นำข้าวในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้มาวิเคราะห์ดังนี้

1.ปริมาณความชื้น โดยใช้วิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อน ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ AOAC 32.1.03 (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ข.2

2. เนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) เพื่อดูค่า Hardness ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2 ดังแสดงในภาคผนวก ข.5

3.วัดค่าสีในระบบ Hunter (L a b) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta-C300 ในแต่ละตัวอย่างทำการวัดสี 5 จุด แล้วคำนวณหาดัชนีความขาว (White Index) ตามวิธีของ Chen,Lu และ Lii (1999) ดังแสดงในภาคผนวก ข.6

$$\text{ดัชนีความขาว} = 100-[(100-L)^2+a^2+b^2]^{1/2}$$

ข้อ 1-3 วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomize Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบแบบ Hedonic Score 7 ระดับ ใช้ผู้ชิมกึ่งฝึกฝน 12 คน ทดสอบลักษณะความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ตัวอย่างแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ค.2 วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomize Complete Block Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test

คัดเลือกความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิด โดยใช้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

3.4 ศึกษาอายุการเก็บของข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์

ผลิตข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ตามสภาวะที่ได้จากข้อ 3.2.2 โดยในขั้นตอนการทำให้สุกบางส่วนนั้นลวกข้าวในสารละลายที่มีความเข้มข้นที่ได้จากการทดลองข้อ 3.2.3 เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งในขั้นตอนการทำให้สุกบางส่วนนั้นลวกข้าวในน้ำ สุ่มตัวอย่างข้าวที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องมาวิเคราะห์ทุกสัปดาห์ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 12 เพื่อหาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขณะเก็บ โดยทำการวิเคราะห์ดังนี้

1.วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยใช้วิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อน ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ AOAC 32.1.03 (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ข.2

2. เนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) เพื่อดูค่า Hardness ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2

3.วัดค่าสีในระบบ Hunter (L a b) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta-C300 ในแต่ละตัวอย่างทำการวัดสี 5 จุด แล้วคำนวณหาดัชนีความขาว (White Index) ตามวิธีของ Chen,Lu และ Lii (1999) ดังแสดงในภาคผนวก ข.5

$$\text{ดัชนีความขาว} = 100-[(100-L)^2+a^2+b^2]^{1/2}$$

ข้อ 1-3 วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomize Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบแบบ Hedonic Score 7 ระดับ ใช้ผู้ชิมกึ่งฝึกฝน 12 คน ทดสอบลักษณะความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ตัวอย่างแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ค.2 วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomize Complete Block Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test

ศึกษาการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) วัดพลังงานที่ใช้ในการสลายผลึกในตัวอย่างข้าวหลังเก็บเป็นเวลา 15 สัปดาห์ โดยใช้ตัวอย่างข้าวสุกบด 15-25 มิลลิกรัม อุณหภูมิในการวิเคราะห์อยู่ในช่วง 20-120 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของวัตถุดิบ

4.1.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบซึ่งได้แก่ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน และปริมาณอมัยโลส พบว่าความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวชัยนาท 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และพบว่าข้าวชัยนาท 1 มีปริมาณโปรตีน 6.92% ปริมาณไขมัน 0.89% และปริมาณอมัยโลส 27.32% ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณโปรตีน 6.68% ปริมาณไขมัน 0.79% และปริมาณอมัยโลส 14.91% ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.1) จากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่าปริมาณอมัยโลสในข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวชัยนาท 1 มีความแตกต่างกันมาก

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติบางประการของวัตถุดิบ

องค์ประกอบทางเคมี	ขาวดอกมะลิ 105 (ร้อยละ)	ชัยนาท 1 (ร้อยละ)
ความชื้น	11.87 ± 0.19^{ns}	11.74 ± 0.22^{ns}
โปรตีน	6.68 ± 0.12^{b}	6.92 ± 0.08^{a}
ไขมัน	0.79 ± 0.03^{b}	0.89 ± 0.05^{a}
อมัยโลส	14.91 ± 0.29^{b}	27.32 ± 0.34^{a}

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

a,b = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการสลายตัวในด่างวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์ค่าการสลายตัวในด่าง โดยแช่ตัวอย่างข้าวในสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 1.7% เป็นเวลา 23 ชั่วโมงพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าการสลายตัวในด่างทั้งหมดอยู่ในระดับ 6-7 ลักษณะการสลายตัวมีลักษณะเมล็ดสลายรวมกับแป้งที่กระจายออกมาจนหมด แป้งใส อุณหภูมิแป้งสุกอยู่ในระดับต่ำคือน้อยกว่า 69°C ข้าวชัยนาท 1 มีค่าการสลายตัวในด่างทั้งหมดอยู่ในระดับ 4-5 ลักษณะการสลายตัวคือเมล็ดพองตัวปริแตก มีแป้งกระจายเป็นวงกว้าง อุณหภูมิแป้งสุกอยู่ในระดับปานกลางคือ 70-74°C ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าการสลายตัวในด่างของวัตถุดิบ

พันธุ์	ค่าการสลายตัวในด่าง	อุณหภูมิแป้งสุก
ขาวดอกมะลิ 105	6-7	ต่ำกว่า 69°C
ชัยนาท 1	4-5	70-74°C

4.2 ผลการศึกษาวิธีการผลิตข้าวพร้อมบริโภคบรรจุในรีทอร์ตเพาช์

4.2.1 ผลการศึกษาสภาวะการแช่ข้าว

4.2.1.1 ผลการศึกษาสภาวะการแช่ข้าวในน้ำ

4.2.1.1.1ผลการศึกษาสภาวะการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในน้ำ

เมื่อนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาแช่ในน้ำที่มีการแปรอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่ โดยแปรอุณหภูมิในการแช่เป็นอุณหภูมิห้อง 50 และ 60°C และแปรระยะเวลาในการแช่เป็น 60 120 180 และ 240 นาที แล้วนำข้าวที่ผ่านการแช่มาหาค่าความชื้นได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่ข้าว ข้าวจะมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 60°C มีความชื้นเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 50°C ในทุกระยะเวลาการแช่ข้าว ส่วนข้าวที่แช่เป็นระยะเวลา 240 นาทีจะมีความชื้นสูงที่สุด สูงกว่าข้าวที่แช่เป็นระยะเวลา 60 120 และ 180 นาที ความชื้นของข้าวหลังแช่ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 30-35% ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Matz ที่ทำไว้ในปีค.ศ.1970 ว่าข้าวจะมีความชื้นอิ่มตัวหลังแช่อยู่ในช่วง 30-35% แต่จากการทดลองเห็นว่าที่สภาวะการแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิ 60°C ระยะเวลาในการแช่ 180 และ 240 นาทีข้าวมีความชื้นสูงกว่า 35% ทั้งนี้อาจเนื่องจากที่อุณหภูมิสูง โมเลกุลของน้ำมี

การเคลื่อนที่เร็วขึ้น และพันธะไฮโดรเจนในเม็ดแป้งข้าวเกิดการคลายตัว ทำให้เม็ดแป้งสามารถดูดน้ำไว้ได้มากขึ้น

ตารางที่ 4.3 ความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลังแช่น้ำที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (^{o}C)	เวลา (นาที)			
	60	120	180	240
ห้อง	31.30 ± 0.30^{f}	31.66 ± 0.12^{ef}	31.72 ± 0.28^{ef}	32.23 ± 0.33^{d}
50	31.54 ± 0.13^{ef}	31.71 ± 0.10^{ef}	32.09 ± 0.16^{de}	32.29 ± 0.27^{d}
60	32.49 ± 0.35^{d}	34.28 ± 0.43^{c}	35.98 ± 0.19^{b}	38.99 ± 0.11^{a}

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อนำเอาค่าความชื้นที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติสามารถแบ่งกลุ่มความชื้นออกเป็น 5 กลุ่มซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.4 แล้วจึงคัดเลือกสภาวะที่เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่ม โดยเลือกสภาวะที่สามารถทำการทดลองได้สะดวกที่สุดเป็นสภาวะในการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในน้ำ เพื่อใช้ศึกษาต่อไปในขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วน

สภาวะการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในน้ำที่คัดเลือกได้แก่

ก) แช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที

ข) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 60 นาที

ค) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 120 นาที

ง) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 180 นาที

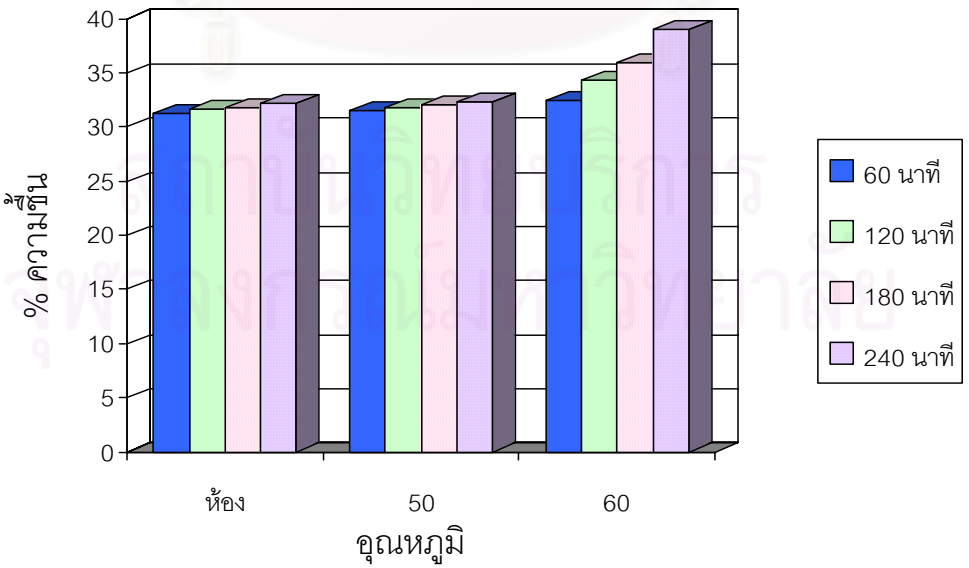
จ) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 240 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 กลุ่มสภาวะการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ

กลุ่มที่	สภาวะการแช่
1	อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที
	อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 120 นาที
	อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 180 นาที
	อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 60 นาที
	อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 120 นาที
2	อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 240 นาที
	อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 180 นาที
	อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 240 นาที
	อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 60 นาที
3	อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 120 นาที
4	อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 180 นาที
5	อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 240 นาที

เมื่อนำผลการทดลองจากตารางที่ 4.3 มาเขียนเป็นกราฟสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลังแช่น้ำที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ

4.2.1.1.2 ผลการศึกษาสภาวะการแช่ข้าวชัยนาท 1 ในน้ำ

เมื่อนำข้าวชัยนาท 1 มาแช่ในน้ำที่มีการแปรอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่ โดยแปรอุณหภูมิในการแช่เป็นอุณหภูมิห้อง 50 และ 60°C และแปรระยะเวลาในการแช่เป็น 60 120 180 และ 240 นาที แล้วนำข้าวที่ผ่านการแช่มาหาค่าความชื้นได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่ข้าว ข้าวจะมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 60°C มีความชื้นเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 50°C ในทุกระยะเวลาการแช่ข้าว ส่วนข้าวที่แช่เป็นระยะเวลา 240 นาทีจะมีความชื้นสูงที่สุด สูงกว่าข้าวที่แช่เป็นระยะเวลา 60 120 และ 180 นาที ความชื้นของข้าวหลังแช่ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 27-31% ที่สภาวะการแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิ 60°C ระยะเวลาในการแช่ 180 และ 240 นาทีข้าวมีความชื้นสูงกว่าแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิห้อง และ 50°C ทั้งนี้อาจเนื่องจากที่อุณหภูมิสูงโมเลกุลของน้ำมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้นและพันธะไฮโดรเจนในเม็ดแป้งข้าวเกิดการคลายตัว ทำให้เม็ดแป้งสามารถดูดน้ำไว้ได้มากขึ้น

ตารางที่ 4.5 ความชื้นของข้าวชัยนาท 1 หลังแช่น้ำที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)			
	60	120	180	240
ห้อง	27.22 ± 0.23^{g}	28.16 ± 0.33^{ef}	28.55 ± 0.73^{def}	28.90 ± 0.34^{d}
50	27.90 ± 0.31^{fg}	28.29 ± 0.56^{ef}	28.63 ± 0.57^{def}	28.95 ± 0.43^{cde}
60	29.15 ± 0.26^{cd}	29.79 ± 0.27^{b}	30.84 ± 0.99^{ab}	31.07 ± 0.46^{ab}

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อนำค่าความชื้นไปวิเคราะห์ทางสถิติ สามารถแบ่งกลุ่มความชื้นออกเป็น 4 กลุ่มซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.6 จึงคัดเลือกเอาสภาวะการแช่ที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่ม โดยเลือกสภาวะที่ทำการทดลองได้สะดวกที่สุดเป็นสภาวะที่ใช้ในการศึกษาในขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนต่อไป

ตารางที่ 4.6 กลุ่มสภาวะการแช่ข้าวชัยนาท 1 ในน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ

กลุ่มที่	สภาวะการแช่
1	อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที
	อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 60 นาที
2	อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 120 นาที
	อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 180 นาที
	อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 120 นาที
	อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 180 นาที
3	อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 240 นาที
	อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 240 นาที
	อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 60 นาที
4	อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 120 นาที
	อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 180 นาที
	อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 240 นาที

สภาวะการแช่ข้าวชัยนาท 1 ในน้ำที่คัดเลือกคือ

ก) แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที

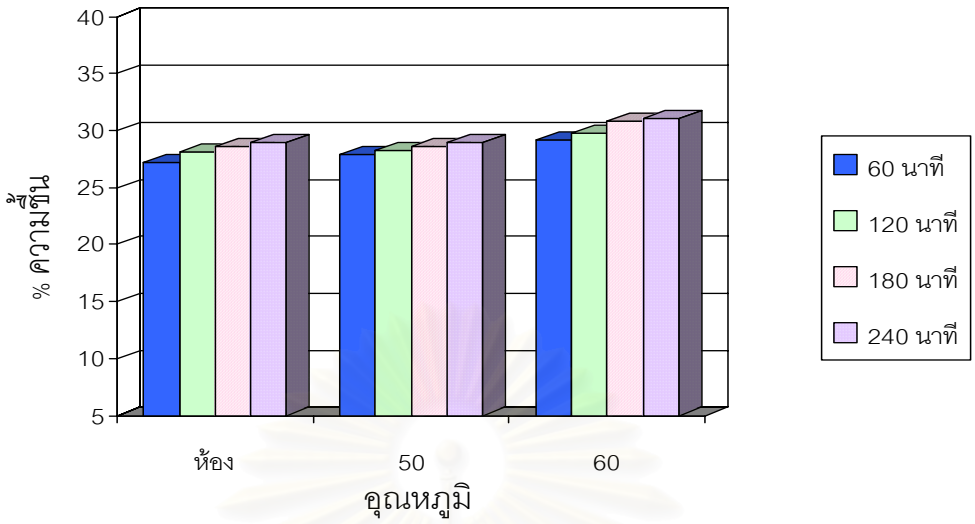
ข) แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 120 นาที

ค) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 60 นาที

ง) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 180 นาที

เมื่อนำผลการทดลองจากตารางที่ 4.5 เขียนเป็นกราฟสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 ความชื้นของข้าวชัยนาท 1 หลังแช่น้ำที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

4.2.1.2 ผลการศึกษาการแช่ข้าวในสารละลายกรดซิตริก

4.2.1.2.1 ผลการศึกษาการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในสารละลายกรดซิตริก

เมื่อนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่อุณหภูมิห้อง ที่มีการแปรความเข้มข้นกรดและระยะเวลาในการแช่ โดยแปรความเข้มข้นสารละลายกรดซิตริกเป็น 0 0.5 และ1.0% (w/v) และแปรระยะเวลาในการแช่เป็น 60 120 180 และ 240 นาที แล้วหาความชื้นของข้าวหลังแช่ ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.7 โดยพบว่าเมื่อความเข้มข้นสารละลายกรดซิตริกและระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ข้าวจะมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0% จะมีค่าความชื้นเพิ่มมากขึ้นและมากกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0 และ 0.5% ในทุกระยะเวลาการแช่ การใช้สารละลายกรดซิตริกในการแช่ข้าวนั้น มีจุดประสงค์เพื่อให้การเพิ่มความชื้นในเมล็ดข้าวทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งความชื้นนี้จะนำไปใช้ในการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งเมื่อได้รับความร้อนขณะเข้ารีทอร์ต ที่ผิวชั้นนอกของเมล็ดข้าวจะมีโปรตีนและไขมันซึ่งขัดขวางการดูดซึมน้ำและสารละลายเข้าสู่เมล็ด กรดซิตริกจะกัดกร่อนผิวชั้นนี้ของเมล็ดข้าวออก ทำให้สารละลายกรดเข้าทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้งได้ง่ายขึ้น ในปีค.ศ. 1998 Lu และ Chen ได้ทำการศึกษาผลของการแช่ข้าวต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวสุก พบว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกมีโปรตีนและไขมันลดลงมากกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้ผ่านการแช่เลย

ตารางที่ 4.7 ความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลังแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นและเวลาต่างๆ

ความเข้มข้น (%)	เวลา (นาที)			
	60	120	180	240
0	31.11 ± 0.61^{f}	31.74 ± 0.78^{ef}	32.12 ± 0.57^{de}	32.18 ± 0.24^{de}
0.5	31.54 ± 0.49^{ef}	31.85 ± 0.31^{ef}	32.84 ± 0.48^{bcd}	33.31 ± 0.55^{b}
1.0	32.28 ± 0.22^{cde}	32.82 ± 0.26^{cd}	33.15 ± 0.35^{b}	33.58 ± 0.26^{ab}

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

และเมื่อนำเอาค่าความชื้นที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติสามารถจัดแบ่งกลุ่มความชื้นออกเป็น 3 กลุ่ม (ตารางที่ 4.8) ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จึงคัดเลือกเอาสภาวะตัวแทนของแต่ละกลุ่มโดยเลือกสภาวะที่ทำการทดลองได้สะดวกที่สุดเป็นสภาวะที่ใช้ในการศึกษาในขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนต่อไป

สภาวะการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในสารละลายกรดซิตริกที่คัดเลือกคือ

ก) แช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% 60 นาที

ข) แช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0% 60 นาที

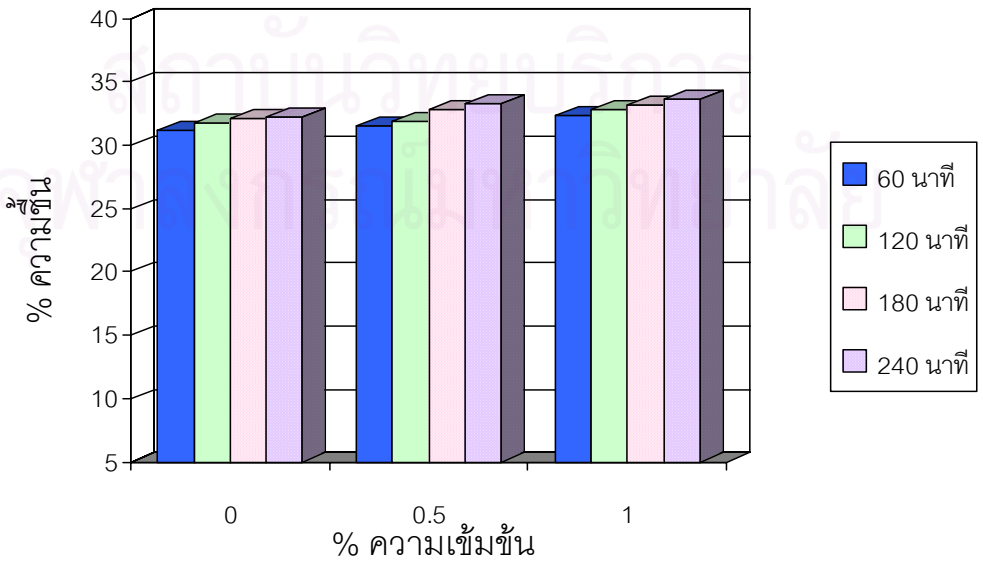
ค) แช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0% 180 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 กลุ่มสภาวะการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในสารละลายกรดซิตริกที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ

กลุ่มที่	สภาวะการแช่
1	ความเข้มข้นกรด 0%เป็นเวลา 60 นาที
	ความเข้มข้นกรด 0%เป็นเวลา 120 นาที
	ความเข้มข้นกรด 0.5%เป็นเวลา 60 นาที
	ความเข้มข้นกรด 0.5%เป็นเวลา 120 นาที
2	ความเข้มข้นกรด 0%เป็นเวลา 180 นาที
	ความเข้มข้นกรด 0%เป็นเวลา 240 นาที
	ความเข้มข้นกรด 0.5%เป็นเวลา 180 นาที
	ความเข้มข้นกรด 1.0%เป็นเวลา 60 นาที
	ความเข้มข้นกรด 1.0%เป็นเวลา 120 นาที
3	ความเข้มข้นกรด 0.5%เป็นเวลา 240 นาที
	ความเข้มข้นกรด 1.0%เป็นเวลา 180 นาที
	ความเข้มข้นกรด 1.0%เป็นเวลา 240 นาที

และเมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 4.7 มาเขียนเป็นกราฟสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลังแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นและเวลาต่างๆ

4.2.1.2.2 ผลการศึกษาการแช่ข้าวชัยนาท 1 ในสารละลายกรดซิตริก

เมื่อนำข้าวชัยนาท 1 มาแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่อุณหภูมิห้อง ที่มีการแปรความเข้มข้นกรดและระยะเวลาในการแช่ โดยแปรความเข้มข้นสารละลายกรดซิตริกเป็น 0 0.5 และ 1.0% (w/v) และแปรระยะเวลาในการแช่เป็น 60 120 180 และ 240 นาที แล้วหาความชื้นของข้าวหลังแช่ ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9 โดยพบว่าเมื่อความเข้มข้นสารละลายกรดซิตริกและระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ข้าวจะมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0% จะมีค่าความชื้นเพิ่มมากขึ้นและมากกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0 และ 0.5% ในทุกระยะเวลาการแช่

ตารางที่ 4.9 ความชื้นของข้าวชัยนาท 1 หลังแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นและเวลาต่างๆ

ความเข้มข้น (%)	เวลา (นาที)			
	60	120	180	240
0	27.90 ± 0.26^{e}	27.97 ± 0.84^{de}	28.33 ± 0.65^{bcde}	28.77 ± 0.22^{bcde}
0.5	28.27 ± 0.20^{cde}	28.37 ± 0.92^{bcde}	28.55 ± 0.36^{bcde}	29.91 ± 0.57^{ab}
1.0	28.51 ± 0.53^{bcde}	29.01 ± 0.26^{abc}	29.03 ± 0.55^{abc}	29.67 ± 0.32^{ab}

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

และเมื่อนำเอาค่าความชื้นที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติสามารถจัดแบ่งกลุ่มความชื้นออกเป็น 3 กลุ่ม (ตารางที่ 4.10) ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จึงคัดเลือกเอาสภาวะตัวแทนของแต่ละกลุ่มโดยเลือกสภาวะที่ทำการทดลองได้สะดวกที่สุดเป็นสภาวะที่ใช้ในการศึกษาในขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนต่อไป

ตารางที่ 4.10 กลุ่มสภาวะการแช่ข้าวชัยนาท 1 ในสารละลายกรดซิตริกที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ

กลุ่มที่	สภาวะการแช่
1	ความเข้มข้นกรด 0%เป็นเวลา 60 นาที
	ความเข้มข้นกรด 0%เป็นเวลา 120 นาที
	ความเข้มข้นกรด 0.5%เป็นเวลา 60 นาที
2	ความเข้มข้นกรด 0%เป็นเวลา 180 นาที
	ความเข้มข้นกรด 0%เป็นเวลา 240 นาที
	ความเข้มข้นกรด 0.5%เป็นเวลา 120 นาที
	ความเข้มข้นกรด 0.5%เป็นเวลา 180 นาที
	ความเข้มข้นกรด 1.0%เป็นเวลา 60 นาที
3	ความเข้มข้นกรด 0.5%เป็นเวลา 240 นาที
	ความเข้มข้นกรด 1.0%เป็นเวลา 120 นาที
	ความเข้มข้นกรด 1.0%เป็นเวลา 180 นาที
	ความเข้มข้นกรด 1.0%เป็นเวลา 240 นาที

สภาวะการแช่ข้าวชัยนาท 1 ในสารละลายกรดซิตริกที่คัดเลือกคือ

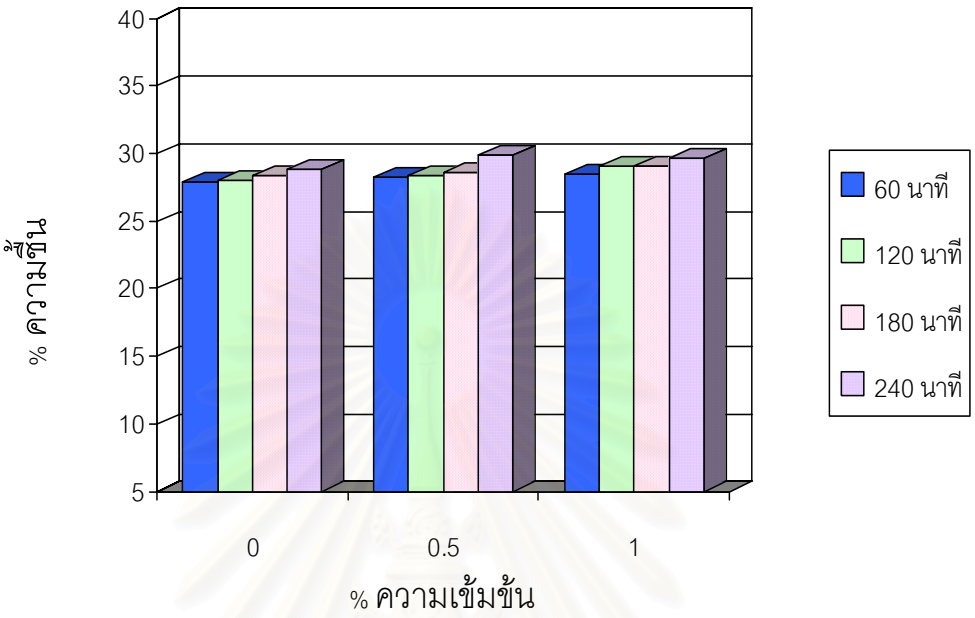
ก) แช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% 60 นาที

ข) แช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0% 60 นาที

ค) แช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0% 180 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อนำผลการทดลองจากตารางที่ 4.9 มาเขียนเป็นกราฟสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ความชื้นของข้าวชัยนาท 1 หลังแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นและเวลาต่างๆ

จากการศึกษาสภาวะการแช่ สามารถคัดเลือกสภาวะตัวแทนจากความชื้นหลังแช่ในข้าวทั้งสองพันธุ์และในสารละลายที่ใช้แช่ทั้งสองชนิดสรุปได้ดังตารางที่ 4.11

เมื่อเปรียบเทียบความชื้นของข้าวทั้งสองพันธุ์หลังจากแช่ในสภาวะเดียวกัน พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความชื้นเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวชัยนาท 1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้าวชัยนาท 1 มีปริมาณอมัยโลสและโปรตีนสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำให้เม็ดแป้งของข้าวชัยนาท 1 มีความแข็งแรงมากกว่า โดยโปรตีนจะขัดขวางการดูดน้ำของเม็ดแป้ง ส่วนปริมาณอมัยโลสที่สูงทำให้เม็ดแป้งมีส่วนของผลึกที่หนาแน่น น้ำและสารละลายกรดซิตริกจึงแทรกตัวเข้าทำลายพันธะภายในและซึมเข้าสู่เม็ดแป้งได้ยาก

ในสภาวะการแช่ข้าวในน้ำนั้น พบว่าความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวชัยนาท 1 จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิน้ำและระยะเวลาในการแช่ข้าว การแช่ข้าวในน้ำอุณหภูมิ 60°C ข้าวจะมีความชื้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง โมเลกุลของจะถูกกระตุ้นให้มีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น และสายอมัยโลสและอมัยโลเพกตินคลายตัวออก พันธะไฮโดรเจนภายในเม็ดแป้งอ่อนแอลง ทำให้น้ำสามารถแทรกเข้าไปในเม็ดแป้งได้มากขึ้น ข้าวที่ได้จึงความชื้นเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวที่แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ

ตารางที่ 4.11 สภาวะการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวชัยนาท 1 ในน้ำและในสารละลายกรดซิตริกที่คัดเลือก

พันธุ์	สภาวะการแช่น้ำ	สภาวะการแช่สารละลายกรดซิตริก
ขาวดอกมะลิ 105	อุณหภูมิห้อง 60 นาที	ความเข้มข้น 0.5% 60 นาที
	60°C 60 นาที	1.0% 60 นาที
	60°C 120 นาที	1.0% 180 นาที
	60°C 180 นาที	
	60°C 240 นาที	
ชัยนาท 1	อุณหภูมิห้อง 60 นาที	ความเข้มข้น 0.5% 60 นาที
	อุณหภูมิห้อง 120 นาที	1.0% 60 นาที
	60°C 60 นาที	1.0% 180 นาที
	60°C 180 นาที	

ต่ำกว่า ส่วนการแช่ข้าวในน้ำเป็นระยะเวลานานนั้นทำให้ข้าวสัมผัสกับน้ำได้นานขึ้นจึงมีความชื้นเพิ่มมากกว่าข้าวที่แช่น้ำในระยะเวลาที่สั้นกว่า ความชื้นของข้าวจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดสมดุลระหว่างความดันไอในเมล็ดข้าวและในน้ำ ความชื้นของข้าวจะเริ่มคงที่ หรือเกิดการอิ่มตัวของความชื้น ซึ่งมีค่าประมาณ 30-35% (Matz, 1970) หากต้องการเพิ่มความชื้นในข้าวให้สูงกว่าความชื้นอิ่มตัวของข้าวสามารถทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิในการแช่ข้าว ซึ่งจะทำให้เกิดกลไกดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ในสภาวะการแช่ข้าวในสารละลายกรดซิตริก ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% มีความชื้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด เนื่องจากสารละลายกรดซิตริกที่มีความเข้มข้นสูงกว่าสามารถกัดกร่อนผิวชั้นนอกของเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นชั้นของโปรตีนและไขมันออกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า ซึ่งในชั้นนี้เป็นชั้นที่ขัดขวางการดูดซึมน้ำและสารละลายต่างๆ เข้าสู่เมล็ดข้าว ทำให้สารละลายกรดสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้งภายในได้ง่ายขึ้น เมล็ดข้าวดูดสารละลายกรดไว้ทำให้ความชื้นในข้าวเพิ่มมากขึ้น และการแช่ข้าวในสารละลายกรดเป็นเวลานาน ซึ่งในการทดลองนี้คือการแช่ไว้เป็นระยะเวลา 240 นาที ทำให้ข้าวสัมผัสกับกรดนานขึ้น ข้าวจึงมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้นกว่าการแช่ข้าวในระยะเวลาที่สั้นกว่า

4.2.2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำให้ข้าวสุกบางส่วน

นำสภาวะการแช่ข้าวที่ผ่านการคัดเลือกมาศึกษาในขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนด้วยการลวกข้าวในน้ำเดือด โดยข้าวขาวดอกมะลิ 105 แปรระยะเวลาในการลวกในน้ำเดือดเป็น 2 3 4 และ 5 นาที ส่วนข้าวชัยนาท 1 แปรระยะเวลาในการลวกในน้ำเดือดเป็น 9 10 11 และ 12 นาที จากนั้นบรรจุลงรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120$\pm$2 กรัม ปิดผนึก แล้วนำเข้ารีทอร์ตเพื่อทำให้ข้าวสุกพร้อมกับฆ่าเชื้อสุกที่ 121 °C นาน 15 นาที แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส และหาความชื้นของข้าวที่ได้

4.2.2.1 ผลการศึกษาการทำให้สุกบางส่วนในข้าวขาวดอกมะลิ 105

4.2.2.1.1 ผลการศึกษาการทำให้สุกบางส่วนในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำ

เมื่อนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่ในน้ำในสภาวะที่คัดเลือก มาลวกในน้ำเดือดปริมาณมากเกินพอที่มีการแปรระยะเวลาในการลวกเป็น 2 3 4 และ 5 นาที ได้ผลดังตารางที่ 4.12

ลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านสีอยู่ระหว่าง 4.75-5.67 คะแนนความชอบในด้านกลิ่นอยู่ระหว่าง 5.83-6.25 คะแนนความชอบในด้านรสชาติอยู่ระหว่าง 5.83-6.25 ส่วนคะแนนความชอบในด้านการสุกทั่วถึง เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำในสภาวะที่คัดเลือกมาลวกในน้ำเดือด 2 นาทีได้รับคะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงน้อยกว่าข้าวที่ใช้ระยะเวลาในการลวกนานกว่าโดยเฉพาะข้าวที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที และที่อุณหภูมิ 60°C 60 นาทีก่อนนำมาลวกในน้ำเดือด 2 นาที ได้รับคะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงเพียง 3.25 และ 3.83 ทั้งนี้เนื่องจากการลวกในระยะเวลาสั้น ความชื้นที่เพิ่มขึ้นในข้าวไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชันได้ทั่วถึงจนถึงแกนกลางของเมล็ด ทำให้ตรงแกนด้านในของเมล็ดข้าวยังคงไม่สุก ข้าวจะแข็งและมีลักษณะเนื้อที่กรุบ ซึ่งส่งผลให้ได้รับคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมน้อย โดยได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส 3.67 และ 4.00 ตามลำดับ และได้รับคะแนนด้านการยอมรับรวม 3.67 และ 4.00 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

ความชื้นของข้าวหลังขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนอยู่ในช่วงประมาณ 55-72% โดยข้าวที่มีความชื้น 60-65% เป็นข้าวที่อยู่ในกลุ่มที่ผ่านสภาวะการเตรียมข้าวก่อนเข้ารีทอร์ตที่ได้รับคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ

สภาวะการแช่ (°C/นาที)	ระยะเวลาลวกในน้ำเดือด (นาที)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส		
		สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}
RT/60	2	4.75 ±0.51	5.83 ±0.83	5.83 ±0.51
	3	5.00 ±0.74	5.92 ±0.78	5.92 ±0.51
	4	5.33 ±0.75	5.92 ±0.75	6.17 ±0.67
	5	5.17 ±0.78	6.17 ±0.83	6.00 ±0.74
60/60	2	5.25 ±045	6.00 ±0.74	6.00 ±0.85
	3	5.08 ±0.67	5.83 ±0.58	5.83 ±0.49
	4	5.67 ±0.49	5.92 ±0.67	5.92 ±0.72
	5	5.33 ±0.78	6.25 ±0.87	6.17 ±0.51
60/120	2	4.83 ±0.58	6.00 ±0.74	6.00 ±0.49
	3	4.92 ±0.51	6.17 ±0.49	6.00 ±0.67
	4	5.08 ±0.45	5.92 ±0.67	5.92 ±0.51
	5	5.33 ±0.65	5.83 ±0.83	5.83 ±0.49
60/180	2	5.00 ±0.60	6.25 ±0.45	6.25 ±0.72
	3	4.92 ±0.58	6.17 ±0.62	6.17 ±0.49
	4	5.33 ±0.98	5.92 ±0.80	6.00 ±0.72
	5	5.08 ±0.79	6.00 ±0.74	6.17 ±0.90
60/240	2	5.25 ±0.87	5.83 ±0.72	6.17 ±0.87
	3	5.67 ±0.49	6.00 ±0.45	6.00 ±0.89
	4	5.33 ±0.67	5.92 ±0.45	6.00 ±0.60
	5	5.67 ±0.78	6.17 ±0.39	6.17 ±0.95

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

RT = อุณหภูมิห้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ

สภาวะการแช่ (°C/นาที)	ระยะเวลาลวกในน้ำเดือด (นาที)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส			% ความชื้น
		การสุกทั่วถึง	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม	
RT/60	2	3.25 ±0.29 ^{c}	3.67 ±0.39 ^{d}	3.67 ±0.67 ^{d}	55.62
	3	5.67 ±0.49 ^{ab}	4.58 ±0.45 ^{c}	5.25 ±0.75 ^{bc}	58.04
	4	6.17 ±0.65 ^{a}	6.17 ±0.51 ^{a}	6.25 ±0.45 ^{a}	61.41
	5	6.25 ±0.87 ^{a}	6.00 ±0.95 ^{a}	6.00 ±0.60 ^{ab}	64.33
60/60	2	3.83 ±0.39 ^{c}	4.00 ±0.43 ^{cd}	4.00 ±0.45 ^{cd}	56.98
	3	6.00 ±0.60 ^{a}	5.25 ±0.87 ^{b}	5.67 ±0.79 ^{bc}	58.86
	4	6.17 ±0.94 ^{a}	6.00 ±0.74 ^{a}	6.25 ±0.90 ^{a}	62.71
	5	6.00 ±0.74 ^{a}	5.92 ±0.67 ^{ab}	6.17 ±0.78 ^{a}	65.48
60/120	2	5.67 ±0.51 ^{ab}	5.92 ±0.51 ^{ab}	6.00 ±0.67 ^{ab}	59.27
	3	6.00 ±0.49 ^{a}	6.08 ±0.65 ^{a}	6.25 ±0.67 ^{a}	62.43
	4	6.17 ±0.67 ^{a}	6.08 ±0.90 ^{a}	6.17 ±0.60 ^{a}	64.76
	5	6.17 ±0.78 ^{a}	6.03 ±0.87 ^{a}	6.08 ±0.52 ^{a}	66.98
60/180	2	5.83 ±0.45 ^{ab}	6.08 ±0.67 ^{a}	6.17 ±0.67 ^{a}	59.97
	3	6.00 ±0.75 ^{a}	6.00 ±0.58 ^{a}	6.08 ±0.67 ^{a}	63.13
	4	6.17 ±0.45 ^{a}	5.83 ±0.39 ^{ab}	5.83 ±0.60 ^{bc}	66.59
	5	6.17 ±0.51 ^{a}	5.83 ±0.45 ^{ab}	5.67 ±0.52 ^{bc}	67.44
60/240	2	5.83 ±0.67 ^{ab}	6.00 ±0.52 ^{a}	6.00 ±0.74 ^{ab}	63.07
	3	6.00 ±0.58 ^{a}	5.83 ±0.49 ^{ab}	5.92 ±0.51 ^{bc}	67.79
	4	6.17 ±0.67 ^{a}	5.67 ±0.58 ^{ab}	5.67 ±0.80 ^{bc}	69.92
	5	6.25 ±0.90 ^{a}	5.33 ±0.49 ^{b}	5.50 ±0.52 ^{c}	72.31

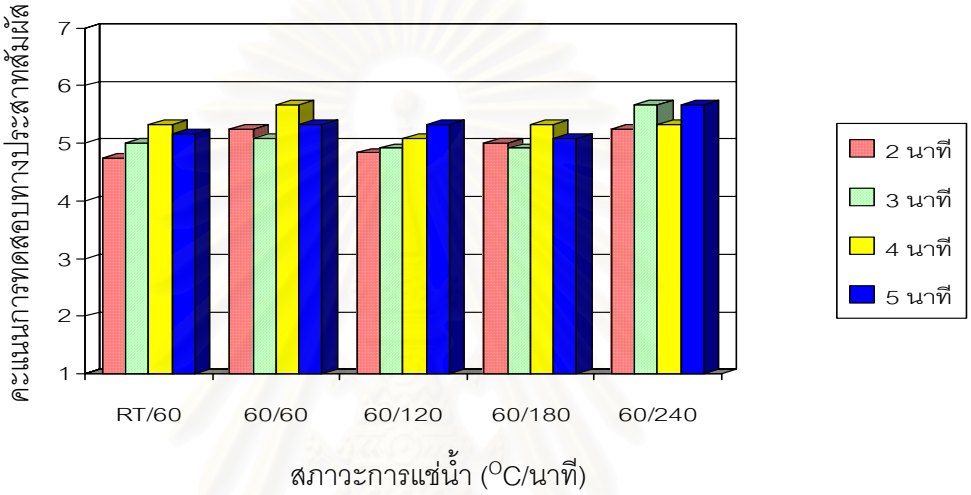
a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

RT = อุณหภูมิห้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และเมื่อนำคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ จากตารางที่ 4.12 มาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.5-4.10

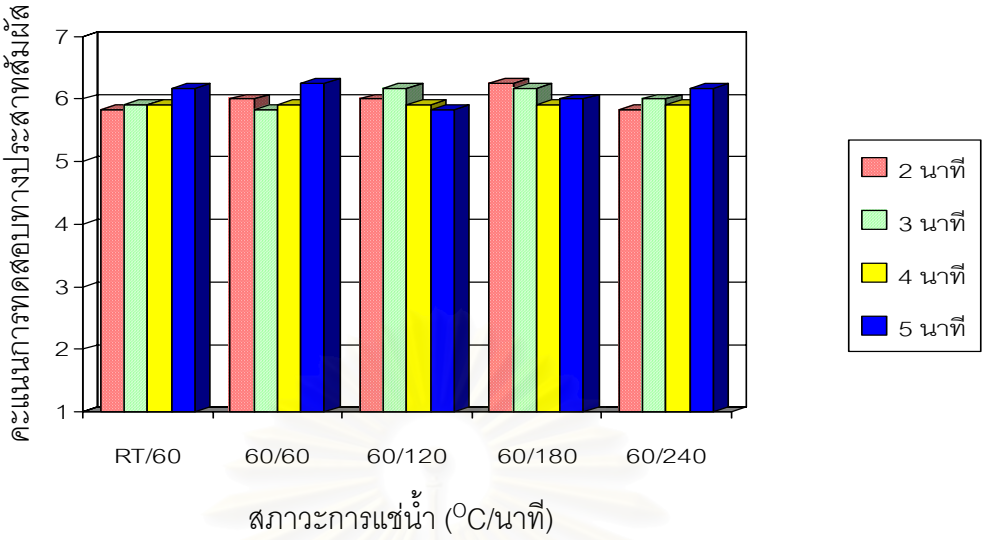
จากรูปที่ 4.5 เป็นคะแนนความชอบทางด้านสีที่ผู้ทดสอบมีต่อข้าวสำเร็จรูปในรีทอร์ตเพาช์ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำก่อนนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



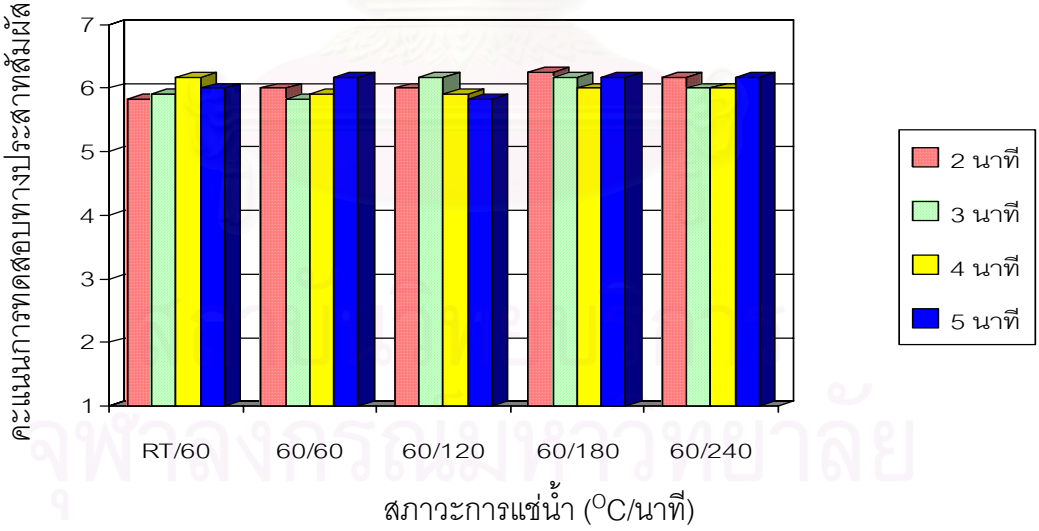
รูปที่ 4.5 คะแนนความชอบด้านสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ (RT หมายถึงอุณหภูมิห้อง)

จากรูปที่ 4.6 เป็นคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นที่ผู้ทดสอบมีต่อข้าวสำเร็จรูปในรีทอร์ตเพาช์ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำก่อนนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ ซึ่งไม่มีความแตกตางกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะเห็นได้ว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นค่อนข้างสูง โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับคะแนนประมาณ 6 ซึ่งหมายถึง ชอบมาก เนื่องจากข้าวพันธุ์นี้จัดอยู่ในประเภทข้าวหอม (สุเทพ และ วีระศักดิ์, 2544)

จากรูปที่ 4.7 เป็นคะแนนความชอบทางด้านรสชาติที่ผู้ทดสอบมีต่อข้าวสำเร็จรูปในรีทอร์ตเพาช์ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำก่อนนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ ซึ่งไม่มีความแตกตางกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยข้าวจะมีรสชาติเหมือนข้าวที่ผ่านการหุงด้วยวิธีธรรมดา มีรสหวานเล็กน้อยตามธรรมชาติของข้าวสุก

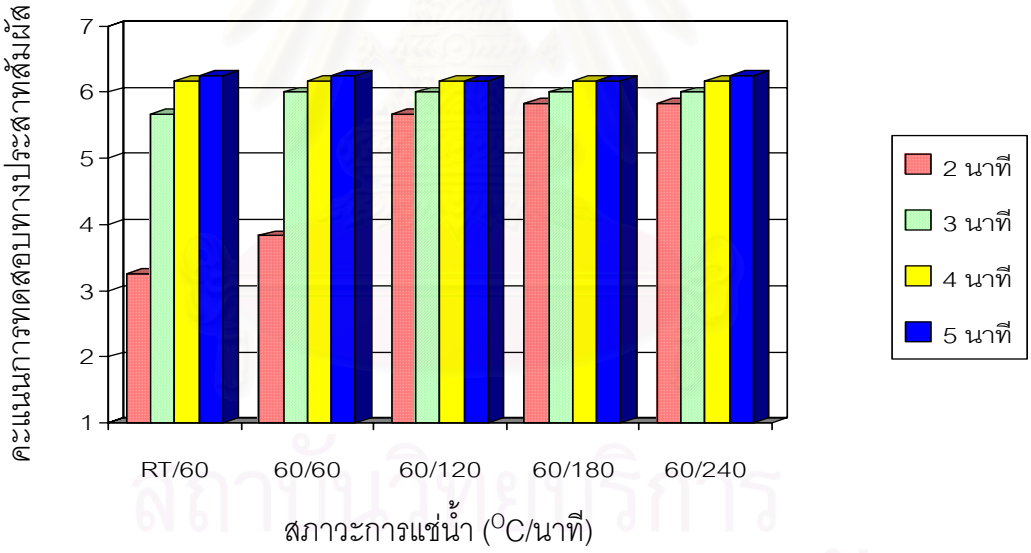


รูปที่ 4.6 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ (RT หมายถึงอุณหภูมิห้อง)



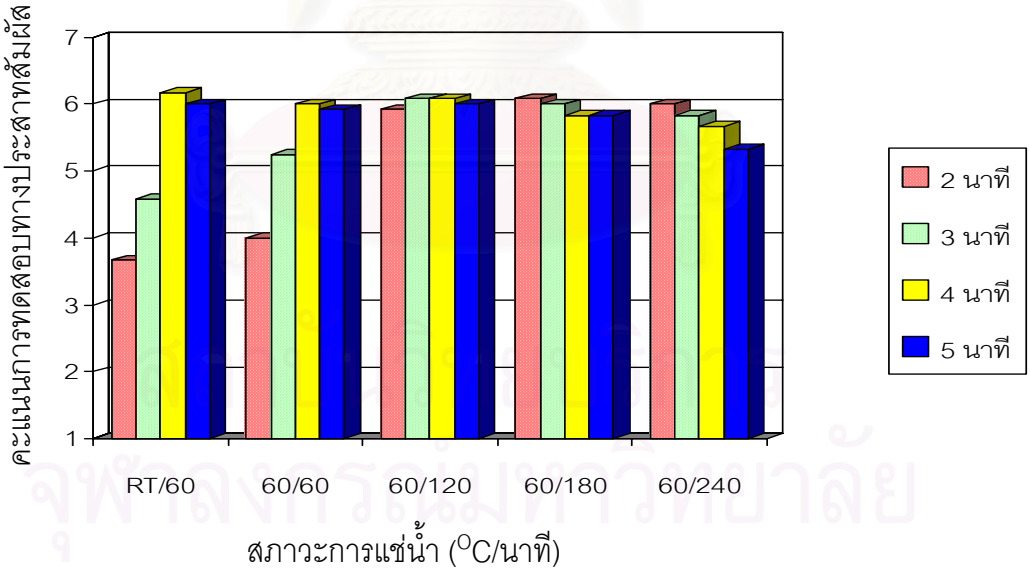
รูปที่ 4.7 คะแนนความชอบด้านรสชาติของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ (RT หมายถึงอุณหภูมิห้อง)

จากรูปที่ 4.8 เป็นคะแนนความชอบทางด้านการสุกทั่วถึงที่ผู้ทดสอบมีต่อข้าวสำเร็จรูปในรีทอร์ตเพาช์ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำก่อนนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ จะเห็นว่าในสภาวะการแช่ข้าวที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ที่อุณหภูมิ 60°C 60 นาที ข้าวที่ผ่านการลวกในน้ำเดือด 2 นาทีจะได้รับคะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านสภาวะการแช่เดียวกันแต่ใช้เวลาในการลวกนานกว่า เนื่องจากข้าวได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชันหรือสุกจนถึงแกนในของเมล็ดในขั้นตอนการเข้ารีทอร์ตเพื่อฆ่าเชื้อและทำให้สุก ทำให้ข้าวที่ได้ยังมีลักษณะของข้าวดิบคือ แข็งตรงแกนในของเมล็ด แต่ที่อุณหภูมิ 60°C 120 นาที อุณหภูมิ 60°C 180 นาที และที่อุณหภูมิ 60°C 240 นาที ข้าวที่ผ่านการลวก 2 นาทีได้รับคะแนนการยอมรับด้านการสุกทั่วถึงเพิ่มขึ้น เนื่องจากข้าวที่ผ่านสภาวะการแช่ดังกล่าวมีความชื้นสูงกว่าคือประมาณ 34-38% ดังนั้นแม้จะลวกข้าวเป็นระยะเวลาสั้นๆ แต่ความชื้นในข้าวโดยรวมเพียงพอที่จะทำให้ข้าวสุกโดยทั่วถึงเมื่อเข้ารีทอร์ต



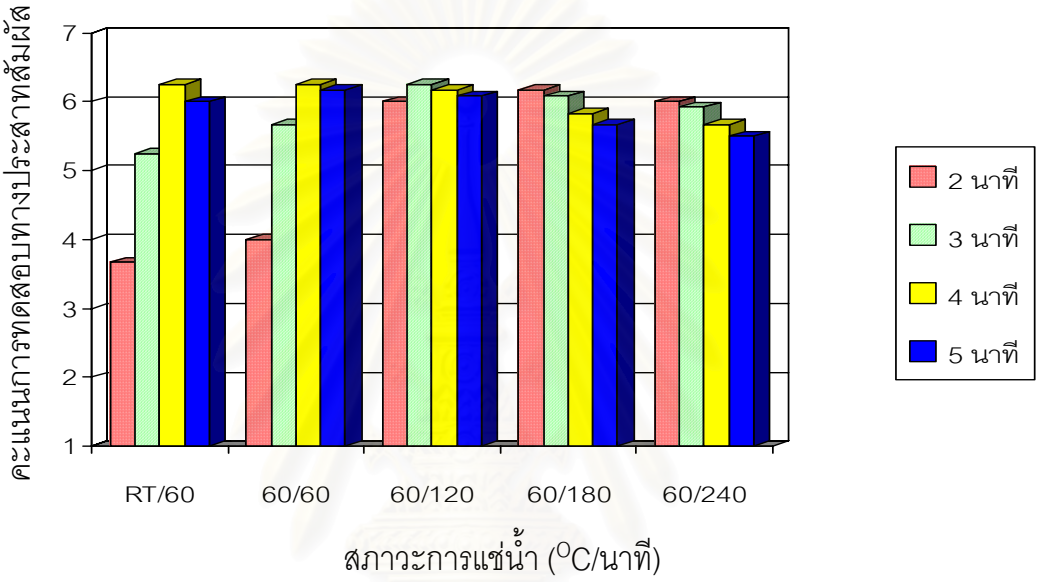
รูปที่ 4.8 คะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ (RT หมายถึงอุณหภูมิห้อง)

จากรูปที่ 4.9 เป็นคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสที่ผู้ทดสอบมีต่อข้าวสำเร็จรูปในรีทอร์ตเพาช์ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำก่อนนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ จะเห็นว่าในสภาวะการแช่ข้าวที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ที่อุณหภูมิ 60°C 60 นาที และที่อุณหภูมิ 60°C 120 นาที ข้าวที่ผ่านการลวกในน้ำเดือด 2 นาทีจะได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านสภาวะการแช่เดียวกัน แต่ใช้เวลาในการลวกนานกว่า เนื่องจากข้าวได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชันหรือสุกจนถึงแกนในของเมล็ดในขั้นตอนการเข้ารีทอร์ตเพื่อฆ่าเชื้อและทำให้สุก ทำให้ข้าวที่ได้ยังมีลักษณะของข้าวดิบคือ แข็งตรงแกนในของเมล็ด และเป็นที่น่าสังเกตว่าข้าวที่ผ่านเตรียมโดยการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C 180 นาที และที่อุณหภูมิ 60°C 240 นาที แล้วลวกในน้ำเดือด 4 และ 5 นาที ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลง เนื่องจากข้าวที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่นิ่มจะเกินไป นั้นคือความชื้นที่ข้าวได้รับจากขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนนั้นมากเกินไป เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อและทำให้สุกในรีทอร์ตแล้ว ข้าวสุกจะมีลักษณะค่อนข้างแฉะ ส่งผลให้ได้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลง



รูปที่ 4.9 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ (RT หมายถึงอุณหภูมิห้อง)

จากรูปที่ 4.10 เป็นคะแนนการยอมรับรวมที่ผู้ทดสอบมีต่อข้าวสำเร็จรูปในรีทอร์ตเพาช์ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำก่อนนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ ลักษณะที่มีผลต่อการยอมรับรวมของผู้ทดสอบคือการสุกทั่วถึงและเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ผู้ทดสอบจะให้คะแนนการยอมรับรวมในข้าวที่สุกทั่วถึงและมีเนื้อสัมผัสที่ไม่แข็งหรือนิ่มจนเกินไป



รูปที่ 4.10 คะแนนการยอมรับรวมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ (RT หมายถึงอุณหภูมิห้อง)

สภาวะการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในน้ำและการทำให้สุกบางส่วนที่ได้รับคะแนนการยอมรับรวมสูงสุดคือ

ก) แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ลวกในน้ำเดือด 4 นาที

ข) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C 60 นาที ลวกในน้ำเดือด 4 นาที

ค) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C 120 นาที ลวกในน้ำเดือด 3 4 นาที

ง) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C 180 นาที ลวกในน้ำเดือด 2 3 นาที

จ) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C 240 นาที ลวกในน้ำเดือด 2 นาที

จึงคัดเลือกเอาสภาวะการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที และลวกในน้ำเดือด 4 นาที เป็นสภาวะที่ใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป เนื่องเป็นสภาวะการเตรียมข้าวก่อนเข้ารีทอร์ตที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมสูงที่สุด และสามารถทำการทดลองได้สะดวกที่สุดโดยไม่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิในการแช่ข้าว

4.2.2.1.2 ผลการศึกษาสภาวะการทำให้สุกบางส่วนของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก

เมื่อนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกในสภาวะที่คัดเลือกมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 2 3 4 และ 5 นาที จากนั้นบรรจุลงรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120±2 กรัม ปิดผนึก แล้วนำเข้ารีทอร์ตเพื่อทำให้ข้าวสุกพร้อมกับทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส และหาความชื้นของข้าวที่ได้ ผลแสดงดังตารางที่ 4.13

ลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ข้าวที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% ได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นและรสชาติน้อยกว่าข้าวที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0 และ 0.5% อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากผู้ทดสอบสามารถรับรู้ได้ถึงกลิ่นและรสเปรี้ยวของกรด คะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึง เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริก ในสภาวะที่คัดเลือกเมื่อนำมาลวกในน้ำเดือด 2 นาทีได้รับคะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงน้อยกว่าข้าวที่ใช้ระยะเวลาในการลวกนานกว่า เนื่องการลวกในระยะเวลาสั้น ความชื้นที่เพิ่มขึ้นในข้าวไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชันหรือสุกได้ทั่วถึงจนถึงแกนกลางของเมล็ด ซึ่งส่งผลให้ได้รับคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมน้อย

ความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ในสารละลายกรดซิตริก แล้วผ่านการทำให้ข้าวสุกบางส่วนโดยการลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ อยู่ในช่วงประมาณ 56-68% โดยข้าวที่มีความชื้น 60-65% เป็นข้าวที่อยู่ในกลุ่มที่ผ่านสภาวะการเตรียมข้าวก่อนเข้ารีทอร์ตที่ได้รับคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและความชื้น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและการทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ

สภาวะการแช่ (%ความเข้มข้น/นาที)	ระยะเวลาลวกในน้ำเดือด (นาที)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส						%ความชื้น
		สี^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	การสุกทั่วถึง	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม	
0.5/60	2	5.50 ± 0.49	5.92 ± 0.45^{a}	5.83 ± 0.39^{ab}	4.83 ± 0.72^{c}	4.83 ± 0.67^{c}	4.25 ± 0.67^{c}	55.76
	3	5.67 ± 0.58	5.83 ± 0.67^{a}	5.92 ± 0.67^{ab}	5.83 ± 0.45^{ab}	6.00 ± 0.45^{ab}	5.58 ± 0.89^{b}	59.13
	4	5.75 ± 0.51	5.92 ± 0.78^{a}	6.17 ± 0.79^{a}	6.00 ± 0.74^{ab}	6.25 ± 0.67^{a}	6.25 ± 0.49^{a}	61.08
	5	5.67 ± 0.67	5.75 ± 0.49^{ab}	6.00 ± 0.43^{a}	6.00 ± 0.74^{ab}	6.17 ± 0.65^{a}	6.17 ± 0.67^{a}	64.47
1.0/60	2	5.50 ± 058	4.83 ± 0.58^{bc}	3.25 ± 0.49^{cd}	4.92 ± 0.49^{c}	5.58 ± 0.58^{bc}	3.25 ± 0.45^{d}	57.28
	3	5.67 ± 0.51	4.92 ± 0.39^{b}	3.33 ± 0.67^{cd}	6.00 ± 0.58^{ab}	6.25 ± 0.39^{a}	4.33 ± 0.49^{c}	60.13
	4	5.67 ± 0.65	4.75 ± 0.67^{c}	3.67 ± 0.78^{c}	6.17 ± 0.75^{a}	6.17 ± 0.87^{a}	4.25 ± 0.58^{c}	62.28
	5	5.75 ± 0.90	4.83 ± 0.52^{bc}	3.83 ± 0.45^{c}	6.25 ± 0.49^{a}	5.58 ± 0.74^{bc}	4.25 ± 0.65^{c}	65.62
1.0/180	2	5.67 ± 0.45	4.50 ± 0.85^{cd}	3.08 ± 0.39^{d}	5.17 ± 0.87^{bc}	3.25 ± 0.51^{d}	3.08 ± 0.49^{e}	58.97
	3	5.75 ± 0.60	4.67 ± 0.51^{cd}	3.17 ± 0.29^{d}	5.58 ± 0.65^{b}	4.33 ± 0.67^{cd}	3.25 ± 0.43^{d}	61.53
	4	5.67 ± 0.51	4.67 ± 0.60^{cd}	3.25 ± 0.45^{cd}	6.25 ± 0.58^{a}	4.25 ± 0.51^{cd}	3.33 ± 0.45^{d}	65.59
	5	5.75 ± 0.39	4.75 ± 0.67^{c}	3.42 ± 0.49^{c}	6.17 ± 0.49^{a}	4.25 ± 0.79^{cd}	3.17 ± 0.29^{de}	67.57

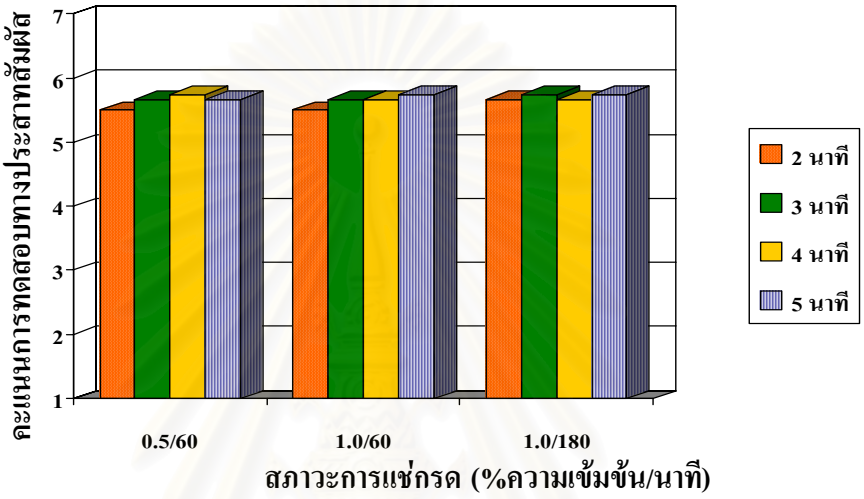
ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และเมื่อนำคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ จากตารางที่ 4.13 มาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.11-4.16

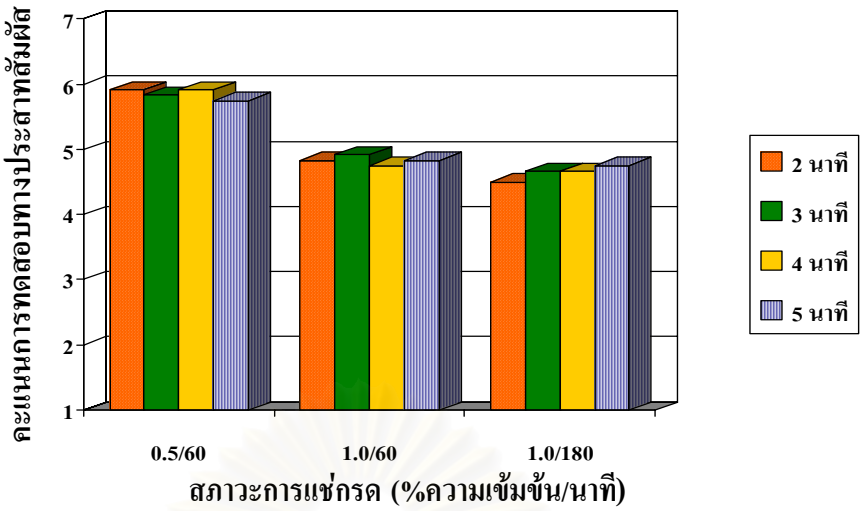
จากรูปที่ 4.11 เป็นคะแนนความชอบทางด้านสีที่ผู้ทดสอบมีต่อข้าวสำเร็จรูปในรีทอร์ตเพาช์ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ข้าวในสารละลายกรดซิตริกก่อนนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.11 คะแนนความชอบด้านสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

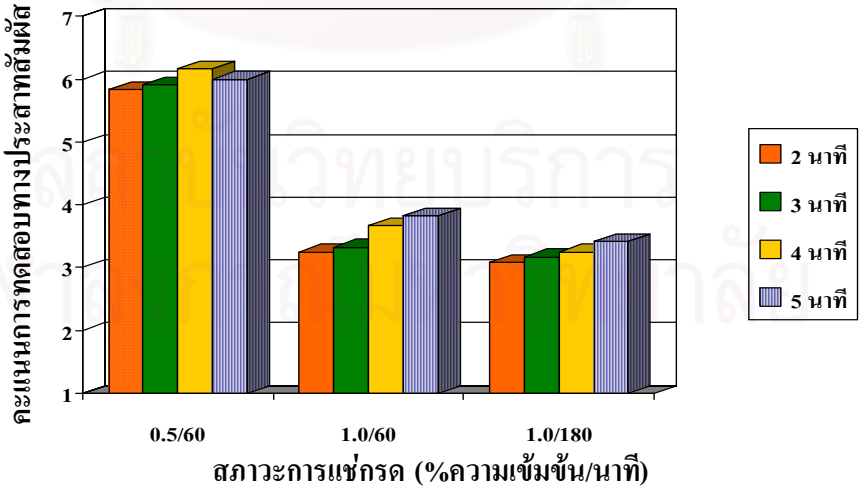
จากรูปที่ 4.12 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0% ก่อนนำมาลวกในน้ำเดือดมีค่าน้อยกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก 0.5% ทั้งนี้เนื่องจากผู้ทดสอบสามารถรับรู้ได้ถึงกลิ่นเปรี้ยว ซึ่งเป็นกลิ่นแปลกปลอมที่ได้จากกรดซิตริก

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นว่าผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับในด้านรสชาติของข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0% ก่อนนำมาลวกในน้ำเดือด เนื่องจากข้าวที่ได้มีรสเปรี้ยวจากการใช้สารละลายกรดในขั้นตอนการแช่ แม้ว่าสารละลายกรดบางส่วนที่ติดมากับข้าวจะละลายออกมากับน้ำในขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนโดยการลวกข้าวในน้ำเดือด แต่กรดที่หลงเหลืออยู่ในข้าวก็มีปริมาณเพียงพอที่จะทำให้ผู้ทดสอบรับรู้ได้ ส่วนข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น



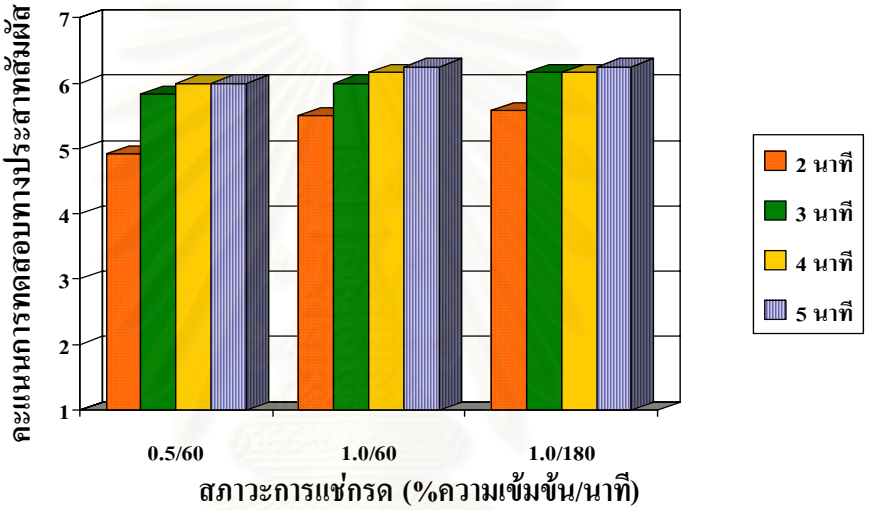
รูปที่ 4.12 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

0.5% ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านรสชาติอยู่ในช่วง 5.83-6.17 ซึ่งหมายถึง ชอบ ถึง ชอบมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นกรดที่น้อยกว่าทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถรับรู้ถึงรสเปรี้ยวของกรดได้ และสารละลายกรดบางส่วนที่ติดมากับข้าวในขั้นตอนการแช่ข้าวละลายลงไปในน้ำเดือดที่ใช้ลวกข้าว ดังนั้นสารละลายกรดที่ยังคงหลงเหลืออยู่ในข้าวจึงน้อยลงจนผู้ทดสอบไม่สามารถรับรู้ได้



รูปที่ 4.13 คะแนนความชอบด้านรสชาติของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

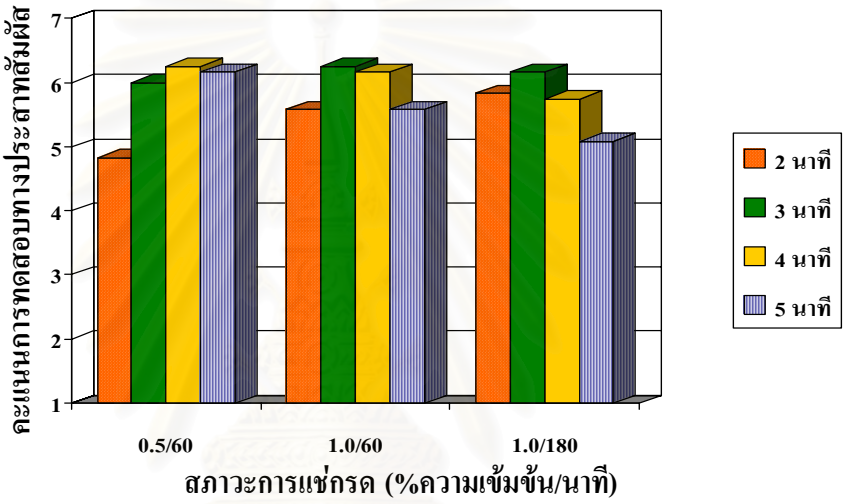
ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการสุกทั่วถึงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกแล้วนำมาทำให้สุกบางส่วนโดยการลวกในน้ำเดือดแสดงดังรูปที่ 4.14 ซึ่งพบว่าผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่ในน้ำ นั่นคือ ข้าวที่ลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 นาทีได้รับคะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงน้อยกว่าข้าวที่ผ่านการลวกเป็นระยะเวลา 3 4 และ 5 นาที เนื่องการลวกข้าวเป็นระยะเวลาสั้นๆ ความชื้นในข้าวที่เพิ่มขึ้นไม่เพียงพอสำหรับการเกิดเจลาติไนเซชันได้ทั่วทั้งเมล็ด ทำให้ด้านในของเมล็ดข้าวยังคงดิบอยู่



รูปที่ 4.14 คะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.15 เป็นคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสที่ผู้ทดสอบมีต่อข้าวสำเร็จรูปในรีทอร์ตเพาช์ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ข้าวในสารละลายกรดซิตริกก่อนนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ จะเห็นว่าในสภาวะการแช่ข้าวในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% เป็นเวลา 60 นาที และ 1.0% เป็นเวลา 60 นาที แล้วนำมาลวกในน้ำเดือด 2 นาทีได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านสภาวะการแช่เดียวกัน แต่ใช้ระยะเวลาในการลวกนานกว่า เนื่องจากข้าวได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชันหรือสุกจนถึงแกนในของเมล็ดในขั้นตอนการเข้ารีทอร์ตเพื่อฆ่าเชื้อและทำให้สุก ทำให้ข้าวที่ได้

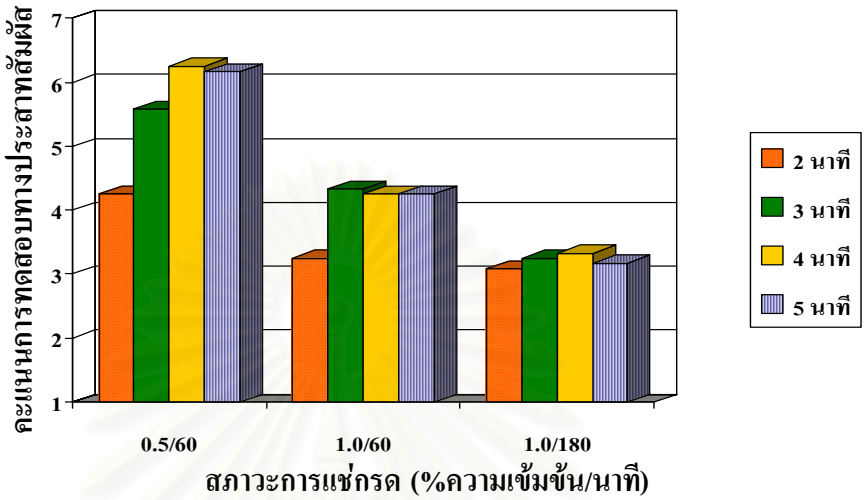
ยังมีลักษณะของข้าวดิบคือ แข็งตรงแกนในของเมล็ด และเป็นที่น่าสังเกตว่าข้าวที่ผ่านเตรียมโดยการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0% เป็นเวลา 60 นาที และ 1.0% เป็นเวลา 180 นาที แล้วลวกในน้ำเดือด 4 และ 5 นาที ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลง เนื่องจากข้าวที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่นิ่มจะเกินไป นั้นคือความชื้นที่ข้าวได้รับจากขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนนั้นมากเกินไป เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อและทำให้สุกในรีทอร์ตแล้ว ข้าวสุกจะมีลักษณะค่อนข้างแฉะ ส่งผลให้ได้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลง



รูปที่ 4.15 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

คะแนนความชอบด้านการยอมรับรวมนั้นได้รับผลกระทบมาจากลักษณะด้านกลิ่น รส การสุกทั่วถึง และเนื้อสัมผัส จากรูปที่ 4.16 ข้าวในรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ในสารละลายกรซิตริกความเข้มข้น 1.0% เป็นเวลา 60 นาที และ 180 นาที ก่อนนำมาลวกในน้ำเดือด ได้รับคะแนนการยอมรับรวมต่ำกว่าข้าวที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% ในขั้นตอนการแช่ข้าว ทำให้ข้าวในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้มีกลิ่นผิดปกติและมีรสเปรี้ยว ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมในช่วง 3.08-4.33 ซึ่งหมาย ไม่ชอบเล็กน้อย ถึง เฉยๆ ส่วนข้าวที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% และลวกในน้ำเดือด 2 นาทีได้รับคะแนนการยอมรับรวมต่ำกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ใน

เดียวกัน แต่ลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลานานกว่าเนื่องมาจากผลของการสุกทั่วถึงและเนื้อสัมผัสดังได้กล่าวมาแล้ว



รูปที่ 4.16 คะแนนความชอบด้านการยอมรับรวมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ

ผลของลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น รสชาติ การสุกทั่วถึง และเนื้อสัมผัส มีผลต่อการยอมรับรวม สภาวะการแช่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในสารละลายกรดซิตริก และลวกที่ได้รับคะแนนการยอมรับรวมสูงสุดคือ

ก) แช่ในสารละลายกรดซิตริก 0.5% 60 นาที ลวก 4 นาที

ข) แช่ในสารละลายกรดซิตริก 0.5% 60 นาที ลวก 5 นาที

จึงคัดเลือกเอาสภาวะการแช่ในสารละลายกรดซิตริก 0.5% 60 นาที และลวกในน้ำเดือด 4 นาทีเป็นสภาวะที่ใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2.2 ผลการศึกษาสภาวะการทำให้สุกบางส่วนของข้าวชัยนาท 1

4.2.2.2.1 ผลการศึกษาสภาวะการทำให้สุกบางส่วนของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำ

เมื่อนำข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำในสภาวะที่คัดเลือก มาลวกในน้ำเดือดระยะเวลาต่าง ๆ คือ 9 10 11 และ 12 นาทีก่อนนำไปบรรจุลงรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120±2 กรัม ปิดผนึกแล้วนำไปทำให้สุกพร้อมๆ กับฆ่าเชื้อในรีทอร์ตที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาทีแล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสและหาความชื้นได้ผลดังตารางที่ 4.14

ลักษณะทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึง เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำในสภาวะที่คัดเลือกเมื่อนำมาลวกในน้ำเดือด 9 นาทีได้รับคะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงน้อยกว่าข้าวที่ใช้ระยะเวลาในการลวกนานกว่า เนื่องการลวกในระยะเวลาสั้น ความชื้นที่เพิ่มขึ้นในข้าวไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชันหรือสุกได้ทั่วถึงจนถึงแกนกลางของเมล็ด ซึ่งส่งผลให้ได้รับคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมน้อยตามไปด้วย

ความชื้นของข้าวชัยนาท 1 ในรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่น้ำ แล้วผ่านการทำให้ข้าวสุกบางส่วนโดยการลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ อยู่ในช่วงประมาณ 59-80% โดยข้าวที่มีความชื้น 70-76% เป็นข้าวที่อยู่ในกลุ่มที่ได้รับคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและความชื้นข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ

สภาวะการแช่ (°C/นาที)	ระยะเวลาลวกในน้ำเดือด (นาที)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส		
		สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}
RT/60	9	6.00 ±0.56	5.08 ±0.45	4.83 ±0.43
	10	6.08 ±0.45	5.25 ±0.49	5.08 ±0.85
	11	6.17 ±0.51	5.33 ±0.67	5.17 ±0.75
	12	6.08 ±0.79	5.33 ±0.52	5.00 ±0.45
RT/120	9	5.92 ±0.58	5.25 ±0.67	4.92 ±0.58
	10	6.08 ±0.60	5.08 ±0.51	5.25 ±0.67
	11	6.00 ±0.67	5.17 ±0.58	5.17 ±0.60
	12	6.17 ±0.52	5.33 ±0.49	5.33 ±0.39
60/60	9	6.00 ±0.60	5.25 ±0.74	5.08 ±0.78
	10	6.08 ±0.74	5.17 ±0.45	5.00 ±0.43
	11	6.00 ±0.79	5.17 ±0.78	5.17 ±0.58
	12	5.92 ±0.62	5.25 ±0.65	5.25 ±0.52
60/180	9	5.92 ±0.80	5.17 ±0.67	5.17 ±0.58
	10	6.00 ±0.51	5.08 ±0.87	5.08 ±0.49
	11	6.17 ±0.72	5.25 ±0.45	5.00 ±0.67
	12	6.08 ±0.39	5.17 ±0.39	5.17 ±0.75

RT = อุณหภูมิห้อง

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

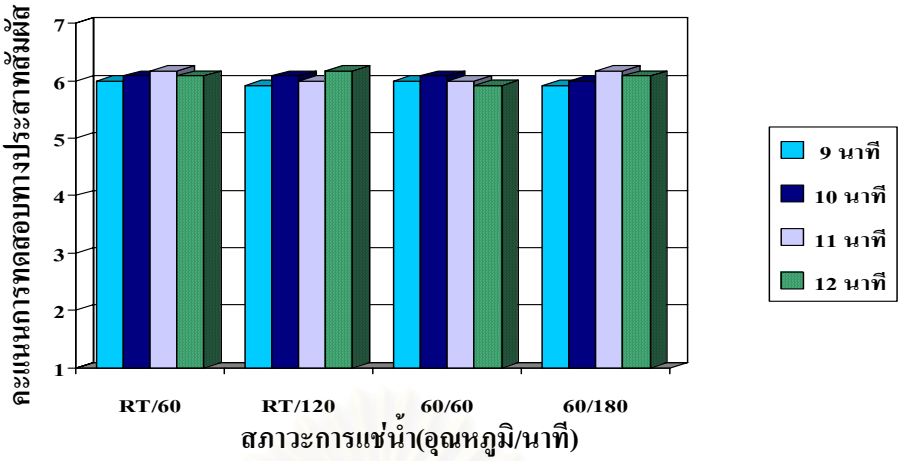
ตารางที่ 4.14 (ต่อ) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและความชื้นข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ

สภาวะการแช่ (°C/นาที)	ระยะเวลาลวกในน้ำเดือด (นาที)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส			%ความชื้น
		การสุกทั่วถึง	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม	
RT/60	9	3.67 ± 0.29 ^{d}	4.50 ± 0.39 ^{bc}	4.50 ± 0.52 ^{c}	59.42
	10	5.92 ± 0.45 ^{ab}	5.33 ± 0.58 ^{a}	5.92 ± 0.67 ^{a}	70.65
	11	5.83 ± 0.67 ^{ab}	5.25 ± 0.49 ^{a}	5.92 ± 0.49 ^{a}	72.37
	12	5.92 ± 0.51 ^{ab}	5.33 ± 0.74 ^{a}	5.83 ± 0.58 ^{a}	76.24
RT/120	9	3.83 ± 0.49 ^{c}	4.42 ± 0.51 ^{c}	4.42 ± 0.49 ^{c}	60.01
	10	6.00 ± 0.58 ^{ab}	5.25 ± 0.49 ^{a}	5.83 ± 0.75 ^{a}	70.19
	11	5.92 ± 0.74 ^{ab}	5.33 ± 0.72 ^{a}	5.83 ± 0.67 ^{a}	73.48
	12	6.08 ± 0.72 ^{a}	5.17 ± 0.85 ^{ab}	5.67 ± 0.89 ^{ab}	76.97
60/60	9	3.92 ± 0.39 ^{c}	4.50 ± 0.43 ^{bc}	4.50 ±0.29 ^{c}	68.44
	10	6.00 ± 0.74 ^{ab}	5.25 ± 0.87 ^{a}	5.92 ±0.51 ^{a}	72.57
	11	6.08 ± 0.83 ^{a}	5.17 ± 0.74 ^{a}	5.92 ±0.67 ^{a}	75.32
	12	6.17 ± 0.87 ^{a}	5.08 ± 0.67 ^{ab}	5.50 ±0.52 ^{ab}	78.25
60/180	9	4.08 ± 0.51 ^{c}	4.75 ± 0.45 ^{bc}	5.25 ±0.45 ^{bc}	69.65
	10	6.08 ± 0.67 ^{a}	5.17 ± 0.58 ^{ab}	5.92 ±0.67 ^{a}	72.33
	11	6.17 ± 0.58 ^{a}	5.17 ± 0.39 ^{ab}	5.83 ±0.78 ^{a}	76.11
	12	6.25 ± 0.60 ^{a}	5.00 ± 0.74 ^{b}	5.67 ±0.94 ^{ab}	80.09

RT = อุณหภูมิห้อง

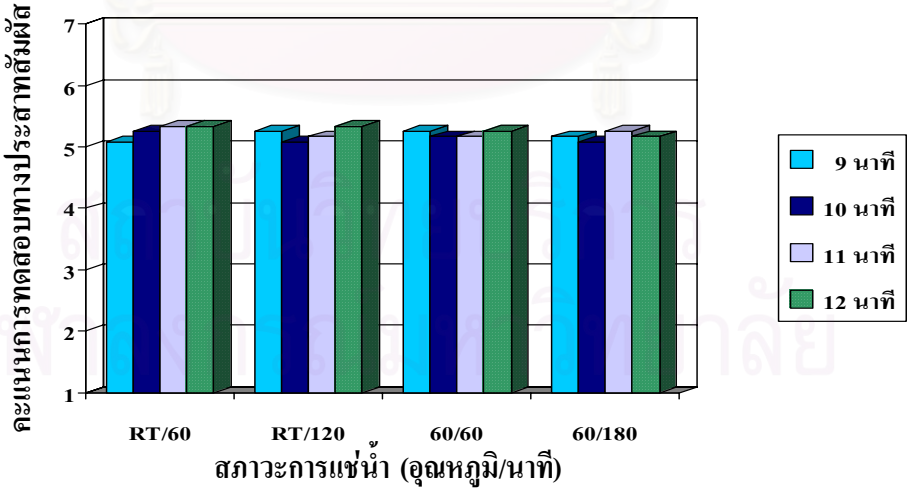
a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

และเมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 4.14 ไปเขียนเป็นกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.17-4.22 ในรูปที่ 4.17 เป็นกราฟที่ได้จากคะแนนความชอบทางด้านสี พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของข้าวในรีทอร์ตเพาช์ที่เตรียมโดยการแช่ในน้ำในสภาวะที่คัดเลือก แล้วนำมาทำให้ข้าวสุกบางส่วนโดยการลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 9 10 11 และ 12 นาที โดยคะแนนที่ได้อยู่ในช่วง 5.92-6.17



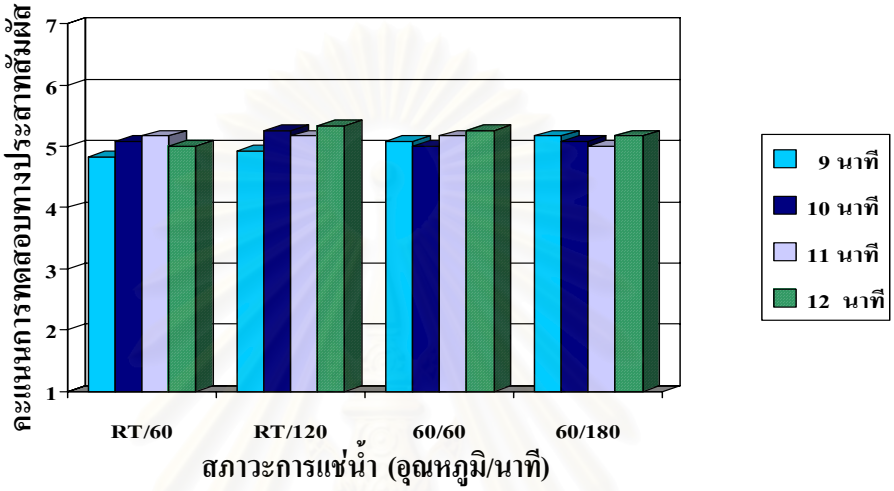
รูปที่ 4.17 คะแนนความชอบด้านสีของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.18 เป็นกราฟที่ได้จากคะแนนความชอบในด้านกลิ่นของข้าวชัยนาท 1 ในรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่น้ำในสภาวะที่คัดเลือกมาจากข้อ 4.2.1.1.2 แล้วนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 9 10 11 และ 12 นาที ซึ่งผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คะแนนความชอบด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 5.08-5.33



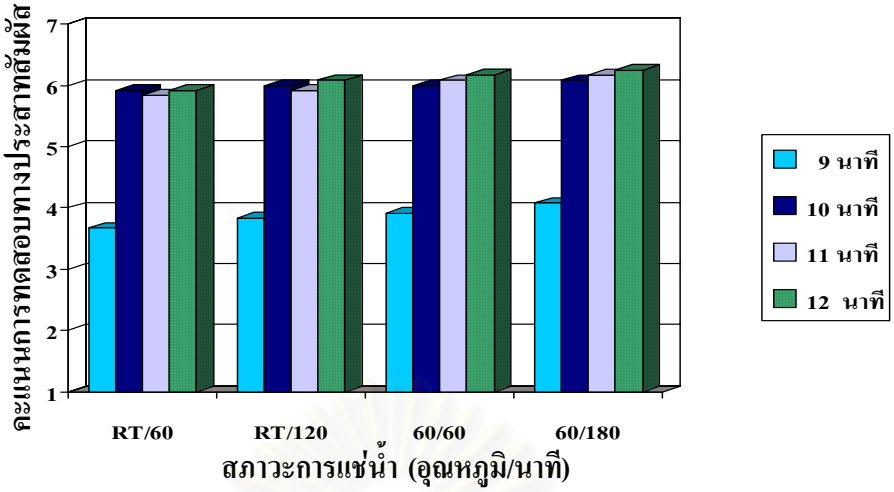
รูปที่ 4.18 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

ในรูปที่ 4.19 เป็นกราฟที่ได้จากคะแนนความชอบในด้านรสชาติของข้าวชัยนาท 1 ในรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่และทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ พบว่าความชอบในด้านรสชาติของข้าวที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คะแนนความชอบด้านรสชาติที่ได้อยู่ในช่วง 4.83-5.33



รูปที่ 4.19 คะแนนความชอบด้านรสชาติของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

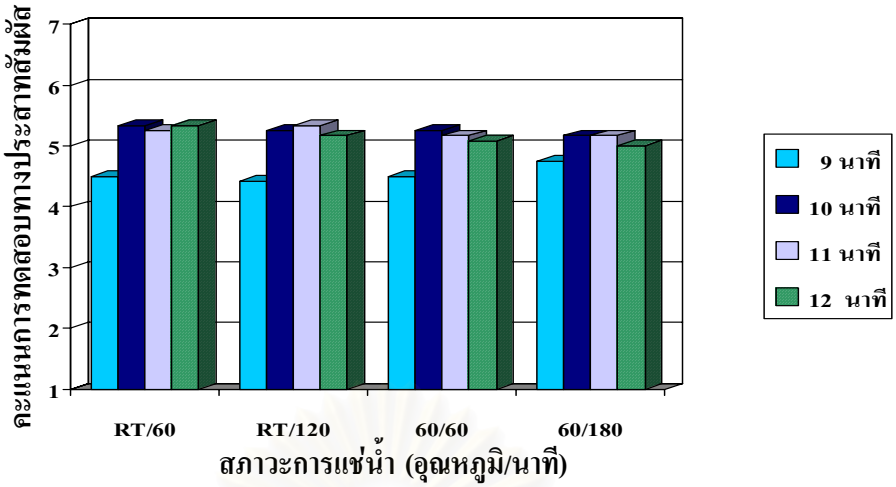
ในรูปที่ 4.20 เป็นกราฟที่ได้จากคะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงของข้าวชัยนาท 1 ในรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่น้ำในสภาวะที่คัดเลือกมาจากข้อ 4.2.1.1.2 แล้วนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 9 10 11 และ 12 นาที ซึ่งข้าวที่ผ่านการลวกในน้ำเดือด 9 นาที ได้รับคะแนนความชอบในด้านการสุกทั่วถึงน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านสภาวะการแช่เดียวกันแต่ลวกในระยะเวลาที่นานกว่าคือ 10 11 และ 12 นาที ข้าวที่ผ่านการลวกในน้ำเดือด 9 นาที จะมีลักษณะแข็งตรงแกนในของเมล็ดเนื่องจากข้าวสุกไม่ทั่วถึง เพราะความชื้นของข้าวที่เพิ่มขึ้นจากการลวกในระยะเวลาสั้นๆ (9 นาที) ไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชันหรือสุกอย่างทั่วถึงทั้งเมล็ด ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนความชอบในด้านการสุกทั่วถึงของข้าวที่ผ่านการลวก 9 นาทีอยู่ในช่วง 3.67-4.08 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ ในขณะที่ข้าวที่ผ่านการลวกในน้ำเดือด 10 11 และ 12 นาทีได้รับคะแนนความชอบในด้านการสุกทั่วถึงของข้าวอยู่ในช่วง 5.83-6.25 ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก แสดงให้เห็นว่าข้าวที่ได้สุกทั่วถึงดี เนื่องจากข้าวได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างเพียงพอที่จะทำให้เกิดเจลาติไนเซชันหรือสุกได้อย่างทั่วถึง



รูปที่ 4.20 คะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

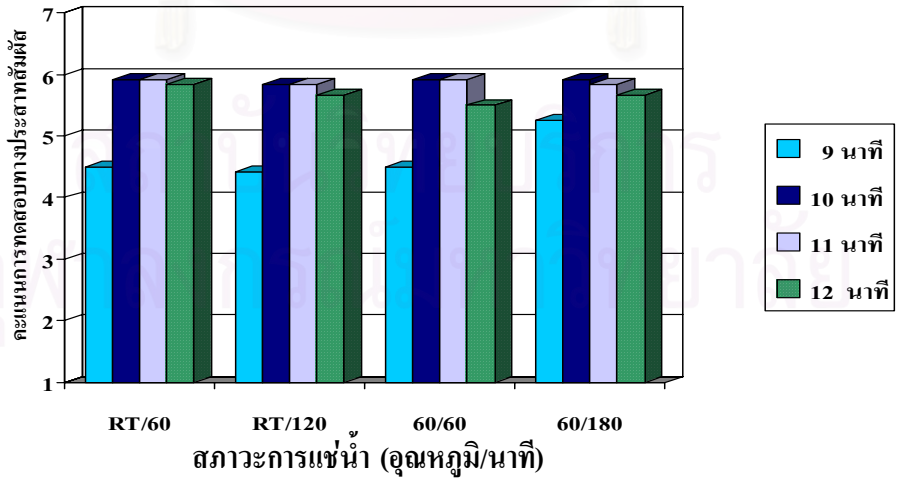
จากรูปที่ 4.21 เป็นกราฟที่ได้จากคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส พบว่าข้าวที่ผ่านการลวกเป็นระยะเวลา 9 นาทีได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านการแช่ในสภาวะเดียวกันแต่ลวกในระยะเวลาที่นานกว่า ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการสุกทั่วถึงของข้าว ส่วนข้าวที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 120 นาที อุณหภูมิ 60 °C เป็นระยะเวลา 60 นาที และอุณหภูมิ 60 °C เป็นระยะเวลา 120 นาที แล้วนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 12 นาที ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลง เนื่องจากข้าวที่ได้นิ่มเกินไป ซึ่งเป็นผลมาจากข้าวได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นจากขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนมากเกินไปจนทำให้ข้าวค่อนข้างแฉะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.21 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสถึงของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.22 เป็นกราฟที่ได้จากคะแนนด้านการยอมรับรวมของข้าวชัยนาท 1 ในรีทอร์ตเพาช์ ซึ่งการยอมรับรวมของข้าวสัมพันธ์กับลักษณะด้านจากการสุกทั่วถึงและลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ตัวอย่างที่ผ่านสภาวะการเตรียมข้าวก่อนเข้ารีทอร์ตที่ทำให้ได้ข้าวที่สุกทั่วถึงโดยที่เนื้อสัมผัสของข้าวไม่แข็งหรือนิ่มเละจนเกินไปจะได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วง 5.83-5.92 ซึ่งหมายถึงชอบค่อนข้างมาก



รูปที่ 4.22 คะแนนการยอมรับรวมของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่น้ำและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

สภาวะการแช่ข้าวชัยนาท 1 ในน้ำและการทำให้สุกบางส่วนของที่ได้รับคะแนนการยอมรับรวมสูงสุดคือ

ก) แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ลวกในน้ำเดือด 10 11 นาที

ข) แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 120 นาที ลวกในน้ำเดือด 10 11 นาที

ค) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C 60 นาที ลวกในน้ำเดือด 10 11 นาที

ง) แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C 180 นาที ลวกในน้ำเดือด 10 นาที

จึงคัดเลือกเอาสภาวะการแช่ข้าวชัยนาท 1 ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที และลวกในน้ำเดือด 10 นาทีเป็นสภาวะที่ใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป เนื่องจากเป็นสภาวะการเตรียมข้าวที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับสภาวะการเตรียมข้าวชัยนาท 1 ก่อนเข้ารีทอร์ตอื่นๆ ขณะที่คะแนนความชอบในด้านการสุกทั่วถึง ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมอยู่ในกลุ่มที่สูงที่สุด และยังเป็นสภาวะที่ทำการทดลองได้สะดวกที่สุด

4.2.2.2.2 ผลการศึกษาสภาวะการทำให้สุกบางส่วนของข้าวชัยนาท 1 ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก

เมื่อนำข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกในสภาวะที่คัดเลือก มาผ่านขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนโดยลวกข้าวในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 9 10 11 และ 12 นาที ก่อนบรรจุลงในรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120±2 กรัม แล้วนำไปทำให้สุกพร้อมๆ กับฆ่าเชื้อในรีทอร์ตที่อุณหภูมิ 121°C เป็นระยะเวลา 15 นาที แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสในลักษณะความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ การสุกทั่วถึง เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม และวิเคราะห์หาความชื้น ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.15

ลักษณะทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ข้าวที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติน้อยกว่าข้าวที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.5% อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากผู้ทดสอบสามารถรับรู้ได้ถึงกลิ่นและรสเปรี้ยวของกรด ส่วนคะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึง เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกในสภาวะที่คัดเลือกเมื่อนำมาลวกในน้ำเดือด 9 นาทีได้รับคะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงน้อยกว่าข้าวที่ใช้ระยะเวลาในการลวกนานกว่า เนื่องการลวกในระยะเวลาสั้น ทำให้ความชื้นที่เพิ่มขึ้นในข้าวไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชันหรือสุกได้ทั่วถึงจนถึงแกนกลางของเมล็ด ซึ่งส่งผลให้ได้รับคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมน้อยตามไปด้วย

ความชื้นของข้าวชัยนาท 1 ในรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่ในสารละลายกรดซิตริก แล้วผ่านการทำให้ข้าวสุกบางส่วนโดยการลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ อยู่ในช่วงประมาณ 66-79% โดยข้าวที่มีความชื้น 70-77% เป็นข้าวที่อยู่ในกลุ่มที่ผ่านสภาวะการเตรียมข้าวก่อนเข้ารีทอร์ตที่ได้รับคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด

และเมื่อนำผลการทดลองจากตารางที่ 4.15 ไปเขียนกราฟจะได้ดังรูป 4.23-4.28 ในรูปที่ 4.23 เป็นกราฟที่ได้จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสี พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยคะแนนที่ผู้ทดสอบให้นั้นจะอยู่ในช่วง 5.92-6.17 ซึ่งหมายถึงผู้ทดสอบค่อนข้างชอบในลักษณะปรากฏด้านสีของข้าวค่อนข้างมาก

รูปที่ 4.24 เป็นกราฟที่ได้จากคะแนนความชอบด้านกลิ่น ข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 5.0-5.17 ซึ่งมากกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0% ซึ่งได้คะแนนอยู่ในช่วง 3.83-4.33 โดยข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0% นาน 180 นาที ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นน้อยที่สุด เนื่องจากการใช้สารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้นสูงกว่า (1.0%) ในขั้นตอนของการแช่ข้าวนั้นทำให้ข้าวที่ได้มีกลิ่นเปรี้ยวจากกรดซิตริกที่ใช้ จนผู้ทดสอบสามารถรับรู้ถึงกลิ่นกรดได้

ในรูปที่ 4.25 เป็นกราฟที่ได้จากคะแนนความชอบด้านรสชาติของข้าวชัยนาท 1 ในรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการเตรียมข้าวโดยแช่ข้าวในกรดซิตริก แล้วนำมาทำให้สุกบางส่วนโดยการลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาต่างๆ พบว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติอยู่ในช่วง 5.17-5.67 ซึ่งมากกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0% ซึ่งได้คะแนนอยู่ในช่วง 4.00-4.33 เนื่องจากการใช้สารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้นสูงกว่า (1.0%) ในขั้นตอนของการแช่ข้าวนั้นทำให้ข้าวที่ได้มีรสเปรี้ยวจากกรดซิตริกที่ใช้ จนผู้ทดสอบสามารถรับรู้ได้ ส่วนการใช่สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5%นั้นไม่ทำให้ข้าวเกิดรสเปรี้ยวจนผู้ทดสอบสามารถรับรู้ได้

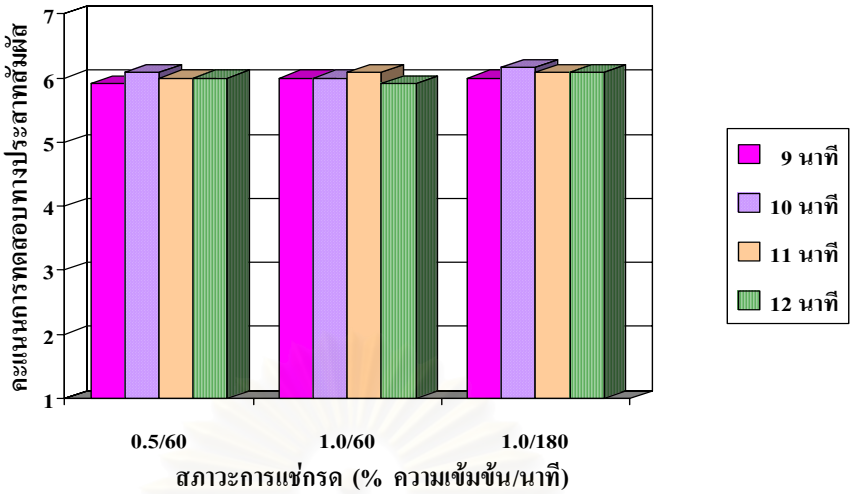
ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและความชื้น ข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและการทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่างๆ

สภาวะการแช่ (%ความเข้มข้น/นาที)	ระยะเวลาลวกในน้ำเดือด (นาที)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส						% ความชื้น
		สี ns	กลิ่น	รสชาติ	การสุกทั่วถึง	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม	
0.5/60	9	5.92 ± 0.39	5.00 ± 0.51 ab	5.17 ± 0.51 ab	4.08 ± 0.39 d	4.67 ± 0.67 c	4.72 ± 0.45 c	66.19
	10	6.08 ± 0.72	5.08 ± 0.49 a	5.67 ± 0.58 a	5.92 ± 0.45 ab	5.83 ± 0.74 a	5.83 ± 0.67 a	70.43
	11	6.00 ± 0.49	5.17 ± 0.65 a	5.50 ± 0.45 a	5.83 ± 0.51 ab	5.83 ± 0.51 a	5.75 ± 0.60 a	73.27
	12	6.00 ± 0.83	5.08 ± 0.87 a	5.67 ± 0.75 a	5.92 ± 0.45 ab	5.72 ± 0.60 ab	5.67 ± 0.74 ab	76.98
1.0/60	9	6.00 ± 0.85	4.08 ± 0.67 bc	4.25 ± 0.39 c	4.25 ± 0.29 c	4.58 ± 0.29 c	4.25 ± 0.45 d	66.88
	10	6.00 ± 0.51	4.17 ± 0.75 bc	4.33 ± 0.49 c	6.00 ± 0.51 a	5.92 ± 0.39 a	4.33 ± 0.49 d	71.32
	11	6.08 ± 0.60	4.25 ± 0.49 b	4.25 ± 0.45 c	6.08 ± 0.58 a	5.83 ± 0.74 a	4.25 ± 0.51 d	74.48
	12	5.92 ± 0.67	4.33 ± 0.60 b	4.42 ± 0.51 c	6.08 ± 0.49 a	5.92 ± 0.65 a	4.33 ± 0.67 d	77.52
1.0/180	9	6.00 ± 0.67	3.87 ± 0.29 c	4.08 ± 0.51 d	4.33 ± 0.49 c	4.67 ± 0.29 c	4.08 ± 0.58 e	67.48
	10	6.17 ± 0.74	3.92 ± 0.45 bc	4.00 ± 0.45 d	6.08 ± 0.60 a	5.92 ± 0.74 a	4.00 ± 0.45 e	72.14
	11	6.08 ± 0.60	3.83 ± 0.51 c	4.17 ± 0.29 cd	6.00 ± 0.58 a	5.83 ± 0.51 a	4.17 ± 0.51 de	76.79
	12	6.08 ± 0.39	4.00 ± 0.49 bc	4.25 ± 0.39 c	6.17 ± 0.49 a	5.67 ± 0.67 ab	4.00 ± 0.39 e	78.92

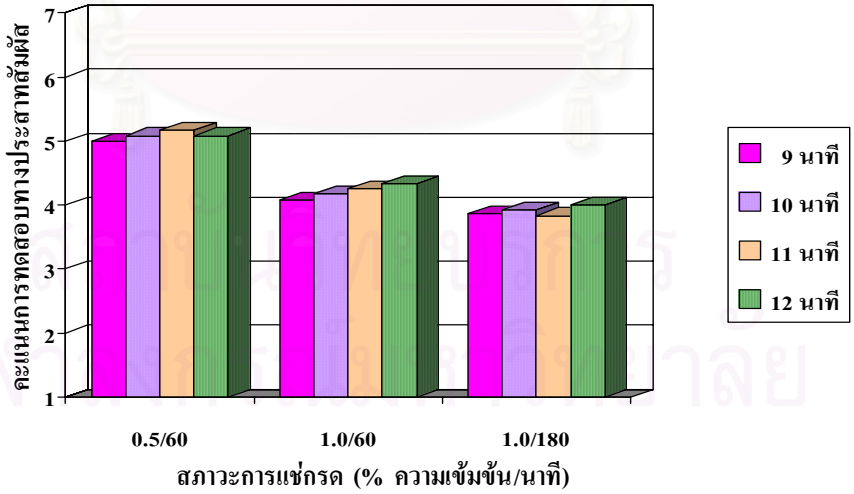
ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

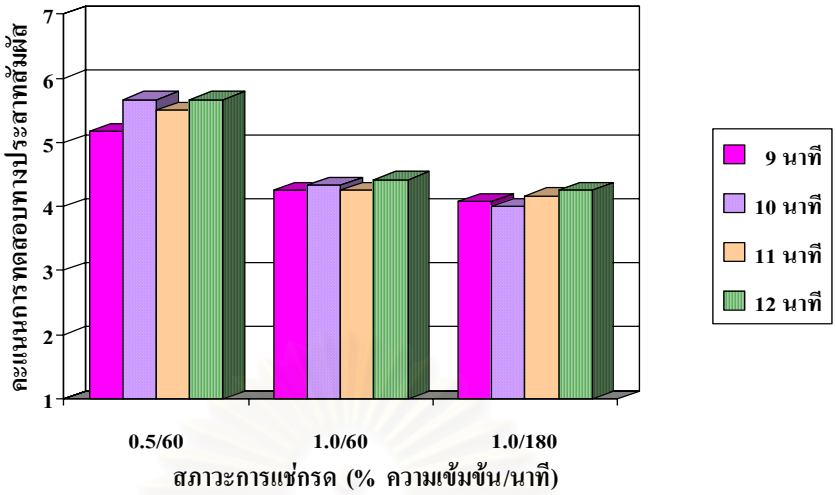
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.23 คะแนนความชอบด้านสีของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

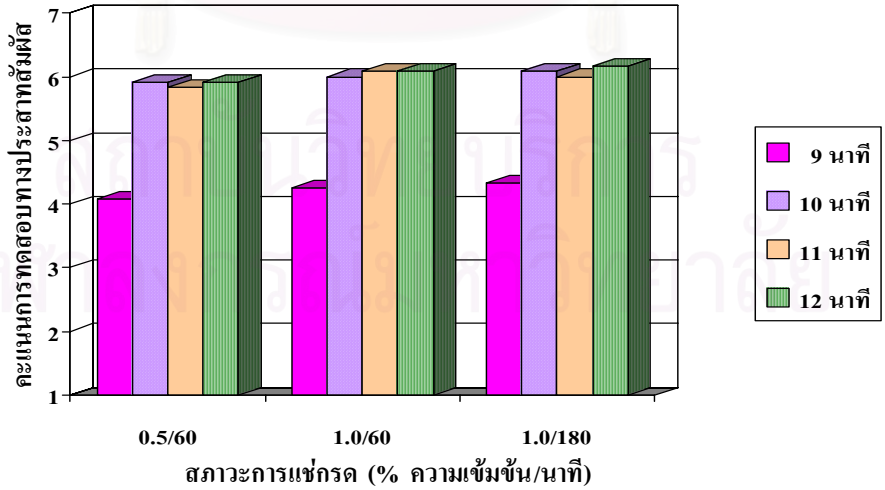


รูปที่ 4.24 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ



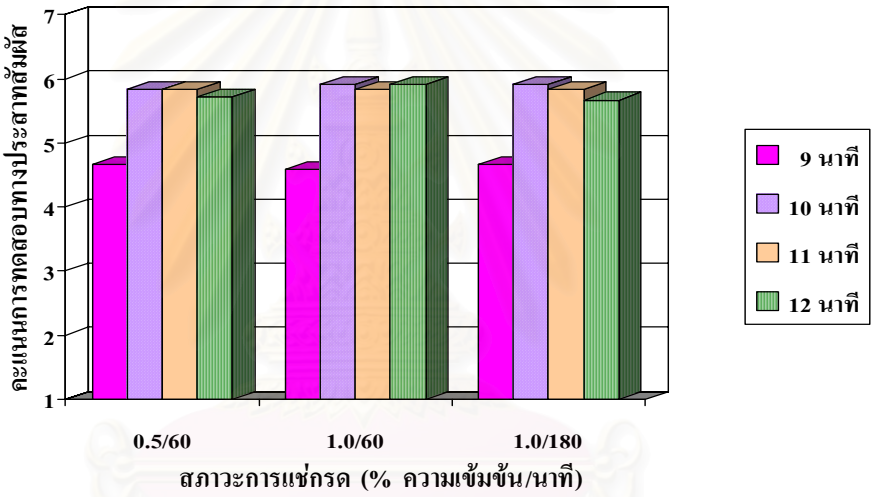
รูปที่ 4.25 คะแนนความชอบด้านรสชาติของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านการสุกทั่วถึงของข้าวสามารถนำมาเขียนเป็นกราฟดังรูปที่ 4.26 คะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงต่อข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการทำให้สุกบางส่วนโดยการลวกในน้ำเดือด 9 นาทีมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านการลวกเป็นระยะเวลาที่นานกว่า ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นที่เพิ่มขึ้นจากการลวกเพียง 9 นาทีนั้นไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชันหรือสุกได้อย่างทั่วถึงทั้งเมล็ด ตรงแกนกลางของเมล็ดข้าวยังคงดิบอยู่



รูปที่ 4.26 คะแนนความชอบด้านการสุกทั่วถึงของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

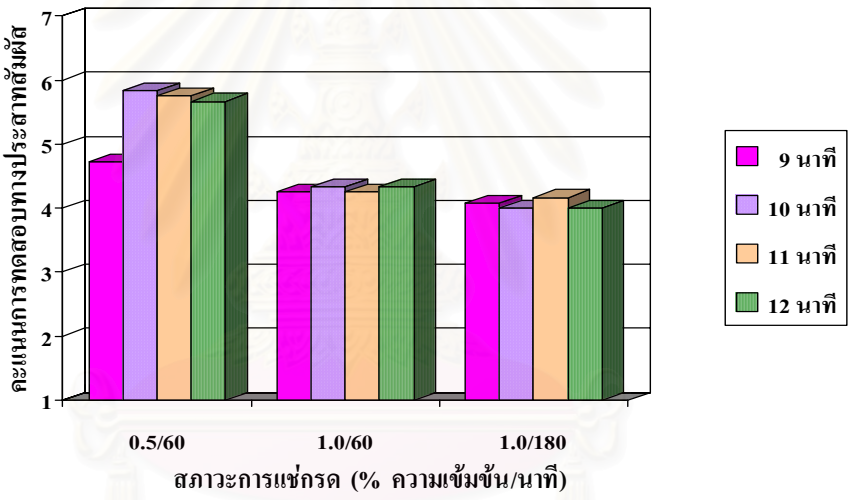
รูปที่ 4.27 เป็นกราฟที่ได้จากผลการทดสอบด้านทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวชัยนาท 1 ในรีทอร์ตเพาช์ คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวที่ผ่านการทำให้สุกบางส่วนโดยการลวกในน้ำเดือด 9 นาทีมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านการลวกเป็นระยะเวลาที่นานกว่า เนื่องจากตรงแกนกลางของเมล็ดข้าวแข็ง มีลักษณะของข้าวดิบเพราะความชื้นที่ได้จากการลวกข้าวในน้ำเดือด 9 นาทีไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชันหรือสุกได้อย่างทั่วถึงทั้งเมล็ด ตรงแกนกลางของเมล็ดข้าวจึงยังคงดิบอยู่



รูปที่ 4.27 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกและทำให้สุกบางส่วนในสภาวะต่าง ๆ

รูปที่ 4.28 เป็นกราฟที่ได้จากคะแนนด้านการยอมรับรวมของข้าวชัยนาท 1 ในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้เตรียมจากการแช่ข้าวในสารละลายกรดซิตริกในสภาวะที่คัดเลือกมาจากข้อ 4.2.1.2.2 แล้วนำมาทำให้สุกบางส่วนโดยลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 9 10 11 และ 12 นาที ก่อนนำข้าวที่ได้บรรจุลงในรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120$\pm$ 2 กรัม ปิดผนึก แล้วนำไปทำให้สุกพร้อมๆ กับฆ่าเชื้อในรีทอร์ตที่อุณหภูมิ 121°C เป็นระยะเวลา 15 นาที ซึ่งพบว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ การสุกทั่วถึง และเนื้อสัมผัส มีผลต่อการยอมรับรวมของผู้ทดสอบ ข้าวที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมโดยการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น1.0% ได้รับคะแนนการยอมรับรวมน้อยกว่า

ข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% เนื่องจากการใช้สารละลายกรดซิตริก 1.0% ในการแช่ข้าวทำให้ได้ข้าวที่มีกลิ่นและรสเปรี้ยวของกรดซิตริก การใช้สารละลายกรดซิตริกที่มีความเข้มข้นน้อยลงมา (0.5%) ในการแช่ข้าวไม่ทำให้ข้าวมีกลิ่นหรือรสเปรี้ยวจนผู้ทดสอบสามารถรับรู้ได้ ส่วนข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% แล้วลวกในน้ำเดือด 9 นาทีได้รับคะแนนด้านการยอมรับรวมน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% ทั้งนี้เนื่องจากข้าวที่ได้สุกไม่ทั่วถึงและมีเนื้อสัมผัสแข็ง เพราะความชื้นที่เพิ่มขึ้นในข้าวจากขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนโดยการลวกข้าวในน้ำเดือดเพียง 9 นาทีนั้นไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชันหรือสุกได้อย่างทั่วถึง ตรงแกนของเมล็ดข้าวจึงยังดิบและแข็งอยู่



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เดือด 10 นาทีเป็นสภาวะที่ใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป เนื่องจากเป็นสภาวะที่ได้รับคะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับสภาวะการเตรียมข้าวก่อนเข้ารีทอร์ตอื่นๆ และได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ การสุกทั่วถึง เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมอยู่ในกลุ่มที่สูงสุดในแต่ละลักษณะ และยังเป็นสภาวะที่สามารถทำการทดลองได้สะดวกที่สุด

จากผลการศึกษาวิธีการผลิตข้าวพร้อมบริโภคบรรจุในรีทอร์ตเพาช์สามารถสรุปสภาวะในการเตรียมข้าวก่อนเข้ารีทอร์ตที่เหมาะสมได้ดังนี้

1.ข้าวขาวดอกมะลิ 105 สภาวะการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ลวกในน้ำเดือด 4 นาที และสภาวะการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5%(w/v) 60 นาที ลวกในน้ำเดือด 4 นาที

2.ข้าวชัยนาท 1 สภาวะการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ลวกในน้ำเดือด 10 นาที และสภาวะการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5%(w/v) 60 นาที ลวกในน้ำเดือด 10 นาที

จะเห็นได้ว่าสภาวะในการทำให้สุกบางส่วนที่เหมาะสมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือ การลวกในน้ำเดือด 4 นาที ในขณะที่ข้าวชัยนาท 1 ใช้ระยะเวลาในการลวกถึง 10 นาทีซึ่งนานกว่าถึง 2.5 เท่าเพื่อให้ได้ข้าวสุกที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับ และความชื้นของข้าวสุกที่ได้จากข้าวชัยนาท 1 ที่ได้รับการยอมรับสูงสุดมีค่าประมาณ 70% ขณะที่ความชื้นของข้าวสุกที่ได้จากข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการยอมรับสูงสุดมีค่าประมาณ 60% ทั้งนี้เนื่องจากข้าวชัยนาท 1 เป็นข้าวที่มีปริมาณอมัยโลสและปริมาณโปรตีนสูง จึงต้องใช้ระยะเวลาในการหุงนานกว่า และต้องการน้ำปริมาณที่มากกว่าเพื่อให้ได้ข้าวสุกที่มีความนุ่มจนเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบเหมือนกับข้าวที่มีปริมาณอมัยโลสและปริมาณโปรตีนที่ต่ำกว่า (Juliano, 1965; Juliano และ Perez, 1983)

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำอุณหภูมิ 60°C 240 นาที จนมีความชื้น 38.99% เมื่อนำมาทำให้สุกบางส่วนโดยการลวกในน้ำเดือดจะใช้ระยะเวลาในการลวก 2 นาที และได้ข้าวในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดซึ่งมีความชื้น 63.07% ขณะที่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำอุณหภูมิห้อง 60 นาทีจนมีความชื้น 31.30% จะใช้ระยะเวลาในการลวก 4 นาที และได้ข้าวในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดซึ่งมีความชื้น 61.41% จะเห็นว่าแม้ความชื้นของข้าวหลังสภาวะการแช่แตกต่างกัน แต่เมื่อนำมาทำให้สุกบางส่วนจนข้าวมีความชื้นสุดท้ายใกล้เคียงกัน จะได้ข้าวที่มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับเหมือนกัน

การใช้สารละลายกรดซิตริกในขั้นตอนการแช่ข้าวเพื่อให้เมล็ดข้าวดูดน้ำได้ง่ายขึ้นนั้น แม้ว่ากรดซิตริกที่มีความเข้มข้น 1.0% จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด แต่ข้าวสุกที่ได้จากข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับคือมีกลิ่นและรสเปรี้ยวจากกรด

4.3 ผลการศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวพร้อมบริโภค 3 ชนิดคือ น้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate) และซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate) โดยจะใช้เป็นสารละลายในการลวกข้าวในขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วน

4.3.1 ผลการศึกษาการใช้น้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose) เพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก

การใช้น้ำตาลทรีฮาโลสนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มตัวถูกละลายในน้ำที่ข้าวจะใช้ในการเกิดเจลาติไนเซชัน โมเลกุลของน้ำตาลทรีฮาโลสทำให้สายอมัยโลสขาดความคล่องตัวในการเคลื่อนที่มาจับตัวกันใหม่ในการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก

4.3.1.1 ผลการศึกษาการใช้น้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose) เพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้จากข้าวขาวดอกมะลิ 105

เมื่อนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที แล้วนำไปลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสที่แปรความเข้มข้นเป็น 1 2 3 และ 4%นาน 4 นาที และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เตรียมโดยแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% 60 นาที แล้วนำไปลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสที่แปรความเข้มข้นเป็น 1 2 3 และ 4% ระยะเวลา 4 นาที มาบรรจุลงในรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120$\pm$2 กรัม ปิดผนึก แล้วนำเข้ารีทอร์ตเพื่อทำให้ข้าวสุกพร้อมกับฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง ข้ามคืน แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมได้ผลดังตารางที่ 4.16 และเมื่อนำมาหาความชื้น วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) เพื่อศึกษาค่า Hardness ด้วยเครื่องTexture Analyzer รุ่น TA.XT2 และวัดค่าสีในระบบ Hunter (L a b) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta-C300 แล้วนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีความขาว ได้ผลดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose,T)

สารละลายที่ใช้แช่	%T	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
น้ำ	1	4.50 ±0.52^{b}	5.83 ±0.58^{b}	5.67 ±0.49^{a}	5.92 ±0.67^{a}	6.08 ±0.90^{a}
	2	4.67 ±0.49^{b}	6.33 ±0.65^{a}	5.92 ±0.51^{a}	5.92 ±0.67^{a}	5.67 ±0.78^{ab}
	3	4.67 ±0.78^{b}	6.00 ±.0.85^{ab}	5.92 ±0.67^{a}	5.92 ±0.51^{a}	5.67 ±0.49^{ab}
	4	4.83 ±0.58^{b}	5.58 ±0.51^{b}	4.58 ±0.51^{b}	4.42 ±0.67^{c}	4.58 ±0.67^{d}
สารละลายกรดซิตริก	1	5.67 ±0.78^{a}	5.83 ±0.39^{b}	5.67 ±0.65^{a}	4.75 ±0.75^{bc}	5.33 ±0.49^{bc}
	2	5.75 ±0.75^{a}	5.83 ±0.58^{b}	5.67 ±0.49^{a}	4.25 ±0.45^{cd}	4.75 ±0.45^{cd}
	3	5.83 ±0.83^{a}	5.92 ±0.67^{ab}	5.67 ±0.65^{a}	5.08 ±0.79^{b}	5.08 ±0.51^{bcd}
	4	5.75 ±0.75^{a}	5.75 ±0.45^{b}	5.83 ±0.72^{a}	5.00 ±0.60^{b}	5.00 ±0.95^{cd}

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.17 ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose,T)

สารละลายที่ใช้แช่	%T	ดัชนีความขาว	Hardness	ความชื้น
น้ำ	1	74.86 ± 0.20^{a}	25.97 ± 0.03^{c}	62.76
	2	74.67 ± 0.47^{a}	26.42 ± 0.09^{c}	62.12
	3	74.72 ± 0.35^{a}	27.14 ± 0.06^{b}	61.56
	4	74.78 ± 0.44^{a}	39.07 ± 0.72^{a}	58.56
สารละลายกรดซิตริก	1	74.46 ± 0.23^{a}	17.17 ± 0.27^{g}	62.25
	2	74.37 ± 0.09^{a}	19.24 ± 0.05^{f}	61.95
	3	72.93 ± 0.38^{c}	20.42 ± 0.10^{e}	60.56
	4	73.71 ± 0.15^{b}	23.74 ± 0.49^{d}	58.12

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.16 และ 4.17 พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสเข้มข้น 2 และ 3%นาน 4 นาที ได้รับคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ อยู่ในกลุ่มสูงสุด จึงเลือกเอาสภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการใช้น้ำตาลทรีฮาโลส เพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวขาวดอกมะลิ 105 สำเร็จรูป ในรีทอร์ตเพาช์และใช้สภาวะดังกล่าวในการผลิตข้าวในรีทอร์ตเพาช์เพื่อใช้ในขั้นตอนการศึกษาอายุการเก็บต่อไป โดยข้าวที่ได้มีค่า Hardness เท่ากับ 26.42 N และ 27.14 N และมีค่าดัชนีความขาวเท่ากับ 74.67 และ 74.72

จากตารางที่ 4.16 จะเห็นว่าคะแนนความชอบด้านสีของตัวอย่างข้าวที่ผ่านสภาวะการแช่น้ำนั้นมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายกรดซิตริกได้กัดกร่อนเอาผิวด้านนอกของเมล็ดข้าวที่มีสีออกไป ทำให้ข้าวที่ได้เป็นสีของเนื้อเมล็ดซึ่งเป็นส่วนที่มีสีอ่อนกว่า ข้าวสุกที่ได้จึงมีสีขาวกว่าข้าวที่ผ่านขั้นตอนการแช่โดยใช้น้ำ ส่วนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสชาตินั้นพบว่าข้าวที่ผ่านการแช่น้ำแล้วนำมาลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 4% นั้นได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติน้อยที่สุด เนื่องจากผู้ทดสอบสามารถรับรู้ได้ถึงรสหวานที่เพิ่มขึ้นจากการใช้สารละลายน้ำตาลความเข้มข้นสูง (4%) ในการลวกข้าว แต่การใช้สารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 4%ในการลวกข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกนั้นผู้ทดสอบไม่สามารถรับรู้ได้ถึงรสหวาน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากกรดที่มีอยู่ในข้าวกลบรสหวานของน้ำตาลลง

คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำและในสารละลายกรดซิตริกแล้วนำมาลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสมีความแตกต่างกัน โดยข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำก่อนนำมาลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสได้รับคะแนนความชอบในด้านนี้สูงกว่า เนื่องจากสารละลายกรดซิตริกที่ใช้ในขั้นตอนการแช่ข้าวนั้นไปกัดกร่อนผิวด้านนอกเมล็ดข้าวออก จึงทำให้ข้าวสุกที่ได้มีความเหนียวติดกัน (Stickiness) มาก ซึ่งส่งผลให้คะแนนการยอมรับรวมของผู้ทดสอบต่อข้าวที่เตรียมโดยผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกมีค่าน้อยกว่าข้าวที่เตรียมโดยผ่านการแช่ในน้ำ คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำ แล้วนำมาลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 4% มีค่าน้อยลง ข้าวมีความนุ่มน้อยกว่าและมีค่า Hardness สูงกว่าข้าวที่ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 2 และ 3% เนื่องจากการเพิ่มตัวถูกละลายลงในน้ำที่ใช้ในการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้ง ทำให้ได้เจลแป้งที่แข็งขึ้นเนื่องจากมีน้ำอิสระที่ใช้ในการเกิดเจลหรือทำให้แป้งสุกลดลง (Kim และ Walker, 1992) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นของข้าวสุกที่แสดงในตารางที่ 4.17 ข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำ แล้วนำมาลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 4%มีค่าความชื้นน้อยที่สุดคือ 58.56%

จากตารางที่ 4.17 พบว่าข้าวที่ใช้น้ำในขั้นตอนการแช่มีค่าดัชนีความขาวอยู่ในช่วง 74.67-74.86 และค่า Hardness อยู่ในช่วง 25.97 N-39.07 N และข้าวที่ใช้สารละลายกรดซิตริกในขั้นตอนการแช่มีค่าดัชนีความขาวอยู่ในช่วง 73.93-74.46 และค่า Hardness อยู่ในช่วง 17.17 N-23.74 N ซึ่งเห็นว่าข้าวที่ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสที่มีความเข้มข้น 4%มีค่า Hardness สูง

กว่าข้าวที่ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า และข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกก่อนการลวกจะมีค่า Hardness ต่ำกว่าข้าวที่ผ่านการแช่น้ำ

4.3.1.2 ผลการศึกษาการใช้น้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose) เพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้จากข้าวชัยนาท 1

เมื่อนำข้าวชัยนาท 1 ที่เตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที แล้วนำไปลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสที่แปรความเข้มข้นเป็น 1 2 3 และ 4%นาน 10 นาที และข้าวชัยนาท 1 ที่เตรียมโดยแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% 60 นาที แล้วนำไปลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสที่แปรความเข้มข้นเป็น 1 2 3 และ 4% ระยะเวลา 10 นาที มาบรรจุลงในรีทอร์ต-เพาช์ถุงละ 120±2 กรัม ปิดผนึก แล้วนำเข้ารีทอร์ตเพื่อทำให้ข้าวสุกพร้อมกับฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องข้ามคืนมาทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมได้ผลดังตารางที่ 4.18 และเมื่อนำมาหาค่าความชื้น วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) เพื่อศึกษาค่า Hardness ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2 และวัดค่าสีในระบบ Hunter (L a b) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta-C300 แล้วนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีความขาว ได้ผลดังตารางที่ 4.19

จากคะแนนความชอบด้านสีพบว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกได้รับคะแนนความชอบด้านสีมากกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำ เนื่องจากข้าวมีความขาวมากกว่า เพราะสารละลายกรดซิตริกได้กัดกร่อนเอาผิวด้านนอกของเมล็ดข้าวที่มีสีออกไป ทำให้ข้าวที่ได้เป็นสีของเนื้อเมล็ดซึ่งเป็นส่วนที่มีสีอ่อนกว่า ข้าวสุกที่ได้จึงมีสีขาวกว่าข้าวที่ผ่านขั้นตอนการแช่โดยใช้น้ำ ส่วนคะแนนความชอบในด้านกลิ่นนั้นค่อนข้างใกล้เคียงกันในข้าวที่ผ่านสภาวะการแช่ทั้งสองแบบและผ่านการลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสที่ความเข้มข้นต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของข้าว พบว่าเมื่อมีการใช้สารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในการลวกข้าวที่ผ่านขั้นตอนการแช่โดยใช้น้ำ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านรสชาติเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสจนถึง 4% ผู้ทดสอบกลับให้คะแนนน้อยลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากผู้ทดสอบสามารถรับรู้ได้ถึงรสหวานของน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นมาในข้าว ในขณะที่ข้าวที่ผ่านขั้นตอนการแช่โดยใช้สารละลายกรดซิตริกแล้วนำมาลวกในสารละลายน้ำตาลที่แปรความเข้มข้นต่างๆ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านรสชาติไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกรดที่อยู่ในข้าวไปกลบรสหวานของน้ำตาล ทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างของรสชาติได้

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวชัยนาท 1 ที่ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose,T)

สารละลายที่ใช้แช่	%T	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
น้ำ	1	6.00 ± 0.60^{b}	5.33 ± 0.65^{ab}	4.50 ± 0.52^{b}	4.83 ± 0.49^{ab}	4.33 ± 0.78^{b}
	2	6.08 ± 0.79^{ab}	5.42 ± 0.67^{ab}	5.00 ± 0.95^{ab}	4.83 ± 0.83^{ab}	4.83 ± 0.94^{a}
	3	6.25 ± 0.62^{ab}	5.42 ± 0.67^{ab}	5.58 ± 0.51^{a}	4.83 ± 0.90^{ab}	4.75 ± 0.75^{a}
	4	6.00 ± 0.74^{b}	5.67 ± 0.49^{a}	4.67 ± 0.98^{b}	4.17 ± 0.58^{c}	3.83 ± 0.58^{c}
สารละลายกรดซิตริก	1	6.58 ± 0.67^{a}	5.50 ± 0.80^{ab}	4.75 ± 0.87^{b}	5.33 ± 0.78^{a}	4.50 ± 0.80^{ab}
	2	6.67 ± 0.89^{a}	5.25 ± 0.45^{ab}	4.58 ± 0.90^{b}	5.00 ± 0.74^{a}	4.50 ± 0.52^{ab}
	3	6.50 ± 0.52^{ab}	5.00 ± 0.74^{b}	4.83 ± 0.94^{b}	5.25 ± 0.87^{a}	4.42 ± 0.67^{ab}
	4	6.42 ± 0.67^{ab}	5.33 ± 0.78^{ab}	4.42 ± 0.67^{b}	4.67 ± 0.78^{abc}	3.67 ± 0.78^{c}

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ข้าวที่ผ่านขั้นตอนการแช่ในน้ำแล้วนำมาลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 4% ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด ข้าวมีความแข็งมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่า Hardness ที่มีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวอื่นๆ คือมีค่า 42.95 N ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเพิ่มน้ำตาลลงในน้ำที่ใช้ในการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้ง ทำให้ได้เจลที่แข็งขึ้นเนื่องจากมีน้ำอิสระที่ใช้ในการเกิดเจลหรือทำให้แป้งสุกลดลง ในปีค.ศ. 1992 Kim และ Walker ได้ทำการทดสอบเพื่อศึกษาผลของน้ำตาลและสาร Emulsifier ต่อ Pasting Properties ของแป้ง พบว่าการเติมน้ำตาลลงในสารละลายแป้งจะทำให้น้ำอิสระในสารละลายแป้งลงลด แป้งจะพองตัวได้ช้าลง Pasting Temperature ของแป้งสูงขึ้น

จากการใช้สารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสในการลวกข้าวชัยนาท 1 นั้นผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำและลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสความเข้มข้น 2 และ 3% มากที่สุดคือ 4.83 และ 4.75 ตามลำดับ เนื่องจากเป็นสภาวะที่ทำให้ข้าวได้รับคะแนนการยอมรับด้านรสชาติสูงที่สุด และคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในกลุ่มที่สูงที่สุด จึงเลือกเอาสภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการใช้น้ำตาลทรีฮาโลสในข้าวชัยนาท 1 เพื่อใช้ในการศึกษาอายุการเก็บต่อไป

ตารางที่ 4.19 ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวชัยนาท 1 ที่ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส (Trehalose,T)

สารละลายที่ใช้แช่	%T	ดัชนีความขาว	Hardness	ความชื้น
น้ำ	1	74.17 ± 0.12^{abc}	34.45 ± 1.11^{cd}	71.78
	2	74.30 ± 0.18^{a}	33.96 ± 0.52^{cd}	70.89
	3	73.64 ± 0.23^{cd}	35.02 ± 0.26^{c}	69.82
	4	74.24 ± 0.14^{ab}	42.95 ± 0.83^{a}	68.02
สารละลายกรดซิตริก	1	73.42 ± 0.20^{d}	32.11 ± 0.75^{e}	72.49
	2	73.48 ± 0.19^{d}	33.45 ± 0.36^{d}	71.85
	3	73.17 ± 0.77^{d}	33.68 ± 1.07^{cd}	70.24
	4	73.68 ± 0.04^{bcd}	36.69 ± 0.67^{b}	68.65

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

จากตารางที่ 4.19 เห็นว่าค่า Hardness ของข้าวที่ผ่านการลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 4% มีค่าสูงที่สุดคือ 42.95 N และ 36.69 N ในข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำและในสารละลายกรดซิตริก ตามลำดับ เนื่องจากการใส่ตัวถูกละลายลงในน้ำที่ใช้ในการเกิดเจลาติไนเซชันจะข้าวมีน้ำอิสระที่ใช้สำหรับเกิดเจลาติไนเซชันลงลด ทำให้ข้าวสุกแข็งขึ้น สอดคล้องกับค่าความชื้นที่ได้ ซึ่งมีค่า 68.02 และ 68.65 ในข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำและในสารละลายกรดซิตริก ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าข้าวที่ผ่านการลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า

4.3.2 ผลการศึกษาการใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP) เพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก

การใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้โมเลกุลโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตขัดขวางการจับตัวกันใหม่ของสายอมัยโลสในการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกและเพื่อให้สารประกอบฟอสเฟตช่วยอุ้มน้ำ ทำให้ข้าวสุกมีความชุ่มน้ำ

4.3.2.1 ผลการศึกษาการใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate) เพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้จากข้าวขาวดอกมะลิ 105

เมื่อนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในรีทอร์ตเพาช์ที่เตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่แปรความเข้มข้นเป็น 0.1 0.2 และ 0.3 % นาน 4 นาที และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เตรียมโดยแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% 60 นาที ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่แปรความเข้มข้นเป็น 0.1 0.2 และ 0.3%นาน 4 นาที มาบรรจุลงในรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120$\pm$2 กรัม ปิดผนึก แล้วนำเข้ารีทอร์ตเพื่อทำให้ข้าวสุกพร้อมกับฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องข้ามคืน แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมได้ผลดังตารางที่ 4.20 และเมื่อนำมาหาความชื้น วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) เพื่อศึกษาค่า Hardness ด้วยเครื่องTexture Analyzer รุ่น TA.XT2 และวัดค่าสีในระบบ Hunter (L a b) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta-C300 แล้วนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีความขาว ได้ผลดังตารางที่ 4.21

จากตารางที่ 4.20 และ 4.21 พบว่าการใช้สารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตในการลวกข้าวมีผลต่อลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมของข้าวที่ได้ โดยข้าวจะมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่ใช้ลวกจาก 0.1% เป็น 0.3% ทำให้คะแนนความชอบด้านสีลดลงจาก 4.00 เป็น 3.25 ในข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำ จาก 4.92 เป็น 4.25 ในข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีความขาวที่แสดงในตารางที่ 4.21 คือจะมีค่าดัชนีความขาวลดลงจาก 73.51 เป็น 71.80 ในข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำ และลดลงจาก 74.96 เป็น 73.00 ในข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก และเมื่อใช้สารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% ในการลวกข้าวจะทำให้ข้าวมีกลิ่นผิดปกติและมีรสฝาดเฝื่อน ทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติลดลง สารประกอบฟอสเฟตมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตในการลวกจาก 0.1% เป็น 0.2% ทำให้ข้าวที่ผ่านการแช่น้ำมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและชุ่มน้ำมากขึ้น ความชื้นของข้าวสุกเพิ่มขึ้นจาก 62.16% เป็น 63.24% ขณะที่ค่า Hardness ลดลงจาก 25.24 N เป็น 23.64 N คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสจึงเพิ่มขึ้น
จาก 5.00 เป็น 5.83 แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตเป็น 0.3% คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสกลับลดลงเป็น 5.25 ซึ่งอาจเนื่องมาจากข้าวนิ่มและชุ่มฉ่ำจนเกินไป คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกแล้วลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตน้อยกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำแล้วลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต เนื่องจากสารละลายกรดซิตริกที่ใช้ในขั้นตอนการแช่ข้าวนั้นไปกัดกร่อนผิวด้านนอกเมล็ดข้าวออก และข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกมีปริมาณโปรตีนและไขมันลดลง (Lu และ Chen, 1998) จึงทำให้ข้าวสุกที่ได้มีความเหนียวติดกัน (Stickiness) มาก (Hamaker,1994) เมื่อนำมาลวก

ในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ข้าวที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวและชุ่มฉ่ำมากจนเกินไป ค่า Hardness น้อยลงอยู่ในช่วง 15.12 N-17.94 N

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP)

สารละลายที่ใช้แช่	%STPP	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
น้ำ	0.1	4.00 ± 0.43^{b}	5.92 ± 0.51^{a}	5.92 ± 0.29^{a}	5.00 ± 0.60^{bc}	5.58 ± 0.51^{a}
	0.2	4.00 ± 0.43^{b}	5.50 ± 0.80^{ab}	5.58 ± 0.67^{ab}	5.83 ± 0.45^{a}	5.83 ± 0.39^{a}
	0.3	3.25 ± 0.45^{c}	4.83 ± 0.72^{c}	4.17 ± 0.39^{d}	5.25 ± 0.39^{b}	3.83 ± 0.39^{c}
สารละลายกรดซิตริก	0.1	4.92 ± 0.79^{a}	5.83 ± 0.29^{a}	5.25 ± 0.75^{bc}	4.92 ± 0.67^{bc}	5.17 ± 0.58^{b}
	0.2	4.33 ± 0.65^{b}	5.58 ± 0.51^{ab}	5.08 ± 0.79^{c}	4.58 ± 0.90^{cd}	4.92 ± 0.67^{b}
	0.3	4.25 ± 0.45^{b}	4.75 ± 0.79^{c}	4.00 ± 0.43^{c}	4.42 ± 0.51^{d}	4.75 ± 0.62^{b}

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.21 ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP)

สารละลายที่ใช้แช่	%STPP	ดัชนีความขาว	Hardness	%ความชื้น
น้ำ	0.1	73.51 ± 0.22^{c}	25.24 ± 0.10^{a}	62.16
	0.2	72.67 ± 0.10^{d}	23.64 ± 0.62^{b}	63.24
	0.3	71.80 ± 0.26^{e}	21.18 ± 0.86^{c}	64.79
สารละลายกรดซิตริก	0.1	74.96 ± 0.20^{a}	17.94 ± 0.26^{d}	63.10
	0.2	74.11 ± 0.11^{b}	17.11 ± 0.28^{d}	63.89
	0.3	73.00 ± 0.17^{c}	15.12 ± 0.47^{e}	65.23

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คะแนนการยอมรับรวมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.2%นาน 4 นาที มีค่าสูงที่สุดคือ 5.83 คะแนน เนื่องจากข้าวไม่มีกลิ่นผิดปกติและรสฝาดเฝื่อนจากสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่ใช้ในการลวก และมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มแต่ไม่เละเกินไป จึงเลือกเอาสภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในรีทอร์ตเพาช์เพื่อใช้ศึกษาอายุการเก็บต่อไป

4.3.2.2 ผลการศึกษาการใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP) เพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้จากข้าวชัยนาท 1

เมื่อนำข้าวชัยนาท 1 ในรีทอร์ตเพาช์ที่เตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่แปรความเข้มข้นเป็น 0.1 0.2 และ 0.3% นาน 10 นาที และข้าวที่เตรียมโดยแช่ในสารละลายกรดซิตริก เข้มข้น 0.5% 60 นาที ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่แปรความเข้มข้นเป็น 0.1 0.2 และ 0.3% นาน 10 นาที มาบรรจุลงในรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120$\pm$2 กรัม ปิดผนึก แล้วนำเข้ารีทอร์ตเพื่อทำให้ข้าวสุกพร้อมกับฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องข้ามคืน แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมได้ผลดังตารางที่ 4.22 และเมื่อนำมาหาความชื้น วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) เพื่อศึกษาค่า Hardness ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2 และวัดค่าสีในระบบ Hunter (L a b) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta-C300 แล้วนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีความขาว ได้ผลดังตารางที่ 4.23

จากตารางที่ 4.22 และ 4.23 พบว่าการใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตในการลวกข้าวมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวมของข้าวชัยนาท 1 พร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่ใช้ในการลวกข้าวเป็น 0.3%คะแนนความชอบด้านสีของข้าวที่ผ่านการแช่น้ำจะมีค่า 5.33 คะแนน ข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกจะลดลงเหลือ 5.42 คะแนนเนื่องจากขาวมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงด้านสีของข้าวชัยนาท 1 ไม่ชัดเจนเหมือนการเปลี่ยนแปลงสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งจากค่าดัชนีความขาวของข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่แสดงในตารางที่ 4.23 นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในข้าวที่ผ่านการแช่แต่ละสภาวะ การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่ใช้ในการลวกข้าว มีผลทำให้คะแนนความชอบ

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวชัยนาท 1 ที่ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP)

สารละลายที่ใช้แช่	%STPP	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
น้ำ	0.1	6.00 ± 0.54^{ab}	5.42 ± 0.63^{a}	5.33 ± 0.48^{a}	5.33 ± 0.72^{a}	5.25 ± 0.78^{ab}
	0.2	5.83 ± 0.73^{ab}	5.33 ± 0.40^{ab}	5.33 ± 0.48^{a}	5.33 ± 0.60^{a}	5.33 ± 0.89^{a}
	0.3	5.33 ± 0.49^{bc}	4.97 ± 0.57^{bc}	3.75 ± 0.25^{b}	5.42 ± 0.58^{a}	3.33 ± 0.27^{c}
สารละลายกรดซิตริก	0.1	6.08 ± 0.79^{a}	5.42 ± 0.49^{a}	4.75 ± 0.47^{a}	5.25 ± 0.75^{a}	5.17 ± 0.40^{b}
	0.2	5.92 ± 0.53^{ab}	5.25 ± 0.62^{ab}	4.67 ± 0.58^{a}	5.33 ± 0.74^{a}	5.00 ± 0.64^{ab}
	0.3	5.42 ± 0.42^{bc}	5.00 ± 0.53^{bc}	3.75 ± 0.32^{b}	5.42 ± 0.85^{a}	3.58 ± 0.25^{c}

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.23 ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวชัยนาท 1 ที่ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate, STPP)

สารละลายที่ใช้แช่	%STPP	ดัชนีความขาว	Hardness	ความชื้น
น้ำ	0.1	73.06 ± 0.45^{b}	33.42 ± 0.66^{a}	71.54
	0.2	72.36 ± 0.36^{b}	32.17 ± 0.16^{c}	73.04
	0.3	69.99 ± 0.29^{c}	32.25 ± 0.34^{bc}	74.97
สารละลายกรดซิตริก	0.1	74.73 ± 0.36^{a}	33.42 ± 0.45^{a}	72.34
	0.2	74.58 ± 0.59^{a}	32.64 ± 0.51^{abc}	73.58
	0.3	74.11 ± 0.43^{a}	33.01 ± 0.31^{ab}	75.42

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

ด้านกลิ่นลดลงโดยข้าวที่ผ่านการลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตเข้มข้น 0.3% ได้รับคะแนนน้อยที่สุดคือในข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำ ได้ 4.97 คะแนนและข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรด

ซิตริกได้ 5.00 คะแนน เนื่องจากข้าวมีกลิ่นผิดปกติที่เกิดจากสารประกอบฟอสเฟต เช่นเดียวกันในความชอบด้านรสชาติ ข้าวที่ผ่านการลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตเข้มข้น 0.3% ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติน้อยที่สุดคือในข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำ และข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกได้คะแนนความชอบด้านรสชาติ 3.75 คะแนนเท่ากัน เนื่องจากข้าวที่ได้มีรสฝาดเฝื่อน

จากคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้าวชัยนาท 1 เป็นข้าวพันธุ์ที่มีปริมาณอมัยโลสสูงซึ่งทำให้ข้าวสุกที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่แข็ง การใช้สารละลายกรดซิตริกในการแช่ข้าวหรือใช้สารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตในการลวกข้าวจึงไม่สามารถทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกเปลี่ยนแปลงไปได้มากนัก เนื้อสัมผัสของข้าวสุกสัมพันธ์กับค่า Hardness ที่วัดได้จากเครื่อง Texturometer ซึ่งจะเห็นว่าค่า Hardness ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.23 มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน

และจากคะแนนการยอมรับรวมพบว่าข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.2%นาน 10 นาที ได้รับคะแนนด้านการยอมรับรวมสูงที่สุดและได้คะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ อยู่ในกลุ่มสูงสุด จึงเลือกเอาสภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตในการผลิตข้าวชัยนาท 1 พร้อมบริโภคที่บรรจุในรีทอร์ตเพาช์เพื่อศึกษาอายุการเก็บต่อไป

4.3.3 ผลการศึกษาการใช้ซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate, SM) เพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์

การใช้ซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตจับตัวกับอมัยโลสในข้าว เกิดเป็นสารประกอบระหว่างไขมันกับอมัยโลส (Amylose-Lipid Complex) ขึ้น ซึ่งมีผลทำให้สายอมัยโลสมีขนาดใหญ่ขึ้น และการกลับมาจับตัวกันใหม่ของสายอมัยโลสในการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกทำได้ยากขึ้น

4.3.3.1 ผลการศึกษาการใช้ซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate, SM) เพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้จากข้าวขาวดอกมะลิ 105

เมื่อนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที แล้วนำไปลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตที่แปรความเข้มข้นเป็น 0.5 1.0 และ 1.5%นาน 4 นาที และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เตรียมโดยแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% 60 นาที แล้วนำไปลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตที่แปรความเข้มข้นเป็น 0.5 1.0 และ 1.5%ระยะเวลา 4 นาที มาบรรจุลงในรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120$\pm$2 กรัม ปิดผนึก แล้วนำเข้ารีทอร์ตเพื่อทำให้ข้าวสุกพร้อมกับฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องข้ามคืนมาทดสอบ

ทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมได้ผลดังตารางที่ 4.24 และเมื่อนำมาหาค่าความชื้น วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) เพื่อศึกษาค่า Hardness ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2 และวัดค่าสีในระบบ Hunter (L a b) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta-C300แล้วนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีความขาว ได้ผลดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.24 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายซอร์บิ-แทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate, SM)

สารละลายที่ใช้แช่	%SM	สี	กลิ่น^{ns}	รส^{ns}	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม^{ns}
น้ำ	0.5	4.75 ± 0.51^{b}	3.17 ± 0.46	5.92 ± 0.43	5.92 ± 0.60^{a}	3.25 ± 0.29
	1.0	4.67 ± 0.60^{b}	3.17 ± 0.39	5.83 ± 0.51	5.83 ± 0.51^{a}	3.33 ±0.43
	1.5	4.67 ± 0.35^{b}	3.00 ± 0.25	5.83 ± 0.39	5.92 ± 0.66^{a}	3.17 ±0.49
สารละลายกรดซิตริก	0.5	5.25 ± 0.47^{a}	3.25 ± 0.29	5.75 ± 0.25	4.75 ± 0.52^{b}	3.08 ±0.29
	1.0	5.33 ± 0.35^{a}	3.17 ± 0.41	5.83 ± 0.58	4.62 ± 0.29^{b}	3.17 ±0.31
	1.5	5.17 ± 0.46^{a}	3.08 ± 0.51	5.83 ± 0.67	4.50 ± 0.43^{bc}	3.00 ±0.39

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.24 และ 4.25 จะเห็นว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกได้รับคะแนนความชอบด้านสีมากกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำ เนื่องจากข้าวมีสีขาวกว่า แต่ในคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกได้รับคะแนนความชอบน้อยกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำ เนื่องจากข้าวเหนียวติดกันมาก (Stickiness) ซึ่งมีเหตุผลมาจากสารละลายกรดซิตริกที่ใช้ในการแช่ข้าวจะไปกัดกร่อนผิวด้านนอกของเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นชั้นที่มีสีออกไป เหลือแต่เมล็ดข้าวชั้นใน (Endosperm) จึงทำให้ข้าวมีสีขาว ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีความขาวที่ได้ในตารางที่ 4.28 และการที่ผิวนอกที่เคลือบเมล็ดข้าวอยู่นั้นถูกกัดกร่อนไปนั้น ทำให้สารละลายที่ใช้ในการลวกสามารถผ่านเข้าสู่เมล็ดได้ง่าย ข้าวจึงมีความนุ่มมากกว่าข้าวที่ผ่านการแช่น้ำ ค่า Hardness ของข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดมีค่าจึงน้อยกว่า นอกจากนี้การที่ผิวนอกที่เคลือบเมล็ดข้าวอยู่นั้นถูกกัดกร่อนไปยังทำให้องค์ประกอบต่างๆ ภายในเมล็ดข้าวไหลออกมาจากเมล็ด ข้าวจึงมีความเหนียวติดกันมาก (Champagne และคณะ 1998)

ตารางที่ 4.25 ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate, SM)

สารละลายที่ใช้แช่	%SM	ดัชนีความขาว	Hardness	%ความชื้น
น้ำ	0.5	71.92 ± 0.34^{b}	25.97 ± 0.02^{a}	61.48
	1.0	72.85 ± 0.33^{b}	25.42 ±0.09^{b}	62.44
	1.5	72.58 ± 0.32^{b}	26.03 ±0.09^{a}	61.65
สารละลายกรดซิตริก	0.5	74.64 ± 0.86^{a}	17.38 ± 0.46^{c}	62.36
	1.0	74.73 ± 1.07^{a}	16.47 ±0.43^{d}	62.50
	1.5	74.52 ± 0.20^{a}	17.09 ±0.12^{c}	63.21

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

การใช้สารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตในการลวกข้าวมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวในด้านกลิ่นเป็นอย่างมากผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 3.00-3.25 ในข้าวที่ผ่านการแช่ทั้งสองแบบ ซึ่งหมายถึงไม่ชอบในกลิ่นข้าวสุก เนื่องจากข้าวมีกลิ่นคล้ายกับกลิ่นที่พบในขนมเค้ก ซึ่งส่งผลให้ผู้ทดสอบไม่สามารถยอมรับข้าวสุกที่ผ่านสภาวะการทำให้สุกบางส่วนโดยใช้สารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต 0.5 1.0 และ 1.5%ในการลวกได้ จะเห็นได้จากคะแนนการยอมรับรวมที่ค่อนข้างต่ำคืออยู่ในช่วง 3.00-3.25 ในข้าวที่ผ่านการแช่ทั้งสองแบบ

ดังนั้นจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส จึงสรุปได้ว่าสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการลวกข้าวขาวดอกมะลิ 105 และไม่นำสภาวะการใช้สารละลายซอร์-บิแทนโมโนโอลิเอตไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.3.3.2 ผลการศึกษาการใช้ซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate, SM) เพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์ที่ได้จากข้าวชัยนาท 1

เมื่อนำข้าวชัยนาท 1 ที่เตรียมโดยการแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที แล้วนำไปลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตที่แปรความเข้มข้นเป็น 0.5 1.0 และ 1.5%นาน 10 นาที และข้าวชัยนาท 1 ที่เตรียมโดยแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% 60 นาที แล้วนำไปลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตที่แปรความเข้มข้นเป็น 0.5 1.0 และ 1.5%ระยะเวลา 10 นาที มาบรรจุลงในรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120$\pm$2 กรัม ปิดผนึก แล้วนำเข้ารีทอร์ตเพื่อทำให้ข้าวสุกพร้อมกับฆ่าเชื้อ

ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องข้ามคืนมาทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมได้ผลดังตารางที่ 4.26 และเมื่อนำมาหาค่าความชื้น วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) เพื่อศึกษาค่า Hardness ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2 และวัดค่าสีในระบบ Hunter (L a b) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta-C300แล้วนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีความขาว ได้ผลดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.26 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวชัยนาท 1 ที่ลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate, SM)

สารละลายที่ใช้แช่	%SM	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รส^{ns}	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม^{ns}
น้ำ	0.5	6.08 ± 0.60	3.17 ± 0.41	4.83 ± 0.29	5.25 ± 0.49^{a}	3.25 ± 0.29
	1.0	6.00 ± 0.51	3.08 ± 0.39	4.92 ± 0.41	5.33 ± 0.58^{a}	3.17 ± 0.21
	1.5	6.08 ± 0.79	3.00 ± 0.29	4.83 ± 0.52	5.17 ± 0.74^{a}	3.11 ± 0.49
สารละลายกรดซิตริก	0.5	6.25 ± 0.62	3.08 ± 0.29	5.00 ± 0.67	5.33 ± 0.72^{b}	3.33 ± 0.39
	1.0	6.33 ± 0.56	3.00 ± 0.25	4.92 ± 0.58	5.42 ± 0.58^{b}	3.17 ± 0.51
	1.5	6.17 ± 0.49	2.97 ± 0.41	4.83 ± 0.49	5.33 ± 0.49^{bc}	3.00 ± 0.49

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.26 และ 4.27 พบว่าข้าวที่ผ่านสภาวะการแช่ในทั้งสองแบบแล้วนำมาลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม แต่จากคะแนนความชอบด้านกลิ่นพบว่าข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตในทุกความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลองนั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนอยู่ในช่วง 2.97-3.17 ซึ่งอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบไม่สามารถยอมรับด้านกลิ่นได้ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวที่ได้มีกลิ่นผิดปกติคล้ายกับกลิ่นขิงขนมเค้กในตัวอย่างข้าว ซึ่งส่งผลให้คะแนนการยอมรับรวมอยู่ในระดับที่ยอมรับไม่ได้เช่นกัน

ดังนั้นจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส จึงสรุปได้ว่าสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการลวกข้าวชัยนาท 1 และไม่นำสภาวะการใช้สารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอตไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.27 ค่าดัชนีความขาว ค่า Hardness (N) และความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ลวกในสารละลายซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Sorbitan Monooleate, SM)

สารละลายที่ใช้แช่	%SM	ดัชนีความขาว	Hardness	ความชื้น
น้ำ	0.5	74.08 ± 0.22^{ab}	35.02 ± 0.24^{a}	72.64
	1.0	73.78 ±0.46 ^{abc}	34.25 ±1.16 ^{ab}	72.15
	1.5	74.25 ±0.19 ^{a}	34.16 ±0.57 ^{ab}	73.25
สารละลายกรดซิตริก	0.5	73.37 ± 0.05^{c}	33.25 ± 0.70 ^{b}	73.58
	1.0	73.26 ±0.43 ^{c}	33.02 ±1.29 ^{b}	73.41
	1.5	73.61 ±0.24 ^{bc}	32.64 ±0.90 ^{b}	73.96

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

จากผลการศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกสามารถสรุปสภาวะที่ใช้ในการเตรียมข้าวก่อนบรรจุลงในรีทอร์ตเพาช์ เพื่อใช้ในการศึกษาอายุการเก็บในขั้นตอนต่อไปได้ดังนี้

ก) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 2%เป็นระยะเวลา 4 นาที

ข) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 3%เป็นระยะเวลา 4 นาที

ค) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.2%เป็นระยะเวลา 4 นาที

ง) ข้าวชัยนาท 1 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 2%เป็นระยะเวลา 10 นาที

จ) ข้าวชัยนาท 1 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 3%เป็นระยะเวลา 10 นาที

ช) ข้าวชัยนาท 1 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.2%เป็นระยะเวลา 10 นาที

4.5 ผลการศึกษาผลของสารเคมีต่ออายุการเก็บของข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์

หลังจากได้สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวของข้าวทั้งสองพันธุ์แล้ว จึงทำการผลิตข้าวสำเร็จรูปในรีทอร์ตเพาช์ เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ แล้วนำตัวอย่างข้าวในรีทอร์ตเพาช์มาตรวจวิเคราะห์ทุกสัปดาห์ โดยจะใช้อักษรย่อแทนตัวอย่างข้าวที่มีการเตรียมต่างกันดังนี้

HC = ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในน้ำเป็นระยะเวลา 4 นาที

HP = ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.2%เป็นระยะเวลา 4 นาที

HT2 = ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 2%เป็นระยะเวลา 4 นาที

HT3 = ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 3%เป็นระยะเวลา 4 นาที

SC = ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในน้ำเป็นระยะเวลา 10 นาที (ตัวอย่างควบคุม)

SP = ข้าวชัยนาท 1 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.2%เป็นระยะเวลา 10 นาที

ST2 = ข้าวชัยนาท 1 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 2%เป็นระยะเวลา 10 นาที

ST3 = ข้าวชัยนาท 1 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที ลวกในสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 3%เป็นระยะเวลา 10 นาที

เมื่อนำข้าวที่ผ่านการเตรียมตามสภาวะข้างต้นมาบรรจุลงในรีทอร์ตเพาช์ถุงละ 120$\pm$2 กรัม ปิดผนึก แล้วนำเข้ารีทอร์ตเพื่อทำให้ข้าวสุกพร้อมกับฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องข้ามคืน แล้วนำมาตรวจวิเคราะห์ทุกสัปดาห์โดยเริ่มจากสัปดาห์ที่ 0-สัปดาห์ที่ 12 โดยจะทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.28-4.32 วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) เพื่อศึกษาค่า Hardness ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2 และวัดค่าสีในระบบ Hunter (L a b) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta-C300 แล้วนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีความขาวได้ผลดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.28 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านสีของตัวอย่างข้าวที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

Storage (week)	HC^{ns}	HP^{ns}	HT2^{ns}	HT3^{ns}	SC^{ns}	SP^{ns}	ST2^{ns}	ST3^{ns}
0	4.92 ± 0.51	4.33 ± 0.67	5.08 ± 0.43	4.83 ± 0.78	6.00 ± 0.43	5.17 ± 0.58	5.92 ± 0.51	5.92 ± 0.51
1	4.92 ± 0.51	4.33 ± 0.62	4.92 ± 0.29	4.92 ± 0.72	6.08 ± 0.51	5.25 ± 0.60	6.08 ± 0.43	6.00 ± 0.62
2	5.08 ± 0.60	4.25 ± 0.67	5.00 ± 0.39	5.08 ± 0.67	5.92 ± 0.41	5.17 ± 0.67	5.92 ± 0.67	5.92 ± 0.29
3	5.17 ± 0.71	4.33 ± 0.75	5.00 ± 0.58	5.00 ± 0.29	5.83 ± 0.78	5.08 ± 0.78	5.83 ± 0.59	5.83 ± 0.67
4	5.00 ± 0.58	4.25 ± 0.49	4.92 ± 0.49	4.92 ± 0.51	6.00 ± 0.72	5.27 ± 0.72	5.92 ± 0.49	6.08 ± 0.72
5	4.83 ± 0.52	4.17 ± 0.41	5.08 ± 0.41	5.17 ± 0.39	6.08 ± 0.60	5.33 ± 0.60	6.08 ± 0.59	6.17 ± 0.43
6	4.92 ± 0.51	4.25 ± 0.51	5.17 ± 0.67	5.00 ± 0.49	5.92 ± 0.62	5.25 ± 0.62	6.00 ± 0.39	6.08 ± 0.58
7	5.00 ± 0.49	4.25 ± 0.29	4.83 ± 0.78	4.83 ± 0.50	5.83 ± 0.67	5.17 ± 0.60	6.17 ± 0.51	6.17 ± 0.49
8	4.83 ± 0.60	4.17 ± 0.51	4.92 ± 0.50	4.92 ± 0.62	5.92 ± 0.51	5.25 ± 0.51	6.08 ± 0.41	6.08 ± 0.51
9	4.75 ± 0.58	4.08 ± 0.58	4.83 ± 0.51	4.92 ± 0.60	6.00 ± 0.59	5.08 ± 0.59	5.92 ± 0.60	6.00 ± 0.49
10	5.08 ± 0.72	4.25 ± 0.67	5.00 ± 0.39	5.08 ± 0.60	6.08 ± 0.51	5.33 ± 0.49	5.83 ± 0.43	5.92 ± 0.39
11	4.92 ± 0.67	4.17 ± 0.78	5.08 ± 0.60	5.00 ± 0.58	6.17 ± 0.51	5.17 ± 0.29	5.92 ± 0.29	5.83 ± 0.60
12	5.00 ± 0.58	4.17 ± 0.58	5.00 ± 0.51	4.92 ± 0.49	6.08 ± 0.60	5.08 ± 0.41	6.00 ± 0.39	5.92 ± 0.72

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.29 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านกลิ่นของตัวอย่างข้าวที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

Storage (week)	HC^{ns}	HP^{ns}	HT2^{ns}	HT3^{ns}	SC^{ns}	SP^{ns}	ST2^{ns}	ST3^{ns}
0	5.83 ± 0.62	5.92 ± 0.74	5.83 ± 0.78	5.92 ± 0.45	5.08 ± 0.51	5.17 ± 0.67	5.25 ± 0.43	5.17 ± 0.67
1	5.92 ± 0.60	6.00 ± 0.69	5.92 ± 0.67	6.00 ± 0.51	5.25 ± 0.49	5.25 ± 0.90	5.33 ± 0.51	5.25 ± 0.51
2	6.00 ± 0.67	6.00 ± 0.83	6.00 ± 0.49	6.08 ± 0.80	5.17 ± 0.60	5.17 ± 0.87	5.17 ± 0.51	5.33 ± 0.59
3	5.83 ± 0.58	5.83 ± 0.51	6.08 ± 0.87	6.17 ± 0.49	5.33 ± 0.72	5.25 ± 0.45	5.08 ± 0.60	5.17 ± 0.69
4	5.92 ± 0.60	5.92 ± 0.49	5.92 ± 0.45	6.25 ± 0.58	5.08 ± 0.51	5.17 ± 0.39	5.17 ± 0.67	5.08 ± 0.78
5	5.83 ± 0.43	6.00 ± 0.67	5.83 ± 0.49	6.17 ± 0.67	5.08 ± 0.60	5.17 ± 0.58	5.25 ± 0.51	5.17 ± 0.49
6	5.83 ± 0.62	6.08 ± 0.72	6.00 ± 0.39	6.08 ± 0.90	5.17 ± 0.58	5.25 ± 0.49	5.33 ± 0.58	5.25 ± 0.51
7	6.08 ± 0.58	6.17 ± 0.90	5.92 ± 0.60	5.92 ± 0.49	5.25 ± 0.49	5.17 ± 0.58	5.08 ± 0.52	5.08 ± 0.45
8	6.00 ± 0.67	5.92 ± 0.87	5.83 ± 0.72	5.92 ± 0.51	5.08 ± 0.58	5.17 ± 0.52	5.17 ± 0.49	5.08 ± 0.65
9	6.08 ± 0.29	6.00 ± 0.89	6.00 ± 0.43	6.00 ± 0.39	5.33 ± 0.72	5.25 ± 0.80	5.08 ± 0.43	5.17 ± 0.80
10	6.17 ± 0.39	6.08 ± 0.60	6.08 ± 0.51	6.08 ± 0.29	5.25 ± 0.52	5.25 ± 0.51	5.25 ± 0.45	5.33 ± 0.67
11	6.00 ± 0.51	6.08 ± 0.62	6.17 ± 0.58	5.92 ± 0.65	5.17 ± 0.49	5.25 ± 0.52	5.33 ± 0.50	5.17 ± 0.49
12	5.92 ± 0.51	6.00 ± 0.58	6.08 ± 0.49	6.00 ± 0.51	5.17 ± 0.52	5.33 ± 0.58	5.25 ± 0.29	5.17 ± 0.39

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.30 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านรสชาติของตัวอย่างข้าวที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

Storage (week)	HC^{ns}	HP^{ns}	HT2^{ns}	HT3^{ns}	SC^{ns}	SP^{ns}	ST2^{ns}	ST3^{ns}
0	5.92 ± 0.49	6.17 ± 0.49	6.08 ± 0.80	6.00 ± 0.49	5.17 ± 0.62	5.17 ± 0.51	5.25 ± 0.49	5.25 ± 0.51
1	5.83 ± 0.59	6.25 ± 0.87	6.00 ± 0.74	6.08 ± 0.67	5.00 ± 0.67	5.08 ± 0.60	5.17 ± 0.58	5.17 ± 0.29
2	5.92 ± 0.58	6.08 ± 0.29	6.17 ± 0.90	6.25 ± 0.60	5.08 ± 0.45	5.08 ± 0.62	5.08 ± 0.50	5.00 ± 0.62
3	6.00 ± 0.72	6.25 ± 0.65	6.25 ± 0.72	6.25 ± 0.80	5.00 ± 0.51	5.00 ± 0.78	5.00 ± 0.29	5.00 ± 0.67
4	6.08 ± 0.51	6.17 ± 0.51	6.25 ± 0.60	6.17 ± 0.74	4.83 ± 0.29	5.00 ± 0.49	4.92 ± 0.39	4.92 ± 0.52
5	6.17 ± 0.29	5.92 ± 0.43	6.17 ± 0.52	6.08 ± 0.49	4.83 ± 0.39	4.92 ± 0.67	4.83 ± 0.67	4.83 ± 0.43
6	6.25 ± 0.43	5.92 ± 0.58	6.08 ± 0.51	6.00 ± 0.49				
7	6.17 ± 0.67	6.08 ± 0.39	6.08 ± 0.49	6.00 ± 0.58				
8	6.08 ± 0.45	5.92 ± 0.52	6.17 ± 0.59	6.08 ± 0.47				
9	5.92 ± 0.51	6.00 ± 0.45	6.00 ± 0.39	6.00 ± 0.42				
10	5.92 ± 0.67	5.92 ± 0.67	6.00 ± 0.79	5.92 ± 0.67				
11	5.83 ± 0.60	5.92 ± 0.78	5.92 ± 0.58	6.00 ± 0.43				
12	5.83 ± 0.52	5.83 ± 0.60	5.92 ± 0.60	6.00 ± 0.60				

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.31 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างข้าวที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

Storage (week)	HC	HP	HT2	HT3	SC	SP	ST2	ST3
0	6.08 ± 0.67^{a}	6.17 ± 0.45^{a}	6.08 ± 0.58^{a}	6.08 ± 0.39^{a}	5.17 ± 0.43^{a}	5.33 ± 0.43^{a}	5.25 ± 0.51^{a}	5.25 ± 0.67^{a}
1	6.00 ± 0.60^{a}	6.25 ± 0.52^{a}	6.17 ± 0.49^{a}	6.08 ± 0.67^{a}	5.00 ± 0.67^{ab}	5.33 ± 0.51^{a}	5.08 ± 0.67^{ab}	5.17 ± 0.72^{a}
2	6.00 ± 0.51^{a}	6.17 ± 0.51^{a}	6.08 ± 0.60^{a}	6.00 ± 0.72^{a}	4.83 ± 0.39^{c}	5.25 ± 0.67^{a}	4.92 ± 0.43^{b}	5.00 ± 0.61^{ab}
3	6.00 ± 0.43^{a}	6.08 ± 0.29^{a}	6.00 ± 0.49^{a}	6.17 ± 0.58^{a}	3.28 ± 0.29^{d}	5.00 ± 0.43^{ab}	4.42 ± 0.70^{c}	4.75 ± 0.51^{b}
4	5.83 ± 0.52^{ab}	6.00 ± 0.50^{ab}	5.92 ± 0.29^{ab}	6.00 ± 0.60^{a}		4.33 ± 0.60^{b}	3.67 ± 0.29^{d}	4.33 ± 0.39^{c}
5	5.75 ± 0.49^{ab}	6.08 ± 0.49^{a}	5.92 ± 0.43^{ab}	6.08 ± 0.51^{a}		3.92 ± 0.49^{c}		3.75 ± 0.49^{d}
6	5.75 ±0.45^{ab}	6.08 ± 0.65^{a}	5.83 ± 0.67^{ab}	6.17 ± 0.29^{a}				
7	5.67 ± 0.51^{ab}	6.00 ± 0.43^{ab}	5.83 ± 0.29^{ab}	6.08 ± 0.58^{a}				
8	5.50 ± 0.60^{b}	6.00 ± 0.67^{a}	5.75 ± 0.50^{b}	6.08 ± 0.67^{a}				
9	5.33 ± 0.41^{bc}	5.92 ± 0.51^{ab}	5.83 ± 0.39^{ab}	6.00 ± 0.43^{a}				
10	5.00 ± 0.51^{c}	5.83 ± 0.60^{ab}	5.75 ± 0.67^{c}	5.92 ± 0.60^{ab}				
11	4.67 ± 0.49^{d}	5.83 ± 0.51^{ab}	5.50 ± 0.62^{cd}	5.92 ± 0.62^{ab}				
12	4.33 ± 0.59^{d}	5.75 ± 0.39^{b}	5.50 ± 0.60^{cd}	5.83 ± 0.49^{ab}				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.32 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของตัวอย่างข้าวที่เก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

Storage (week)	HC	HP	HT2	HT3	SC	SP	ST2	ST3
0	6.08 ± 0.49 a	6.08 ± 0.60 a	6.17 ± 0.29 a	6.25 ± 0.75 a	5.75 ± 0.67 a	5.83 ± 0.67 a	5.75 ± 0.62 a	5.75 ± 0.49 a
1	6.08 ±0.29 a	6.08 ±0.67 a	6.17 ±0.39 a	6.17 ±0.51 a	5.08 ±0.52 b	5.67 ±0.61 a	5.75 ±0.58 a	5.83 ±0.58 a
2	5.92 ±0.60 ab	6.00 ±0.51 a	6.08 ±0.51 a	6.17 ±0.67 a	4.25 ±0.61 c	5.42 ±0.51 ab	5.25 ±0.60 b	5.67 ±0.62 ab
3	5.83 ±0.72 ab	5.92 ±0.43 a	5.92 ±0.72 ab	6.08 ±0.29 ab	3.42 ±0.29 d	5.08 ±0.45 b	4.83 ±0.49 c	5.00 ±0.60. b
4	5.75 ±0.67 b	6.00 ±0.29 a	5.92 ±0.67 ab	6.08 ±0.51 ab		4.92 ±0.49 c	3.92 ±0.43 d	4.58 ±0.51 c
5	5.75 ±0.60 b	6.00 ±0.50 a	5.83 ±0.58 b	6.08 ±0.58 ab		4.50 ±0.39 d		4.33 ±0.43 d
6	5.67 ±0.43 bc	5.92 ±0.39 a	5.83 ±0.43 b	6.00 ±0.60 ab				
7	5.67 ±0.72 bc	5.83 ±0.62 ab	5.75 ±0.45 bc	5.92 ±0.43 b				
8	5.50 ± 0.60 b	5.83 ±0.43 ab	5.67 ±0.67 bc	5.92 ±0.52 b				
9	5.33 ± 0.51 bc	5.75 ±0.45 ab	5.67 ±0.72 bc	5.83 ±0.39 bc				
10	5.33 ± 0.43 bc	5.67 ± 0.52 b	5.50 ±0.49 c	5.75 ±0.51 bc				
11	4.75 ± 0.52 cd	5.50 ± 0.51 bc	5.25 ±0.58 d	5.50 ±0.39 c				
12	4.25 ± 0.49 d	5.25 ± 0.29 b	5.00 ±0.39 d	5.33 ±0.51 c				

a,b,c,...= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

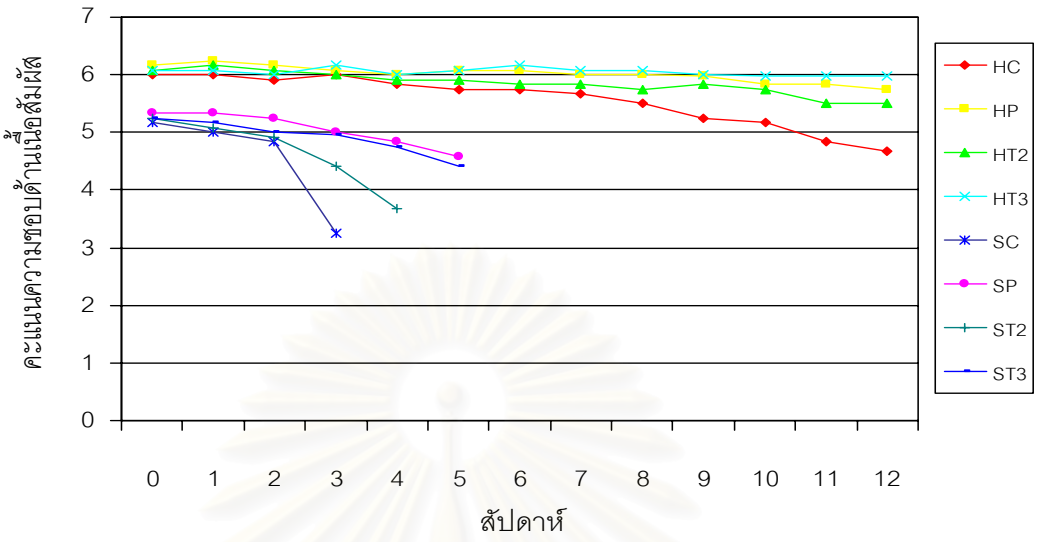
จากตารางที่ 4.28-4.30 พบว่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติของตัวอย่างข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตลอดระยะเวลาการเก็บ 12 สัปดาห์

จากตารางที่ 4.31 พบว่าในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตัวอย่าง คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง HC เริ่มลงลดในสัปดาห์ที่ 8 ของการเก็บ ในตัวอย่าง HP เริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 12 ตัวอย่าง HT2 เริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 10 และในตัวอย่าง HT3 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ขณะเก็บเนื้อสัมผัสของข้าวมีการเปลี่ยนแปลงคือข้าวจะแข็งขึ้นเนื่องจากเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าว โดยตัวอย่างที่เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นก่อนคือตัวอย่าง HC ซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้สารเคมีในการชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก ส่วนตัวอย่างที่มีการใช้สารเคมีนั้นสามารถเก็บข้าวได้นานกว่า 10 สัปดาห์ผู้ทดสอบจึงสามารถรับรู้ได้ถึงการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัส โดยตัวอย่างที่มีการเปลี่ยนแปลงด้านนี้ช้าที่สุดคือตัวอย่าง HT3 ที่มีการใช้สารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 3% ในขั้นตอนลวกข้าว ส่วนข้าวชัยนาท 1 พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสโดยในตัวอย่าง SC คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงในสัปดาห์ที่ 2 ในตัวอย่าง SP คะแนนเริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ในตัวอย่าง ST2 เริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 2 และในตัวอย่าง ST3 เริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 3 พบว่าในตัวอย่าง SC ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ไม่มีการใช้สารเคมีในการชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกมีการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสเร็วที่สุด ส่วนตัวอย่างที่เนื้อสัมผัสแข็งขึ้นช้าที่สุดคือตัวอย่าง SP ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ใช้สารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.2%ในการลวกข้าว

จากผลการทดลองจะเห็นว่าขณะเก็บข้าวชัยนาท 1 จะแข็งขึ้นเนื่องจากการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกเร็วกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยในตัวอย่างควบคุมของทั้งสองพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 จะเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสเร็วกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ถึง 4 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากข้าวทั้งสองพันธุ์มีปริมาณอมัยโลสที่แตกต่างกัน ข้าวชัยนาท 1 เป็นข้าวที่ปริมาณอมัยโลสสูง คือมีประมาณ 26.99% ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่มีปริมาณอมัยโลสต่ำคือมีประมาณ 12.61% และแม้ว่ามีการใช้สารเคมีเพื่อช่วยชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวชัยนาท 1 สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสได้นานที่สุดเพียง 4 สัปดาห์ (ตัวอย่าง SP)

การเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสมีผลต่อการยอมรับรวมของผู้ทดสอบจากตารางที่ 4.32 ผู้ทดสอบให้การยอมรับรวมในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาอายุการเก็บ หรือ 12 สัปดาห์ ในตัวอย่างข้าวควบคุมได้รับคะแนนการยอมรับรวมน้อยที่สุดในช่วงปลายของการเก็บคือในสัปดาห์ที่ 11 และ 12 ส่วนในข้าวชัยนาท 1 ผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับตัวอย่าง SC ในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บ ตัวอย่าง SP ในสัปดาห์ที่ 6 ตัวอย่าง ST2 ในสัปดาห์ที่ 4 และตัวอย่าง ST3 ในสัปดาห์ที่ 6

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.31 สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูที่ 4.29



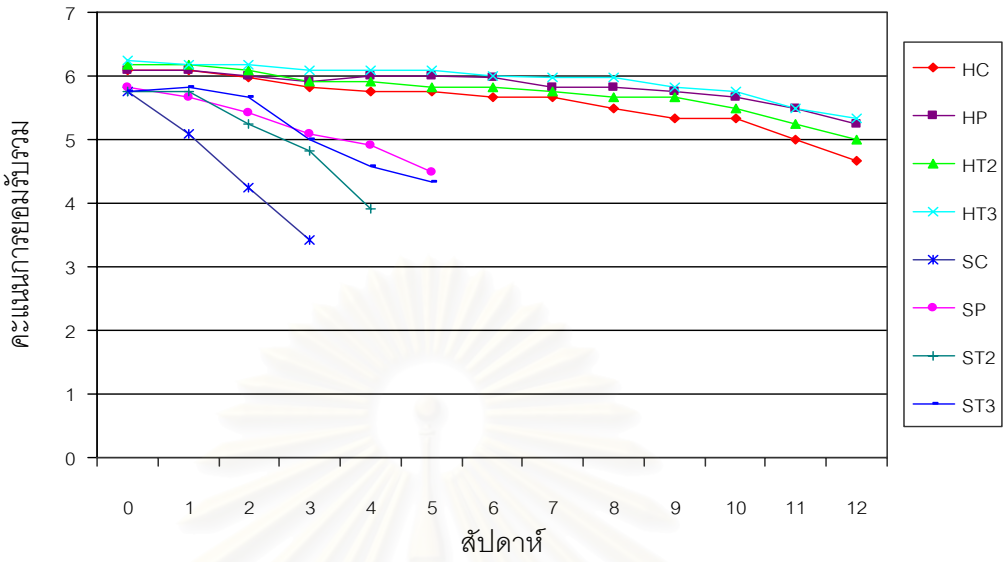
รูปที่ 4.29 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างข้าวระหว่างการเก็บ

จากกราฟเห็นว่าในข้าวชัยนาท 1 ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผู้ทดสอบลดลงอย่างรวดเร็ว สังเกตได้จากเส้นกราฟที่มีความชันมาก ส่วนในข้าวขาวดอกมะลิ 105 เส้นกราฟค่อนข้างคงที่ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ค่อนข้างไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากข้าวยังมีเนื้อสัมผัสนุ่มเหมือนเดิมตลอดระยะเวลาการเก็บ แต่ความชอบด้านเนื้อสัมผัสเริ่มลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 9 ในตัวอย่าง HC เส้นกราฟแสดงให้เห็นความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่ลดลงมากกว่าตัวอย่างอื่นอย่างชัดเจน

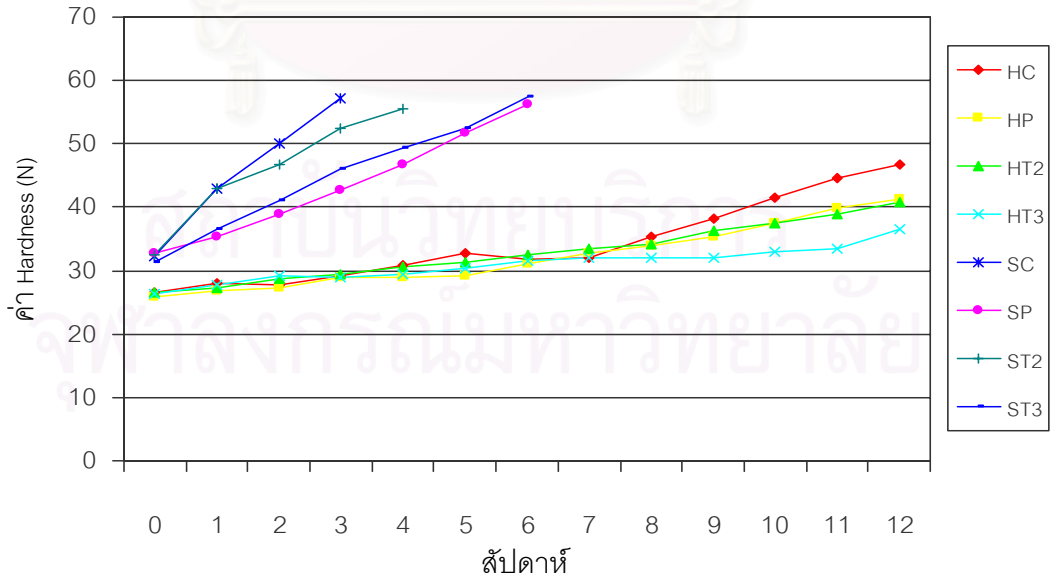
จากรูปที่ 4.30 พบว่าการยอมรับรวมของผู้ทดสอบสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส การยอมรับรวมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ค่อนข้างไม่เปลี่ยนแปลง ขณะที่ข้าวชัยนาท 1 มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างรวดเร็วโดยสังเกตได้จากความชันของเส้นกราฟ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวชัยนาท 1 เกิดการคืนตัวของแป้งสุกอย่างรวดเร็วทำให้ข้าวแข็งขึ้น

และจากค่า Hardness ที่วัดได้จากเครื่อง Texture analyzer พบว่าในข้าวทั้งสองชนิดมีค่า Hardness เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บโดยมีอัตราการเพิ่มแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.31 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่า Hardness เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีอัตราการเพิ่มอย่างช้าๆ ในช่วงแรกของการเก็บ อัตราการเพิ่มเร็วขึ้นเมื่อเก็บเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยสามารถสังเกตได้จากความชันของกราฟในรูป 4.31 แต่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.32 สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 คะแนนการยอมรับรวมของตัวอย่างข้าวระหว่างเก็บ



รูปที่ 4.31 ค่า Hardness ของข้าวตัวอย่างระหว่างการเก็บ

และจากการนำตัวอย่างข้าวที่เก็บเป็นเวลา 15 สัปดาห์มาวิเคราะห์การใช้พลังงานด้วยเครื่อง Different scanning calorimeter ได้ผลแสดงดังตาราง 4.31

ตารางที่ 4.33 ค่าเอนทาลปีของตัวอย่างข้าวที่สัปดาห์ที่ 15

ตัวอย่าง	เอนทาลปี (J/g)
HC	1.30
HP	0.40
HT2	0.57
HT3	0.18
SC	2.30
SP	1.25
ST2	1.25
ST3	1.25

ในข้าวทั้งสองพันธุ์ การใช้สารเคมีในการลวกข้าวช่วยลดค่าเอนทาลปีของข้าวลงได้ ซึ่งค่านี้เป็นค่าที่ชี้บอกถึงการใช้พลังงานในการสลายผลึกที่เกิดจากการคืนตัวของแป้งสุก ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตัวอย่างข้าวที่มีค่าเอนทาลปีน้อยที่สุดคือข้าวที่ใช้สารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 3%ลวกในขั้นตอนการทำให้สุกบางส่วน โดยจะมีค่าเอนทาลปี 0.18 J/g ในข้าวชัยนาท 1 ตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้สารเคมีมีค่าเอนทาลปี 2.30 J/g และในตัวอย่างที่มีการใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกทุกตัวอย่างมีค่าเอนทาลปีลดลงเหลือ 1.25 J/g

จากค่าเอนทาลปีที่ได้สามารถสรุปได้ว่าการใช้สารเคมีในการทดลองนี้สามารถลดการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกลงได้ แต่ในข้าวชัยนาท 1 การลดการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกยังไม่เพียงพอที่ทำให้เนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

5.1 ข้าวชัยนาท 1 มีปริมาณอมัยโลส ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 และจากศึกษาค่าการสลายตัวในด่างทำให้สามารถประมาณอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันของข้าวชัยนาท 1 ได้ว่าอยู่ในช่วง 70-74 °C และของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้ว่าต่ำกว่า 69 °C

5.2 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวก่อนเข้ารีทอร์ตเพื่อทำให้สุกพร้อมกับฆ่าเชื้อ

5.2.1 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ลวกในอุณหภูมิน้ำเดือด 4 นาที

5.2.2 ข้าวชัยนาท 1 แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ลวกในอุณหภูมิน้ำเดือด 10 นาที

5.3 สารเคมีที่ใช้เพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกในข้าวทั้งสองพันธุ์โดยใช้ลวกข้าวในขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วนคือคือสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลส 2% น้ำตาลทรีฮาโลส 3% หรือสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.2%

5.4. จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวตัวอย่างขณะเก็บพบว่า

5.4.1 ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ค่อนข้างไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากข้าวยังมีเนื้อสัมผัสนุ่มเหมือนเดิมตลอดระยะเวลาการเก็บ

5.4.2 ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผู้ทดสอบที่มีต่อข้าวชัยนาท 1 ลดลงอย่างรวดเร็ว ข้าวชัยนาท 1 มีค่า Hardness เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แม้จะมีการใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าข้าวชัยนาท 1 เกิดการคืนตัวของแป้งสุกจนทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวแข็งขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงน่าจะมีการศึกษาเพื่อหาวิธีการในการชะลอการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกของข้าวพันธุ์ดังกล่าวเพิ่มเติม โดยอาจปรับปรุงกระบวนการผลิตหรือใช้สารเคมีชนิดอื่นในการหุงข้าว ซึ่งเป็นการพัฒนาข้าวสำเร็จรูปที่ได้จากข้าวอมัยโลสสูงให้มีอายุการเก็บที่นานขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. การสังเคราะห์และองค์ประกอบของแป้ง. ใน เทคโนโลยีของแป้ง, หน้า 10-17. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. คุณสมบัติแป้ง. ใน เทคโนโลยีของแป้ง, หน้า 38-53. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

งามชื่น คงเสรี. 2542. คุณภาพข้าวสุก. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์คุณภาพข้าวหอมมะลิทางเคมี. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

ธนะบูลย์ สัจจาอนันตกุล. 2544. ชนิด/การใช้งานหม้อฆ่าเชื้อสำหรับบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว. ใน เอกสารประกอบการสัมมนา-อบรมวิชาการเรื่องการใช้บรรจุภัณฑ์อ่อนตัว (Retort Pouch) ในการบรรจุอาหาร. ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รวมวดี เลขะกุล. 2544. Retort Pouch Knowledge. กรุงเทพมหานคร: บริษัทอัลแคนแพคเกจจิ้ง-สตรองแพค จำกัด (มหาชน).

วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ์. 2543. วัสดุและรูปแบบของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว. ใน เอกสารประกอบการอบรมเรื่องบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวและขวดแก้วสำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุเทพ ลิ้มทองกุล และวีระศักดิ์ ศรีอ่อน. 2544. ข้าวหอม. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

สุวิมล กีรติพิบูล. อันตรายของความปลอดภัยในอาหาร. ใน ระบบประกันคุณภาพด้านความปลอดภัยของอาหาร HACCP. หน้า 9-22. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2544.

อรุณี เหลืองสกุล. 2543. ผลของสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวต่อคุณภาพขนมขบเคี้ยวจากข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

AACC. 2000. Approved Methods of the AACC. 10th ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemist.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th ed. Virginia: The Association of Official Agricultural Chemist.

Champagne,T.E., et al. 1998. Effect of post harvest processing on texture profile analysis of cooked rice. Cereal Chem. 75(2):181-186.

Chen, J. J., Lu, S., and Lii, C. Y. 1999. Effect of milling methods on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. Cereal Chem. 76(5): 796-798.

Desikachar,S.R.H.and Subrahmanyan,V.1959. Expansion of new and old rice during cooking. Cereal Chem. 36(4):385-391.

Ferrel, E. R., Kester, B. E.and Pence, W.J. 1960. Use of emulsifiers and emulsified oils to reduce cohesion in canned white rice. Food Technol. 14(2): 102-105.

Hamaker, R. B., Griffin, K.V. and Moldenhauer, K. A. K. 1991. Potential influence of a starch granule-associated protein on cooked rice stickiness. J.Food Sci. 56(5): 1327-1329.

Hibi, Y., Kitamura,S. and Kuge, T. 1990. Effect of lipids on the retrogradation of cooked rice. Cereal Chem. 67(1): 7-10.

Horigane, K. A., et al. 1999. Internal hallows in cooked rice grains (Oryza sativa cv. Koshihikari) observed by NMR micro imaging. J.Food Sci. 64(1): 1-5.

Hoseney, R. C. 1994. Principles of Cereal Science and Technology. 2nd ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.

Ju, Z. Y., Hettiarachchy, N. S. and Rath, N. 2001. Extraction, denaturation and hydrophobic properties of rice flour proteins. J.Food Sci. 66(2): 229-232.

Juliano, B. O. 1965. Relation of starch composition, protein content and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. Food Technol. 19(6) 116-121.

Juliano, B. O. 1972. In the rice caryopsis and its composition. Pages 16-62. In D.F. Houston, ed. Rice: Chemistry and Technology. Minnesota: American Associate of Cereal Chemist.

Juliano, B. O. and Perez, C. M. 1983. Major factors affecting cooked milled rice hardness and cooking time. J. Texture Stud. 14: 235-243.

Kim, I. H. and Kim, S. K. 1984. Effects of phosphates on firming rate of cooked rice. J. Food Sci. 49(2): 660-661.

Kim, J. O., Kim, W.S. and Shin, M. S. 1997. A comparative study on retrogradation of rice starch gels by DSC, X-ray and α-amylase methods. Starch/Starke. 49: 71-75.

Lu, S. and Chen, Y. 1998. Effects of soaking and emulsifier on the eating quality of cooked rice. Food Sci. 25(3): 254-267.

Matz, S. A. 1970. Cereal Technology. Connecticut. Avi Pub.

Predon, A. A. 1999. Starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. J.Food Sci. 64(5): 828-832.

Roberts, R. L., Houston. D. F. and Kester,E. B. 1953. Process of canning white rice. Food Technol. 7(2): 78-80.

Sandhya Rani, M.R. and Bhattacharya, K.R. 1995. Microscopy of rice starch granules during cooking. Starch/Starke. 46: 334-337.

Villareal, A. P., Suzuki, L. B. and Juliano, B. O. 1976. Changes in physicochemical properties of rice during storage. Starch/Starke. 28: 88-94.

Yook, C., Pek, U. H. and Park, K. H. 1993. Gelatinization and retrogradation characteristics of hydroxypropylated and cross-linked rice. J.Food Sci. 58(2): 405-407.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

รายละเอียดสารเคมีและบรรจุภัณฑ์

ก.1 รายละเอียดสารเคมี

1. กรดซิตริก Analytical Grade (Fisher Chemicals)
2. น้ำตาลทรีฮาโลส Analytical Grade (Hayashibara Shoji Inc.)
3. โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต Analytical Grade (Fisher Chemicals)
4. ซอร์บิแทนโมโนโอลิเอต (Span 80) Analytical Grade (Fluka)

ก.2 รายละเอียดบรรจุภัณฑ์ (รีทอร์ตเพาช์)

รีทอร์ตเพาช์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นรีทอร์ตเพาช์ขนาด 120 X 180 มม. ประกอบด้วยวัสดุ 4 ชั้นคือ PET หนา 12 ไมครอน Al-Foil หนา 9 ไมครอน Nylon หนา 15 ไมครอน และ CPP หนา 100 ไมครอน ซึ่งบางส่วนได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท แอลแคน แพ็คเกจจิ้ง สตรองแพ็ค จำกัด (มหาชน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์

ข.1 ปริมาณอมัยโลส

วิเคราะห์ปริมาณอมัยโลส โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 mm. ของสารประกอบระหว่างแป้งและไอโอดีน (Starch-Iodine Complex) ซึ่งมีสีน้ำเงินแกมเขียว

อุปกรณ์

1. Spectrometer
2. เครื่องละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง Satorious รุ่น A200S

สารเคมี

1. โพเทโท้อมัยโลส (Potato Amylose)
2. เมธานอล (Methanol) 85%
3. เอธานอล (Ethanol) 95%
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 นอร์มัล (1.0 N NaOH)
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.09 นอร์มัล (0.9 N NaOH)
6. กรดอะซิติก (1.0 N Acetic Acid)
7. สารละลายไอโอดีน (ได้จากละลายไอโอดีน (I_2) 0.2% และโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2.0% ในน้ำกลั่น)

การเตรียมตัวอย่าง

1. บดตัวอย่างข้าวให้เป็นผง ร่อนผ่านตระแกรงขนาด 100 mesh
2. ชั่งข้าวที่ร่อนแล้ว 0.1 กรัม ลงในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร
3. เติมเอธานอล 95% 1 มิลลิลิตรอย่างระมัดระวัง โดยให้ชะเอาผงตัวอย่างที่ติดข้างภาชนะให้ลงไปด้วย
4. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 นอร์มัล 9 มิลลิลิตร เพื่อละลายแป้ง เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15-24 ชั่วโมง โดยไม่เขย่าหรือปล่อยตัวอย่างไว้ในอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปต้มใน Water Bath เป็นเวลา 10 นาที แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 2 ชม. เพื่อเก็บไว้วิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป
5. เมื่อตัวอย่างละลายดีแล้ว ปรับปริมาตรสารละลายให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

การเตรียมตัวอย่างเพื่อทำกราฟมาตรฐาน

1. ชั่งโพเทโทอมัยโลส 0.04 กรัม ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

2. เติมเอธานอล 95% 1 มิลลิลิตรอย่างระมัดระวัง โดยให้ชะเอาผงตัวอย่างที่ติดข้างภาชนะให้ลงไปด้วย

3. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 นอร์มัล 9 มิลลิลิตร เพื่อละลายแป้ง เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15-24 ชั่วโมง โดยไม่เขย่าหรือปล่อยตัวอย่างไว้ในอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปต้มใน เป็นเวลา 10 นาที แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 2 ชม. เพื่อเก็บไว้วิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4. เมื่อตัวอย่างละลายดีแล้ว ปรับปริมาตรสารละลายให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

5. เตรียมขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร 5 ขวด แต่ละขวดเติมกรดอะซิติก 1 นอร์มัล 1.0 มิลลิลิตร

6. เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร

7. ปิเปตสารละลายมาตรฐานลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แต่ละใบปริมาตร 1 2 3 4 และ 5 มิลลิลิตร

8. ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

9. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เทียบกับ Blank (เตรียมเช่นเดียวกันแต่ไม่มีการเติมสารละลายมาตรฐาน)

10. นำค่าการดูดกลืนแสงมาเขียนเป็นกราฟมาตรฐาน

วิธีหาปริมาณอมัยโลสในตัวอย่าง

1. เตรียมขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มีการเติมกรดอะซิติก 1 นอร์มัล 1.0 มิลลิลิตร สารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร แล้วใส่น้ำ 70 มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ 5 มิลลิลิตรลงในขวดในข้อ 1 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

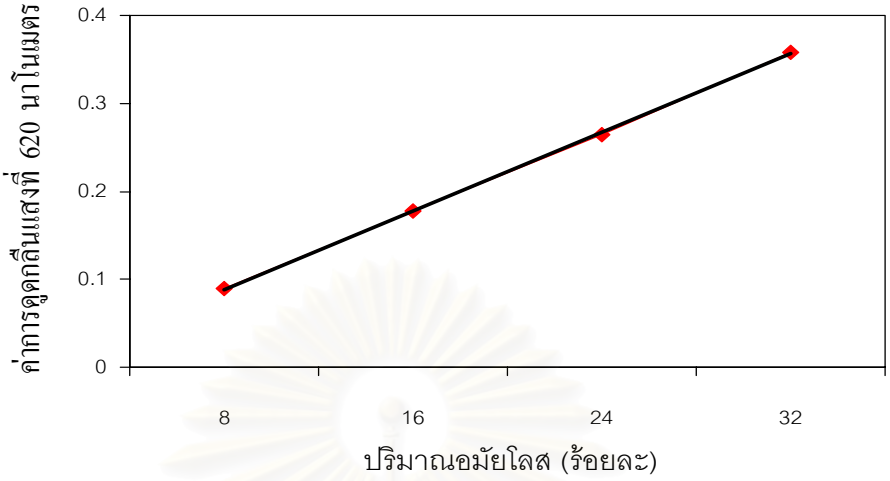
3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายที่ไม่มีการเติมสารละลายตัวอย่างเป็น Blank

4. นำค่าการดูดกลืนแสงไปหาปริมาณอมัยโลสโดยเทียบจากกราฟมาตรฐาน

5. ปรับปริมาณอมัยโลสในแป้งข้าวที่วิเคราะห์ได้ ให้เป็นที่ระดับความชื้นร้อยละ 14.0 จากสูตรปริมาณอมัยโลสในแป้งข้าวที่ความชื้นร้อยละ 14.0 = $\frac{A \times 86}{100-M}$

เมื่อ A =ปริมาณอมัยโลสในแป้งข้าวที่วิเคราะห์ได้ เป็นร้อยละ

M = ปริมาณความชื้นของแป้งข้าวที่วิเคราะห์ได้ เป็นร้อยละ



รูปที่ ข.1 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณอมัยโลส

สมการเส้นตรงที่ได้คือ $y = 0.0112x + 0.02$

$R^2 = 0.9997$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.2 ปริมาณความชื้น

โดยวิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อนดัดแปลงมาจากวิธีของ AOAC 32.1.03 (1995)

อุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้า (WTB Binder)
2. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง Satorious รุ่น A200S
3. ถาดอะลูมิเนียมพร้อมฝา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว
4. โถดูดความชื้น

วิธีทดลอง

1. นำภาชนะอลูมิเนียมพร้อมฝาไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130±2 °C นาน 30 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่ แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมเปล่าพร้อมฝาไว้

2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่งละเอียดใส่ในภาชนะอลูมิเนียมที่แห้งสนิท นำตัวอย่างแป้งที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปอบในตู้อบไฟฟ้า โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 130±2 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาอลูมิเนียมไว้

3. นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น

4. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแป้งที่เย็นแล้วพร้อมภาชนะอลูมิเนียมและฝา

5. นำไปอบต่ออีก 15-30 นาที จนน้ำหนักคงที่

6. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแป้งพร้อมภาชนะอลูมิเนียมและฝาแล้วหักลบ น้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมเปล่าพร้อมฝา จนได้น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ

7. คำนวณหาปริมาณความชื้นดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้งก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างแป้งหลังอบ (กรัม)}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.3 ปริมาณโปรตีน

โดยใช้วิธี Kjeldahl Method ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 960.25(1995) และคำนวณปริมาณโปรตีนโดยใช้แฟคเตอร์ 5.95 (Juliano, 1972)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง Satorious รุ่น A200S
2. ชุดเครื่องย่อย BUCHI Digestion Unit B 324
3. ชุดเครื่องกลั่น BUCHI Digestion Unit K 424

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น (H_2HO_4, AR Grade)
2. สารละลายมาตรฐานกรดเกลือ (HCI, AR Grade) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH, AR Grade) ความเข้มข้น 40% (w/v)
4. สารละลายกรดบอริก (H_3BO_3, AR Grade) เข้มข้น 4% (w/v)
5. สารเร่งปฏิกิริยาสำเร็จรูป Selenium Reagent Mixture (AR, Grade)
6. เมธิลเรด-โบรโมครีซอลกรีนอินดิเคเตอร์ (ประกอบด้วยสารละลายเมธิลเรด 0.2% ในแอลกอฮอล์ และสารละลายโบรโมครีซอลกรีน 0.2% ในแอลกอฮอล์ ผสมกันในอัตราส่วน 5:1)

วิธีทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1.5 กรัม ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ใส่ใน Kjeldahl Tube
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา (Selenium Reagent Mixture) 5 กรัม และกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร
3. นำไปย่อยด้วยเครื่องย่อย ซึ่งควบคุมอุณหภูมิการย่อย ทิ้งไว้จนตัวอย่างมีสีเขียวอ่อน ใช้เวลาประมาณ 45 นาที
4. ทิ้งให้ Kjeldahl Tube เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วเตรียมขวดรูปชมพู่ เติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด แล้วนำไปรองไว้ที่ปลาย Condenser ของชุดเครื่องกลั่น
5. นำ Kjeldahl Tube ตัวอย่างไปกลั่นด้วยชุดเครื่องกลั่น ซึ่งมีการควบคุมสภาวะการกลั่นดังนี้ โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาตร 65 มิลลิลิตร, กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 70 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการกลั่น 5 นาที
6. ล้างปลายหลอด Condenser ด้วยน้ำกลั่น ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่รองรับสารที่กลั่นได้แล้ว นำสารละลายที่ได้ทั้งหมด ไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดเกลือความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน ได้จุดยุติที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู

7. คำนวณปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนจากสูตร

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{\text{ปริมาณกรดเกลือที่ไตเตรท (ml) x ความเข้มข้นของกรดเกลือ (N) x 1.4}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

ปริมาณโปรตีน (%) = ปริมาณไนโตรเจน (%) x 5.95

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.4 ปริมาณไขมัน

ดัดแปลงมาจากวิธีของ AOAC 4.5.01 (1995)

อุปกรณ์

1. ชุดหาไขมัน
2. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง Satorious รุ่น A200S
3. ตู้อบลมร้อน WTE Binder
4. โถดูดความชื้น

สารเคมี

1. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether)

วิธีทดลอง

1. อบขวดก้นกลมที่สะอาด 100 จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนักไว้

2. ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 3-4 กรัม ใส่ในกระดาษกรองต่อใส่ในทิมเบิล (Thimble) ปิดด้านบนด้วยสำลี นำทิมเบิลใส่ลงในหลอดสกัด (Extraction Tube) ที่ต่อเข้ากับเครื่องควบแน่น

3. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดก้นกลม 200 มิลลิลิตร นำไปต่อกับหลอดสกัดและเครื่องควบแน่น ใช้สำลีอุดปลายเครื่องควบแน่น เพื่อป้องกันไม่ให้ปิโตรเลียมอีเทอร์ระเหย ให้ความร้อนนาน 3 ชั่วโมง แล้วนำไประเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออกจากขวดก้นกลมให้หมด

4. นำขวดก้นกลมไปอบในตู้อบที่ 100 °C นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนักไขมัน

$$\%\text{ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักไขมัน} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.5 เนื้อสัมผัสของข้าวสุก

วัดค่า Hardness โดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-TX2 Texture Analyzer)
2. หัวกดชนิด P100 รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร

วิธีทดลอง

1. หลังจาก Calibrate เครื่องวัดเนื้อสัมผัส และหัวกดแล้ว วางเมล็ดข้าวสุก 3 เมล็ดที่กลางฐานรองรับหัวกด
2. สภาวะที่ใช้ในการวัดเนื้อสัมผัส มีดังนี้

Mode: TPA

Pretest speed: 1.0 mm/s

Test speed: 1.0 mm/s

Post-test speed: 1.0 mm/s

Rupture test dist: 1.0%

Distance: 75.0%

Force: 100 g, 0.98 N

Time: 3.00 Sec

Count: 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.6 วัดค่าสี

วัดสีในระบบ Hunter (L a b)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี Minolta C-300

วิธีทดลอง

1. หลังจาก Calibrate เครื่องแล้ว เลือกระบบวัดสีแบบ Hunter L a b
2. วัดตัวอย่างข้าวสุกที่เรียงตัวกันแน่น ตัวอย่างละ 5 จุด
3. กดปุ่ม Stat เพื่อคำนวณค่า L a b ทางสถิติ
4. แล้วนำค่า L a b ที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีความขาวของข้าวตามวิธีของ Chen,Lu และ Lii (1999)

$$\text{ดัชนีความขาว} = 100-[(100-L)^2+a^2+b^2]^{1/2}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.7 การสลายของเมล็ดในด่าง (Alkali Digestion)

ดัดแปลงจากวิธีของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี โดยงามชื่น คงเสรี (2542)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (Petri Dish) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 13.5 เซนติเมตร

สารเคมี

1. สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.7±0.05% เตรียมโดยชั่งน้ำหนักสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH, AR Grade) 19.54 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มและทิ้งให้เย็นแล้ว และปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร (น้ำที่ต้มให้เดือดแล้วทิ้งให้เย็น โดยปิดฝาไม่ให้อากาศเข้า และนำมาใช้ทันที) เก็บสารละลายนี้นาน 24 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อย

วิธีทดลอง

1. สุ่มเมล็ดข้าวสารเต็มเมล็ด ที่ไม่มีรอยแตกร้าว 6 เมล็ด (ทำ 2 ซ้ำ) ใส่ในกล่องพลาสติก
2. วางกล่องพลาสติกบนพื้นสีเข้ม (เพื่อช่วยประเมินค่าชัดเจนขึ้น)
3. เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.7% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปิดฝา
4. ตั้งทิ้งไว้ 23 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง
5. อ่านค่าการสลายของเมล็ดในด่างดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 การให้คะแนนค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่างและอุณหภูมิแป้งสุก

คะแนน	ลักษณะการสลายตัว	ระดับการสลายตัว	Gelatinization Temperature
1	เมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง	ต่ำ	สูง (>74 °C)
2	เมล็ดพองตัว	ต่ำ	สูง (>74 °C)
3	เมล็ดพองตัว มีแป้งกระจายออกจากเมล็ดเป็นวงแคบ	ต่ำ-ปานกลาง	สูง-ปานกลาง
4	เมล็ดพองตัว มีแป้งกระจายออกจากเมล็ดเป็นวงกว้าง	ปานกลาง	ปานกลาง (70-74°C)
5	เมล็ดแตกปริทางขวาหรือทางยาว แป้งกระจายออกจากเมล็ดเป็นวงกว้าง	ปานกลาง	ปานกลาง
6	เมล็ดสลายรวมกับแป้งที่กระจายออกมา	สูง	ต่ำ (<69 °C)
7	เมล็ดสลายจนหมด แป้งใส	สูง	ต่ำ

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแบบทดสอบทางประมาทสัมผัส

ค.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสในขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกบางส่วน

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส: ข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์

ผู้ทดสอบ.....เพศ.....อายุ.....วันที่.....

ผู้ทดสอบโปรดให้คะแนนตามความชอบในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยมีระดับคะแนนดังนี้

7 หมายถึง ชอบมากที่สุด 6 หมายถึง ชอบมาก

5 หมายถึง ชอบปานกลาง 4 หมายถึง เฉยๆ

3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 2 หมายถึงไม่ชอบมาก

1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะ	ตัวอย่าง					
สี						
กลิ่น						
รสชาติ						
การสุกทั่วถึง						
เนื้อสัมผัส						
การยอมรับรวม						

ข้อเสนอ

แนะ .....

.....

<u>หมายเหตุ</u>

1.หากมีลักษณะใดผิดปกติ เช่น กลิ่นหรือรสชาติ กรุณาระบุไว้ในแบบทดสอบนี้ด้วย

2.คะแนนน้อยกว่า 4 หมายถึงผู้ทดสอบไม่สามารถให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ได้

ค.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสในขั้นตอนการศึกษาการใช้สารเคมีและอายุการเก็บ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส: ข้าวพร้อมบริโภคในรีทอร์ตเพาช์

ผู้ทดสอบ.....เพศ.....อายุ.....วันที่.....

ผู้ทดสอบโปรดให้คะแนนตามความชอบในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยมีระดับคะแนนดังนี้

7 หมายถึง ชอบมากที่สุด 6 หมายถึง ชอบมาก

5 หมายถึง ชอบปานกลาง 4 หมายถึง เฉยๆ

3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 2 หมายถึงไม่ชอบมาก

1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะ	ตัวอย่าง					
สี						
กลิ่น						
รสชาติ						
เนื้อสัมผัส						
การยอมรับรวม						

ข้อเสนอ

แนะ .....

.....

<u>หมายเหตุ</u>

1.หากมีลักษณะใดผิดปกติ เช่น กลิ่นหรือรสชาติ กรุณาระบุไว้ในแบบทดสอบนี้ด้วย

2.คะแนนน้อยกว่า 4 หมายถึงผู้ทดสอบไม่สามารถให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางอนลลักษณ์ โอฬาริโกวิท เกิดเมื่อวันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ.2515 ที่กรุงเทพมหานคร ได้รับปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง เมื่อปีพ.ศ.2537 และได้ทำงานในธุรกิจของครอบครัวตลอดมา จนได้เข้ารับการศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย ในปีพ.ศ.2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย