โครงการบริหารจัดการชุดโครงการการเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์และการประยุกต์ใช้ข้าวเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

Accelerated Aging of Local Rice Varieties Buriram Province and Application of Rice in Food Products

โครงการย่อยที่ ๑ การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน

Accelerated Aging of Local Paddy Rice Using Hot Air Oven

โครงการย่อยที่ ๒ การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

The Application of Aged Rice in Food Products

โดย

เทวิกา กีรติบูรณะ และคณะ

แผนงานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
พ.ศ. ๒๕๕๘
(ลิขสิทธ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์)

เลขที่สัญญาทุนวิจัย ๑๙/๒๕๕๘

โครงการบริหารจัดการชุดโครงการการเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์และการประยุกต์ใช้ข้าวเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

Accelerated Aging of Local Rice Varieties Buriram Province and Application of Rice in Food Products

โครงการย่อยที่ ๑ การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน

Accelerated Aging of Local Paddy Rice Using Hot Air Oven

โครงการย่อยที่ ๒ การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

The Application of Aged Rice in Food Products

โดย
เทวิกา กีรติบูรณะ
ชุลีพร บุ้งทอง
จิตตะวัน กุโบลา

แผนงานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
พ.ศ. ๒๕๕๘
(ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. ๒๕๓๗

หัวข้อวิจัยเรื่อง การเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์และการประยุกต์ใช้ข้าวเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผู้วิจัย เทวิกา กีรติบูรณะ และคณะ

หน่วยงาน สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ปีวิจัยสมบูรณ์ 2558

เลขที่สัญญารับทุน 19/2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่น (ข้าวจี๊บ หอมมะลิแดง เหลืองประทิว และขาวตาแห้ง) และนำข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร (เส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้) การเร่งความเก่าใช้วิธีอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 5 และ 7 ชั่วโมง โดยปรับความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกก่อนอบให้อยู่ในช่วง 21-25% พบว่า สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวจี๊บ ข้าวหอมมะลิแดงและข้าวเหลืองประทิว คือ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ส่วนสภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวขาวตาแห้ง คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง การแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวใช้ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งโดยการทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้นแต่ค่าความหนืดของน้ำแป้งผสมลดลง แต่ปริมาณแอมิโลสของน้ำแป้งผสมจากข้าวเก่าธรรมชาติและข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าไม่ต่างกัน ($p>0.05$) ได้คัดเลือกเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวทุกตัวอย่างได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)ส่วนการแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้ใช้ข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดง โดยการลดปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมอัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาล ส่งผลให้ความบุ๋ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้แข็งขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมน้ำดอกไม้อัตราส่วน 0:100 และ 40:60 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติอัตราส่วน 0:100 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากสภาวะที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน ($p>0.05$)

คำสำคัญ : ข้าวพันธุ์ท้องถิ่น, เร่งความเก่า, แปรรูปข้าว, เส้นก๋วยเตี๋ยว, ขนมไทย

Research Title Accelerated Aging of Local Rice Varieties Buriram Province and Application of Rice in Food Products

Researcher Thewika Keeratiburana and others

Organization Department of Food science, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University

Academic Year 2015

No. 19/2558

Abstract

The purpose of this study were to determine the optimization of accelerated aging treatment of local rice varieties (Jib, Hom Mali Dang, Leuang Pratew and Khao Tah Haeng) and the processing of accelerated aging local rice in food products (noodle and Khanom Nam-dok-mai). The accelerated aging treatment at 80, 90 and 100°C for 3, 5 and 7 hours, that initial moisture content of paddy rice were 21-25%. The results showed that the best performance was obtained for accelerated aging treatment of Jib, Hom Mali Dang and Leuang Pratew were 90°C for 3 hours and Khao Tah Haeng was 80°C for 3 hours. Noodle, use of rice flour from Leuang Pratew and Khao Tah Haeng supplemented with tapioca flour were carried out in this study. Incredible ratio effected to reduce viscosity and increase amylase content but the amylase contents of noodle from rice accelerated aging treatment and natural aged rice were not significantly different ($p>0.05$). The selected ratio at 80:20 and 70:30 from rice accelerated aging treatment and natural aged rice showed the best. Furthermore, the results also found that the sensory evaluation revealed that the consumer acceptability in overall was not significantly ($p>0.05$). Khanom Nam-dok-mai, use of rice flour from Jib and Hom Mali Dang. In this study to reduce of sugar.

Results showed that reduce of sugar content the appearance in dimpled, brown and hardness of Khanom Nam-dok-mai were increase, however the silkiness and stickiness were decrease. The selected ratio at 0:100 and 40:60 from rice accelerated aging treatment and natural aged rice, the sensory evaluation revealed that the consumer acceptability in ratio of 0:100 from natural aged rice had a highest overall preference, that were not significantly different from rice accelerated aging in the same ratio ($p>0.05$).

Keywords : Local Rice, Accelerated Aging, Rice Processing, Rice Noodle, Thai Dessert

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และดำเนินการต่างๆ เพื่อให้คณะผู้วิจัยมีความสะดวกในการปฏิบัติงาน ขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ที่สนับสนุนทั้งสถานที่ทำวิจัย เครื่องมือและครุภัณฑ์ต่างๆ และงานวิจัยนี้คงไม่สำเร็จหากขาดผู้ช่วยวิจัยเหล่านี้ ได้แก่ นางสาวปานรุ้ง เจริญดี นางสาวสุรีย์พร ชัยมีแรง นางสาวอมรา โกติรัมย์ นางสาวฉรินธร ทันดี นางสาวเนตรนภา พินิจ นางสาวสุพรรณษา มงคล นางสาวสุจิตรา สำราญ นางสาวปภาวรินท์ รุ่งแสง และนางสาวสุวรรณา เย้ยรัมย์ คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญตาราง		ช
สารบัญภาพ		ฎ
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
1.1	ที่มาและความสำคัญ	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.3	ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5	เป้าหมายของผลผลิต (output) และตัวชี้วัด	4
1.6	เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome) และตัวชี้วัด	4
1.7	กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย	5
บทที่ 2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**6**
2.1	ชนิดของข้าว	6
2.2	โครงสร้างเมล็ดข้าว	9
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว	11
2.4	องค์ประกอบของสตาร์ชภายในเมล็ดข้าว	13
2.5	คุณภาพของข้าวสาร	14
2.6	คุณลักษณะของข้าวสารใหม่และข้าวสารเก่า	19
2.7	แป้งข้าวเจ้า	25
2.8	คุณสมบัติของแป้งข้าว	28
2.9	ผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าว	32
2.10	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**วิธีดำเนินงานวิจัย**	**52**
3.1	การศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน	52
3.2	การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร	59
บทที่ 4	**ผลการวิจัยและการอภิปรายผล**	**66**
4.1	การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน	66
4.2	การประยุกต์ใช้ข้าวเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร	83
บทที่ 5	**บทสรุปและข้อเสนอแนะ**	**122**
5.1	บทสรุป	122
5.2	ข้อเสนอแนะ	125
บรรณานุกรม		**126**
ภาคผนวก		**136**
ภาคผนวก ก	วิธีการเร่งความเก่าของข้าวเปลือก	137
ภาคผนวก ข	การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว	139
ภาคผนวก ค	การผลิตขนมน้ำดอกไม้	141
ประวัติคณะผู้วิจัย		**143**

สารบัญต

ตารางที่		หน้า
2.1	การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก	17
2.2	การประเมินค่าการสลายเมล็ดในด่าง	18
2.3	ความสัมพันธ์ของการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน	18
3.1	อัตราส่วนผสมต่างๆ ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว	62
3.2	สูตรขนมน้ำดอกไม้ (สูตรควบคุม)	63
3.3	อัตราส่วนผสมต่างๆ ในการผลิตขนมน้ำดอกไม้	65
4.1	ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าอุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส	67
4.2	ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าเวลา 3 5 และ 7 ชั่วโมง	67
4.3	ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่าอุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส	69
4.4	ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่าเวลา 3 5 และ 7 ชั่วโมง	69
4.5	ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าอุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส	71
4.6	ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่ง	71

ความเก่าเวลา 3 5 และ 7 ชั่วโมง
4.7 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าอุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส 73
4.8 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเวลา 3 5 และ 7 ชั่วโมง 73
4.9 สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ 75
4.10 ปริมาณความชื้น แอมิโลสและความคงตัวของแป้งสุกของข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่สภาวะต่างๆ 76
4.11 อัตราส่วนความกว้างต่อความยาว ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับและปริมาณของแข็งที่สูญเสียของข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่สภาวะต่างๆ 80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.12 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกแต่ละสายพันธุ์ที่สภาวะต่างๆ 82
4.13 สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ด้วยวิธีอบลมร้อน 83
4.14 ปริมาณแอมิโลสของน้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวเก่าและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 85
4.15 ความคงตัวของแป้งสุกของน้ำแป้งผสมจากเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 86
4.16 ความหนืดของน้ำแป้งผสมของข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 88
4.17 เปรียบเทียบลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 89

4.18	ลักษณะปรากฏเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	90
4.19	ระดับคุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าในอัตราส่วนต่างๆ	91
4.20	เปรียบเทียบลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	92
4.21	ลักษณะปรากฏเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	93
4.22	ระดับคุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	94
4.23	ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	96
4.24	ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	97
4.25	ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.26	ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	98
4.27	ค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	102
4.28	ค่าแรงตัดของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	103

4.29	คะแนนความชอบเฉลี่ยของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิว ตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale	105
4.30	คะแนนความชอบเฉลี่ยของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale	105
4.31	เปรียบเทียบลักษณะของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่ง ความเก่าที่ในอัตราส่วนต่างๆ	107
4.32	ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ใช้แป้งข้าวจี๊บเก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	108
4.33	ระดับคุณสมบัติบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	109
4.34	เปรียบเทียบลักษณะของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่ในอัตราส่วนต่างๆ	110
4.35	ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	111
4.36	ระดับคุณสมบัติบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่าน การเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	112
4.37	ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติ และผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	113
4.38	ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	113

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.39	ค่าความแข็งของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดงเก่า	117

ธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ
4.40 ค่าความเหนียวของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดงเก่า ธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 118
4.41 คะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale 121
4.42 คะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale 121

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะเมล็ดข้าวแบ่งตามขนาดและรูปร่าง	7
2.2	โครงสร้างของส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว	9
2.3	โครงสร้างของส่วนเนื้อผล	10
2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการหุงต้มต่อปริมาณแอมิโลสในข้าว	12
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในระหว่างการหุงต้มต่อปริมาณแอมิโลสในข้าว	12
2.6	โครงสร้างของแอมิโลสและแอมิโลเพคตินภายในเมล็ดสตาร์ช	20
2.7	ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA	31
2.8	เส้นก๋วยเตี๋ยว	33
2.9	ขนมน้ำดอกไม้	39
4.1	ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งหลังกะเทาะเปลือก	66
4.2	ข้าวจิ๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าที่สภาวะต่างๆ	68
4.3	ข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่าที่สภาวะต่างๆ	70
4.4	ข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่สภาวะต่างๆ	72
4.5	ข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่สภาวะต่างๆ	74
4.6	ลักษณะเมล็ดข้าวสุกของข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาตาแห้ง	83
4.7	ค่าสี L* a* b* ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	99
4.8	ค่าสี L* a* b* ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวข้าวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	100
4.9	เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ที่คัดเลือก	104
4.10	เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ที่คัดเลือก	104
4.11	ค่าสี L* a* b* ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวจิ๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.12	ค่าสี L* a* b* ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	115
4.13	ปริมาณน้ำอิสระ ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	118
4.14	ปริมาณน้ำอิสระ ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	119
4.15	ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บอัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ที่คัดเลือก	120
4.16	ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงอัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ที่คัดเลือก	120

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ข้าวเป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่เป็นอาหารหลักของประชากรหลายประเทศในทวีปเอเชีย โดยเฉพาะประเทศไทย ซึ่งบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักในทุกมื้อและยังเป็นสินค้าส่งออกที่มีปริมาณมากที่สุดในกลุ่มสินค้าเกษตร ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นเป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกดั้งเดิมหรือปลูกเฉพาะถิ่น ซึ่งชาวนาได้ปลูกมาเป็นเวลานาน มีความหลากหลายของสายพันธุ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละสภาพพื้นที่ การเลือกชนิดพันธุ์ข้าวปลูกให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ นับได้ว่าเป็นภูมิปัญญาของชาวนา (จิตติมา ผลเสวกและอารีวรรณ คูสันเทียะ, 2544) ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นของจังหวัดบุรีรัมย์มีหลากหลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวจิ๊บ ข้าวเหลืองปลาซิว (เหลืองประทิว) ข้าวเหลืองเม็ดยาว ข้าวขาวตาแห้ง ข้าวหอมมะลิขาว หอมมะลิแดง ข้าวละออง ข้าวมะลิตูดงอน ข้าวพระเทพ และข้าวเหนียวแดง เป็นต้น (สนิท ทิพย์นางรอง, 2557) ปัจจุบันมีการปลูกลดลงเนื่องจากมีพันธุ์ข้าวใหม่ๆ ที่มีการพัฒนาเข้ามาแทนที่และมักมีปัญหาความไม่มีเสถียรภาพของระดับราคา จึงทำให้ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นบางสายพันธุ์ถูกลืมเลือนไปจากคนในชุมชน

ข้าวเก่า (Aged Rice) คือข้าวเปลือกหรือข้าวสารที่มีอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่า 4 เดือน ซึ่งมีความสำคัญและมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงเนื่องจากมีราคาสูงกว่าข้าวใหม่ถึง 2.50 บาทต่อกิโลกรัม อีกทั้งคนไทยยังนิยมบริโภคข้าวเก่ามากกว่าข้าวใหม่ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์แปรรูปอาหารจากข้าว เช่น ขนมจีน เส้นก๋วยเตี๋ยว แป้งดัดแปร ยังนิยมใช้วัตถุดิบข้าวเก่ามากกว่าข้าวใหม่ เนื่องจากข้าวเก่ามีคุณสมบัติในการคืนรูปสูงกว่าข้าวใหม่ คุณสมบัติของข้าวเก่าที่สำคัญคือ จะมีการพองตัวและดูดซับน้ำในขณะหุงต้มมากขึ้นลักษณะของข้าวสุกร่วนไม่ติดกันเหมือนข้าวใหม่ มีความสามารถต้านทานความแตกหักในขณะขัดสีได้สูงกว่าข้าวใหม่ นอกจากนี้ยังพบว่ากรดฟีนอลิคอิสระที่ถูกปล่อยออกมาในระหว่างการเก็บรักษาจะทำให้ผนังเซลล์ของเมล็ดข้าวมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่กลิ่นหอมและอัตราการงอกของข้าวเก่าจะลดลง การเร่งความเก่าของข้าวมีข้อดีคือ ลดการสูญเสียข้าวในเชิงคุณภาพจากการทำลายของมอด แมลง การหายใจของเมล็ดข้าว และลดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการข้าวระหว่างการเก็บรักษา (ภูมิสิทธิ์ วรรณชารี, 2545) เทคนิคที่นิยมใช้

ในการพัฒนาข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าส่วนใหญ่จะใช้ลมร้อน (Hot Air) ความร้อนชื้น (Moist Heat) เช่น การทำข้าวนึ่งบางส่วน (Partial Parboiled Rice) หรือการประยุกต์ใช้เทคนิคฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed) แต่เทคนิคเหล่านี้มีข้อจำกัดด้านต้นทุนการผลิต เช่น การเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดน้ำเสียหลังจากการทำข้าวนึ่งบางส่วน เครื่องจักรอุปกรณ์มีราคาแพง ตลอดจนต้องใช้เจ้าหน้าที่ที่มีความเชี่ยวชาญในการควบคุมกระบวนการผลิต (Jaitip และคณะ, 2003) วินิต ชินสุวรรณ และภูสิทธิ์ วรรณชารี (2551) พบว่าข้าวเก่าเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากกว่าข้าวใหม่ทั้งในรูปของข้าวสาร และการใช้วัตถุดิบข้าวเก่าเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร จึงส่งผลให้การใช้วัตถุดิบข้าวเก่ามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557) พบว่าคนไทยประมาณร้อยละ 80 นิยมบริโภคข้าวเก่า ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 20 นิยมบริโภคข้าวใหม่ หรือบริโภคในรูปของข้าวกล้อง นอกจากนี้ข้าวเก่ายังมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร ซึ่งในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวต้องใช้ข้าวเก่าจึงจะได้ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีคุณภาพ เนื่องจากการคืนสภาพของน้ำแป้งจากแป้งข้าวเก่าเกิดได้ดีกว่า เช่น การทำเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นขนมจีน เป็นต้น (Moritaka and Yasumatsu, 1972) ก๋วยเตี๋ยวเป็นอาหารเส้นชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการบริโภคของสังคมไทยรองจากข้าวที่บริโภคเป็นอาหารหลัก เส้นก๋วยเตี๋ยวแปรรูปมาจากข้าวและมีการผลิตอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากด้วยกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน สามารถทำได้ในอุตสาหกรรมระดับครัวเรือน นอกจากผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นแล้ว ยังนิยมนำข้าวแปรรูปเป็นขนมหวานหลากหลายชนิดโดยเฉพาะขนมไทย ซึ่งขนมไทยเปนผลิตภัณฑ์ที่แสดงถึงความเปนเอกลักษณ์ ของชาติไทย โดยขนมแตละชนิดจะมีรูปลักษณ รสชาติ กลิ่นหอม เนื้อสัมผัส และความสวยงามที่มีลักษณะเฉพาะแสดงใหเห็นถึงวัฒนธรรมประเพณีของชาติไทย ขนมไทยจึงนับไดวาเปนความภูมิใจของคนไทยและเปนสิ่งที่เชิดหน้าชูตาของประเทศไทย ขนมน้ำดอกไมจัดวาเปนขนมไทยประเภทกึ่งเปยกกึ่งแหงที่มีลักษณะพิเศษ คือ ลักษณะบุมตรงกลาง หรือที่เรียกวา “ขนมชักหน้า” ซึ่งเปนสิ่งที่บงบอกถึงเอกลักษณของขนมน้ำดอกไม ถารอยบุมเปนวงกว้างจะถือวาเปนลักษณะที่ดี (อรวสุ นพพรรค, 2542) ลักษณะของขนมจะมีการจับตัวกันคงรูป เนื้อเนียน นุ่มนวล เปนมันเงา กนไมเปนไต รสหวานเล็กนอย และมีกลิ่นหอมของดอกไม ซึ่งที่นิยมจะเปนดอกมะลิ สวนประกอบที่ใชในการทำขนมน้ำดอกไม คือ แปงขาวเจา ซึ่งแป้งข้าวเจ้าที่ใช้ต้องมีความเก่าจึงจะทำให้ได้ลักษณะเด่น คือรอยบุ๋มของขนม แปงทาวหรือแปงมัน น้ำตาลทราย น้ำลอยดอกมะลิ และอาจมีการเติมสีลงไปในขนมดวยเพื่อใหดูนารับประทานมากยิ่งขึ้น ขาวเจ้าที่มีปริมาณแอมิโลสตางกันจะมีผลตอเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไป

ดังนั้นแผนงานวิจัยชุดนี้จึงมีการศึกษาผลของการเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่น เพื่อให้ได้สภาวะในการผลิตข้าวเก่าที่เหมาะสมและคงคุณภาพของข้าวทั้งด้านเคมีและกายภาพ ตลอดจนมีการประยุกต์ใช้ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นที่ผ่านการเร่งความเก่าจากสภาวะที่เหมาะสมมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งในแผนงานวิจัยนี้ได้มีการประยุกต์ใช้ข้าวเก่าแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวโดยการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรของคนในท้องถิ่น เกิดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารของชุมชน ยังถือเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาและเผยแพร่ภูมิปัญญาชุมชน ส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรหันมาปลูกข้าวพันธุ์ท้องถิ่นมากยิ่งขึ้น สร้างงาน สร้างรายได้ให้แก่กลุ่มเกษตรกรอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาสภาวะการเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นของจังหวัดบุรีรัมย์

2) เพื่อทดสอบคุณภาพของข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

3) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการแปรรูปข้าวโดยการเร่งข้าวเก่าและการแปรรูปข้าวเก่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารให้แก่กลุ่มเกษตรกร

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นที่ศึกษามี 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดงข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้ง

2) การเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นใช้วิธีอบลมร้อน

3) ผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปจากข้าวพันธุ์ท้องถิ่นที่ผ่านการเร่งความเก่า คือ เส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นโดยใช้วิธีอบลมร้อนด้วยสภาวะที่เหมาะสมต่อข้าวแต่ละชนิดได้

2) ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการแปรรูปข้าวพันธุ์ท้องถิ่นของชุมชน และสามารถพัฒนาต่อยอดแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ

3) เกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ท้องถิ่นได้รับประโยชน์

1.5 เป้าหมายของผลผลิต (output) และตัวชี้วัด

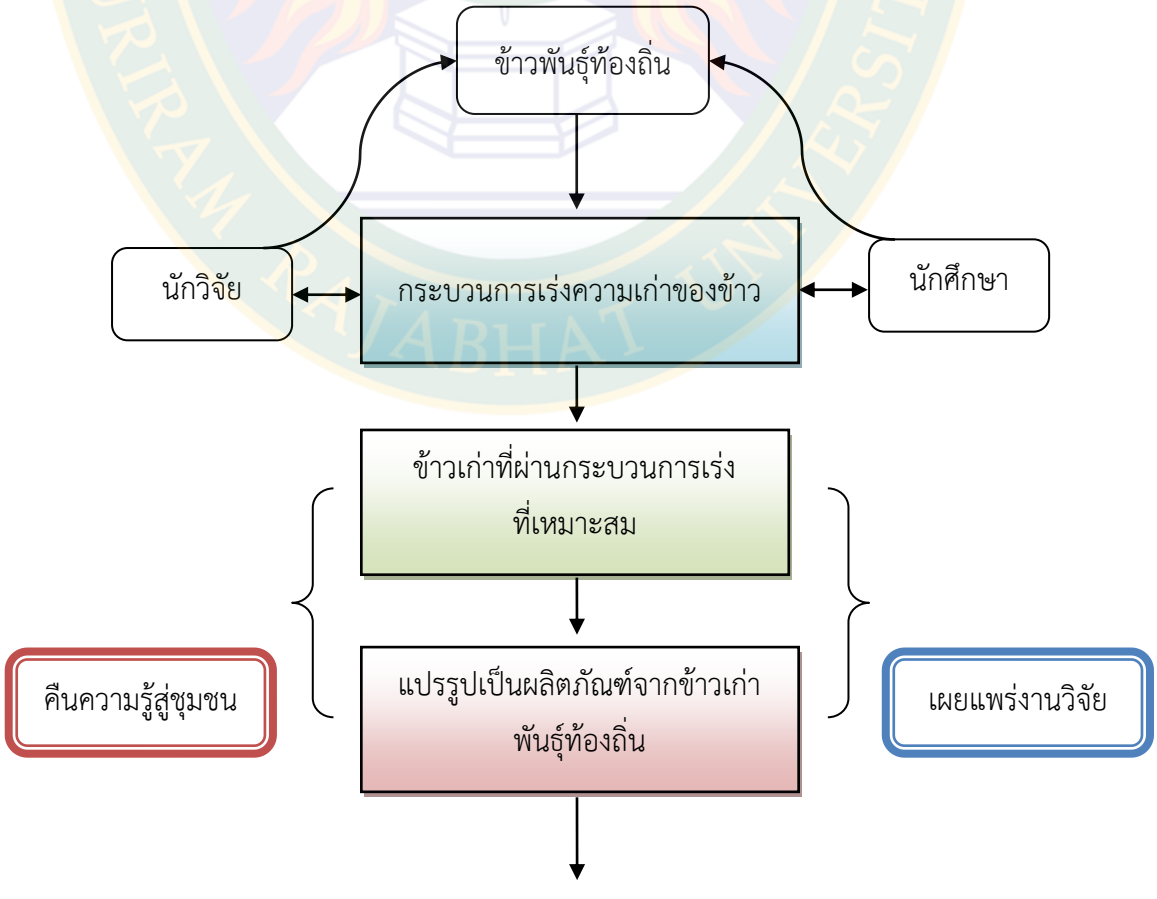
เป้าหมายของผลผลิต (output)	ตัวชี้วัด
ได้สภาวะในการเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นแต่ละสายพันธุ์	ทราบอุณหภูมิและระยะเวลาในการเร่งความเก่าด้วยวิธีอบลมร้อนของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นแต่ละสายพันธุ์
ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเก่า	คุณสมบัติของข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าไม่แตกต่างจากข้าวเก่าตามธรรมชาติ
ได้ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่า	ได้ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าวเก่าอย่างน้อย 1 ชนิด
ทราบการยอมรับผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่า	คะแนนความชอบจากการทดสอบการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค

1.6 เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome) และตัวชี้วัด

เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome)	ตัวชี้วัด

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ท้องถิ่นมีความพึงพอใจต่อการเร่งความเก่าของข้าวโดยใช้วิธีอบลมร้อน	เกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ท้องถิ่นมีความพึงพอใจต่อการเร่งความเก่าของข้าวโดยใช้วิธีอบลมร้อนไม่น้อยกว่าร้อยละ 85
เกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ท้องถิ่นมีความพึงพอใจต่อนำข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร	เกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ท้องถิ่นมีความพึงพอใจต่อนำข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารไม่น้อยกว่าร้อยละ 85

1.7 กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย



- ลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกรในการเก็บรักษาข้าว
- ได้ผลิตภัณฑ์ของชุมชนจากการแปรรูปข้าวพันธุ์ท้องถิ่น
- อนุรักษ์ข้าวพันธุ์ท้องถิ่น

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าว เป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียกข้าวสาร เมล็ดข้าว (rice fruit, rice grain, rice seed) ในการเจริญเติบโตของต้นข้าวนั้นสารมารถแบ่งออกได้เป็นสองระยะคือ ระยะที่ข้าวเจริญเติบโตทางลำต้นและระยะที่ข้าวเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ ซึ่งระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นนี้จะเกิดขึ้นตั้งแต่ที่ข้าวเริ่มงอกออกมาจากกเมล็ดจนเป็นต้นกล้าใช้เวลาประมาณ 5-6 วัน จากนั้นต้นกล้าที่ได้จะนำไปเพาะต่อซึ่งใช้เวลาประมาณ 25-30 วัน จึงจะนำไปปักดำได้ โดยระยะเวลาตั้งแต่ปักดำจนถึงข้าวแตกก่อและออกเป็นช่อดอกใช้เวลาประมาณ 45-60 วัน หลังจากนั้นข้าวก็จะเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ซึ่งระยะนี้จะเกิดขึ้นตั้งแต่ท้องใช้เวลาประมาณ 25-30 วัน จากนั้นข้าวก็จะใช้เวลาในการสร้างเมล็ดประมาณ 25-30 วัน ก็จะได้เมล็ดข้าวที่แก่เต็มที่ รวมเวลาในการปลูกข้าวทั้งสิ้นประมาณ 120-150 วัน (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

2.1 ชนิดของข้าว

พีชยา จิระธรรมกิจกุล (2541) รายงานว่าข้าวเป็นธัญชาติชนิดหนึ่งที่จัดอยู่ในตระกูล Gramineaeซึ่งมีสปีชีส์มากกว่า 60 ชนิด แต่ที่รู้จักกันทั่วไปคือ สปีชีส์ Oryza sativa โดยชนิดของข้าวสามารถแบ่งตามลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. แบ่งตามขนาดและรูปร่างของเมล็ด

ขนาดและรูปร่างเป็นสิ่งจำเป็นและแยกออกจากกันไม่ได้ ในการนำมาอธิบายลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ โดยจะแตกต่างกันไปตามสภาพบรรยากาศของภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และวิธีการเพาะปลูก ขนาดของเมล็ด หมายถึง ความยาว ความกว้าง และความหนา เช่น ยาว ปานกลาง สั้น เป็นต้น ส่วนรูปร่าง หมายถึง ความยาว และความกว้าง เช่น กลม แป้น เหลี่ยม เป็นต้น โดยแบ่งได้ ดังนี้

1.1 กลุ่มข้าวจาวานิกา (javanica rice) ได้แก่ ข้าวที่มีเมล็ดยาว และป้อมปลูกทั่วไปบริเวณเส้นศูนย์สูตร เช่น ประเทศอินโดนีเซีย พม่า เป็นต้น

1.2 กลุ่มข้าวอินดิกา (indica rice) ได้แก่ ข้าวที่มีเมล็ดยาว และเรียว ปลูกทั่วไปบริเวณเขตร้อน เช่น ประเทศไทย อินเดีย เป็นต้น

1.3 กลุ่มข้าวจาปอนิกา (japonica rice) ได้แก่ ข้าวที่มีเมล็ดสั้นและป้อม ปลูกทั่วไปบริเวณเขตกึ่งร้อน เขตอบอุ่น และเขตอากาศเย็น เช่น ประเทศญี่ปุ่น เกาหลี เป็นต้น

ภาพที่ 2.1 ลักษณะเมล็ดข้าวแบ่งตามขนาดและรูปร่าง

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2550)

ขณะที่ Sharp (1991) แบ่งชนิดของข้าวตามความยาวเป็น 3 ระดับ คือ ข้าวเมล็ดยาว ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง และข้าวเมล็ดสั้น โดยข้าวเมล็ดยาวมีความยาวของข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวขัดขาวมากกว่า 3.4 3.1 และ 3.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนข้าวเมล็ดยาวปานกลางมีความยาวอยู่ในช่วง 2.3-3.3 2.1-3.0 และ 2.0-2.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับข้าวเมล็ดสั้นมีความยาวต่ำกว่า 2.2 2.0 และ 1.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวมีผลต่ออัตราการดูดซึมของน้ำในระหว่างการหุงต้มของข้าว ดังผลการวิจัยของ Ali et al. (1994) ซึ่งศึกษาขนาดและรูปร่างของเมล็ด พบว่าเมล็ดข้าวที่มี

พื้นที่ผิวต่ำว่า 14 ตารางเซนติเมตร/กรัม มีอัตราการดูดซึมน้อยกว่าเมล็ดข้าวที่มีพื้นที่ผิว 16-17 และ 17-19 ตารางเซนติเมตร/กรัม ตาลำดับ

2. แบ่งตามอายุข้าว

ข้าวที่ปลูกจะอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันโดยดูได้จากช่วงเวลาของการออกดอก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

2.1 ข้าวเบา หมายถึง ข้าวที่มีอายุสั้นประมาณ 90-100 วัน ซึ่งจะออกดอกให้เก็บเกี่ยวได้ในตอนต้นปีของฤดูการทำนาระหว่างเดือนกันยายน-ตุลาคม

2.2 ข้าวกลาง หมายถึง ข้าวที่มีอายุปานกลางประมาณ 100-120 วัน ซึ่งจะออกดอกให้เก็บเกี่ยวได้ในตอนกลางปีของฤดูการทำนาระหว่างเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน

2.3 ข้าวหนัก หมายถึง ข้าวที่มีอายุมากประมาณ 120 ขึ้นไป ซึ่งจะออกดอกให้เก็บเกี่ยวได้ในตอนปลายปีของฤดูการทำนาระหว่างเดือนธันวาคม-มกราคม

3. แบ่งตามความไวของแสง

ข้าวที่ปลูกจะมีความไวต่อแสงที่แตกต่างกันโดยดูได้จากช่วงเวลาของการออกดอกที่สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

3.1 ข้าวไวแสง หมายถึง ข้าวที่มีกำหนดการออกดอกอย่างแน่นอน หรือ เกิดการคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย เป็นข้าวปลูกในฤดูนาปีเท่านั้น เพราะจะออกดอกในเวลากลางวันสั้นกว่ากลางคืน ต้องปลูกในฤดูฝนเพื่อให้ออกดอกต้นฤดูหนาว หรือระหว่างฤดูหนาวซึ่งช่วงเวลากลางวันสั้นกว่า 12 ชั่วโมง จึงจัดอยู่ในกลุ่มพืชวันสั้น ซึ่งมี 2 แบบคือ ข้าวที่มีความไวต่อแสงมากและข้าวที่มีความไวต่อแสงน้อย มีอายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน เป็นข้าวเบา ข้าวกลาง และข้าวหนัก ซึ่งข้าวพันธุ์พื้นเมืองของประเทศไทยเกือบทุกพันธุ์มีลักษณะดังกล่าว

3.2 ข้าวไม่ไวแสง หมายถึง ข้าวที่มีกำหนดการออกดอกตามอายุ สามารถปลูกได้ตลอดปีเมื่อมีน้ำเพียงพอ ไม่มีอิทธิพลของช่วงแสงมาเกี่ยวข้องกับการออกดอก มีกำหนดของวันปลูกและวันเก็บเกี่ยวแน่นอน สามารถปลูกได้ดีในฤดูนาปรัง หรือช่วงฤดูร้อน เพราะมีแสงแดดมากกว่าฤดูอื่นๆ มีอายุการปลูกตั้งแต่ 110-150 วัน

4. แบ่งตามฤดูการผลิต

ข้าวที่ปลูกจะมีฤดูกาลผลิตที่แตกต่างกันโดยดูได้จากช่วงเวลาของการทำนาซึ่งสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

4.1 ข้าวนาปี คือ นาข้าวที่ทำในช่วงเดือนเมษายนจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูการทำนาปกติ พันธุ์ข้าวนาปีจะออกดอกตามวันและเดือนที่แน่นอน เนื่องจากช่วงของแสงต่อวันบังคับ โดยตามปกติจะสามารถแบ่งวันหนึ่งออกได้เป็น กลางวัน 12 ชั่วโมง กลางคืน 12 ชั่วโมง แต่เนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลกจึงทำให้แต่ละส่วนของโลกได้รับแสงอาทิตย์ในแต่ละวันไม่เท่ากัน ทำให้ช่วงของวันยาวขึ้นข้าวก็จะเจริญเติบโตทางลำต้น ไม่ออกรวง หรือถ้าออกรวงได้ก็ไม่พร้อมกันในต้นเดียว บางรวงก็แก่โน้มลง บางรวงก็เพิ่งตั้งท้อง จนเมื่อช่วงของวันเริ่มสั้นลง ข้าวพวกนี้จะออกรวง ดังนั้นการทำนาล่าช้า เช่น ปักดำในเดือนตุลาคม ต้นข้าวจะเตี้ย แตกก่อน้อย รวงของข้าวเล็ก เพราะยังไม่ทันเจริญทางลำต้นก็ต้องมาเจริญทางพันธุ์ นั้นคือ วันสั้นยาวมีผลต่อการออกรวงของข้าวจึงเรียกข้าวประเภทนี้ว่า ข้าวนาปี หรือ ข้าวไวแสง ซึ่งเป็นข้าวที่ออกตามฤดูกาล

4.2 ข้าวนาปรัง คือนาข้าวที่ทำในช่วงนอกฤดูทำนาเพราะในฤดูทำนาจะมีน้ำมากเกินไป โดยข้าวที่ใช้จะเป็นข้าวที่แสงไม่มีอิทธิพลต่อการออกดอก ดังนั้นเราจึงเรียกข้าวนาปรังว่าเป็นข้าวไม่ไวแสง ซึ่งเป็นข้าวที่ออกตามอายุ ไม่ว่าจะปลูกเมื่อใด พอครบอายุก็จะเก็บเกี่ยวได้

2.2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

อรอนงค์ นัยวิกุล (2550) รายงานว่าเมล็ดข้าวมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว (ผล) นิยมเรียกว่าแกลบ (hull or husk) และส่วนเนื้อผล (ผลแท้) นิยมเรียกว่า ข้าวกล้อง (caryopsis or brown rice) โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังนี้

1. แกลบหรือส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว

ส่วนภายนอกซึ่งห่อหุ้มเมล็ดข้าวนี้ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) ขั้วเมล็ด (rachilla) ขน (pubescence) หาง (awn) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmas) ดังแสดงในภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2550)

1.1 เปลือกใหญ่ เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านท้อง มีขนาดใหญ่อาจมีหางหรือไม่มีก็ได้ มีลักษณะเป็นรอยเส้นประมาณ 5 เส้น ตามความยาวของเปลือก ห่อหุ้มเปลือกเล็กไว้ทั้ง 2 ด้าน ในลักษณะขบอยู่ข้างบนอย่างแน่นสนิท ประมาณ 2/3 ของเปลือกทั้งหมดตามแนวยาวของเมล็ด

1.2 เปลือกเล็ก เป็นเปลือกหุ้มเมล็ดเนื้อผลด้านหลัง มีขนาดเล็กกว่าเปลือกใหญ่ ประมาณ 1/3 ของเปลือกทั้งหมด มีลักษณะเป็นรอยเส้นประมาณ 3 เส้น ตามความยาวของเปลือกจะขบอยู่ใต้เปลือกใหญ่ตามแนวยาวทำให้เปลือกทั้ง 2 ติดกันสนิท

1.3 ขั้วเมล็ด เป็นก้านสั้นอยู่ระหว่างกลีบรองเมล็ดกับเปลือกใหญ่ ที่ยังคงติดอยู่กับเมล็ดข้าวเปลือก

1.4 ขน เป็นส่วนเซลล์ผิวด้านนอกอยู่บนบริเวณเปลือกใหญ่และเปลือกเล็กทำหน้าที่ลดการระเหยของน้ำ ป้องกันอันตรายต่อเมล็ดจากสภาวะภายนอกเมล็ดและเพ่อการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ โดยช่วยให้เมล็ดติดไปกับคน สัตว์ หรือสิ่งของต่างๆ ที่มีโอกาสสัมผัสเมล็ดจนทำให้เมล็ดดูดติดไปด้วย

1.5 หาง เป็นส่วนปลายของเปลือกใหญ่ที่ยาวออกมาเกินตำแหน่งยอดดอก ทำหน้าที่ให้ในการกระจายพันธุ์ท้ายขน อาจมีขนาดสั้น ยาว หรือไม่มี แตกต่างกันตามพันธุ์ข้าว

1.6 กลีบรองเมล็ด เป็นกลีบเล็ก 2 กลีบ อยู่ตรงข้ามกันบริเวณขั้วเมล็ด

2. ข้าวกล้องหรือเนื้อผล

ส่วนของเนื้อผลนี้ประกอบด้วย เยื่อหุ้มผล (pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) นิวเซลลัส (nucellus) เยื่อหุ้มชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) คัพภะ (embryo) และเนื้อเมล็ด (endosperm) ดังแสดงในภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของส่วนเนื้อผล

ที่มา : http://www.brrd.in.th/rkb/varieties

2.1 เยื่อหุ้มผล เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกมีความหนาประมาณ 10 ไมครอน ห่อหุ้มผลอยู่ภายใน ผนังเซลล์มี 6 ชั้น มีสารสีปนอยู่ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ เช่น สีน้ำตาลอ่อน หรือสีน้ำตาลแก่ นอกจากนี้ยังมีโปรตีนเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์รูปยาว 2 ชั้น เรียงตามขวาง และมีผนังบางกั้น ภายในเซลล์มีไขมัน และสรสีเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผลจึงทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ

2.3 เยื่อหุ้มชั้นนิวเซลลัส เป็นเนื้อเยื่อที่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ดมีความหนาอยู่ประมาณ 0.8-2.5 ไมครอน แต่พันธะระหว่างนิวเซลลัสกับเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ติดกันแน่นมากทำให้สามารถแยกออกจากกันได้ง่าย

2.4 เยื่อชั้นแอลิวโรน เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ 1-7 ชั้น โดยเยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ดจะหนากว่าเยื่อหุ้มด้านท้องซึ่งความหนาแตกต่างกันไปตามพันธุ์ข้าว

2.5 คัพภะ เป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติมโตไปเป็นต้นอ่อน โดยอยู่บริเวณด้านโคนเมล็ดด้านเปลือกใหญ่ ประกอบด้วย เยื่อหุ้มต้นอ่อน ต้นอ่อน รากอ่อน เยื่อหุ้มรากอ่อน ท่อน้ำ ท่ออาหาร และใบเลี้ยงซึ่งเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ซึ่งอุดมไปด้วยโปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ

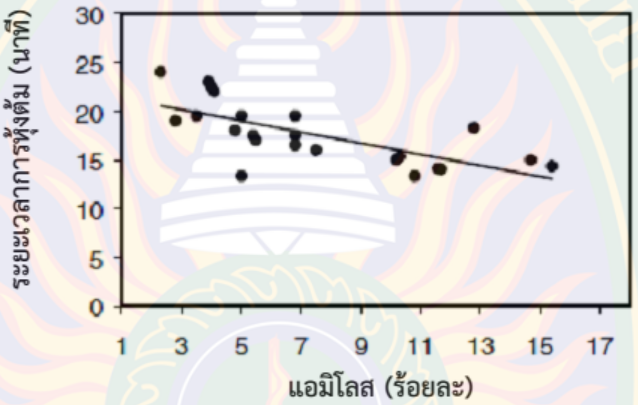
2.6 เนื้อเมล็ด เป็นส่วนของเซลล์ที่มีผนังบาง และมีมากที่สุดในเมล็ดข้าว ประมาณร้อย 80 ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ซับแอลิวโลส (subaleuroneleyer) และสตาร์ชในเนื้อเยื่อของเมล็ด (starchy endosperm)

ใจทิพย์ วานิชชัง และผดุงศักดิ์ วานิชชัง (2547) รายงานภายหลังจากกระบวนการเก็บเกี่ยวเมล็ดข้าวสิ้นสุดลง ข้าวใหม่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นข้าวเก่าภายในระยะเวลา 3-6 เดือน เนื่องจากบริเวณส่วนที่เรียกว่าเอ็นโดสเปิร์ม หรือเนื้อเมล็ดเกิดการเปลี่ยนและมีความแข็งแกร่งมากขึ้น ทำให้สามารถต้านทานการแตกหักได้สูงขึ้นขณะที่มีการขัดสีส่งผลให้คุณภาพการสีดีขึ้น โดยตลอดระยะเวลา 3-6 เดือนนั้น องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวซึ่งประกอบไปด้วย แป้ง ไขมัน และโปรตีน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงจนทำให้คุณสมบัติต่างๆ ของข้าวเปลี่ยนไปเป็นข้าวเก่า

2.3 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวที่แตกต่างกันเนื่องจากพันธุ์ข้าวสภาวะการปลูก การเก็บเกี่ยวและกระบวนการแปรรูปเป็นข้าวสารซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้าว โดยองค์ประกอบทางเคมีหลักที่มีในข้าวคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหาร เถ้า ซึ่งมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก โดยสตาร์ชประกอบด้วย พอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ แอมิโลส (amylose) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสจับกันด้วยพันธะอัลฟา 1,4 กลูโคซิดิค เป็นเส้นตรง และแอมิโลเพกติน (amylopectin) ซึ่งน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นกิ่งก้านสาขาจับกันด้วยพันธะอัลฟา 1,4 และอัลฟา 1,6กลูโคซิดิค โดยที่แอมิโลสเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพในการหุงต้มมีรายงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูงข้าวหุงสุกจะยิ่งแข็งและการขยายปริมาตรของข้าวหุงสุกก็ยิ่งสูงเช่นกัน (Mestres et al., 2011) โดยแป้งข้าวที่มีความแข็งมากหลังหุงต้มจะมีค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของแป้งสุกน้อย ซึ่งแป้งข้าวที่ มีแอมิโลสสูงจะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกต่ำจากภาพที่ 2.4 และ 2.5 แสดงให้เห็นว่าข้าวที่มีปริมาณแอมิโลส

ในช่วงร้อยละ 2-15 โดยแอมิโลสที่สูงขึ้นมีแนวโน้มการใช้เวลาในการหุงต้มสั้นลง และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่า เนื่องมาจากว่าในระหว่างการหุงต้มแอมิโลสจะแตกออกจากเม็ดแป้งทำให้น้ำหุงต้มมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูง นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสเท่ากันยังสามารถทำให้มีความแตกต่างทางด้านการหุงต้มได้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบของแอมิโลเพกตินซึ่งเป็นส่วนที่มีปริมาณมากที่สุดของสตาร์ชมีความแตกต่างของความยาวของสายกิ่งที่ไม่เหมือนกัน โครงสร้างและลักษณะผนังเซลล์ของ สตาร์ชแต่ละพันธุ์ (Vidal et al., 2007) สำหรับ ระยะเวลาในการหุงต้มนั้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุก หากอุณหภูมิแป้งสุกมีค่าต่ำจะใช้ระยะเวลาในการหุงต้มเร็วกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูง (Juliano, 1985)



ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการหุงต้มต่อปริมาณแอมิโลสในข้าว

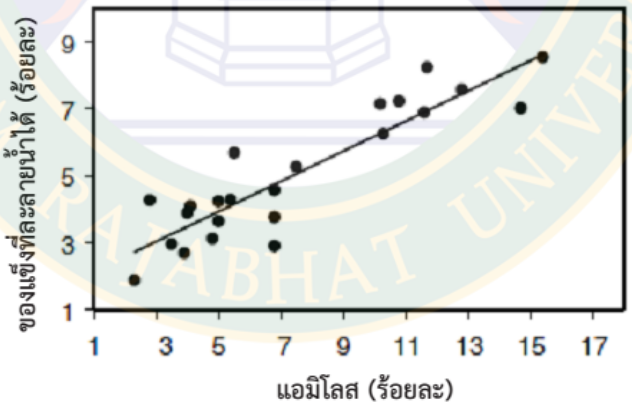
ที่มา : Singh et al., (2005)

ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในระหว่างการหุงต้มต่อปริมาณแอมิโลสในข้าว

ที่มา : Singh et al., (2005)

นอกจากปริมาณของแอมิโลสซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ สำคัญในการหุงต้มแล้วโปรตีนยังเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก โดยส่วนของโปรตีนจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ซึ่งเป็นพันธะที่มีความแข็งแรง ช่วยเพิ่มการยึดเกาะระหว่างโปรตีนและไปแทรกอยู่ระหว่างช่องว่างของเม็ดแป้ง ทำให้เพิ่มความแข็งแรงให้กับเม็ดแป้งในเมล็ดข้าว โดยข้าวที่มีโปรตีนสูงมีผลทำให้ความแข็งของข้าวหุงสุกสูงและความเหนียวของข้าวลดลง (Xie et al, 2008)

2. องค์ประกอบของสตาร์ชภายในเมล็ดข้าว



ภายในเมล็ดข้าวมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญคือแป้งซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูงทั่วไป นิยมเรียกว่า สตาร์ช (starch) สตาร์ช มีสูตรเคมีโดยทั่วไปคือ ($C_6H_{10}O_5$) เป็นพอลิเมอร์กลูโคสซึ่งประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางตอนปลายของสายพอลิเมอร์ มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde group) เรียกว่าปลายรีดิวซิ่ง (reducing

end group) สตาร์ชประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (แอมิโลส) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (แอมิโลเพคติน) ซึ่งสตาร์ชจากแหล่งที่แตกต่างกันจึงทำให้คุณสมบัติของสตาร์ชแต่ละชนิดแตกต่างกัน (กล้าณรงค์ ศรีรอตและเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

1. แอมิโลส

แอมิโลส (amylose) เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบไปด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิดแอลฟา-1,4 (α-1,4) ในส่วนของแอมิโลสนี้จะเป็นส่วนที่มีผลทำให้ข้าวสุกร่วนและแข็งกระด้าง แอมิโลสสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีนและสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ โดยแอมิโลสจะพันเป็นเกลียวล้อมรอบสารประกอบอินทรีย์ โดยแอมิโลสที่รวมตัวกับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงิน ซึ่งใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งชี้ถึงแป้งที่มีองค์ประกอบของแอมิโลส ตำแหน่งของแอมิโลสภายในเม็ดแป้งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ แอมิโลสบางส่วนอยู่ในกลุ่มแอมิโลเพคติน บางส่วนกระจายอยู่ทั้งในส่วนอสัณฐาน (amorphous) และส่วนผลึก (crystal line) ในแป้งสาลีพบแอมิโลส อยู่ในส่วน อสัณฐาน ในแป้งมันฝรั่งพบแอมิโลสอยู่ร่วมกับแอมิโลเพคตินในส่วนผลึก โครงสร้างของแอมิโลส เมื่ออยู่ในสารละลายจะมีหลายรูปแบบ คือ ลักษณะเป็นเกลียวม้วน (helix) ลักษณะเป็นเกลียวที่คลายตัว (interrupted helix) หรือม้วนอย่างไม่เจาะจง (random coil) แอมิโลสอยู่ในลักษณะเป็นเกลียวม้วนหรือเกลียวที่คลายตัว แต่ในตัวทำลายบางชนิด แอมิโลสจะอยู่ในลักษณะม้วนอย่างไม่เจาะจง นอกจากนี้โครงสร้างของแอมิโลสยังขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุลด้วย แอมิโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 6,500-160,000 จะอยู่ในลักษณะเป็นเกลียวคู่ที่แข็ง ส่วนแอมิโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงน้อยกว่า 6,500 หรือมากกว่า 160,000 จะอยู่ในลักษณะเป็นม้วนอย่างไม่เจาะจง และอาจมีบางส่วนละลายน้ำได้

2. แอมิโลเพคติน

แอมิโลเพกติน (amylopectin) เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งที่ประกอบไปด้วยกลูโคสมากกว่า 10,000 หน่วย โดยมีส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α-1,4 และเป็นส่วนที่เป็นกิ่งสาขาของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกขนาด α-1,6 ซึ่งหน่วยกลูโคสที่มีพันธะกลูโคซิดิกชนิด α-1,6 มีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณหน่วยกลูโคสในแอมิโลเพกตินทั้งหมด ในส่วนของแอมิโลเพกตินนี้จะเป็นส่วนที่มีผลทำให้ข้าวสุกเหนียวและติดกันเป็นก้อน ขนาดโมเลกุลของแอมิโลเพกตินในแป้งแต่ละชนิดจะมีค่าประมาณ 2 ล้านหน่วย แอมิโลเพกตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของแอมิโลส คือ ประมาณ 10^7 -10^9 ดาลตัน และมีอัตราในคืน

ตัวที่ต่ำ เนื่องจากแอมิโลเพคตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่ง โดยลักษณะโครงสร้างแบบกิ่งของแอมิโลเพคตินจะประกอบด้วยสายโซ่ทั้งหมด 3 ชนิด คือ สาย A (A-chain) เชื่อมต่อกับสายอื่นที่ตำแหน่งเดียว ไม่มีกิ่งเชื่อมต่อออกจากสายชนิดนี้ สาย B (B-chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่นๆ อยู่ 2 สาย หรือมากกว่าโครงสร้างแอมิโลเพคตินประกอบไปด้วยสาย A และ สาย B มีในอัตราส่วนประมาณ 0.8-0.9 : 1 สาย C (c-chain) เป็นสายแกนซึ่งประกอบด้วยหมู่รีดิวซิง 1 หมู่ในแอมิโลเพคตินแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยสาย C หนึ่งสายเท่านั้น

2.5 คุณภาพของข้าวสาร

ในขั้นตอนการผลิตข้าวนอกจากต้องคำนึงถึงผลิตที่ได้ยังต้องคำนึงถึงคุณภาพของเมล็ดข้าวที่ได้ด้วย ซึ่งคุณสมบัติเมล็ดข้าวนั้น หมายถึง คุณภาพทั่วไปของเมล็ดข้าวทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางเคมีกายภาพ คุณภาพข้าวสารแบ่งออกเป็นคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และทางเคมีกายภาพ โดยแสดงรายละเอียดของแต่ละส่วนไว้ ดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพ

คุณภาพทางกายภาพ เป็นคุณสมบัติภายนอกต่างๆ ที่สามารถมองเห็น ชั่งตวง หรือวัดได้ ประกอบด้วย น้ำหนักเมล็ด (grain weight) สีของเมล็ดข้าวเปลือก (hull color) ขนาดและรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ลักษณะท้องไข่ (chalkiness) ความขาวของเมล็ด (whiteness of milled rice) ความใสขุ่นของเมล็ด (grain translucency) ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังนี้

1.1 น้ำหนักเมล็ด เป็นลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางพันธุกรรม และสามารถแปรปรวนได้ตามสภาพแวดล้อม เช่น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น การประเมินน้ำหนักข้าวสามารถทำได้ 2 วิธี คือ น้ำหนักต่อปริมาตรประเมินโดยการชั่งน้ำหนักข้าวด้วยปริมาตรที่คงที่เป็นกรัมต่อลิตร หรือ กิโลกรัมต่อถัง และน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ดประเมินโดยการชั่งน้ำหนักข้าวด้วยจำนวนเมล็ดที่คงที่ เป็นกรัมต่อ 100 เมล็ด หรือ กรัมต่อ 1000 เมล็ด

1.2 สีของเมล็ดข้าวเปลือก เป็นลักษณะเฉพาะของข้าวแต่พันธุ์ สีของเมล็ดข้าวเปลือก สีของเมล็ดข้าวเปลือกจะมีลักษณะแตกต่างกันตามความอ่อนแก่ เช่น เมล็ดข้าวเมื่อยังอ่อนมีเปลือกสีขาวเมื่อสุกมีเปลือกสีเหลืองทอง หรือเมล็ดข้าวเมื่ออ่อนจะมีสีเปลือกแตกต่างกันแต่แก่เปลือกจะมีเปลี่ยนเป็นสีเดียวกันทั้งหมด สีของเมล็ดข้าวเปลือกที่พบโดยทั่วไปมีทั้งสีขาว สีฟาง สีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม ร่องสีน้ำตาล สีกระน้ำตาล สีน้ำตาลแดง สีม่วงจนถึงสีดำ

1.3 ขนาดและรูปร่างเมล็ด เป็นลักษณะเฉพาะของข้าวในแต่ละพันธุ์ มีลักษณะแตกต่างกันตามพันธุ์และสภาพพื้นที่ปลุก มักใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายข้าวโดยวัดขนาดเป็นความยาว วัดรูปร่างเป็นอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง ซึ่งขนาดและรูปร่างเมล็ดประกอบด้วย ความยาว (length) ความกว้าง (width) ความหนา (thickness)

1.4 ลักษณะท้องไข่ เป็นข้าวที่มีลักษณะเป็นจุดขุ่นขาวคล้ายชอล์ค เกิดขึ้นที่บริเวณของเนื้อเมล็ดบริเวณส่วนที่เป็นแป้ง โดยเกิดจากการจับตัวกันอย่างหลวมๆของเมล็ดแป้งกับโปรตีนมีทั้งหมด 3 ลักษณะ คือ จุดขาวขุ่นตรงกลางของเนื้อเม็ดข้าวสาร (white center) จุดขาวขุ่นด้านข้างหรือด้านท้องของเมล็ด ซึ่งเป็นด้านเดียวกับคัพภะ (white belly) และจุดขาวขุ่นด้านหลังของเมล็ดข้าวสาร ซึ่งเป็นด้านตรงข้าวกับคัพภะ (white back) ข้าวท้องไข่ไม่มีผลต่อคุณภาพในการหุงต้มในการรับประทาน แต่มีผลต่อความต้องการทางด้านการค้าเนื่องจากเมื่อนำข้าวท้องไข่ไปขัดสีจะทำให้มีข้าวหักมากส่งผลให้ได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดน้อย

1.5 ความขาวขาวเมล็ด เป็นลักษณะของข้าวที่ผ่านการขัดสีจนเป็นข้าวสาร ซึ่งจะมีสีเป็นสีขาวเสมอ เพราะเหลือแต่ส่วนของเนื้อเมล็ดที่เป็นเท่านั้น (endosperm) แต่ข้าวสารอาจมีความขาวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี องค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ดข้าว ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือก เป็นต้น

1.6 ความใสขุ่นของเมล็ด เป็นลักษณะของความทึบแสงหรือความโปร่งใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ดเกิดจากพันธุ์ข้าวและสภาพพื้นที่ปลูก ซึ่งแตกต่างกับลักษณะท้องไข่ ลักษณะนี้สามารถสังเกตความแตกต่างได้ในเมล็ดข้าวเจ้า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีเมล็ดใสกว่าที่ปลูกในภาคกลาง

2. คุณภาพทางเคมี

คุณภาพทางเคมี เป็นคุณสมบัติภายในที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังนี้

2.1 คาร์โบไฮเดรต เป็นสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลักพบมากที่สุดในเนื้อของเมล็ดข้าวประกอบด้วยแอมิโลสและแอมิโลเพคตินแอมิโลสประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่จัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์แบบเชิงเส้นและเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมี

คุณสมบัติต่างกัน ส่วนปริมาณแอมิโลเพคติน ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่จัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่ง เป็นส่วนประกอบหลักในแป้งข้าวที่มีผลต่อคุณภาพและเนื้อสัมผัสของข้าวสุก โดยแอมิโลเพคตินที่มีสายยาวจะมีความสามารถในการจับในการจับกับองค์ประกอบอื่นที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวได้มากกว่าแอมิโลเพคตินสายสั้นจึงมีผลต่อการยับยั้งความนุ่มของข้าวสุกกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ แอมิโลเพคตินที่มีสายสั้นจะทำห้าวสุกมีความนุ่มมากกว่าแอมิโลเพคตินที่มีสายยาว

2.2 โปรตีน เป็นสายพอลิเมอร์ของกรดอะมิโนที่สำคัญต่อลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร โดยทั่วไปโปรตีนที่มีอยู่ในข้าวจะเกิดขึ้นตามส่วนต่างๆ ของเมล็ด และมีมากในชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด ปริมาณโปรตีนที่มีจะมีแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ของข้าว โปรตีนในข้าวมีลักษณะโครงสร้างอยู่ทั้งหมด 3 แบบคือ แบบผลึก แบบรูปร่างกลมขนาดเล็กและแบบรูปร่างกลมขนาดใหญ่ เนื่องจากโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อเมล็ดจะแทรกอยู่ระหว่างเมล็ดสตาร์ชทำให้มีผลต่อการเกิดเจลาทิไนซ์ของเม็ดสตาร์ชโดยทำให้การพองเมล็ดสตาร์ชไม่เสียรูปร่างได้ง่าย และทำให้โมเลกุลของแอมิโลสไม่ซึมผ่านออกไปมีผลต่อลักษณะการอ่อนหรือแข็งของเจลเมื่อเย็นลง และส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกที่มีความนุ่ม เหนียว หรือร่วน

2.3 ไขมัน เป็นสารอินทรีย์ที่ทำให้มีกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่ดี ประเภทของไขมันที่พบในข้าวส่วนใหญ่คือ ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) โดยทั่วไปไขมันจะอยู่รูปไขมันอิ่มตัวประมาณร้อยละ 0.3-0.5 พบมากในส่วนของรำ โดยแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ไขมันที่อยู่ภายในเม็ดแป้งประกอบด้วย กรดไขมันอิสระร้อยละ 32 และ lysophosphatidyl choline ร้อยละ 68 ส่วนไขมันที่กระจายอยู่ในเอนโดสเปิร์มประกอบด้วย triglyceridex ร้อยละ 73-82 phospholipids ร้อยละ 7-10 และ glycolipids ร้อยละ 2-8 (สนีย์ เสริมศิริโสภณ, 2546)

3. คุณภาพทางเคมีกายภาพ

คุณภาพทางเคมีกายภาพ เป็นคุณสมบัติทั้งภายในและภายนอกที่มีผลต่อคุณภาพของข้าว ประกอบไปด้วยความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้ง (gelatinization) ความหนืดของน้ำแป้ง (viscosity) อัตราการยืดของเมล็ดข้าวสุก (elongationratio) และค่าการสลายเมล็ดในด่าง (alkali spreading value) ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ส่วน ดังนี้

3.1 ความคงตัวของแป้งสุก เป็นค่าที่ใช้ในการแบ่งประเภทของข้าว ซึ่งข้าวบางสายพันธุ์ที่มีปริมาณแอมิโลสเท่ากัน แต่เมื่อนำไปหุงสุกกลับมีความแข็งของข้าวสุกต่างกัน เนื่องจาก

คุณสมบัติของแป้งสุกจะมีอัตราการคืนตัวที่ไม่เท่ากันทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute; IRRI) จึงได้คิดหาวิธีการทดสอบคุณภาพในการรับประทานของข้าวที่เรียกว่า gel consistency test โดยอาศัยหลักการทำให้แป้งใสด้วยการต้มในสารละลายด่างแล้วทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาวัดระยะทางของแป้งสุกที่ไหลไปได้เมื่อวางบนพื้นราบ จากนั้นทำการแบ่งประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุกดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิลิตร)
แข็งต่ำกว่า	35
ค่อนข้างแข็ง	36-40
ปานกลาง	41-60
อ่อน	มากกว่า 60

ที่มา : (สุนีย์ เสริมศิริโสภณ (2546)

3.2 การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้ง เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่คุณสมบัติของสตาร์ช โดยการนำแป้งข้าวมาผสมกับน้ำและให้ความร้อน ขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นสตาร์ชจะเกิดการพองตัวและอุ้มน้ำเข้าไปเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนไปทำให้พันธะไฮโดรเจนที่เกาะเกี่ยวกันในโครงสร้างโมเลกุลของแอมิโลเพคตินคลายตัวลง สามารถมาจับกับโมเลกุลของน้ำในส่วนผสม หรือ อุ้มน้ำเข้าไปภายในเมล็ดสตาร์ชทำให้พองตัว และหนืดเพิ่มข้นขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันสามารถวัดได้ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC)

3.3 ความหนืดของน้ำแป้ง เป็นปรากฏการณ์ที่แป้งเกิดการพองตัวหลายครั้งจนกระทั่งสารละลายมีความใสเพิ่มมากขึ้น ความเหนียวของน้ำแป้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงจุดสูงสุด จากนั้นทำให้โมเลกุลของแอมิโลสละลายออกมา และแพร่ออกจากเม็ดแป้งที่แตก เมื่อเย็นตัวลงจะเกิดเป็นมวลของแป้งเปียกหรือเจล ความหนืดของแป้งสามารถวัดได้ด้วยเครื่อง Rapid Viscosity Analyzer (RVA) โดยการแสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งเมื่อให้ความร้อนเม็ดแป้งจะเริ่มพองตัว ความหนืดเพิ่มขึ้นและถึงจุดสูงสุดเรียกความหนืดที่จุดสูงสุด

นี้ว่า peak viscosity หลังจากเกิดความหนืดสูงสุดแล้วความหนืดจะเริ่มลดลง เนื่องจากการแตกตัวของเม็ดแป้งทำให้แอมิโลสและแอมิโลเพคตินบางส่วนถูกปล่อยออกมาความหนืดเปลี่ยนแปลงไปสู่ขั้นสลายตัว หรือ break down เมื่อน้ำแป้งเย็นตัวลงความหนืดจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งจากการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) ช่วงที่แป้งเกิดการคืนตัวเรียกว่า setback ซึ่งคำนวณได้จากการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดกับความหนืดต่ำสุด ค่านี้สามารถใช้ในการคาดคะเนความแข็งกระด้างของข้าวสุก อัตราส่วนระหว่างแอมิโลสต่อแอมิโลเพคตินมีผลต่อค่า setback โดยแป้งที่มีปริมาณแอมิโลสสูงจะทำให้ค่า setback สูงขึ้น

3.4 อัตราการยืดของเมล็ดข้าวสุก เป็นการวัดค่าอัตราการยืดเมล็ดข้าวสุก ซึ่งในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวจะมีการขยายตัวออกรอบด้านโดยเฉพาะด้านยาว ดังนั้นการหาระยะการยืดของเมล็ดข้าวสุกจังหาได้จากสัดส่วนของความยาวของข้าวสุกต่อความยาวของข้าวก่อนหุงต้ม พันธุ์ข้าวที่อัตราการยืดของเมล็ดข้าวสุกมากจะทำให้ข้าวสุดมีลักษณะไม่เหนียวติดกันเนื้อภายในโปร่งไม่อัดแน่นและช่วยให้ข้าวนุ่มมากกว่าข้าวพันธุ์ที่มีอัตราการยืดของเมล็ดข้าวสุกน้อย จึงจัดเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อ

3.5 ค่าการสลายเมล็ดในด่าง เป็นการทดสอบการแตกตัวของเมล็ดข้าว โดยการแช่ของเมล็ดในสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 23 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง การประเมินค่าการสลายเมล็ดในด่างแสดงดังตารางที่ 2.2 และความสัมพันธ์ของค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 การประเมินค่าการสลายเมล็ดในด่าง

คะแนน	ลักษณะการสลายของเมล็ด
1	เมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง
2	เมล็ดพองตัว
3	เมล็ดพองตัว มีแป้งกระจายออกจากเมล็ด แต่ไม่โดยรอบหรือแคบ
4	เมล็ดพองตัว มีแป้งกระจายออกจากเมล็ด โดยรอบหรือแคบ
5	เมล็ดแตกปริทางขวางหรือทางยาว แป้งกระจายออกโดยรอบและกว้าง
6	เมล็ดสลายรวมกับแป้งที่กระจายออกมา

7	เมล็ดสลายจนหมด	แป้งใส

ที่มา : สุนีย์ เสริมศิริโสภณ (2546)

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน

ค่าการสลายเมล็ดในด่าง	อุณหภูมิในการเดเจลาติไนเซชัน	องศาเซลเซียส
1-3	สูงมากกว่า	74
4-5	ปานกลาง	70-74
6-7	ต่ำ	น้อยกว่า 69

ที่มา : สุนีย์ เสริมศิริโสภณ (2546)

2.6 คุณลักษณะของข้าวสารใหม่และข้าวสารเก่า

ข้าวเป็นอาหารหลักและเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น การผลิตเส้นขนมจีนและเส้นก๋วยเตี๋ยว ซึ่งการผลิตเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ข้าวเก่าเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี เนื่องจากคุณลักษณะของข้าวใหม่และข้าวเก่านั้นมีความแตกต่างกันชัดเจน ดังนี้

1. คุณลักษณะของข้าวใหม่

    1.1 เมื่อหุงต้มจะมีลักษณะเหนียวหรือแฉะติดกันเป็นก้อน

2. คุณลักษณะของข้าวเก่า

    2.1 เมื่อหุงต้มจะมีลักษณะแข็งร่วนและไม่เหนียวติดกัน

    2.2 มีสมบัติด้านการดูดซับน้ำเพิ่มมากขึ้น

    2.3 มีอัตราการขยายปริมาตรเพิ่มขึ้น

    2.4 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในข้าวสุกลดลง

    2.5 มีค่าความชื้นลดลง

    2.6 มีปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้น

    2.7 มีการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเพิ่มขึ้น

    2.8 มีการเกิดกลิ่นเหม็นหืนในเมล็ดข้าว

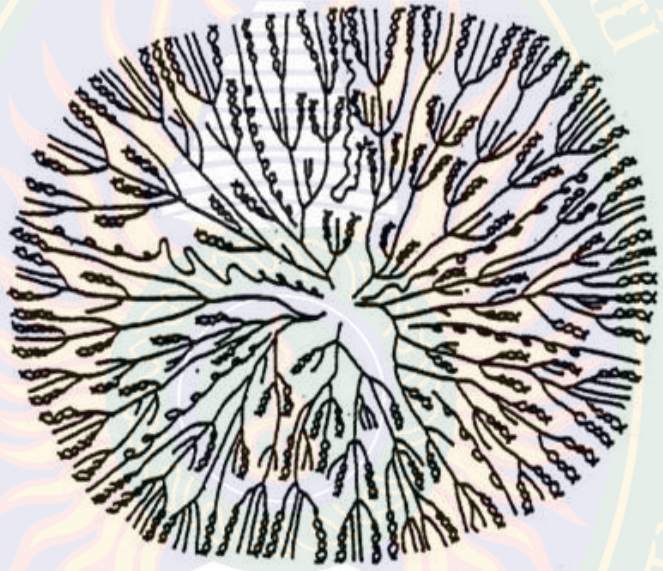
2.9 มีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index) สูง

2.6.1 กลไกในการกลายเป็นข้าวสารเก่า

1. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสตาร์ช

ข้าวมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญคือ สตาร์ช ซึ่งมีอยู่มากถึงร้อยละ 80 ภายในสตาร์ชประกอบด้วยแอมิโลเพคตินเป็นส่วนหลักและแอมิโลสเป็นส่วนรองโดยคิดเป็นสัดส่วนทั้งหมด 100% แต่ปริมาณของแอมิโลสและแอมิโลเพคตินนั้นจะมีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามแหล่งที่ปลูกกับชนิดของพืช ดังนั้นข้าวที่มาจากแหล่งแตกต่างกันจึงมีปริมาณแอมิโลสและแอมิโลเพคตินแตกต่างกันมีผลทำให้ข้าวมีลักษณะในการหุงต้มและการบริโภคต่างกัน

Juliano (1985) รายงานว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเจ้าที่มีปริมาณแอมิโลสแตกต่างกันคือร้อยละ 9-20 20-25 และ 25-33 เมื่อนำมาหุงต้มจะให้ลักษณะข้าวสุกที่เหนียวนุ่ม นุ่มค่อนข้างเหนียว และร่วนแข็ง ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับ พิชยา จิระธรรมกิจกุล (2541) ที่รายงานว่าลักษณะของเนื้อสัมผัสของข้าวเจ้าที่มีปริมาณแอมิโลสแตกต่างคือ ร้อยละ 10-20 20-25 และ 25-34 เมื่อนำมาหุงต้มจะให้ลักษณะข้าวสุกที่นุ่มค่อนข้างเหนียว ค่อนข้างนุ่มแต่ไม่เหนียว และร่วนแข็ง ตามลำดับ ซึ่งพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะดังกล่าวนี้ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ข้าวพันธุ์กข 7 และข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ตามลำดับ ขณะที่ปราณี วราสวัสดิ์ (2549) รายงานว่าโมเลกุลของแอมิโลสและแอมิโลเพคตินจะอัดกันอยู่แน่นภายในเมล็ดสตาร์ช ดังแสดงในภาพ 2.6 โดยส่วนของแอมิโลเพคตินจะรวมตัวกันอยู่ในลักษณะที่เป็น crystalline และแอมิโลสจะรวมตัวกันอยู่ในลักษณะที่เป็น amorphous ในส่วนของแอมิโลสนั้นจะสามารถรวมตัวกับโมเลกุลของไขมันและกลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนเกิดเป็นโครงสร้างผลึกอย่างอ่อนได้ ซึ่งมีผลช่วยเสริมความแข็งแรงให้แก่เม็ดสตาร์ชทำให้สตาร์ชพองตัวได้ช้า ความสามารถในการพองตัว การละลาย และการจับตัวกับน้ำลดลง ส่งผลให้ข้าวสุกมีลักษณะแข็งและร่วนขึ้น



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของแอมิโลสและแอมิโลเพคตินภายในเมล็ดสตาร์ช **ที่มา :** อรอนงค์ นัยวิกุล (2550)

2. การเกิดเจลาติไนเซชัน

กล้าณรงค์ ศรีรอดและเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2550) กล่าวว่าโมเลกุลของแป้งประกอบไปด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากที่ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดนเจน เมื่อได้รับความร้อนพันธะไฮโดนเจนจะคลายตัวลง ทำให้การจับตัวกันของโมเลกุลภายในเม็ดแป้งไม่แน่นเหมือนเดิม น้ำจึงสามารถซึมผ่านเข้าไปได้ง่าย มีผลทำให้เม็ดแป้งดูดน้ำและพองตัวมากขึ้น เมื่อนำมาหุงต้มค่าการดูดซับน้ำก็เพิ่มขึ้นซึ่งเรียกปรากฏการณ์ที่เม็ดได้รับความร้อนและเกิดการพองตัวอย่างรวดเร็วแบบผันกลับไม่ได้นี้ว่า การเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization)

3. การเกิดรีโทรเกรเดชัน

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไปจะทำให้เม็ดแป้งมีการพองตัวเพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของแอมิโลสกระจายตัวออกจากเม็ดแป้ง ทำให้ค่าความหนืดลดลงเมื่อปล่อยให้เย็นตัวลงโมเลกุลของแอมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่เกิดเป็นร่างแห 3 มิติ ขึ้น ซึ่งโครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่สามารถดูดน้ำเข้ามาได้อีก ทั้งยังทำให้แป้งมีความหนืดคงตัวมากขึ้นเกิดลักษณะเป็นเจลเหนียวคลายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการนี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) หรือการคืนตัว

2.6.2 เทคโนโลยีการทำข้าวเปลือกใหม่ให้เป็นข้าวเก่า

เทคโนโลยีของการทำข้าวเปลือกใหม่ให้กลายเป็นข้าวเก่านั้นเป็นเทคโนโลยีที่มีการค้นคว้าและวิจัยกันอย่างแพร่หลาย เช่น การอบแห้งด้วยลมร้อน การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน และการทำเป็นข้าวนึ่ง ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละวิธี ดังนี้

1. การอบแห้งด้วยลมร้อน เป็นเทคนิคที่ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน ส่วนมากนิยมนำมาใช้ในกระบวนการณ์ลดความชื้นซึ่งมีหลักการทำงานคือ ใช้หลักการถ่ายเทความร้อนจากอากาศร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกด้วยการระเหย โดยของเหลวที่อยู่ภายในวัสดุจะเคลื่อนที่ออกมายังผิววัสดุ ซึ่งช่วงแรกของการอบแห้งจะเป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ การถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างวัสดุกับอากาศจะเกิดขึ้นรอบๆผิววัสดุเท่านั้น ความร้อนกับอากาศร้อนจะถ่ายเทไปยังผิววัสดุโดยการนำความร้อนผ่านชั้นฟิล์มของก๊าซไปยังผิวของวัสดุและเมื่อผิวของวัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมาก การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารจะเกิดขึ้นภายในมวลวัสดุด้วยโดยน้ำภายในวัสดุจะเคลื่อนที่มายังผิววัสดุในรูปของเหลวและไอน้ำแล้วระเหยเมื่อได้รับความร้อนจากอากาศ การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในวัสดุมายังผิวจะช้ากว่าการพาความชื้นจากผิวไปยังอากาศ ทำให้เกิดเป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง และที่อุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์อากาศคงที่ความชื้นของวัสดุจะลดต่ำลงจนถึงจุดหนึ่งซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงที่จุดนี้ความดันไอน้ำของน้ำวัสดุจะมีค่าเท่ากับความดันไอของอากาศที่อยู่รอบๆ และอุณหภูมิของวัสดุที่เท่ากับอุณหภูมิของอากาศรอบๆ ทำให้น้ำไม่สามารถระเหยออกจากวัสดุ ซึ่งพชรวรรณ เทียนสวัสดิ์ และคณะ (2550) ศึกษาเทคโนโลยีการปรับข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่าโดยใช้การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 100 นาที ทำให้ข้าวมีสมบัติทางเคมีเปลี่ยนแปลงไปโดยทำให้ข้าวมีค่าการขยายปริมาตรและปริมาตรแอมิโลสเพิ่มขึ้นเหมือนกับข้าวเก่า

2. การอบด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน เป็นเทคนิคที่เหมาะสำหรับวัสดุอบแห้งที่มีขนานเล็กและมีน้ำหนักเบาซึ่งมีหลักการทำงานคือ ใช้ลมร้อนเป่าให้วัสดุแขวนลอยอยู่ภายในอากาศ หรือกล่าวได้ว่าเทคนิคฟลูอิไดเซชันนี้เป็นกระบวนการที่ทำให้ของแข็งสัมผัสกับของไหลแล้วของแข็งเหล่านี้มีคุณสมบัติคล้ายของเหลว โดยของแข็งเหล่านี้เริ่มต้นจะถูกวางไว้บนตะแกรงในห้องอบแห้ง จากนั้นของไหลจะไหลผ่านชั้นของของแข็งและไหลออกด้านบนของห้องอบแห้งด้วยความเร็วระดับหนึ่ง เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นของแข็งก็จะเกิดการขยับและลอยตัวขึ้นไปอย่างเป็นอิสระไม่เกาะติดกัน ซึ่งการอบแห้งด้วยเทคนิคเช่นนี้จะทำให้วัสดุแห้งได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งดลฤดี ใจฤทธิ์ และคณะ (2550) ศึกษาการเร่งข้าวเก่าหอมมะลิด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ โดยการนำข้าวหอมมะลิที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 28.2-33.3 มากเก็บในถังปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วอากาศ 2.6 เมตรต่อวินาที และนำไปเก็บในที่อับอากาศเป็นเวลานาน 0.5 1 และ 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเป่าด้วยอากาศแวดล้อมจนมีความชื้นเป็นร้อยละ 16 พบว่าระยะเวลาเมื่อการเก็บในที่อับอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านการหุงต้มของข้าว โดยข้าวจะมีค่าการดูดซับน้ำและค่าการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเพิ่มขึ้น เนื่องจากการอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงส่งผลทำให้การจับตัวกันภายในของเม็ดแป้งคลายตัวลง ดังนั้นเมื่อนำมาหุงต้มจะทำให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปได้ง่าย ส่งผลให้ค่าการดูดซับน้ำเพิ่มมากขึ้น และยังส่งผลให้การคืนตัวของเมล็ดข้าวกล้องสุกเพิ่มมากขึ้น

3. การทำข้าวนึ่ง เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวแปรรูปชนิดหนึ่งหมายถึง ค่าที่ผ่านการทำให้สุกด้วยกระบวนการให้ความร้อนชื้น โดยการนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำ และทำให้น้ำซึมเข้าสู่เมล็ดจนอิ่มตัว แล้วจึงแยกน้ำออกจากข้าวเปลือก จากนั้นทำการนึ่งข้าวเปลือกด้วยไอน้ำเพื่อให้เนื้อในเมล็ดสุกบางส่วน และนำข้าวเปลือกไปนึ่งให้แห้งจนมีความชื้นใกล้เคียงกับข้าวเปลือกธรรมดาประมาณร้อยละ 16 และเก็บรักษาหรือพักข้าวอย่างน้อย 7 วัน ก่อนนำไปผ่านกระบวนการณ์สีข้าวเหมือนข้าวเปลือกธรรมดาเพื่อทำให้ได้ข้าวเปลือกเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเฉลิมพร เอี่ยมมิ (2546) ศึกษาการรวมกระบวนการผลิตของการนึ่งและการอบแห้งข้าวนึ่งสำหรับข้าวหอม ด้วยการนำข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นก่อนแช่ 15.7% มาตรฐานแห้ง แช่ในน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0.5-3 ชั่วโมง แล้วระบายน้ำออก จากนั้นนำมาอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิไดซ์เบดมีไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นตัวกลางที่อุณหภูมิอบแห้ง 150 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0.5-7 นาที ความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งเท่ากับ 3.0 เมตรต่อวินาที และความสูงของเบด 10 เซนติเมตร พบว่าการแช่และการอบแห้งทำให้

ปริมาณต้นข้าวเพิ่มมากขึ้นเมื่อข้าวผ่านกระบวนการขัดสี และเมื่อทำการหุงต้มข้าวจะให้ข้าวสุกที่มีลักษณะแข็งและร่วนขึ้น และเวลาในการอบแห้งที่มากขึ้นส่งผลให้ข้าว peak viscosity มีค่าลดลง ขณะที่ค่า pasting temperature มีค่าสูงขึ้น และสรุปขั้นตอนในการทำข้าวนึ่ง ดังนี้

3.1 การแช่ข้าวเปลือก มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ข้าวเปลือกนั้นมีความชื้นที่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 ซึ่งจะทำให้สตาร์ชในเมล็ดข้าวเกิดเจลาติไนซ์ในขณะนึ่ง การแช่ข้าวเปลือกจะทำให้น้ำที่แช่ซึมผ่านผิวเปลือกแข็งเข้าสู่เนื้อในเมล็ด โดยเข้าแทนที่รูอากาศภายในเมล็ดสตาร์ชดูดซึมน้ำโดยสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างแอมิโลสและแอมิโลเพคตินของสตาร์ชและเกิดการพองตัวขึ้น ซึ่งหากแช่น้ำที่อุณหภูมิต่ำเมล็ดสตาร์ชจะสามารถดูดซึมน้ำและพองตัวได้เพียงระดับหนึ่ง แต่หากแช่น้ำที่อุณหภูมิสูงเมล็ดสตาร์ชจะสามารถดูดซึมน้ำและพองตัวได้ดี เนื่องจากอากาศในช่องว่างของข้าวเปลือกถูกแทนที่ด้วยน้ำ โดยเมื่อน้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอากาศจะกระจายตัวและออกจากช่องว่าง จากนั้นน้ำก็จะเข้าไปแทนที่อากาศในช่องว่างเป็นผลให้น้ำซึมเข้าไปได้

3.2 การนึ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สตาร์ชในข้าวเปลือกเกิดการเจลาติไนซ์ด้วยไอน้ำร้อน ความร้อนที่ใช้ในการนึ่งอาจใช้การพ่นไอน้ำร้อนลงบนข้าว หรืออาจใช้การนึ่งในหม้อนึ่งอัตโนมัติ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของข้าวนึ่งคือ อุณหภูมิ ปริมาณที่ดูดซึมเข้าไป และระยะเวลาในการนึ่ง การควบคุมเวลาและอุณหภูมิให้ความสัมพันธ์กันกับการเกิดเจลาติไนซ์ของสตาร์ชนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยเวลาในการให้ความร้อนจะต้องนานพอที่จะทำให้สตาร์ชนั้นเกิดเจลาติไนซ์ได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนอุณหภูมิที่ใช้จะส่งผลต่อลักษณะของสีและปริมาณผลผลิตหลังการขัดสี ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงสีของข้าวนึ่งจะเข้มแต่ถ้าอุณหภูมิต่ำสีของข้าวนึ่งจะอ่อน นอกจากนี้การนึ่งยังช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตหลังการขัดสีเนื่องจากเนื้อสัมผัสของเนื้อเมล็ดมีลักษณะคล้ายแป้งเปียก (pasty) ซึ่งเป็นผลจากการที่สตาร์ชเกิดเจลาติไนซ์ทำให้ข้าวความแน่นมากขึ้นกว่าเดิมเมื่อนำไปขัดสีปริมาณข้าวแตกหักจึงลดลง

3.3 การทำแห้ง มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความชื้นให้เหมาะสมต่อการเก็บรักษาข้าวเปลือกธรรมดา เนื่องจากข้าวอาจเกิดการแตกร้าวได้ง่าย การทำแห้งแงออกได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ทำการลดความชื้นของข้าวจากร้อยละ 45-50 จนเหลือร้อยละ 16 และพักข้าวไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงเริ่มขั้นที่ 2 คือ ลดความชื้นจนเหลือร้อยละ 14 ซึ่งสาเหตุของการทำแห้งอย่างช้า ๆ ในช่วงแรกนั้นก็เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงโดยให้มีการแตกร้าวในช่วงใกล้สิ้นสุดของการทำแห้ง (final state) น้อยที่สุด ซึ่งการแตกร้าวในช่วงใกล้สิ้นสุดของการทำแห้งนี้จะส่งผลให้เปลือกหุ้มเปราะและแตกง่าย ดังนั้นถ้าความชื้นของข้าวลดลงต่ำกว่าร้อยละ 16 ข้าวจะมีสภาพแข็ง (hardening

state) และทำให้เมล็ดข้าวหักขณะที่ทำการขัดสีข้าว ดังนั้นเพื่อการป้องกันการแตกร้าวของเมล็ดข้าว การทำแห้งในขั้นที่ 1 จึงต้องหยุดเมื่อความชื้นของข้าวถึงร้อยละ 16 จากนั้นจึงจะใช้อุณหภูมิที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวและเวลาเข้าช่วยทำให้แห้งต่อไป

2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเร่งความเก่าของข้าว

ความเก่าของเมล็ดข้าวเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งถึงการเก็บรักษา ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเร่งความเก่าของข้าว คือ อุณหภูมิ ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก ระยะเวลาในการเก็บรักษา และการเก็บรักษาข้าวเปลือกในสภาวะอับอากาศหลังการอบแห้ง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้คุณสมบัติของสตาร์ช (Starch) ในเมล็ดข้าวเปลี่ยนแปลงไป และส่งผลต่อคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ตลอดจนการยอมรับของผู้บริโภค

1. อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษา

เมล็ดข้าวสามารถเร่งให้กลายเป็นข้าวเก่าได้โดยเพิ่มความร้อนข้าวสารให้สูงถึง 110องศาเซลเซียสในภาชนะปิดสนิทโดยไม่ให้ความชื้นสูญหายไป พัสกร เจียตระกูล และคณะ (2546) พบว่าการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ10 15 และ 28 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน โดยไม่มีการควบคุมความชื้นของอากาศขาเข้า พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำของข้าวกล้องและข้าวสาร โดยข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิสูงจะดูดน้ำได้มากกว่าข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นความสามารถในการดูดน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าความแข็งของข้าวสุกจะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาด้วย โดยข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิสูงจะมีความแข็งมากกว่าข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Meullenet et al. (2000) พบว่าข้าวจะมีความเหนียวสูงสุดเมื่อเก็บรักษานาน 5 เดือน หลังจากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าความเหนียวจึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ระยะเวลา และความชื้นของข้าวเปลือกในการเก็บรักษา

Inprasit and Noomhom (2001) ศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวหอมมะลิโดยใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่าค่าการดูดซับน้ำ อัตราส่วนความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกลดลง แต่ความแข็งของข้าวสุกเพิ่มขึ้น การใช้อุณหภูมิสูงอบแห้งข้าวเปลือกแล้วเก็บไว้ในสภาวะอับอากาศ จะทำให้เม็ดแป้งที่อยู่ภายในเมล็ดข้าวบางส่วนสุกเป็นเจล ส่งผลให้คุณภาพข้าวสุกมีคุณสมบัติคล้ายข้าวเก่าหรือข้าวนึ่ง นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่ออัตราการขยายตัว

ของข้าวสุก โดย Majorie (2002) พบว่าการเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ Putri ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จะทำให้ข้าวสุกมีความยาวเท่ากับ 8.1 แต่ถ้าเร่งความเก่าของข้าวที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เมล็ดข้าวสุกจะมีความยาวเท่ากับ 4.9 เท่านั้น

Faruq et al. (2003) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเก่าของข้าวสาร ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บรักษา และพันธุ์ข้าว โดยสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ Puri (Q 50) และ Mahsuri คือ 110 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง และ 100องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง ตามลำดับ

2. ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก

ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกมีผลต่อคุณภาพของข้าวเก่าหลังจากผ่านกระบวนการเร่งความเก่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณผลผลิตต้นข้าว อดิเทพ ทวีรัตนพาณิชย์ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ สมบูรณ์ เวชกามา งามชื่น คงเสรี และสุนันทา วงศ์ปิยชน (1999) ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกที่ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกที่แตกต่างกันด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันที่อุณหภูมิ 140 และ 150องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่าปริมาณข้าวเต็มเมล็ดจะสูงที่สุดเมื่อข้าวเปลือกมีปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 19-22 % (มาตรฐานเปียก) ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ด คือ ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือก และการเก็บรักษาข้าวเปลือกในสภาวะอับอากาศ

นอกจากนี้ Kunze and Calderwood (2004) ยังพบว่าข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงจะมีความยืดหยุ่นและมีความต้านทานต่อการเกิดเกรเดียนท์ของความชื้นได้มากกว่าข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำ ดังนั้นการอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงจะทำให้ได้ปริมาณผลผลิตต้นข้าวสูงกว่าการอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำ เนื่องจากมีการเกิดเกรเดียนท์ของความชื้นภายในเมล็ดข้าวต่ำกว่านั่นเอง

3. การเก็บข้าวในสภาวะอับอากาศ

การเก็บข้าวในสภาวะอับอากาศ เป็นกระบวนการต่อเนื่องหลังจากการอบแห้งข้าวเปลือก ทำได้โดยนำเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบแห้งมาเก็บไว้ในสภาวะอับอากาศเพื่อลดการเกิดเกรเดียนท์ของความชื้นภายในเมล็ดข้าว โดยทำให้สตาร์ชข้าวเปลี่ยนจากสภาวะของแข็งไปเป็นของเหลว ซึ่งอุณหภูมิของอากาศร้อนและระยะเวลาที่ใช้สำหรับการเก็บในสภาวะอับอากาศเป็นตัวแปรสำคัญที่

มีผลต่อการเกิดรอยร้าวและผลผลิตต้นข้าว เพราะถ้าใช้ระยะเวลาในการเก็บนานเกินไปจะทำให้คุณภาพการสีของเมล็ดข้าวลดลง

2.7 แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้าที่ทำจากเมล็ดข้าวเจ้า มีเนื้อสีขาว เนื้อละเอียดจับดูแล้วสากมือเล็กน้อย ถูกน้ำแล้วจะแข็งตัว เมื่อทำให้สุกจะมีสีขาวขุ่นและมีกลิ่นหอม ถ้าทิ้งให้เย็นจะอยู่ตัวเป็นก้อน ร่วน ไม่เหนียว จึงเหมาะที่ใช้ในการประกอบอาหารที่ต้องการความอยู่ตัว ร่วน ไม่เหนียวหนืด เช่น ใช้ทำขนมกล้วย ขนมขี้หนู เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นขนมจีน เป็นต้น

2.7.1 ชนิดของแป้งข้าวเจ้า มีอยู่ 3 ชนิด

1) แป้งเก่า เป็นแป้งที่ทำจากข้าวค้างปี มีคุณสมบัติที่ดูดน้ำได้ดี เหมาะที่จะทำขนมที่ใช้น้ำเป็นส่วนผสม เช่น ขนมน้ำดอกไม้ ขนมทราย เป็นต้น

2) แป้งใหม่ เป็นแป้งที่ทำจากข้าวใหม่ แป้งชนิดนี้จะดูดน้ำได้น้อย เพราะจะมีความชื้นในตัว เหมาะที่จะทำขนมได้หลายประเภท

3) แป้งสด เป็นแป้งที่โม่ทับน้ำ เหมาะที่ทำขนม จะดูดซับน้ำมาก ถ้าแป้งสดจะทำให้ขนมนั้นไม่แห้ง เช่น ครองแครงกะทิ

2.7.2 คุณสมบัติของแป้งข้าว

แป้งข้าวเจ้าเมื่อทำให้สุกโดยวิธีกวน เมื่อเย็นแล้วจะแข็ง วิธีการทำให้แห้ง คือใส่น้ำมันพืชลงไปนิดหน่อยในส่วนผสมของแป้งแล้วจึงกวน แป้งข้าวเจ้าสามารถจัดตามปริมาณแอมิโลสได้เป็นข้าวเจ้าแอมิโลสต่ำกว่าร้อยละ 12-27 ข้าวเจ้าแอมิโลสปานกลางร้อยละ20-25 และข้าวแอมิโลสสูงมีมากกว่าร้อยล่ะ 27 ถึงแม้จะเป็นข้าวพันธุ์เดียวกัน ความแตกต่างของปริมาณแอมิโลสอาจอยู่ในช่วงร้อยละ 4-5 1ตามแหล่งที่ปลูก ข้าวไทยมีปริมาณแอมิโลสตั้งแต่ต่ำจนถึงสูงอัตราส่วนขององค์ประกอบแอมิโลสและแอมิโลเพกตินแตกต่างตามชนิดของพันธุ์ข้าว

แป้งข้าวเจ้ามีลักษระเป็นเกล็ดเล็กๆ เหลี่ยมบ้างกลมบ้าง ซึ่งองค์ประกอบของเมล็ดข้าวประกอบไปด้วยส่วนประกอบย่อย 2 ส่วน คืออแอมิโลสและแอมิโลเพกติน แอมิโลสคือโมเลกุลที่ประกอบขึ้นจากกหน่วยกลูโคสที่มีโครงสร้างแบเส้นตรง ในขณะที่แอมิโลเพคตินและกอบด้วยหน่วยกลูโคสเช่นกัน แต่มีโครงสร้างแบบแยกเป็นกิ่งก้าน ได้ระบุถึงคุณสมบัติของแป้งไว้ดังนี้

1) แป้งกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น เนื่องจากเป็นผงละเอียดเมื่อนำผสมกับน้ำเย็นจะไม่ละลาย แต่จะกระจายตัวในน้ำเย็นทำให้นำขุ่น ซึ่งจะใช้ในการเตรียมแป้งเพื่อผสมในอาหารที่เป็นของเหลวร้อนไม่ให้แป้งเกาะกันเป็นก้อน การที่แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นยังเป็นผลดีต่อกระบวนการผลิตคือให้ได้แป้งที่สะอาดบริสุทธิ์

2) แป้งช่วยป้องกันความชื้นไม่ให้สัมผัสอาหาร โดยใช้แป้งนวดในการทำบะหมี่ ขนมปัง ใช้เคลือบผิวอาหารในการทำหมากฝรั่ง ลูกกวาดต่างๆ ใช้เป็นตัวป้องกันอาหารจับเป็นก้อนทำให้อาหารเก็บได้นาน เช่น การใช้แป้งข้าวโพดผสมในน้ำตาลปน (icing sugar) ป้องกันน้ำตาลจับเป็นก้อน

3) แป้งช่วยให้อาหารมีความเข้มข้น หนืด หรือเหนียว การใช้แป้งข้าวโพด แป้งสาลีทำให้น้ำของอาหารมีความเข้ม ไม่คืนตัวง่าย เช่น เต้าส่วน ราดหน้า เป็นต้น

4) แป้งช่วยให้อาหารมีเนื้อนุ่มหรือเหนียว ขึ้นอยู่กับชนิดของงแป้ง ส่วนผสมและวิธีการประกอบอาหารมีดังนี้

อาหารที่มีลักษณะนุ่มร่วน จะใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี เช่น ขนมผักกาด ขนมถ้วย ตะไล นอกขากนี้การใช้นำมันผสมในแป้งคลุกเคล้าให้เข้ากันจะได้อาหารลักษณะนุ่มร่วน เช่น ขนมกลีบลำดวน

อาหารที่มีลักษณะเหนียว เช่น ขนมชั้น กะละแม ขนมเหนียว หรือใช้แป้งข้าวเจ้าแทนได้ แต่ต้องพยายามนวดหรือกวนนานๆ เพื่อให้เม็ดข้าวแตกตัวมากที่สุด

5) แป้งช่วยให้อาหารมีลักษณะอยู่ตัว เมื่อนำแป้งไปผสมกับน้ำแล้วผ่านความร้อนจะได้อาหารที่อยู่ตัวมีลักษณะเหนียว เช่น ก๋วยเตี๋ยว วุ้นเส้น จะได้อาหารลักษณะกรอบแข็ง เช่น ขนมกรอบเค็ม ปาท่องโก๋ เป็นต้น

2.6.3 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้า

การบดหรือการโม่แป้งข้าวเจ้าในประเทศไทยแบ่งออกเป็นกรรมวิธีได้ 3 วิธี ดังนี้

1) วิธีการโม่น้ำ เริ่มจากการนำปลายข้าวมาแยกสิ่งสกปรก ล้างน้ำ กวน เพื่อแยกสิ่งเจือปน แชข้าว เพื่อให้ข้าวดูดซับน้ำ เมล็ดข้าวอ่อนตัวลง ใช้เวลา 3-4 ชั่วโมง สะเด็ดน้ำ นำข้าวเข้าเครื่องโมพร่อมกับน้ำ ควบคุมอัตราการเติมน้ำเพื่อให้ได้แป้งละเอียดตามต้องการ กรองแยก น้ำออก ลดความชื้นโดยใช้แสงแดดหรือใช้เครื่องกรองระบบ filter plate ได้แป้งหมาด เข้าเครื่องตี ให้ก้อนแป้งมีขนาดเล็กลงเพื่อให้ความชื้นระเหยออกง่าย ในโรงงานอุตสาหกรรมทำการลดความชื้นโดยเครื่อง

เป่าลมร้อนอุณหภูมิสูงซึ่งประหยัดเวลาและแป้งมีคุณภาพดีขึ้น การใช้อุณหภูมิ สูงทำให้ผิวนอกของก้อนแป้งสุกบางส่วนสุก คุณภาพของแป้งต่างจากแป้งดิบ เมื่อลดความชื้นของแป้งลงถึงระดับที่ต้องการ (ประมาณ 9–10%) จึงนำแป้งแหไปโมให้เป็นผงและร่อนให้มีความละเอียดตามต้องการ แป้งที่ผ่านการผลิตโมน้ำเป็นแป้งที่มีคุณภาพดีมีสิ่งเจือปนน้อย

2) วิธีการโมแห้ง มีการแยกสิ่งเจือปน โดยวิธีการร่อนแยกสิ่งที่มีน้ำหนักเบา กว่าข้าวออก เนื่องจากขนาดของปลายข้าวค่อนข้างเล็ก ยังคงมีสิ่งเจือปนเหลืออยู่ แป้งที่ได จึงมีความสะอาดต่ำ เม็ดข้าวที่แกร่งทำให้แตกละเอียดยาก แป้งที่ไดจากการโมแห้งมักเป็นแปหยาบ ถ้าหากมีไขแมลงติดมากับเมล็ดข้าวจะสามารถพัฒนาเป็นหนอนเมื่อเก็บไวชวงระยะเวลาไมนานอีกทั้งไขมันในเมล็ดข้าวเกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจน (oxidation reaction) ทำให้เกิดกลิ่นหืนง่าย

3) วิธีผสม เริ่มจากการล้างน้ำ แชข้าว อบที่ระดับอุณหภูมิสูง เพื่อทำเป็นข้าวสุกและลดความชื้นลงจนมีระดับความชื้นต่ำ (9–10%) จากนั้นจึงนำข้าวสุกมาตีให้แตกเป็นก้อน โม ร่อนแป้งให้มีความละเอียดตามต้องการ แป้งที่ได จะมีความละเอียดน้อยกว่าแป้งชนิดโมน้ำ เพราะเมล็ดข้าวสุกแห้ง มีความแข็งมาก แต่การนึ่งข้าวที่ความร้อนสูงจะช่วยทำลายน้ำย่อยที่จะย่อยไขมัน (Lipase) ให้เป็นกรดไขมันอิสระและเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืนได แป้งที่ไดจึงเป็นแปง คุณภาพสูง นิยมใช้ในการผลิตแป้งข้าวเหนียวสำหรับทำขนมโก

2.8 คุณสมบัติของแป้งข้าว

โครงสร้างภายในเมล็ดแป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น เรียกว่า แอมิโลสเป็นพอลิเมอร์ที่เป็นเส้นตรงประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วยกลูโคส เชื่อมต่อด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage และมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย 106 ดาลตัล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแป้งแต่ละชนิด และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง เรียกว่า แอมิโลเพคตินเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสที่ประกอบด้วยกิ่งก้านจำนวนมาก มีโมเลกุลของกลูโคสมากกว่า 10,000 หน่วยกลูโคส ประกอบด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage ร้อยละ 95-96 และพันธะ α-1,6-glucosidic linkage ร้อยละ 4-5 มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 107-108 ดาลตัล (Whistler and Bemiller, 1999) ซึ่งปริมาณของแอมิโลสและแอมิโลเพคตินที่แตกต่างกันทำให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน

1) การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) คือ ปรากฏการณ์ที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย เนื่องจากเม็ดแป้งมีโครงสร้างเป็น semi-crystalline มี การสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลของแป้ง แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายลง ทำให้เม็ดแป้งสามารถดูดน้ำและพองตัวเพิ่มขึ้น ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่อิสระที่อยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลงเม็ดแป้งจะเคลื่อนไหวได้มากขึ้น และสูญเสียลักษณะรอยกากบาท (birefringence) ทำให้เกิดความหนืด อุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ หรืออุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) ซึ่งแตกต่างกันไปในเม็ดแป้งแต่ละชนิดโดยที่แป้งข้าวเจ้าจะมีอุณหภูมิเริ่มการเจลาติไนซ์ที่ 68-78 องศาเซลเซียส

2) คุณสมบัติการพองตัว แป้งข้าวเจ้าจะมีกำลังการพองตัวจำกัดถึงแม้จะให้ความร้อนในสารละลายน้ำแป้งที่อุณหภูมิสูง โดยแป้งข้าวเจ้ามีกำลังการพองตัวประมาณร้อยละ 19 Rani and Bhattacharya (1995) ได้ศึกษาคุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้าซึ่งมีขนาด 3-9 ไมโครเมตร พบว่า เม็ดแป้งข้าวในสารละลายแป้งจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิขึ้น เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในช่วงอุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด จนกระทั้งอุณหภูมิสูง 95 องสาเซลเซียส เม็ดแป้งจะแตกออก โดยกำลังการพองตัวของแป้งจะแสดงเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

3) คุณสมบัติการละลาย แป้งดิบจะไม่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ เนื่องจากพันธะไฮโดรเจน ซึ่งเกิดจากพันธะไฮดดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ๆกัน เมื่ออุณหภูมิของน้ำแป้งเพิ่มสูงกว่าอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์ พันธะไฮโดรเจนภายในเม็ดแป้งจะถูกทำลาย

โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับหมู่ไฮดรอกซิลที่อิสระ เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวทำให้การละลายเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายจะแสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายได้

4) การเกิดรีโทรเกรชัน (retrogradation) เมื่อแป้งได้รับความร้อนจะเกิดเจลาติไนเซชัน ซึ่งเมื่อให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออกโมเลกุลของสายแอมิโลสสั้น กระจายหลุดออกมา ทำให้ความหนืดลดลงเมื่อปล่อยให้เย็นตัวโมเลกุลของแอมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจักเรียงตัวใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล และเกดเป็นร่างแหสามมิติโครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำ และไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเป็นเจลเหนียว คล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชั่น หรือการคืนตัว (setbake) นอกจากนี้การเกิดเกรเดชันของแป้งจะทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำออกมานอกเจล ซึ่งเรียกว่า synreesisทำให้เจลที่ได้มีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543) ซึ่งจะสัมพันธ์กับคุณสมบัติของการเกิด freeze-thaw stability ของแป้งที่เกิดรีโทรเกรชันสูงจะมีค่า freeze-thaw stability ต่ำ ในขณะเดียวกันแป้งที่เกดรีโทรเกรเดชันต่ำจะมีค่า freeze-thaw stability สูง ดังนั้นการวัดค่า freeze-thaw stability จึงสามารถใช้ประเมินการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งได้) ซึ่งแป้งข้าวจะมีการเกิดรีโทรเกรเดชันอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง

การเกิดรีโทรเกรเดชันหรือการคืนตัวของแป้งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง อุณหภูมิ ความเข้มข้นของแป้ง กระบวนการให้ความร้อนและความเย็น ระยะเวลาการเก็บรักษาความเป็นกรด-เบสของสารละลาย ปริมาณและขนาดของแอมิโลสแอมิโลเพคติน และสารประกอบอื่นๆ โดยเฉพาะไขมันและความเข้มข้นของส่วนผสมอื่นๆ เช่น สารลดแรงตึงผิว และเกลือ เป็นต้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543) ปริมาณและขนาดของแอมิโลสจะมีความสำคัญมากต่อการคืนตัวของแป้ง แป้งที่มีปริมาณแอมิโลสสูงจะเกิดการคืนตัวได้เร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณแอมิโลเพคตินสูง ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Fan and Marks, 1998) โดย Nishita and Bene (1979) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของขนมปังที่ผลิตได้จากแป้งข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูงแอมิโลสต่ำ พบว่า แป้งข้าวที่ผลิตจากแป้งข้าวมีปริมาณแอมิโลสสูง ซึ่งมี่อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์สูง จะเกิดการคืนตัวได้มาก ให้ลักษณะขนมปังที่มีเนื้อในแห้ง ส่วนแป้งข้าวที่ผลิตจากแป้งข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ จะมีคุณสมบัติตรงข้ามกัน ซึ่งมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ต่ำ และเกิดการคืนตัวได้น้อย ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ได้จะอ่อนนุ่ม สำหรับขนาดโมเลกุลของแอมิโลส พบว่า ถ้าแป้งมีขนาดของโมเลกุลแอมิโลสใหญ่หรือเล็กเกินไป ทำให้การคืนตัวได้ช้าลง แอมิโลสที่มีขนาดโมเลกุลที่

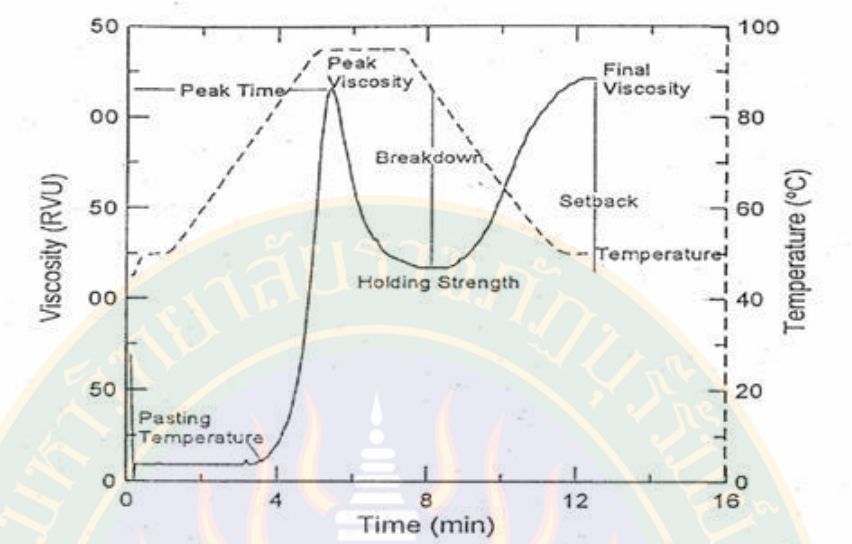
พอเหมาะที่ degree of polymerization เท่ากับ 100-200 จะเกิดการคืนตัวได้เร็วและให้เจลที่เหนียวมาก ซึ่งแป้งแต่ละชนิดจะมีการคืนตัวแตกต่างกัน แป้งที่มีแอมิโลเพคตินสูงจะมีผลต่อการคืนตัวน้อยลง (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543) ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของแอมิโลเพกตินมีลักษณะเป็นกิ่งก้านสาขา ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนได้ยาก (Whisthler and Bemiller, 1999)

การเกิดรีโทรเกรเดชันส่วนใหญ่เป็นผลเนื่องจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาเจลของแป้งที่ประกอบด้วยปริมาณน้ำร้อยละ 45-50 ที่อุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่า glass transition temperature (T_g ≈ -50 °C) การเกิดรีโทรเกรเดชันจสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการเก็บที่อุณหภูมิห้อง การเก็บที่อุณหภูมิแช่แข็งที่ต่ำกว่า T_g จะเป็นการยับยั้งการเกิด recrystallization เกือบทั้งหมด อุณหภูมิที่สูงขึ้น (>32-40 °C) จะทำให้การเกิดรีโทรเกรเดชันลดลง การเกิดรีโทรเกรเดชันเป็นกระบวนการเกิดผลึกขึ้นใหม่ที่ไม่สมดุล (no-equilibrium recrystallization process) ซึ่งผลึกที่เกิดขึ้นใหม่จะมีขนาดและรูปร่างไม่สม่ำเสมอ ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่แข็ง โดยกระบวนการเกิดผลึกจะเกิดขึ้นได้ 2 ขั้นตอน คือ การเกิดผลึกหรือนิวคลีเอชัน โดยการเกิดนิวเคลียไอขนาดเล็ก เป็นจุดศูนย์การของผลึกและการเจริญเจริญเติบโตของผลึก ซึ่งเกิดหลังจากจำนวนนิวคลีไอมากพอ ตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิการเก็บต่ำ 4-5 องศาเซลเซียส การเกิดผลึกจะสมบูรณ์น้อยกว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาสูง ระยะเวลาการเก็บนานขึ้นการเกิดรีโทรเกรเดชันสูงขึ้น ที่อุณหภูมิระหว่าง T_g และ T_m ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้เกิดนิวเคลียสและการเติบโตของผลึกเกิดขึ้นปานกลาง

ปริมาณน้ำในเจลของแป้งจะมีผลต่อการเกิดรีโทรเกรเดชัน และการเกิดผลึก ซึ่งจะเกิดขึ้นในเจลของแป้งที่มีปริมาณแป้งอยู่ระหว่างร้อยละ 10-80 และจะเกิดผลึกได้สูงในเจลที่ประกอบด้วยแป้งร้อยละ 50-55 การเกิดรีโทรเกรเดชันจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำระหว่างการเก็บ แต่ไม่ขึ้นกับปริมาณน้ำระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชัน การเกิดเจลาติไนเซชันของเจลแป้งทำให้แป้งมีลักษณะเป็น amorphous อย่างสมบูรณ์ และน้ำกระจายอย่างสม่ำเสมอ กระบวนการเกิด recrystallization ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิที่เก็บและ T_g ของ amorphous gslเนื่องจากการเคลื่อนที่ของสายโซ่ของแป้งข้าวตัววัดอัตราการจับตัวกันของโมเลกุล ดังนั้น น้ำจึงเป็น plasticizer ซึ่งจะควบคุม T_g ของ amorphous gel เมื่อปริมาณน้ำน้อย T_g จะสูงกว่าอุณหภูมิห้องและทำให้ amorphous gel มีความหนืดสูงมีผลทำให้ไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของโมเลกุล การเกิด recrystallization จะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงร้อยละ 45-50 ทำให้

โมเลกุลเคลื่อนที่ได้มากและในที่สุด T_g จะลดลงจนต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง การเกิด recrystallization จะลดลงเมื่อปริมาณน้ำสูงถึงร้อยละ 90 เนื่องเป็นการเจือจางองค์ประกอบที่ทำให้เกิดผลึกใน amorphous matrix ตัวถูกละลาย เช่น น้ำตาล จะมีผลกระทบต่อการเกิดรีโทรเกรเดชันของเจลแป้ง โดยไปลดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเมื่อเทียบกับน้ำ ซึ่งเป็น plasticizer ด้วยการเพิ่ม T_g ทำให้อัตราการเติบโตของผลึกลดลงและลดการเกิดรีโทรเกรเดชัน

5) พฤติกรรมทางความหนืดเป็นดัชนีที่มีความไวต่อการจำแนกประเภทของแป้ง การติดตามพฤติกรรมทางความหนืดของแป้งนิยมใช้เครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว (Rapid Viscoanalyser, RVA) และบาร์เบนเดอร์อะไมโลกราฟ (Brabenderamylograph) เครื่อง RVA ใช้ปริมาณตัวอย่างและระยะเวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่า แต่ทั้งสองเครื่องมือมีพารามิเตอร์หลักที่ใช้แสดงพฤติกรรมทางความหนืดเหมือนกัน ดังตัวอย่างที่ได้จาก RVA เมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อนและกวนตลอดเวลาจนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวขึ้นทำให้ความหนืด เพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้ เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเพราะเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้น และจะมีเม็ดแป้งบางส่วนที่แตกสลายอยู่เรื่อยๆ เมื่อใดก็ตามที่ส่วนแตกสลายมีมากกว่าส่วนที่พองตัวเพิ่มขึ้นความหนืดจะ ลดลง จุดที่น้ำแป้งมีความหนืดสูงสุดเรียกว่า peak viscosity ถ้าเม็ดแป้งไม่คงตัว และแตกมากความหนืดจะลดลงจนถึงระดับความหนืดต่ำสุดเรียกว่า trough viscosity ค่าผลต่างระหว่าง peak viscosity และ trough viscosity เรียกว่า breakdown จากนั้นเมื่อสิ้นสุดการหุงต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จะเข้าสู่ช่วงการทำให้เย็นโดยลดอุณหภูมิลงไปเป็น 50 องศาเซลเซียส ความหนืดจะสูงขึ้น (finial viscosity) เนื่องจากมีการคืนตัว ของโมเลกุลอิสระของแอมิโลสหรือแอมิโลแพกตินที่แตกสลายไปแล้ว จะกลับมาจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนใหม่ ค่าการคืนตัว (setback) จึงเป็นปริมาณความหนืดจากความหนืดต่ำสุดไปถึงความหนืดสูงสุดขณะเย็น



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA

ที่มา : Singh et al. (2006)

2.9 ผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าว

ข้าวนอกจากรับประทานเป็นข้าวหุงสุกแล้วยังใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อการแปรรูป (food processing) เพื่อการถนอมอาหารและเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แป้งข้าว ข้าวกระป๋อง ข้าวนึ่ง ขนมจีน เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ กวยจั๊บหรือที่ทำขนมหวานเช่น ลอดช่อง ขนมน้ำดอกไม้ ขนมชั้น ครองแครง และนำมาหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentaion) เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น สาเก (sake) สาโท อุ เป็นต้น ซึ่งมีหลักการแปรรูปคล้ายคลึงกัน จะแตกต่างกันในบางขั้นตอน และลักษะของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้ วัตถุดิบที่ใช้มักจะเป็นข้าวหัก แต่ละผลิตภัณฑ์ซึ่งในลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส กลิ่น และรสชาติจะแตกต่างกันไป (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

2.9.1 เส้นก๋วยเตี๋ยว (สิริลักษณ์, 2554)

1) ความหมายของเส้นก๋วยเตี๋ยว

เส้นก๋วยเตี๋ยว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าที่นำมาโม่ หรือแป้งข้าวเจ้า ซึ่งอาจมีแป้งชนิดอื่นผสมอยู่ด้วยก็ได้ ทำให้เป็นแผ่นบาง นึ่งให้สุก ตัดเป็นเส้น มีความหนาสม่ำเสมอไม่เกิน 0.7 มิลลิเมตร มีสีขาวนวล ไม่มีกลิ่นหืน นิ่มและเหนียว ไม่เกาะติดกัน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533)

2) ชนิดของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว

วิภา สุโรจนเมธากุล (2541) ได้จำแนกก๋วยเตี๋ยวตามลักษณะของเส้นได้ 4 ชนิด

2.1) ก๋วยเตี๋ยวสด เป็นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการนำแผ่นก๋วยเตี๋ยวมาตัดเป็นเส้นโดยไม่ผ่านการทำแห้ง อาจเป็นเส้นเล็กขนาด 0.4-0.5 เซนติเมตร หรือเส้นใหญ่ขนาด 1.5-2.5 เซนติเมตร โดยมีความชื้นประมาณร้อยละ 62-64 เป็นก๋วยเตี๋ยวที่เก็บได้ไม่นาน ต้องรับประทานภายใน 1-2 วัน

2.2) ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กกึ่งแห้ง เป็นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการผึ่งลมมาบ้างแล้ว เพื่อลดความชื้นก๋วยเตี๋ยวชนิดนี้มีความชื้นประมาณร้อยละ 37 เก็บได้ 1-2 วันเท่านั้น

2.3) ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง เป็นก๋วยเตี๋ยวที่มีการตัดเป็นเส้น และทำให้แห้งจนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานในสภาวะที่เหมาะสม

2.4) แผ่นกวยจั๊บ เป็นก๋วยเตี๋ยวที่นึ่งให้สุกเพียงครึ่งเดียวของความหนา และตัดให้มีขนาด 3.0-3.5 เซนติเมตร มักเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยมีความชื้นประมาณร้อยละ 12 เมื่อนำมาต้มสุกจะม้วนเป็นหลอด

ภาพที่ 2.8 เส้นก๋วยเตี๋ยว

ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/เส้นก๋วยเตี๋ยว

3) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

3.1) ข้าวท่อน/ปลายข้าว

ข้าวที่ใช้ผลิตก๋วยเตี๋ยวมีผลต่อคุณภาพเส้นก๋วยเตี๋ยวมาก โดยปกติแล้วข้าวที่ใช้ควรเป็นข้าวเจ้าที่มีปริมาณแอมิโลสสูงร้อยละ 27-33 (ณรงค์ นิยมวิทยา, 2538) เป็นข้าวเก่าที่เก็บไวแล้วอย่างน้อย 4 เดือน เพื่อดูดน้ำได้มากขึ้นซึ่งเป็นไปอย่างช้าๆ และต้องผ่านการขัดสีสูงเป็นข้าวขาวพิเศษ จะให้ก๋วยเตี๋ยวที่มีคุณภาพดี เช่น ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว ขาว-500 กข 1 และกข 3 โดยปกติข้าวที่นำมาผลิตเป็นแป้งข้าวเจ้าแล้วมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 10-14

3.2) น้ำ

น้ำที่ใช้ในการผลิตควรเป็นน้ำสะอาดเหมาะสำหรับบริโภค ปราศจากสารแขวนลอย มีความกระด้างต่ำ มีคลอรีน 0.2-0.5 ppm มีความเป็นกรด-เบสระหว่าง 5-7 มีเกลือแคลเซียม หรือแมกนีเซียมเหมาะสม ซึ่งจะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความเหนียวสูงที่สุด ถ้ามีเหล็ก หรือสารแขวนลอยอยู่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำ (ณรงค์ นิยมวิทยา, 2538)

3.3) สารเคมีที่ใช้ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

3.3.1) ฟอสเฟต

หมู่ฟอสเฟตจะเข้าแทนที่ไฮดรอกซิลของคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ด้วยปฏิกิริยาฟอสฟอรีเลชัน ทำให้สตาร์ชมีคุณสมบัติพองตัวง่าย มีความหนืดสูง ใสมากขึ้น มีความคงตัว และคงทนต่อการคืนตัวได้ดี มีเนื้อสัมผัสเหนียว ยืดเกาะได้ดี และมีอุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนซ์ต่ำลง ผลของการเติมฟอสเฟตทำให้ความหนืดของแป้งข้าวเจ้าลดลง เนื่องจากเกิดแรงผลักระหว่างหมู่ฟอสเฟตเอสเทอร์ ซึ่งมีผลต่อพันธะไฮโดรเจน (อรพรรณ กัลปนายุทธ, 2547)

3.3.2) โซเดียมคลอไรด์

ผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีผลต่อข้าวเจ้าที่มีปริมาณแอมิโลสสูง โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2 และ 5 เมื่อเติมเกลือลงไปในสตาร์ชจะมีผลต่อการเกิดรีโทรเกรเดชัน เนื่องจากเกลือที่เติมลงไปจะไปแข่งขันกับโมเลกุลของสตาร์ชในการจับตัวกับโมเลกุลน้ำ นอกจากนี้อิออนของเกลือยังเกิดพันธะไอออนิกกับโมเลกุลของสตาร์ชกับน้ำ ทำให้โมเลกุลของสตาร์ชเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ยากขึ้น

4) กรรมวิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

4.1) การทำความสะอาด ล้าง และแช่ข้าว

เนื่องจากข้าวที่ใช้เป็นข้าวเก่า อาจมีสิ่งปนเปื้อนมาก ในอุตสาหกรรมการผลิตก๋วยเตี๋ยวจึงมักทำความสะอาดขั้นต้นโดยแยกเศษกระสอบ ฝุ่น ผง หิน แมลง และดอกหญ้าออกไปก่อน แล้วจึงนำข้าวมาล้างน้ำเพื่อแยกส่วนของรำละเอียด และฝุ่นที่ไม่สามารถแยกได้ในขั้นตอนแรกออก ขณะล้างข้าวอาจมีการขัดข้าวโดยใช้ใบกวน โดยทั่วไปจะล้างข้าวประมาณ 2-3 ครั้ง การล้างข้าวขึ้นกับคุณภาพของปลายข้าว ถ้าข้าวมีสีคล้ำมากอาจใช้สารเคมีจำพวกเมตาไบซัลไฟต์ประมาณร้อยละ 0.1 ผสมในน้ำล้างข้าวจะช่วยให้สีข้าวขาวขึ้นและยังเป็นการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจติดมากับข้าวกับน้ำด้วย

ในขั้นตอนการล้างควรใช้อัตราส่วนของข้าว : น้ำ ให้เหมาะสมโดยให้น้ำท่วมข้าวเพียงเล็กน้อยหรือประมาณ 1:2.5 ส่วน คนข้าวบ้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างแต่ไม่ควรคนตลอดเวลาเพราะจะทำให้เมล็ดข้าวแตกออกมากับน้ำมาก ดังนั้นในการล้างแต่ละครั้งจึงควรทำอย่างรวดเร็ว ซึ่งเมื่อล้างข้าวเสร็จแล้วควรแช่ข้าวไว้อีกประมาณ 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้ข้าวดูดน้ำเข้าไปในเมล็ด เป็นการเพิ่มความชื้นให้เมล็ดข้าวนิ่ม โม่ง่ายและเม็ดแป้งแตกได้ง่ายขึ้นเมื่อทำการโม่

4.2) การโม่ข้าว

การโม่ข้าวเป็นการทำให้เม็ดแป้งและองค์ประกอบอื่นๆ หลุดออกและแตกออกจากกันและยังมีผลทำให้เซลล์ที่หุ้มเม็ดแป้งแตกออกด้วย โดยปริมาณเม็ดแป้งที่แตกขึ้นกับวิธีการโม่ ในระบบอุตสาหกรรมการผลิตก๋วยเตี๋ยวจะใช้วิธีการโม่เปียกโดยใช้โม่หิน ซึ่งการโม่วิธีนี้จะทำให้เม็ดแป้งถูกบดได้ละเอียดและแตกตัวได้มาก ขณะบดข้าวต้องเติมน้ำลงไปเพื่อลดอุณหภูมิขณะโม่ไม่ให้สูงเกินไปและแป้งที่ได้จะมีคุณภาพดีไม่บูดง่าย แต่ปริมาน้ำที่เติมต้องเหมาะสม โดยทั่วไปจะมีสัดส่วนข้าว : น้ำประมาณ 2:1 ไม่ควรใช้น้ำมากเพราะข้าวจะผ่านหน้าโม่ออกไปเร็ว โดยฟันโม่จะกระทบกัน แป้งที่ได้จะหยาบและเสียเวลาในการนำกลับมาโม่ใหม่ แต่ถ้าใช้น้ำน้อยเกินไปข้าวจะติดอยู่ในเครื่องโม่มาก หน้าโม่จะไม่บดกันต้องใช้แรงมากในการโม่และโม่ได้ช้าลง น้ำแป้งที่ผ่านเครื่องโม่จะไหลผ่านตระแกรงร่อนที่มีรูเปิดขนาด 40-60 mesh เพื่อกรองและแยกอนุภาคแป้งที่ไม่ละเอียดหรือสิ่งปนเปื้อนที่ผสมกับน้ำแป้งออกไป น้ำแป้งที่ได้ (ร้อยละ 90 ของปริมาณน้ำแป้งมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 66.30 μm) จะตั้งทิ้งไว้ 1-3 ชั่วโมง โดยแป้งที่จะนำมาทำเส้นใหญ่จะใช้เวลาแช่นานกว่าแป้งที่จะนำมาทำเส้นเล็ก เนื่องจากเส้นใหญ่ต้องการความนุ่มนวลมากกว่าเส้นเล็ก ขณะแช่น้ำแป้งจะต้องคนแป้งเป็นระยะเพื่อไม่ให้แป้งตกตะกอนและยังช่วยให้แป้งดูดน้ำได้ดี น้ำแป้งจะข้นหนืดเนื่องจากน้ำอิสระถูกดูดเข้าไปในโมเลกุลของเม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งพองตัวและแตกง่ายเมื่อนำไปนึ่ง ขั้นตอนการโม่ให้เป็นแป้ง ทำให้ 3 วิธีคือ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

การโม่แห้ง เป็นการนำข้าวหักที่ผ่านระบบการทำความสะอาดในระบบแห้ง ด้วยเครื่องแยกชนิดต่างๆแล้วเข้าสู่เครื่องโม่ หรือบดแห้ง ได้เป็นแป้งผง จากนั้นร่อนผ่านเครื่องร่อนให้มีขนาดสม่ำเสมอ (180 μm) เนื่องจากวัตถุดิบเป็นปลายข้าวที่เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวสาร ดังนั้นจึงมักมีสิ่งเจือปนอยู่มาก แป้งที่ได้จึงมีความสะอาดต่ำ เมล็ดข้าวยังมีความแกร่งอยู่มากทำให้ยากลำบากที่จะทำให้แตกละเอียด แป้งที่ได้จากการโม่แห้งจึงมักเป็นแป้งหยาบ นอกจากนี้ไข่แมลงที่ติดมากับเมล็ดข้าวยังสามารถพัฒนาเป็นหนอนเมื่อเก็บไว้ช่วงระยะเวลาไม่นาน อีกทั้งไขมันที่เหลือในเมล็ดข้าวเกิดปฏิกิริยาออกเดชัน (oxidation reaction) ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนง่าย ในประเทศไทยจึงไม่นิยมใช้แป้งข้าวชนิดโม่แห้ง แต่ในต่างประเทศบางประเทศมีรายงานการใช้แป้งชนิดนี้ทำขนมปัง เค้ก และขนมอบกรอบ (งามชื่น คงเสรี, 2541)

การโม่เปียก หรือโม่น้ำเป็นวิธีการที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นข้าวหักซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว โดยยังมีสิ่งเจอปนมากต้องทำความสะอาดด้วยเครื่องแยกชนิดต่างๆ และต้องล้างด้วย

น้ำให้สะอาดหลายๆครั้งจนน้ำใส หลังจากนั้นจึงแช่ข้าวต่อไป เพื่อให้ข้าวดูดซับน้ำ และเมล็ดข้าวอ่อนตัวลงทั้งนี้อาจใช้เวลา 3-4 ชั่วโมง แล้วจึงระบายน้ำออกให้ข้าวสะเด็ดน้ำ หลังจากนั้นจึงนำข้าวเข้าเครื่องโม่หินแบบจานซึ่งใช้ไฟฟ้าในการทำงานของเครื่อง โม่ข้าวหักพร้อมกับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม ทำให้ได้น้ำแป้งที่ละเอียดสม่ำเสมอ ต่อจากนั้นจึงแยกน้ำออกจากแป้ง ได้ก้อนแป้งที่แห้งมีความชื้นประมาณร้อยละ 40 ทำการตีป่นก้อนแป้งให้เป็นผงก่อน จึงผ่านเข้าเครื่องอบแป้งให้แห้ง ในสมัยก่อนการลดความชื้นมักใช้แสงแดดซึ่งต้องใช้เวลานาน และมักมีกลิ่นเปรี้ยวที่เกิดจากปฏิกิริยาการหมัก ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมนิยมเป่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิสูง ซึ่งประหยัดเวลา และทำให้แป้งมีคุณภาพดีขึ้น แต่การใช้อุณหภูมิสูงทำให้ผิวนอกของก้อนแป้งบางส่วนสุก และคุณภาพของแป้งต่างจากวิธีการเดิมซึ่งเป็นแป้งดิบ เมื่อลดความชื้นของแป้งลงถึงระดับที่ต้องการ (ประมาณร้อยละ 9-10) จึงนำแป้งแห้งนี้ไปโม่อีกครั้งให้เป็นผง และร่อนให้มีขนาดสม่ำเสมอ และมีความละเอียดตามต้องการ โดยทั่วไปประมาณ 180 μm มีความชื้นไม่เกิน 13% เนื่องจากเทคโนโลยีการผลิตแป้งโดยวิธีโม่เปียกนี้มีการพัฒนาต่อเนื่องมาช้านาน แป้งที่ผ่านการผลิตแบบโม่เปียกจึงเป็นแป้งที่มีคุณภาพดี และมีสิ่งเจือปนน้อย

การโม่แบบผสมมีขั้นตอนการโม่คล้ายคลึงกับวิธีการโม่เปียกในช่วงล้างข้าวหัก และแช่ข้าวหักจนนิ่มต่อจากนั้นนำข้าวหักขึ้นจากน้ำแช่ให้สะเด็ดน้ำ แล้วผ่านไปยังเครื่องอบให้ข้าวแห้งระดับหนึ่ง (ประมาณร้อยละ 15-17) จึงนำข้าวหักเข้าบด หรือโม่แบบแห้งตามวิธีการโม่แห้งจนได้แป้งแห้งผ่านเข้าเครื่องร่อน แป้งที่ได้จากการโม่แบบผสมมีความละเอียดน้อยกว่าชนิดโม่เปียก ในปัจจุบันนิยมใช้ในการผลิตแป้งข้าวเหนียวสำหรับทำขนมโก๋

4.3) การปรับความเข้มข้นของน้ำแป้ง

ส่วนผสมของน้ำแป้งที่โม่ได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเหนียวของเส้นก๋วยเตี๋ยวปริมาณน้ำที่ใช้ต้องพิจารณาจากชนิดและลักษณะของข้าว เช่น ความเก่าของข้าว และปริมาณแอมิโลส โดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นของน้ำแป้งในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นสด ควรมีปริมาณของแข็งร้อยละ 38-40 โดยน้ำหนักแห้ง สำหรับการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นแห้งความเข้มข้นของน้ำแป้งจะสูงกว่าเส้นสด น้ำแป้งจะมีความหนืดและแรงตึงผิวที่เหมาะสม ทำให้น้ำแป้งติดกับลูกกลิ้งด้วยความหนาที่พอดี ขณะป้อนน้ำแป้งลงบนสายพาน เพื่อเข้าสู่อุโมงค์นึ่ง

4.4) การนึ่ง

ทำได้ 2 แบบ คือ แบบพื้นบ้านดั้งเดิมคล้ายการทำข้าวเกรียบปากหม้อ โดยการใช้ผ้าขาวบางขึงบนกระทะที่ต้มน้ำจนเดือด แล้วตักน้ำแป้งเทบนผ้าขาวบาง ละเลงให้มีความหนาพอเหมาะ นึ่งประมาณ 1 นาที ใช้ไม้แซะ ยกแผ่นก๋วยเตี๋ยวสุกมาพาดบนที่ตากทำด้วยไม้ไผ่สาน นำไปตากแดดประมาณ 4-5 ชั่วโมง โดยวิธีนี้นิยมทำเป็นอุตสาหกรรมครัวเรือน เช่น การทำเส้นหมี่โคราช เส้นจันทร์ หรือก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสด หรือแห้ง

4.5) การผึ่งลมหรืออบแห้ง

เมื่อแผ่นแป้งสุกเคลื่อนออกจากอุโมงค์ไอน้ำ และเคลื่อนสู่สายพานซึ่งมีลักษณะเป็นซี่ตะแกรง ต้องผึ่งลมโดยใช้พัดลมเป่าให้แผ่นก๋วยเตี๋ยวเย็นตัวลง เพื่อให้เจลมีความแข็งแรง และเหนียวมากขึ้น เกาะยึดเป็นแผ่นได้ดี ไม่ติดกัน จากนั้นนำมาวางเรียงซ้อนกัน และบ่มไว้ประมาณ 6-12 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นกระจายออกจนเท่ากันทั้งแผ่น การทำให้เย็นตัวควรเป็นไปอย่างช้าๆ เพื่อช่วยให้แผ่นก๋วยเตี๋ยวมีความชื้นเข้าสู่สมดุลได้เป็นอย่างดี แผ่นก๋วยเตี๋ยวจะมีความหนืดเหนียวและใส ซึ่งเป็นผลเนื่องจากเกิดการคืนตัวของสตาร์ชในแป้งข้าว ถ้านำแผ่นก๋วยเตี๋ยวไปตัดเป็นเส้น ได้ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 60-64 และมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity, A_w) เท่ากับ 0.96-0.98 (วิภา สุโรจนเมธากุล, 2541)

4.6) การตัดเส้น

นำแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่บ่มแล้วไปเข้าเครื่องตัดเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยความกว้างของเส้นขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ สำหรับก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีขนาด 0.4-0.5 เซนติเมตร ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่มีขนาด 1.5-2.5 เซนติเมตร

4.7) การอบหรือตากแดดจนแห้ง

นำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ตัดแล้วม้วนตามขนาดที่บรรจุ ตากบนแผงไม้ไผ่ประมาณ 1 วัน ระวังให้เส้นแห้งสม่ำเสมอ และทั่วถึงทั้งข้างนอกและข้างใน หรือนำเข้าตู้อบให้มีความชื้นเหลือเพียงร้อยละ 10-12

4.8) การบรรจุหีบห่อ

ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นสูง อายุการเก็บจึงสั้นมากภาชนะบรรจุที่ใช้ต้องสามารถเก็บรักษาความชื้นในเส้นให้มากที่สุด เพราะถ้าความชื้นลดลงทำให้คุณภาพเปลี่ยนไป ในท้องตลาดปัจจุบันใช้ใบตองห่อ และทับด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์อีกชั้นหนึ่ง หรือใช้ถุงพลาสติกใส สำหรับก๋วยเตี๋ยวแห้งก่อนเก็บเส้นเล็กแห้งลงภาชนะบรรจุ ควร

ให้เส้นแห้งเย็นสนิทก่อนอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อกันการเกิดเหงื่อในถุงหลังปิดผนึก เพราะถ้ามีไอในถุงจะทำให้เก็บรักษาเส้นแห้งไว้ได้ไม่นาน และอาจเกิดกลิ่นหรือเชื้อราบนเส้น ถุงพลาสติกที่ใช้ควรเป็นชนิดที่ยอมให้อากาศผ่านเข้าออกได้บ้าง เช่น ถุงโพลิเอทิลีน (PE) และโพลิโพรพิลีน (PP) แล้วควรบรรจุถุงลงกล่องกระดาษแข็งอีกชั้นหนึ่ง เพื่อกันการแตกหักของเส้นก๋วยเตี๋ยว

5) คุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว

1) คุณภาพทางฟิสิกส์

คุณภาพทางฟิสิกส์ของเส้นก๋วยเตี๋ยวตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม (2533) กำหนด คือ ต้องมีขนาดเส้นใกล้เคียงกัน มีความสม่ำเสมอ สีขาวนวลสม่ำเสมอ และมีกลิ่นรสตามธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นหืน หรือกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่น ปกติสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีความแตกต่างกันขึ้นกับคุณภาพข้าวที่ใช้ในการผลิต โดยข้าวที่มีโปรตีนสูงทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีคล้ำ ในขณะที่ข้าวที่มีโปรตีนต่ำจะมีสีขาวนวล สีเหลืองคล้ำนี้เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาลให้สารประกอบสีน้ำตาล ซึ่งสีเหลืองจะเกิดมากขึ้นถ้าใช้น้ำที่มีคุณสมบัติเป็นเบส การขัดขาวมีผลต่อสีของก๋วยเตี๋ยวมาก ข้าวที่ผ่านการขัดขาวทำให้โปรตีนถูกกำจัดออกไปมาก ส่งผลให้ก๋วยเตี๋ยวมีสีขาวขึ้น (ณรงค์ นิยมวิทยา, 2538)

2) คุณภาพทางเคมี

ก๋วยเตี๋ยวอบแห้งโดยทั่วไปมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับข้าวที่ใช้ผลิต คือ มีโปรตีนร้อยละ 7.14 ไขมันร้อยละ 0.89 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 91.12 และใยอาหารร้อยละ 0.35 โดยมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 มีอะฟลาทอกซินไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และอนุญาตให้ใช้วัตถุเจือปนอาหาร ได้แก่ โซเดียม หรือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ หรือ โซเดียม หรือโพแทสเซียมไฮโดรเจนซัลไฟต์ หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่เหมาะสม แต่ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลือในก๋วยเตี๋ยวต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533)

2.9.2 ขนมไทย

การแบ่งประเภทของขนมไทย สามารถแบ่งได้ดังนี้

1) การแบ่งขนมไทยตามกรรมวิธีการผลิต สามารถแบ่งได้เป็น 9 ประเภท คือ ขนมกวน ได้แก่ ขนมเปียกปูน ตะโก้ ลืมกลืน กะละแม มะพร้าวแก้ว และผลไม่รวมชนิดต่างๆ ขนมเชื่อมสด ได้แก่ กล้วยเชื่อม มันสำปะหลังเชื่อม สาเกเชื่อม ทองหยิบ และทองหยอด ขนมเชื่อมแห้ง ได้แก่ ฟักกรอบ และมะยมเชื่อมกรอบ ขนมจี่ ได้แก่ ขนมแป้งจี่ (การจี่จะคลายกับการทอด แต่ใช้ความร้อนและไขมันน้อยกว่า) ขนมผิง ได้แก่ ขนมหม้อแกง ขนมบ้าบิ่น ขนมฝรั่งและขนมผิง (การผิงเป็นการอบขนมแบบไทยๆ โดยใช้ล่างจากเตาและไฟบนจะมีฝาคลอบขนมใส่ถ่านอยู่ด้านบน) ขนมนึ่ง ได้แก่ ขนมปุยฝ้ายและขนมถ้วยฟู ขนมน้ำแข็ง ได้แก่ ลอดช่อง ซาหริ่ม และทับทิมกรอบ และขนมน้ำ ได้แก่ บัวลอย กล้วยบวชชี ขนมปลากริมไข่เต่า และถั่วเขียวต้มน้ำตาล (มณเฑียร ศุภลักษณ์, 2541)

2) การแบ่งขนมไทยตามลักษณะทั่วๆ ไป สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ ขนมที่เหลวเป็นน้ำ แก่ ขนมครองแครง ขนมไข่เต่า ขนมปลากริม ขนมบัวลอย ขนมลอดช่อง ขนมซาหริ่ม ขนมที่เป็นน้ำกะทิและลอยกะทิต่างๆ ขนมประเภทแห้งกรอบ ได้แก่ ขนมผิง ขนมฝรั่ง ขนมโอชารส ขนมสัมปันนี ขนมฝอยทอง ขนมพระเยาเสวย ขนมทองเอก ขนมทองม้วน ขนมดินสอพอง ขนมกระจัง ขนมหน้านวน ขนมโปร่ง และขนมหูหีบ ขนมประเภทเปียก ได้แก่ ขนมครก ขนมด้วง ขนมนกกระจอก ขนมต้มแดง ขนมเหนียว ขนมพันตอง ขนมใส่ไส้ ขนมซ่อนลูก และขนมประเภทกึ่งแห้งกึ่งเปียก ได้แก่ ขนมชั้น ขนมเปียกปูน ขนมหม้อแกง ขนมกรวย ขนมถ้วย และขนมน้ำดอกไม้

ขนมน้ำดอกไม้

ขนมน้ำดอกไม้ เป็นขนมน้ำดอกไม่ประเภทกึ่งเปียกกึ่งแห้งประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า และน้ำตาลเป็นหลัก ลักษณะที่ดีของขนมน้ำดอกไม้คือมีลักษณะบุ๋มโค้งลึกเป็นวงกลมตรงกลาง สีอ่อนสวย เป็นมันเงา เนื้อเนียน นุ่มนวล รสหวานเล็กน้อย มีลักษณะหนึบก้นไม่เป็นไต และมีความหอมของดอกไม้ ซึ่งกลิ่นที่ใช้เป็นกลิ่นของดอกมะลิ ลักษณะบุ๋มตรงกลางที่เกิดขึ้นในขนมน้ำดอกไม้ถือว่าเป็นลักษณะพิเศษ เป็นเอกลักษณ์ของขนมน้ำดอกไม้ รอยบุ๋มตรงกลางขนม ถ้ามีวงกว้างถือเป็นลักษณะที่ดี หรือเรียกว่า ขนมชักหน้า (อรวสุ นพพรรค, 2542)

ภาพที่ 2.9 ขนมน้ำดอกไม้

ที่มา : http://food.mthai.com/food-recipe/88854.html

ส่วนผสมขนมน้ำดอกไม้ประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง น้ำตาลทราย น้ำลอยดอกมะลิ และสีผสมอาหาร ทำให้ขนมมีสีสันน่ารับประทานมากขึ้น ซึ่งอาจจะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ สูตรของขนมน้ำดอกไม้จะมีชนิดของแป้ง ซึ่งเป็นส่วนผสมแตกต่างกัน ในบางสูตรจะใช้แป้งท้าวย่าม่อมแทนแป้งมันสำปะหลังซึ่งจะทำให้ขนมมีความเหนียวแข็งและความอร่อยคนละอย่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชอบของผู้บริโภค สูตรของขนมน้ำดอกไม้ที่ใช้แป้งมันเป็นส่วนผสมในสูตรประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 100 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 10 กรัม น้ำ 300 กรัม และน้ำตาลทราย 100 กรัม ซึ่งการใช้แป้งมันจะทำให้มีราคาต้นทุนในการผลิตถูก และเหมาะที่จะทำการขาย (อรวสุ นพพรรค, 2542) สูตรที่มีแป้งท้าวย่าม่อมเป็นส่วนผสมประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 100 กรัม แป้งท้าวยายม่อม 10 กรัม น้ำ 350 กรัม และน้ำตาลทราย 170 กรัม (อบเชย วงศ์ทอง, 2542) และสูตรที่มีแต่แป้งข้าวเจ้าประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 80 กรัม น้ำ 250 กรัม และน้ำตาลทราย 100 กรัม (จันทร ทศานนท์, 2535)

สำหรับแป้งข้าวเจ้าที่ใช้ทำขนมน้ำดอกไม้ส่วนใหญ่มักจะใช้แป้งสด ซึ่งทำจากการเอาข้าวสารแช่น้ำไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วโม่หรือบดให้ละเอียด จากนั้นนำไปกรองให้เป็นแป้งนอนก้น ล้างส่วนที่สกปรกออกไปบ้างเอาแป้งมาใส่ในถุงผ้าทับให้สะเด็ดน้ำ ตากให้แห้งหรือใช้ทั้งเปียกอยู่ แป้งสดเมื่อซื้อมาแล้วควรใช้เลย ถ้าจำเป็นต้องค้างคืนควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ แต่เก็บได้ไม่

นาน เพราะแป้งมีเชื้อจุลินทรีย์ทำให้แป้งมีกลิ่นบูด นอกจากใช้ทำขนมน้ำดอกไม้แล้วยังใช้ทำขนมอื่นได้หลายได้หลายชนิด เช่น ขนมครก และขนมเรไร เป็นต้น พันธุ์ข้าวที่นิยมใช้ทำขนมน้ำดอกไม้ ได้แก่ ข้าวเหลืองอ่อน ข้าวนางพญา ข้าวปิ่นแก้ว และข้าวตะเภาแก้ว เป็นต้น ซึ่งควรเป็นแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณแอมิโลสสูง เช่น แป้งข้าวเหลือง 11 ทั้งนี้ขนมที่ได้จะมีการจับตัวกันคงรูปได้มาก ขนมจะเกิดรอยบุ๋ม ผิวหน้าเรียบเป็นมันวาว มีลักษณะเนื้อสัมผัสหนึบ สำหรับขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ ลักษณะขนมที่ได้จะไม่เกิดรอยบุ๋ม ผิวหน้าแฉะและไม่เรียบเป็นมันวาว เนื้อสัมผัสนิ่ม มีการจับตัวคงรูปได้น้อย จึงไม่เหมาะในการนำมาผลิตขนมชนิดนี้

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เมล็ดข้าวสามารถเร่งให้กลายเป็นข้าวเก่าได้โดยเพิ่มความร้อนข้าวสารให้สูงถึง 110 องศาเซลเซียส ในภาชนะปิดสนิทโดยไม่ให้ความชื้นสูญหายไป (Juliano, 1985) พัสกร เจียตระกลูและคณะ (2546) พบว่า การเก็บรักษาข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 10 15 และ 28 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน โดยไม่มีการควบคุมความชื้นของอากาศขาเข้า พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำของข้าวกล้องและข้าวสาร โดยข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิสูงจะดูดน้ำได้มากกว่าข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นความสามารถในการดูดน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าความแข็งของข้าวสุกจะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาด้วย โดยข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิสูงจะมีความแข็งมากกว่าข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Meullenetc และคณะ (2000) พบว่า ข้าวจะมีความเหนียวสูงสุดเมื่อเก็บรักษานาน 5 เดือน หลังจากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าความเหนียวจึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ระยะเวลา และความชื้นของข้าวเปลือกในการเก็บรักษา

อารีรัตน์ อิ่มศิลป์และกิตติศักดิ์ วศันติวงศ์(2556) ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยการอบลมร้อน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าข้าวเปลือกหอมมะลิ คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก อุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบแห้ง เท่ากับ 21-25% 90 องซาเซลเซียสและ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยมีผลผลิตข้าวรวม ผลผลิตต้นข้าว ค่าความขาว และค่าความมันเท่ากับ 60.30±0.28 41.24±0.92 33.36±1.47 และ 3.41±0.15% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคุณภาพข้าว พบว่าข้าวหอมมะลิเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนมีผลผลิตข้าวรวม ผลผลิตต้นข้าว ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ อัตราส่วนความกว้างต่อความ

ยาวของเมล็ดข้าว และค่าความแข็งของข้าวสุกสูงกว่าข้าวหอมมะลิเก่าตามธรรมชาติอายุการเก็บรักษา 6 เดือน และข้าวหอมมะลิใหม่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน และไม่เกิน 1 เดือน ตามลำดับ ($p<0.05$) แต่มีค่าความขาวค่าความมัน ค่าการแตกตัวของแป้งสุก ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย และค่าความเหนียวของข้าวสุกต่ำที่สุด ในขณะที่ปริมาณแอมิโลสไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวหอมมะลิเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อน ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านความชอบรวมไม่แตกต่างกับข้าวหอมมะลิเก่าตามธรรมชาติที่มีอายุการเก็บรักษานาน 6เดือน ($p>0.05$)

ภูมิสิทธิ์ วรรณชารี (2545) ได้ศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยใช้อุณหภูมิและเวลาอบเป็นปัจจัยเร่ง ซึ่งผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้ คุณภาพข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยวมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในด้านคุณภาพการสีข้าวเปลือกที่ผ่านการเก็บรักษา มีร้อยละต้นข้าวและร้อยละข้าวสารรวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและเพิ่มขึ้นสูงสุดหากเก็บรักษาข้าวเปลือกได้นาน 3.5 เดือน หลังจากนั้นร้อยละต้นข้าวและร้อยละข้าวสารรวมที่ได้มีค่าลดลงเล็กน้อยจนถึงเดือนที่ 6 มีร้อยละต้นข้าวและร้อยละข้าวสารรวมสูงกว่าข้าวก่อนเก็บรักษาประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความขาวข้าวสารมีดัชนีความขาวลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งความขาวข้าวสารในเดือนที่ 6 มีดัชนีความขาวต่ำกว่าความขาวข้าวสารเริ่มต้นประมาณ 4 หน่วย ในด้านคุณสมบัติความหนืดน้ำแป้งข้าวซึ่งใช้เป็นตัวชี้วัดความเก่าของข้าว พบว่า ค่าอุณหภูมิแป้งสุก ค่าความคงตัวแป้งสุก และค่าความหนืดสุดท้ายแป้งสุก มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและเมื่อใช้อุณหภูมิที่ 55 60 65 และ 70 อบข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นต่างกันและใช้ระยะเวลาอบไม่เท่ากัน มีผลทำให้คุณสมบัติความหนืดน้ำแป้งข้าวภายหลังการ อบซึ่งได้แก่ ค่าอุณหภูมิแป้งสุก ค่าความคงตัวแป้งสุก และค่าความหนืดสุดท้ายแป้งสุก มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น โดยการใช้อุณหภูมิสูงอบข้าวเปลือกเพื่อเร่งให้คุณสมบัติความหนืดน้ำแป้งเปลี่ยนจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่า ใช้เวลาอบน้อยกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำอบข้าวเปลือก การใช้อุณหภูมิที่เท่ากันอบข้าวเปลือกที่มีร้อยละความชื้นสูงเพื่อทำให้คุณสมบัติความหนืดน้ำแป้งเปลี่ยนแปลงจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่า ใช้เวลาอบน้อยกว่าการอบข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำ สำหรับข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น 24.64 % w.b. ต้องใช้อุณหภูมิและเวลาอบเพื่อเร่งให้ข้าวเกิดความเก่าได้ คือ อุณหภูมิ 55 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้อบ 26 13 8 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น 20.44 % w.b. ต้องใช้อุณหภูมิและเวลาอบเพื่อเร่งให้ข้าวเกิดความเก่าได้ คือ อุณหภูมิ 55 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้อบ 36 16 10 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ และข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น

13.00 % w.b. ต้องใช้อุณหภูมิและเวลาอบเพื่อเร่งให้ข้าวเกิดความเก่าได้ คือ อุณหภูมิ 55 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้อบ 48 21 13 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ การเร่งความเก่าข้าวดังกล่าวนี้ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ แอมิโลสของข้าวไม่มาก แต่มีผลกระทบต่อคุณภาพกลิ่นหอมของเมล็ดข้าวสุก โดยทำให้กลิ่นหอมของเมล็ดข้าวสุกสูญเสียไป และทำให้ความขาวของเมล็ดข้าวสารลดต่ำลงด้วย แต่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทางการค้า อย่างไรก็ตามการเร่งความเก่าข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วง 20-24 % w.b. มีผลทำให้ร้อยละต้นข้าวและร้อยละข้าวสารรวมเพิ่มขึ้น ซึ่งร้อยละต้นข้าวและร้อยละข้าวสารรวมจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อข้าวเปลือกที่ใช้อบ มีความชื้นมากขึ้น

Kraisri (2009) พบว่า การศึกษาผลของปัจจัยการเร่งอายุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพที่สัมพันธ์กับปัจจัยคุณภาพของข้าวหอมพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 หลังเก็บเกี่ยวใหม่ (ข้าวใหม่) ทำการศึกษาหาระดับอุณหภูมิ (100 110 และ 120 องศาเซลเซียส) และระยะเวลาที่เหมาะสม (15 30 45 และ 60 นาที ยกเว้นที่ระดับ 100 องศาเซลเซียส ได้เพิ่มระยะเวลาถึง 90 นาที) ที่มีผลเร่งอายุข้าวใหม่ให้มีคุณสมบัติเหมือนข้าวเก่า แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการเร่งอายุมีผลก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในข้าวใหม่ โดยอัตราการเร่งอายุเพิ่มสูงขึ้นตามระดับอุณหภูมิ ระยะเวลาการเร่ง และระดับความชื้นของข้าวสาร สมบัติทางเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกที่ได้จากข้าวสารที่ผ่านการเร่งอายุ เช่น ความแข็งและการสปริงตัวเพิ่มขึ้น ส่วนการเหนียวติดลดน้อยลง การสูญเสียของแข็งระหว่างการหุงต้มลดลง มีการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกมากขึ้น เมล็ดข้าวสารมีสีเหลืองมากขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติความหนืดข้น เหมือนข้าวเก่าตามธรรมชาติ

จิรศักดิ์ คงเกียรติและคณะ (2547) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่าข้าวมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณแอมิโลสเพิ่มสูงขึ้น โดยอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสจะมีอัตราเพิ่มขึ้นมากกว่าอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใจทิพย์ วานิชชัง และผดุงศักดิ์ วานิชชัง(2547) ศึกษากระบวนการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกซึ่งมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 20 ให้เป็นข้าวเก่า โดยการปรับสภาพข้าวเปลือกให้มีอุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส และมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 30 โดยการอบด้วยไอน้ำ ทำให้ข้าวเปลือกเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการหุงต้มและกลายเป็นข้าวเก่า

อารีรัตน์ จิตบุญ (2549) ศึกษาผลของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิข้าวเปลือกและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวระหว่างการเก็บรักษา โดยการเก็บข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใน

ถัง 4 แบบ ได้แก่ ถังที่มีการระบายอากาศและหุ้มฉนวน ถังที่ระบายอากาศไม่หุ้มฉนวน ถังที่ไม่ระบายอากาศหุ้มฉนวน และถังที่ไม่การระบายอากาศไม่หุ้มฉนวน เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าถังเก็บที่ไม่ระบายอากาศและไม่หุ้มฉนวนทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองและค่าความหนืดของแป้งข้าวของข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสารมีค่าสูงขึ้นและแสดงคุณสมบัติการเป็นข้าวเก่าเมื่อเก็บรักษาได้เป็นเวลา 3 เดือน

พรชวรรณ เทียนสวัสดิ์และคณะ (2550) ศึกษาเทคโนโลยีการปรับสภาพข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่าโดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท 1 อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 100 นาที สามารถทำให้ข้าวมีสมบัติทางเคมีเปลี่ยนแปลงไปโดยทำให้ข้าวมีค่าขยายปริมาตรและปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้นเหมือนกับข้าวเก่า

Gujral and Kumar (2003) ศึกษาผลกระทบจากกระบวนการเร่งความเก่าของข้าว ที่มีต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพและเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องข้าวขาว โดยเร่งความเก่าของข้าวที่แตกต่างกัน 3 สายพันธุ์ ประกอบด้วย IR-8 Govinda และ Sharbati ด้วยการนำข้าวเปลือกที่มีความชื้นร้อยละ 14 18 และ 22 ไปอบด้วยไอน้ำร้อนเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปสีจนเป็นข้าวขาว และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องทดสอบความต้านแรงดึงดูด-แรงกด พบว่าการอบด้วยไอน้ำในระดับที่สูงขึ้นทำให้ข้าวขาวมีค่าการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก ค่าการขยายปริมาตร ค่าการดูดซับน้ำ ค่าความแข็งแรง (hardness) และค่าความเหนียว (cohesiveness) เพิ่มขึ้น

ดวงดาว และคณะ(2552) พบว่าการศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวหอมมะลิ ซึ่งแบ่งการศึกษาออกเป็นการศึกษาหาค่าดัชนีบ่งบอกความเก่าของข้าวโดยการเก็บรักษาข้าวตามปกติแล้ววัดคุณสมบัติตลอดช่วงเวลา 6 เดือน และการศึกษาการเร่งความเก่า โดยใช้กระบวนการ 3 แบบ คือ ใช้เครื่องอบลมร้อน ใช้เตาอบไมโครเวฟ ใช้เครื่องอบสุญญากาศ โดยทดสอบคุณสมบัติน้ำแป้งและปริมาณแอมิโลสในข้าว ผลการทดลองพบว่า ข้าวที่อบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10 ชั่วโมง การอบด้วยเครื่องอบสุญญากาศที่ความดัน 0.3 บาร์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง และการอบด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 90 วัตต์ เวลา 50 นาที จะทำให้ข้าวใหม่เปลี่ยนเป็นข้าวเก่าเทียบเท่าข้าวเก่าที่เก็บตามปกติ 6 เดือน โดยปริมาณแอมิโลสลดลงเพียงเล็กน้อย

สิริชัย ส่งเสริมพงษ์ (2554) ได้การศึกษาการใช้ไมโครเวฟแบบต่อเนื่องในการเร่งข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 พบว่า สำหรับข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการเร่งความเก่าโดย

ใช้คลื่นไมโครเวฟ กำลัง 1000 วัตต์ และนำไปเก็บรักษาต่อไปอีก 2 สัปดาห์ จะสามารถเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 ให้มีคุณสมบัติเสมือนข้าวเปลือกควบคุมที่เก็บได้ 14 สัปดาห์ 11 สัปดาห์ และ 7 สัปดาห์ ในกรณีที่วัดด้วยดัชนี อัตราการอุ้มน้ำ อัตราการขยายปริมาณ และ อัตราการยืดตัวของเมล็ด ตามลำดับ และข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าจะมีคุณสมบัติเสมือนข้าวเก่า (4 เดือน) ได้ เมื่อเก็บรักษาข้าวเปลือกหลังกระบวนการเร่งข้าวเก่าเอาไว้ 7 สัปดาห์ และ 12 สัปดาห์ ในกรณีที่วัดด้วยค่าดัชนี อัตราการขยายปริมาตร อัตราการดูดซับน้ำ และอัตราการยืดตัวของเมล็ดตามลำดับ

จุฑารพ หยาดไธสง และสมชาย ชวนอุดม (2556) ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบต่อคุณภาพข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ พบว่า การเปลี่ยนแปลงข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าเกิดขึ้นตั้งแต่หลังการเก็บเกี่ยวจนถึงขั้นตอนการเก็บรักษา โดยสมบัติทางด้านเคมีกายภาพของเมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้สมบัติการดูดซับน้ำ การพองตัว การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง และปริมาณแอมิโลส เพิ่มสูงขึ้น ในการทำผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ทำจากแป้งข้าวนิยมใช้ข้าวเก่าที่มีสมบัติความหนืดของแป้งสูง การศึกษานี้เป็นศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบต่อคุณภาพข้าวสารที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ โดยใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อุณหภูมิที่ใช้อบเท่ากับ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการอบ 2 4 6 และ 8 ชั่วโมง พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาสูงขึ้นจะทำให้ค่า trough viscosity, final viscosity, setback viscosity, ค่าสีเหลือง (b) และร้อยละการแตกหักมีค่าสูงขึ้น

สิริชัย ส่งเสริมพงษ์ (2554) พบว่า คุณภาพความเก่าของข้าวเป็นปัจจัยสำคัญในการบริโภค ซึ่งเป็นกรรมวิธีแบบดั้งเดิมในการผลิตข้าวเก่านั้นจะต้องทำการเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 4 เดือน โดยที่การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกนั้นสามารถทำได้โดยการนำข้าวเปลือกมาผ่านกระบวนการให้ความร้อน การเปลี่ยนแปลงข้าวใหม่เป็นข้าวเก่า เกิดขึ้นตั้งแต่หลังการเก็บเกี่ยวจนถึงขั้นตอนการเก็บรักษา โดยสมบัติทางด้านเคมีกายภาพของเมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้สมบัติการดูดซับน้ำ การพองตัว การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง และปริมาณแอมิโลส เพิ่มสูงขึ้น จากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าข้าวเก่าที่เก็บไว้ตามธรรมชาติจะมีปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้น

Saetaew และคณะ (2010) ศึกษาพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือกของโรงสีขนาดใหญ่ในเขตภาคกลางของประเทศไทย กำลังการผลิต 30,000 ตันต่อปี ผลการทดลองพบว่าพลังงานปฐมภูมิที่ใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือกอยู่ระหว่าง 3.874 และ 4.421 MJ/kg ของน้ำที่ระเหยไป นอกจากนี้

ยังพบว่าถ้าในขั้นตอนแรกอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคเมล็ดข้าวไหลคลุกเคล้า หลังจากนั้นจึงนำข้าวเปลือกมาอบแห้งต่อในถังเก็บ (In-store dryer) จะทำให้ต้นทุนด้านพลังงานลดลง ปัจจุบันการอบแห้งด้วยเทคนิคฟูอิดไดเซชั่นเคยมีการศึกษาว่าเป็นกระบวนการในการอบแห้งของข้าวและได้แสดงให้เห็นว่าหลังจากที่มีการอบแห้งจะทำให้ร้อยละต้นข้าวมีปริมาณเท่าเดิมหรือมากขึ้นจากก่อนโดยจะทำให้ความชื้นของข้าวลดลงระหว่างกระบวนการฟูอิดไดเซชั่นโดยทั่วไปแล้วจะเกิดได้ไม่สมบูรณ์ซึ่งความชื้นเริ่มต้นและอุณหภูมิในการอบแห้งเป็นตัวแปรที่สำคัญมากที่จะพิจารณาในเครื่องที่ใช้เร่งอายุของข้าวนี้ขั้นตอนการอบแห้งและขั้นตอนการเก็บข้าวไว้ในที่อับอากาศหรือเทมเปอร์ต้องการการดูแลเป็นอย่างดี เนื่องจากการเทมเปอริ่งจะทำให้ความชื้นของข้าวลดลงและปรับปรุงคุณสมบัติข้าวให้ดีขึ้นอีกด้วยโดยเวลาในการเทมเปอริ่งจะแตกต่างกันซึ่งจะขึ้นอยู่กันผู้ใช้เครื่องอุณหภูมิในการอบ ข้าวและความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก มีผู้ศึกษาไว้ว่าข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้น 22-25 %(d.b.) ควรเทมเปอริ่งเป็นเวลา 23 ชั่วโมงและใช้การอบแห้งด้วยเทคนิคแบบไหลเวียน (circulating dryer) แต่สำหรับการอบแห้งด้วยเทคนิคฟูอิไดเซชั่นจะใช้อุณหภูมิในการอบที่สูงประมาณ 150 องศาเซลเซียสและทำให้ความชื้นลดลงไปถึง 22.5% (d.b.) หรือต่ำกว่านั้นเพื่อที่จะรักษาปริมาณของร้อยละต้นข้าวโดยมีระยะเวลาในการเทมเปอริ่งไม่น้อยกว่า 25 นาที

Jaisut และคณะ (2009) ได้ศึกษากระบวนการเร่งความเก่าของข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน โดยการนำข้าวเปลือกมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 และ 150 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาเทปเปอร์เป็นระยะ 30-120 นาที พบว่าข้าวกล้องที่ได้จะมีคุณสมบัติด้านการหุงต้ม การรับประทาน ความแข็ง การขยายปริมาตร และอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเปลี่ยนแปลงไปคล้ายกับข้าวที่เก่าตามธรรมชาติ และพบว่าอุณหภูมิกับระยะเวลาในการเทมเปอร์นั้นมีผลต่อคุณสมบัติของข้าวกล้องอย่างมีนัยสำคัญ

มัทนียา เชี่ยวชาญ (2548) ได้ศึกษาการเร่งข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่าโดยใช้ข้าวหอมมะลิที่ความชื้นเริ่มต้น 21.9 และ 24.9 % (มาตรฐานเปียก) มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 และ 150 องศาเซลเซียส ด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดร่วมกับการเก็บในสภาวะอับอากาศนาน 0 30 60 90 และ 120 นาที และเป่าด้วยอากาศแวดล้อม 30 นาที โดยพบว่า อัตราการยืดตัว ความขาวของข้าวสาร การขยายปริมาตร การดูดซับน้ำของข้าวสุก ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Total soluble solid) และ

ความหนืดของน้ำแป้งเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับข้าวที่เก็บตามธรรมชาติภายใต้อากาศแวดล้อม โดยมีค่าอัตราการยืดตัว ความขาวของข้าวสาร การขยายปริมาตร การดูดซับน้ำของข้าวสุก ค่าความหนืดสุดท้าย อุณหภูมิแป้งสุก (Pasting temperature) และค่าความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำของข้าวสุก และความหนืดสูงสุดจะลดลง

ดลฤดี ใจสุทธิ์ และคณะ (2550) พบว่า เทคนิคการอบแห้งแบบผสมผสานระหว่างฟลูอิไดเซชั่นกับการเก็บในที่อับอากาศ สามารถเร่งความเป็นข้าวเก่าของข้าวกล้องหอมมะลิได้ในขณะที่ร้อยละต้นข้าวยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้จากผลการทดสอบสมบัติทางด้านการหุงต้ม พบว่าเปอร์เซ็นต์ Water Uptake และ Elongation ratio ของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิเพิ่มขึ้นในขณะที่เปอร์เซ็นต์ Solid loss ลดลง ซึ่งแนวโน้มที่ได้คล้ายกับข้าวกล้องหอมมะลิอ้างอิงซึ่งเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน ซึ่งปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวกล้องหอมมะลิหลังจากผ่านกระบวนการอบแห้งแล้ว มีระดับต่ำกว่าข้าวอ้างอิง อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนในขณะที่ข้าวกล้องหอมมะลิอ้างอิงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและพบว่าการเก็บข้าวเปลือกด้วยวิธีธรรมชาติ ไม่ส่งผลลดต่ำลงของค่า Glycemic index ในขณะที่การเร่งความเก่าด้วยวิธีทางความร้อนจะส่งผลให้ค่า Glycemic index ลดต่ำลง

การศึกษาวิจัยเกี่ยวข้องกับแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวทั้งแปรรูปเป็นของคาวและของหวานนั้นมีมากมายหลากหลายกลุ่มได้ดำเนินการ โดยมีเป้าหมายเดียวกันคือ เพื่อสร้างจุดเด่นให้กับผลิตภัณฑ์และการเพิ่มมูลค่าข้าว ในที่นี้จะให้รายละเอียดเกี่ยวกับศึกษาของกลุ่มที่สอดคล้องกับงานวิจัยดังนี้

สุดารัตน์ พริกบุญจันทร์ (2554) ได้ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่มแผ่นก๋วยเตี๋ยวเพื่อลดเวลาการผลิตโดยทดลองบ่มแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่อุณหภูมิ 0, 4 และ 10 องศาเซลเซียส เพื่อเร่งการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ให้เร็วขึ้น ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พิจารณาลักษณะแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้โดยสังเกตลักษณะผิวหน้า สี ความยากง่ายในการลอกแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่วางซ้อนกัน อัตราการดูดน้ำ ทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (hardness)โดยใช้เครื่อง texture analyzer เปรียบเทียบกับแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการบ่มตามวิธีดั้งเดิมของโรงงาน พบว่าการบ่มที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง ให้แผ่นก๋วยเตี๋ยวที่มีลักษณะผิวหน้าแห้ง มันวาว มีอัตราการดูดน้ำและความแน่นแข็งที่เหมาะสมสำหรับการตัดเป็นเส้นโดยไม่ติดมีด และเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้

จากการบ่มที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีคุณภาพไม่แตกต่างจากการบ่มแผ่นก๋วยเตี๋ยว 12 ชั่วโมง ตามวิธีดั้งเดิมของโรงงาน

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2552) ได้พัฒนาคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสและการลวกสุกไวของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กโดยทดแทนแป้งมันสำปะหลังในส่วนผสม เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืดของแป้งผสมและอุณหภูมิในการเกิดเจลลาติไนเซชั่นลดลงให้ระยะทางที่แป้งสุกไหลหรือค่าความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้น และพบว่าที่อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 60:40 โดยน้ำหนัก ให้ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวเหนียวนุ่มมากที่สุด มีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 31.64 ความคงตัวของแป้งสุกวัดเป็นระยะทางการไหลได้ 117.00 มิลลิเมตร มีอุณหภูมิในการเกิดเจลลาติไนเซชั่นเท่ากับ 73.23 องศาเซลเซียส ให้ระยะเวลาในการลวกสุกลดลงเท่ากับ 20.74 วินาที ตามลำดับ และให้แนวโน้มการเกิดรีโทเกรเดชั่นลดลง โดยให้คะแนนความแตกต่าง ($p<0.05$) น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวที่จำหน่ายทางการค้า โดยให้คะแนนความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.77

ชลธิชา สัมฤทธิสุทธิ์ และสาวิตรี รัตนสุมาวงศ์ (2556) ได้ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิการอบแห้งในแต่ละขั้นตอนของการอบแห้งก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ต่อลักษณะโครงสร้าง เวลาในการหุงต้ม และระยะการเคลื่อนที่ของน้ำภายในเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง เพื่อหาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม โดยศึกษาอุณหภูมิในกระบวนการอบแห้งขั้นต้น (Pre-drying) 4 ระดับ คือ 40 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในกระบวนการอบแห้งขั้นสุดท้าย (Final drying) 3 ระดับ คือ 45 65 และ 85 องศาเซลเซียส พบว่าเวลาการอบแห้งในกระบวนอบแห้งขั้นต้น (Pre-drying) ที่อุณหภูมิ 40 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส คือ 24 20 18 และ 16 นาที ตามลำดับ และเวลาการอบแห้งในกระบวนการอบแห้งขั้นสุดท้าย (Final drying) ที่อุณหภูมิ 45 65 และ 85 องศาเซลเซียส คือ 120 60 และ 30 นาที ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิการอบแห้งในแต่ละขั้นตอน ไม่มีอิทธิพลต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความชื้น และระยะทางการเคลื่อนที่ของน้ำภายในเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง เนื่องจากลักษณะโครงสร้างภายในของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ มีลักษณะแน่นทึบไม่แตกต่างกัน อุณหภูมิอบแห้งขั้นสุดท้ายไม่ส่งผลต่อเวลาที่เหมาะสมในการหุงต้ม ($p>0.05$) เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการอบแห้งขั้นต้นที่ 60 องศาเซลเซียส และผ่านการอบแห้งขั้นสุดท้ายที่ 85 องศาเซลเซียส มีค่าเวลาที่เหมาะสมในการหุงต้มต่ำที่สุด

สุนทรณ์ ฟักเฟื่อง (2555) ศึกษาการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่จากแป้งข้าวกล้องงอก โดยใช้แป้งข้าวกล้องงอกเพื่อทดแทนแป้งข้าวเจ้าที่ระดับร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 ตามลำดับ และการศึกษาปริมาณกัวร์กัมที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ระดับร้อยละ 0.25 0.50 และ0.75 ตามลำดับ ทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัส แบบ Hedonic scale จากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ พบว่า ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 50 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทางด้าน รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมมากที่สุดผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 36.51 ค่าสีแดง (a) เท่ากับ 6.46 และมีค่าสีเหลือง (b) เท่ากับ 5.91ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีน้ำตาลค่อนข้างเข้ม มีค่าแรงดึงเท่ากับ 0.08 นิวตัน มีค่าความชื้นร้อยละ 38.50 ไขมันร้อยละ 3.53 โปรตีนร้อยละ 1.36 เส้นใยร้อยละ 0.79 เถ้าร้อยละ 2.50 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 53.32 ซึ่งการทดสอบทางจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 50 เมื่อนำมาทำการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้กัวร์กัม พบว่า ปริมาณกัวร์กัมที่ใช้ร้อยละ 0.75 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมมากที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่างเท่ากับ 35.05 ค่าสีแดงเท่ากับ 5.59 และค่าสีเหลืองเท่ากับ 7.38 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีน้ำตาลค่อนข้างเข้มมีแรงดึงเท่ากับ 0.11 นิวตัน มีความชื้นร้อยละ 37.24 ไขมันร้อยละ 2.71 โปรตีนร้อยละ 1.73 เส้นใยร้อยละ 0.72 เถ้าร้อยละ 3.69 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 53.91 ซึ่งการทดสอบทางจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่พบเชื้อจุลินทรีย์

อริสรา รอดมุ้ย (2552) ได้ศึกษาการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ด้วยการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน โดยแปรอัตราส่วนแป้งข้าวหอมนิลเป็นร้อยละ 0 5 10 15 25 30 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) พบว่าสามารถใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าได้ โดยองค์ประกอบทางเคมีของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตได้ คือ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตเป็นร้อยละ 67.18 - 68.77, 0.09 - 0.5, 2.5 - 6.73, 0.71 - 0.76, 0 - 0.37 และ 23.54 - 29.90 ตามลำดับ และให้ค่าพลังงาน 2.60- 5.00 kcal/g จากนั้นนำไปทดสอบการยอมรับด้วยวิธี 9-point hedonic scale และเปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ด้วยวิธี QDA พบว่าการทดแทนแป้งข้าวหอมนิลในก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ร้อยละ 25 (โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) ได้รับการยอมรับมากที่สุดและมีลักษณะที่บ่งบอกถึงคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน ซึ่งก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตได้มีสีม่วงเทาให้ความเหนียวและความยืดหยุ่นดี โดยมีค่า tensile strength เท่ากับ 50.55 กรัม

และ break distance เท่ากับ 18.40 มิลลิเมตร และเมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 25 (โดยน้ำหนักแป้ง) พบว่าปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน และเส้นใยสูงกว่าสูตรมาตรฐานร้อยละ 1.59, 0.17, 3.00 และ 0.04 ตามลำดับ

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์ (2556) ศึกษาค่าดูดซับน้ำและการเกิดเจลาติไนเซชั่นของแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งถั่วหรั่งที่อัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 และ 70:30 รวมถึงการเตรียมเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งผผสมพบว่า เมื่อปริมาณแป้งถั่วหรั่งในแป้งผสมเพิ่มขึ้นจะมีค่าการดูดซับน้ำและอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้น แต่ความหนืดสูงสุดต่ำลง และการเติมแป้งถั่วหรั่งมีผลต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยเมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีปริมาณโปรตีนและ cooking loss เพิ่มขึ้น แต่ cooking weigh และ cutting force ลดลง ($p<0.05$) เส้นก๋วยเตี๋ยวที่เตรียมจากแป้งผสมที่อัตราส่วน 90:10 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (100:0)

ยุทธนา พิมลศิริผล และคณะ (2546) ได้ศึกษาการพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศ จากการศึกษาปริมาณแป้งมันเทศ 4 ระดับ (ร้อยละ 10 20 30 และ 40) และความเข้มข้นของน้ำแป้ง 3 ระดับ (ร้อยละ 35 40 และ 45) ต่อคุณภาพเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งพบว่า เมื่อปริมาณแป้งมันเทศเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีส้ม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียไปในระหว่างต้มเส้นเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มปริมาตรน้ำแป้งต่อถาดมีผลทำให้ความหนาและความเหนียวของเส้นก๋วยเตี๋ยวเพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้น สูตรที่เหมาะสมของเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศคือ แป้งมันเทศที่ผลิตจากมันเทศไม่ผ่านการลวกร้อยละ 30 ผสมกับแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 70 ผสมน้ำโดยใช้ความเข้มข้นน้ำแป้งผสมร้อยละ 40 แล้วเทน้ำแป้งจำนวน 65 มิลลิลิตรต่อถาดขนาด 20x30 ตารางเซนติเมตร นึ่งในน้ำน้ำเดือดนาน 3 นาที ตัดเส้นและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ได้เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศที่มีสีส้มมีปริมาณแคโรทีนเท่ากับ 306.5 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม มีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 39.56, 2.10 และ 11.85 ตามลำดับ ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งและเส้นที่ทำให้สุกร้อยละ 95.1 และ 71.8 ตามลำดับ

นภสร จุ้ยเจริญ และคณะ (2546) ศึกษาความสัมพันธของปริมาณแปงข่าวเจ่า น้ำตาลและน้ำตอคุณภาพขนมน้ำดอกไม้ จากผลการศึกษาอิทธิพลของปริมาณแปง น้ำตาล และน้ำตอคุณภาพของขนมน้ำดอกไม โดยจัดสิ่งทดลองแบบ factorial 3X3 ในแผนสุมตลอด (CRD) ปจจัยที่ศึกษา 2 ป

จจัย คือ อัตราสวนของแปงขาวเจาตอน้ำตาล 3 ระดับ (30:70 40:60 และ 50:50) และปริมาณน้ำ 3 ระดับ (1.2 1.4 และ 1.6 เทาของของแหง ผสม) พบว่า เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นที่แตละระดับของปริมาณแปง ขนมที่ไดมีลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่ม และการยึดเกาะตัวนอยลง และเมื่อปริมาณแปงขาวเจาเพิ่มขึ้น (หรือปริมาณน้ำตาลลดลง) ที่แตละระดับของปริมาณน้ำ ขนมที่ไดมีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็ง และยึดเกาะตัวไดมากขึ้น สูตรขนมน้ำดอกไมที่ไดประกอบดวยปริมาณแปงขาวเจา ร้อยละ 18.18 ปริมาณน้ำตาลรอยละ 27.27 และปริมาณน้ำรอยละ 54.55 และเติมกลิ่นมะลิรอยละ 0.1 ของสวนผสมทั้งหมด ผลิตภัณฑที่ไดมีคาสี L*, b* และ a* เทากับ 56.63 -2.40 และ -5.14 ตามลำดับ ลักษณะผลิตภัณฑมีสีขาว มีคาความแข็งเทากับ 13.74 นิวตัน ความยืดหยุน และการยึดเกาะ เทากับ 7.07 มิลลิเมตร 5.05 นิวตัน ตามลำดับ โดยผูทดสอบใหคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยในระดับคะแนนความชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง

เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์ขนม โดยการพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมหวานจำนวน 3 ชนิด ผลการพัฒนาสูตรกรรมวิธีการผลิตขนมหวานแต่ละชนิดพบว่า การพัฒนาบัวลอยข้าวกล้องงอกแช่แข็ง โดยศึกษาอัตราส่วนของข้าวกล้องงอกต่อน้ำในการพรีเจล กับปริมาณแป้งข้าวเหนียวในกระบวนการผลิตบัวลอยข้วกล้องงอก โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD โดยศึกษาอัตราส่วนของข้าวกล้องงอกต่อน้ำในการพรีเจล 2 ระดับที่ 2:3 และ 2:4 กับปริมาณแป้งข้าวเหนียว 3 ระดับที่ 25 30 และ 35 กรัม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบบัวลอยข้าวกล้องงอกระดับชอบปานกลางที่อัตราส่วนของข้าวกล้องงอกต่อน้ำในการพรีเจล กับ ปริมาณแป้งข้าวเหนียวในกระบวนการผลิตยบัวลอยข้าวกล้องงอกที่ 2:3 กับปริมาณแป้งข้วเหนียว 3 ระดับที่ 30 กรัม เมื่อจะรับประทาน นำบัวลอยข้าวกล้องงอกแช่แข็ง -18 องศาเซลเซียส ทำการละลายหลังการแช่แข็งที่ระดับความร้อนของเตาไมโครเวฟ 70 เป็นเวลา 2 นาที เต้าฮวยข้าวกล้องงอก ศึกษาอัตราส่วนของน้ำข้าวกล้องงอกต่อนมสดในเต้าฮวย โดยศึกษาอัตราส่วนของน้ำข้าวกล้องงอกต่อนมสด จากผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเต้าฮวยข้วกล้องงอกที่อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อนมสด 100:0 และใช้สารให้ความคงตัวผงวุ้น อยู่ในระดับชอบมาก โดยเต้าฮวยมีลักษณะสีขาวอมเหลืองเล็กน้อยมีความเนียน ลอดช่องข้าวกล้องงอก จากการศึกษาร้อยละข้าวกล้องงอกต่อแป้งข้าวเจ้าในกระบวนการผลิตลอดช่องข้าวกล้อง 3 ระดับที่ร้อยละ 50 60 และ 70 จากผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลอดช่องข้าวกล้องงอก กับปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่ร้อยละ 60 โดยใช้ระยะเวลาในการกวนส่วนผสมที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตลอดช่องเข้ากล้องงอก 30 นาที จากการศึกษาอายุการ

เก็บรักษาของขนมหวานพบว่า บัวลอยข้าวกล้องงอกแช่แข็ง มีอายุการเก็บรักษา 4 เดือน เต้าฮวยข้าวกล้องงอกอายุการเก็บรักษา 1 เดือน และลอดช่องข้าวกล้องงอก มีอายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ โดยเต้าฮวยเริ่มมีการแยกชั้น ส่วนลอดช่องก็มีกลิ่นหื่น และเส้นยุ่ย ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

รุจิรา ปรีชา (2551) ได้ทดลองทำคุกกี้จากข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสแตกต่างกัน โดยใช้พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 กข7 และเฉี้ยงพัทลุง ที่มีปริมาณแอมิโลส 16-17 21-22 และ 28-29% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับแป้งสาลีเอนกประสงค์ (แอมิโลส23-24%) ผสมแป้งข้าวเจ้า เนย น้ำตาล ไข่ ในอัตราส่วน 35.99 28.98 19.11 และ 15.92% ตามลำดับ อบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่า เนื้อขนมค่อนข้างหยาบ สากเล็กน้อย ความหนาแน่นลดลง แต่การขยายตัวของคุกกี้ (Spread ratio) จะมากกว่าแป้งสาลีอเนกประสงค์ ทำการปรับปรุงสูตร โดยการผสมมะม่วงหิมพานต์ป่น พบว่า คุกกี้ที่ทำจากแป้งข้าวพันธุ์ขาวดอกหอมมะลิ 105 กข7 เฉี้ยงพัทลุง ทั้งชนิดโม่เปียกและโม่แห้ง มีลักษณะเนื้อขนมค่อนข้างละเอียด ผู้ชิมมีความชอบมากกว่าแป้งสาลีเอนกประสงค์

รุจิรา ปรีชา และคณะ (2551) ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวที่เหมาะสมสำหรับทำขนมปลากริมกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้ข้าว 6 สายพันธุ์ คือ เฉี้ยงพัทลุง แก่นจันทร์ ลูกแดงปัตตานี ขาวดอกมะลิ 105 กันตังและพันธุ์มาเลย์ พบว่า ข้าวพันธุ์ลูกแดงปัตตานี แก่นจันทร์ และกันตัง มีคุณภาพทางเคมีเหมาะสำหรับทำขนมปลากริมกึ่งสำเร็จรูปเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์มาเลย์ คุณภาพทางเคมีที่เหมาะสมมีค่าปริมาณแอมิโลส ตั้งแต่ 25.84-30.84% ความคงตัวของแป้งสุก 33-48 ม.ม. ค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่าง (KOH 1.7%) มีค่าตั้งแต่ 4.8-6.8 ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำแป้งมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 5.92 ส่วนพันธุ์เฉี้ยงพัทลุง และพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีคุณภาพทางเคมี เนื่องจากมีค่าความเป็นกรด–ด่าง ของน้ำแป้ง ต่ำกว่า 5.92 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีค่าปริมาณแอมิโลสต่ำ ความคงตัวของสุกอ่อน ผลจากการชิมตัวขนม โดยใช้ประสาทสัมผัส (hedonic scale 9 ระดับ) พบว่า พันธุ์ลูกแดงปัตตานี มีคะแนนความชอบมากที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์ข้าวกันตังและแก่นจันทร์ ตามลำดับ พันธุ์กันตังเนื้อสัมผัสของตัวขนมค่อนข้างนุ่ม และมีความยาวมากที่สุด (มากกว่า 2 ซ.ม.) พันธุ์ลูกแดงปัตตานี มีความเหนียวและความเลื่อมมันมากที่สุด และเมื่อนำขนมปลากริมกึ่งสำเร็จรูปมาคืนรูปโดยต้มในน้ำเดือดนาน 7-10 นาที พบว่า สามารถคืนรูปได้ดีทุกพันธุ์ ผลจากการชิมโดยใช้ประสาทสัมผัส (พบว่าพันธุ์ลูกแดงปัตตานีมีคะแนนความชอบมากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์กันตังและแก่นจันทร์ ตามลำดับ พันธุ์กันตังมีเนื้อสัมผัสของตัวตัวขนมค่อนข้าวนุ่ม และมีความยาวมากที่สุด และทุกพันธุ์ตัวขนมค่อนข้างด้าน ไม่มีความมัน สีขาวและมีกลิ่นหอมเล็กน้อย

รุจิรา ปรีชาและจำลอง ฤทธิชัย (2551) ทดลองทำแป้งทอดกรอบจากข้าวที่มีปริมาณ แอมิโลสต่างกัน โดยใช้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กข 7 และเฉี้ยงพัทลุง ทั้งชนิดโม่เปียกและโม่แห้งที่มีปริมาณแอมิโลส 17.30-17.42 20.96-22.67 และ 28.67-28.98% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับแป้งทอดกรอบสำเร็จรูป (แอมิโลส 22.47%) ผสมแป้งข้าวเจ้า น้ำตาล พริกไทย และเกลือในอัตราส่วน 94.33 1.89 1.89 และ 1.89% ตามลำดับ ละลายน้ำ 80 ซีซี พบว่าเมื่อนำไปทอดแป้งข้าวทุกพันธุ์ทั้งชนิดโม่เปียกโม่แห้ง ลักษณะของแป้งจะแข็งไม่ค่อยกรอบและไม่พองตัว ทำการปรับปรุงสูตร ผสมแป้งมันสำปะหลัง 18.73% และผงฟู 1.87% พบว่าแป้งข้าวพันธุ์ กข 7 ชนิดโม่เปียกเมื่อนำไปทอดลักษณะของแป้งจะกรอบและการพองตัวที่ดีที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โม่เปียก และพันธุ์เฉี้ยงพัทลุงโม่เปียก ตามลำดับ ผลจากการชิมโดยใช้ประสาทสัมผัส (hedonic scale 9 ระดับ) พบว่า ผู้ชิมมีความชอบและยอมรับผลิตภัณฑ์แป้งทอดกรอบ

สุพัตรา สุวรรณธาดา และคณะ (2551) ศึกษาคุณสมบัติของข้าวสำหรับทำขนมไทยอย่างน้อย 50 ชนิด ใช้เป็นแนวทางในการผลิตแป้งกึ่งสำเร็จรูป และจำแนกชนิดของขนมไทยออกเป็นกลุ่มตามคุณสมบัติของแป้ง แป้งข้าวที่ใช้ในการทดลองมีค่าแอมิโลสต่างกัน 5 พันธุ์ พิษณุโลก 2 (สูง), สุพรรณบุรี 2 (ปานกลาง) ข้าวดอกมะลิ 105 (ต่ำ) กข10 (ข้าวเหนียว) และ กข 6 (ข้าวเหนียว) เปรียบเทียบกับแป้งตลาด ได้สูตรขนมและปรับสูตรเป็นระบบน้ำหนัก ทำขนมไทยประเภท นึ่ง กวน ทอด ปิ้ง และต้ม โดยศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกรับผิดชอบขนมประเภทนึ่งและกวน ศูนย์วิจัยข้าวแพร่รับผิดชอบขนมประเภททอด ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานีรับผิดชอบขนมประเภทปิ้งและต้ม ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้ Hedonic scale 9 ระดับ มีลักษณะรูปร่างขนม เนื้อสัมผัส ความละเอียดของเนื้อขนมและความชอบรวม และวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้ง 2 เดือน 1 ครั้ง ระยะเวลา 1 ปี มีแอมิโลส ความคงตัวของแป้งสุกและความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Brabender viscoamylograph ได้ค่า Setback Breakdown และ Consistency เป็นหน่วย BU (Brabender Unit) ผลการทดลองคุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า ขาวดอกมะลิ 105 สุพรรณบุรี 2 พิษณุโลก 2 และแป้งตลาด ค่าเฉลี่ยแอมิโลส 15.5, 22.4, 28.8 และ 27.2% ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิแป้งสุก 63 70 66 และ 73 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความคงตัวแป้งสุกสดลงเล็กน้อย ค่าเฉลี่ย 68 87 72 และ 30 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความหนืดของน้ำแป้ง ค่า Setback Breakdown และ Consistency ของแป้งตลาด (ค่าเฉลี่ย 828 231 และ 1060 BU) มากกว่า พิษณุโลก 2 (ค่าเฉลี่ย 485 60 และ 545 BU) ในแอมิโลสระดับเดียวกันแป้งตลาดจะแข็งกว่า แต่เม็ดแป้งจะแตกตัวได้มากกว่าพิษณุโลก 2 จึงทำให้

ความแข็งลดลงในการเก็บรักษาแป้งข้าวเจ้าทุกชนิดมีค่า Setback และ Consistency เพิ่มขึ้น Breakdown ลดลง

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

แผนงานวิจัย การเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์และการประยุกต์ใช้ข้าวเก่าในผลิตภัณฑ์อาหารนี้ ประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อย 2 โครงการ ได้แก่

1. การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน
2. การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

ดังนั้นวิธีดำเนินงานวิจัยจึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน

3.1.1 วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) วัตถุดิบ

ข้าวเปลือกพันธุ์พื้นท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์ที่ใช้ คือ ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้ง จากกลุ่มเกษตรอินทรีย์บ้านลิ่มทอง หมู่ 4 ต.หนองโบสถ์ อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์ ปีการเพาะปลูก 2557/58

2) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) เมทานอล (Methanol) (AR-Grade)
2) เอทานอล (Ethanol) (AR-Grade)
3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH)
4) กรดอะซิติก (Acetic acid, CH_3COOH)
5) ไอโอดีน (Iodine, I_2)
6) โพเทโทแอมิโลสมาตรฐาน
7) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)
8) กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid)
9) บรอมไทมอลบลู 0.025 %

3) อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์

1) บีกเกอร์ขนาด 50, 100 และ 250 มิลลิลิตร
2) กระบอกตวงขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
3) ขวดปรับปริมาตร ขนาด 5, 10, 25, 50 และ 100 มิลลิลิตร
4) หลอดทดลอง
5) หลอดพลาสติกสำหรับปั่นเหวี่ยง
6) ถ้วยหาความชื้น (Moisture can)
7) ปิเปต ขนาด 1, 5, 10 20 และ 25 มิลลิลิตร
8) กระดาษกราฟ
9) หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
10) เวอร์เนียร์
11) เครื่องกะเทาะเปลือกข้าว
12) เครื่องปิดผนึกด้วยสุญญากาศ
13) เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
14) เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
15) โถดูดความชื้น (Desiccator)
16) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
17) เครื่องอบแห้ง (Hot air oven)
18) เครื่องบดข้าว (Laboratory mill)
19) เตาให้ความร้อน (Hotplate)
20) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิเย็น (Cooling bath)
21) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter)
22) ตู้อบลมร้อน (Cabinet Dryer)

23) เครื่องวัดสี (Hunter lab)

24) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

25) เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)

26) เครื่องแยกตระแกรงร่อน (Sieve Shaker)

3.1.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์ที่ใช้ คือ ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้ง จากกลุ่มเกษตรอินทรีย์บ้านลิ่มทอง หมู่ 4 ต.หนองโบสถ์ อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์ ปีการเพราะปลูก 2557/58 มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 13-14% นำมาทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น เศษฟาง เมล็ดหญ้า และข้าวเมล็ดลีบ จากนั้นบรรจุใส่กระสอบสานพลาสติก เก็บรักษาในที่แห้งปราศจากความชื้น

ตัวอย่างข้าวเปลือกที่นำมาใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ

1) ข้าวเปลือกใหม่ที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 1 เดือน

2) ข้าวเปลือกใหม่ที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยว 3 เดือน

3) ข้าวเปลือกเก่าที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยว 6 เดือน

4) ข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าโดยวิธีอบลมร้อน

3.2.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวเปลือก

โดยนำข้าวเปลือกใหม่ที่มีความชื้นเริ่มต้น 13-14% มาชั่งน้ำหนักจำนวน 3 กิโลกรัมใส่ถาด อลูมิเนียมขนาด 41x58 เซนติเมตร ให้ชั้นของข้าวเปลือกมีความหนา 2 เซนติเมตร แล้วปรับความชื้นให้ได้ 21-25% ด้วยการสเปรย์น้ำลงบนข้าวเปลือกให้ทั่วและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 16 ชั่วโมง ทำการวัดความชื้นทุก 1 ชั่วโมง

จากนั้นนำตัวอย่างข้าวเปลือกที่มีความชื้น 21-25% จำนวน 1 กิโลกรัม บรรจุใส่ถาดอลูมิเนียม ปิดผนึกให้สนิทแล้วนำไปอบเพื่อเร่งความเก่าของข้าวด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 5 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อครบกำหนดระยะเวลาการอบในแต่ละระดับอุณหภูมิแล้ว นำอลูมิเนียมออกจากตู้อบ เปิดฝาถาดเทข้าวเปลือกออกแผ่เป็นชั้นบาง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าแต่ละสภาวะ คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าโดยพิจารณาจากคุณภาพการสี ได้แก่ ผลผลิตข้าวรวม ผลผลิตต้นข้าว และค่าความขาว ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ผลผลิตข้าวรวม และ ผลผลิตต้นข้าว

ชั่งน้ำหนักข้าวเปลือก จำนวน 100 กรัม นำไปกะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะเปลือก จำนวน 2 ครั้ง บันทึกน้ำหนักข้าวกล้องที่ได้ และนำไปแยกต้นข้าวออกจากข้าวหักด้วยเครื่องคัดขนาดข้าวแบบตะแกรงกลม ชั่งน้ำหนักต้นข้าวและคำนวณหาผลผลิตข้าวรวม และผลผลิตต้นข้าวที่ได้จากการขัดสี ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยคำนวณดังนี้

$$\text{ผลผลิตข้าวรวม (\%)} = \frac{\text{ปริมาณข้าวสารรวม}}{\text{ปริมาณของข้าวเปลือกที่นำมาขัดสี}} \times 100$$

$$\text{ผลผลิตต้นข้าว (\%)} = \frac{\text{ปริมาณต้นข้าว}}{\text{ปริมาณของข้าวเปลือกที่นำมาขัดสี}} \times 100$$

2) ค่าความขาว ดัดแปลงจากวิธีของ นาฏชนก ปรางปรุ (2553)

การวัดค่าสีของข้าวเครื่องวัดสียี่ห้อ HunterLab โดยใช้หลอดชนิด daylight color mode D 65 มุมตกกระทบ 10 องศา ซึ่งจะบรรยายค่าสีของข้าวในเทอมของพารามิเตอร์ L* a* b* โดยค่า L* เป็นค่าที่ใช้บอกถึงความสว่างของข้าว โดยมีสเกลจากดำถึงขาว (0-100) ค่า a* เป็นค่าที่ใช้บอกถึงความเป็นสีแดงและสีเขียว (+a ถึง -a) ค่า b* เป็นค่าที่ใช้บอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (+b ถึง -b) ทำการศึกษาโดยสุ่มข้าวสารที่ได้จากการเร่งความเก่า 30 กรัม มาตรวจวัดพร้อมทั้งอ่านค่า L* a* b* ที่ได้และนำค่าไปวิเคราะห์ผล

ทำการวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ ANOVA และ

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สำหรับ Windows version 17.0 คัดเลือกสภาวะที่ใช้ในการเร่งความเก่าของข้าวที่ดีที่สุด 1 สภาวะเพื่อนำไปศึกษาในการทดลองถัดไป

3.1.2.3 ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพบางประการของข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกใหม่และข้าวเปลือกเก่าตามธรรมชาติ

นำข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าจากข้อ 3.2.2 ข้าวเปลือกใหม่ที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 1 เดือน ข้าวเปลือกใหม่ที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 3 เดือน และข้าวเปลือกเก่าที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยว 6 เดือน รวมทั้งหมด 4 ตัวอย่าง มาทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC (2002) โดยอบถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นชั่งตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการบดอย่างหยาบด้วยเครื่องบดเมล็ดข้าว จำนวน 5 กรัม ลงในถ้วยอลูมิเนียม นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{[\square - \square]}{[\square - \square]} \times 100$$

โดยที่ A คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝา

B คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาและข้าวบดก่อนอบ

C คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาและข้าวบดหลังอบ

2) วิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส ดัดแปลงจากวิธีของ นาฏชนก ปรางปรุ (2553)

นำข้าวสารที่ได้จากกการเร่งความเก่าไปบดด้วยเครื่องบดละเอียดนาน 15 วินาที และเขย่านาน 20 นาที ทำซ้ำ 4 ครั้ง แล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 150 เมช ชั่งตัวอย่างที่ร่อน 0.100 กรัม ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายเอทานอลร้อยละ 95 จำนวน 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 โมล จำนวน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันประมาณ

5 นาที เติมน้ำกลั่นให้ครบปริมาตร นำไปอุ่นในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 นาที ปิเปตน้ำแป้งมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรใบใหม่ เติมสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 โมล จำนวน 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายไอโอดีนจำนวน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร ทำ blank โดยไม่ต้องใช้น้ำแป้ง แต่เติมสารเคมีทุกอย่างเหมือนกันหมดและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (A) ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโทมิเตอร์ (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแอมิโลสจาก

$$\text{ปริมาณแอมิโลส (ร้อยละ)} = (74 \times A) - 0.16$$

3) อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของเมล็ดข้าวสุก ดัดแปลงจากวิธีของ Gujral and Kumar (2003)

โดยการชั่งข้าวสาร จำนวน 20 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำอุ่น 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือด หลังจากต้มนาน 10 นาที ให้ทำการสุ่มตัวอย่างข้าวมาตรวจสอบการสุกของแป้งด้วยการกดเมล็ดข้าวบนกระจกทุก 30 วินาที จนกระทั่งไม่พบแป้งดิบในเมล็ดข้าว จึงทำการสุ่มตัวอย่างข้าวสุก จำนวน 10 เมล็ดมาวัดหาอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวโดยใช้เวอร์เนียร์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และคำนวณหาอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวได้จาก

$$\text{อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของเมล็ดข้าวสุก} = \frac{(L_f / B_f) - (L_0 / B_0)}{L_0 / B_0}$$

โดยที่ L_f และ B_f คือ ความกว้างและความยาวของเมล็ดข้าวหลังการหุงต้ม

L_0 และ B_0 คือ ความกว้างและความยาวของเมล็ดข้าวก่อนการหุงต้ม

4) ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ ดัดแปลงจากวิธีของ Gujral and Kumar (2003)

โดยการสุ่มตัวอย่างข้าวสุกจำนวน 50 เมล็ด และข้าวสารที่ไม่ผ่านการหุงต้ม จำนวน 50 เมล็ด นำข้าวแต่ละชนิดมาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับจากสูตร

$$\text{ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ (Water uptake : \%)} = \frac{(W_c - W_{UC})}{W_{UC}} \times 100$$

โดยที่ W_c คือ น้ำหนักของข้าวสุก จำนวน 50 เมล็ด

W_{uc} คือ น้ำหนักของข้าวสาร จำนวน 50 เมล็ด

5) การหาปริมาณของแข็งที่สูญเสีย ดัดแปลงจากวิธีของ Gujral and Kumar (2003)

ชั่งน้ำหนักข้าวสาร จำนวน 2 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น จำนวน 20 มิลลิลิตร นำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ นาน 20 นาที นำน้ำข้าวต้ม (Gruel) มาทำให้แห้งบนจานอลูมิเนียมและอบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้น นำจานอลูมิเนียมมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณของแข็งที่สูญเสียไป

$$\textbf{ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำข้าวต้ม}}{\text{น้ำหนักข้าวสาร}} \times 100$$

6) การวัดความคงตัวของแป้งสุก

โดยบดแป้งข้าวขนาด 100 เมช ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 100 มิลลิกรัม ปิเปตเอทานอล 95 % ที่มีส่วนผสมของสารบรอมไทมอลบลู 0.025 % จำนวน 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนเขย่า ปิดหลอดทดลองด้วยลูกแก้ว นำหลอดทดลองดังกล่าวไปต้มในน้ำเดือดนาน 8 นาที และนำไปทำให้เย็นในน้ำแข็งนาน 20 นาที จากนั้นนำหลอดทดลองไปวางบนกระดาษกราฟนาน 1 ชั่วโมง เพื่อวัดอัตราการไหลของ เจลแป้งในหลอดทดลอง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) โดยทำการเปรียบเทียบลักษณะเจลมาตรฐาน 3 แบบ คือ เจลนุ่ม (ความยาวของเจลแป้ง 61-100 มิลลิเมตร) เจลนุ่มปานกลาง (ความยาวของเจลแป้ง 41-60 มิลลิเมตร) และเจลแข็ง (ความยาวของเจลแป้ง 26-40 มิลลิเมตร)

ทำการวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สำหรับ Windows version 17.0

3.1.2.4 ศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกจะใช้วิธี Back extrusion ดัดแปลงตามวิธีของ Anonymous (1994) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) เพื่อวัดความแข็ง และความเหนียวของข้าวสุก โดยบรรจุข้าวสุกจำนวน 15 กรัม ลงใน Test cell รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ใช้หัววัดแผ่นขนานรูปทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ซึ่งต่อกับ Load cell ของเครื่อง ความเร็วของหัววัดที่เคลื่อนที่ลงมาก่อนสัมผัสข้าวสุก (Pre-test speed) 2.0 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ลงในเนื้อข้าวสุก (Test speed) 1.0 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ขึ้นจากข้าวสุก (Post-test speed) 10 มิลลิเมตร/วินาที และระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ลงในเนื้อข้าวสุกเท่ากับ 15 มิลลิเมตร

วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่ผ่านการเร่งความเก่า เปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวใหม่ และข้าวเก่าตามธรรมชาติ ในแต่ละการทดลองทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สำหรับ Windows version 17.0

3.2 การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

3.2.1 วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) วัตถุดิบ

1.1) ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นที่ใช้ คือ ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดงข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้ง ได้จากกลุ่มเกษตรอินทรีย์บ้านลิ่มทอง หมู่ 4 ต.หนองโบสถ์ อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์ ปีการเพราะปลูก 2557/58 มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่า 4 เดือน และข้าวจิ๊บ ข้าวเหลืองประทิว ข้าวขาวตาแห้งและข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยสภาวะที่เหมาะสม (ใช้สภาวะที่ได้จากโครงการวิจัยย่อยที่ 1 ของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นแต่ละสายพันธุ์)

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ใช้ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้ง

การผลิตขนมน้ำดอกไม้ ใช้ข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดง

1.2) แป้งมันสำปะหลัง (ตราปลามังกร) ผลิตโดยโรงงานแป้งมันไทยทำ ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล ตงจั่น ชลบุรี

2) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) เมทานอล (Methanol)

2) เอทานอล (Ethanol)

3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)

4) กรดอะซิติก (Acetic acid)

5) ไอโอดีน (Iodine, I_2)

6) โพเทโทแอมิโลสมาตรฐาน

7) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)

8) กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid)

9) Sodium azide (NaN_3)

10) กรดบอริก (Boric acid)

11) กรดซิติก (Citric acid)

12) โพสแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide)

13) เอธิลอะซิเตท (Ethyl acetate)

3) อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์

1) บีกเกอร์ขนาด 50, 100 และ 250 มิลลิลิตร
2) กระบอกตวงขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
3) ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 5, 10, 25, 50 และ 100 มิลลิลิตร
4) หลอดทดลอง
5) หลอดทดลองฝาเกลียว
6) ถ้วยหาความชื้น (Moisture can)
7) ปิเปต ขนาด 1, 5, 10 20 และ 25 มิลลิลิตร
8) ลังถึง
9) ถาดอะลูมิเนียมขนาด 9 x 9 x 1½ นิ้ว
10) นาฬิกาจับเวลา
11) เครื่องปั่น (Blender)
12) เครื่องกะเทาะเปลือกข้าว
13) เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
14) เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
15) โถดูดความชื้น (Desiccator)
16) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
17) เครื่องอบแห้ง (Hot air oven)
18) เครื่องบดข้าว (Laboratory mill)
19) เครื่องแยกตระแกรงร่อน (Sieve Shaker)
20) ตู้อบลมร้อน (Cabinet Dryer)
21) เครื่องวัดความหนืด (viscometer)
22) เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)
23) เครื่องวัดสี (Hunter lab)
24) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)
25) เครื่องปิดผนึกด้วยสุญญากาศ
26) เครื่องเขย่าสารแนวราบ

3.2.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1) การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

1.1) การเตรียมแป้งข้าว

นำข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งมาสีเปลือกออก บดให้เป็นผงละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 60 เมช บรรจุใส่ถุงโพลีเอทิลีน ปิดผนึกถุงภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกว่าจะใช้งาน

จะได้แป้งข้าว 2 ตัวอย่างของแต่ละสายพันธุ์ คือ แป้งที่ได้จากข้าวเก่าตามธรรมชาติ และแป้งที่ได้จากข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยสภาวะที่เหมาะสม

1.2) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของน้ำแป้งผสม

นำน้ำแป้งที่ได้จากการผสมระหว่างแป้งข้าวเก่าตามธรรมชาติกับแป้งมันสำปะหลัง และน้ำแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยสภาวะที่เหมาะสมกับแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้แป้งข้าวเข้มข้นร้อยละ 35 และแปรผันอัตราส่วนแป้งข้าวต่อแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 50:50 โดยน้ำหนัก มาวิเคราะห์คุณสมบัติดังต่อไปนี้

- วิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส ดัดแปลงตามวิธีของ Julino (1971)
- วิเคราะห์ความคงตัวของแป้งสุก
- วิเคราะห์ความหนืดของน้ำแป้งที่อุณหภูมิห้อง

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สำหรับ Windows version 17.0

1.3) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยว

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

นำแป้งข้าวพันธุ์ท้องถิ่นทั้ง 2 สายพันธุ์ ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 50:50 โดยน้ำหนัก มาทำการผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยใช้แป้ง 350 กรัม ผสมกับน้ำ 1000 กรัม บ่มน้ำแป้งทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำแป้งดูดน้ำได้เต็มที่ จากนั้นเทส่วนผสม 100 มิลลิลิตร ลงในถาดอะลูมิเนียมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 25×35 ตาราง

เซนติเมตร ที่ทาน้ำมันพืชทิ้งไว้ ทำการเอียงถาดไปมา จนน้ำแป้งกระจายทั่วถาด อย่างสม่ำเสมอ นำไปนึ่งในลังถึงที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปิดฝาทำการนึ่งนาน 3 นาที นำออกจากถาด และผึ่งบนตะแกรงนาน 1 ชั่วโมง ใช้มีดตัดเป็นเส้นที่มีความกว้าง 3 เซนติเมตร และนำไปอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ดังนี้

1.3.1) วิเคราะห์ปริมาณชื้นก่อนและหลังอบแห้ง ตามวิธี AOAC (2000)

1.3.2) วิเคราะห์ค่าสีหลังปรุงสุก ดัดแปลงตามวิธีของกมลทิพย์ (2556)

โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวลวกในน้ำเดือดนาน 1.5 นาที จัดรียงเส้นก๋วยเตี๋ยวให้เรียงตัวโดยพันรอบแกนไม้บรรทัด และนำไปทดสอบค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab ที่ใช้รูเปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร

1.3.3) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว

1) วัดค่าความเหนียวโดยการวัดค่าแรงดึง (tensile test) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวในแต่ละสิ่งทดลองขนาด 5 × 13 ตารางเซนติเมตร (ดัดแปลงจาก Nussinovitch และคณะ, 1990) วัดค่าแรงดึงโดยใช้อัตราเคลื่อนที่เท่ากับ 3 มิลลิเมตร/นาที ทำการดึงเป็นระยะทาง 80% ของความยาวตัวอย่าง

2) วัดค่าแรงตัด โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยว 10 กรัม ต้มในน้ำกลั่นเดือด 150 มิลลิลิตร นาน 1.5 นาที เทน้ำทิ้งและนำไปทดสอบค่าแรงตัดโดยใช้เครื่อง texture analyzer ใช้หัวตัดขนาด 30 องศา และตั้งความเร็วของหัวตัดเท่ากับ 250 มิลลิเมตร/นาที บันทึกค่าแรงตัดสูงสุด

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สำหรับ Windows version 17.0

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมต่างๆ ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลัง	**แป้งข้าวเจ้า (กรัม)**	**แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)**	**น้ำ (กรัม)**	**เกลือ (ช้อนชา)**

100:0	350	0	1000	½
90:10	315	35	1000	½
80:20	280	70	1000	½
70:30	245	105	1000	½
60:40	210	140	1000	½
50:50	175	175	1000	½

1.4) ศึกษาความแตกต่างและการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อเส้นก๋วยเตี๋ยว

คัดเลือกเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการผสมระหว่างแป้งข้าวเก่าตามธรรมชาติกับแป้งมันสำปะหลัง และเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยสภาวะที่เหมาะสมกับแป้งมันสำปะหลังจากอัตราส่วนที่ดีที่สุด อย่างละ 2 สูตร มาทดสอบความแตกต่างของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตได้อย่างมาตรฐาน (จำหน่ายทางการค้า) โดยวิธี 9- point hedonic sale ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และด้านความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2) การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

2.1) วัตถุดิบและการเตรียมตัวอย่างการเตรียมแป้งข้าว

2.1.2) วัตถุดิบ

แป้งมันสำปะหลัง (ตราปลามังกร) ผลิตโดย โรงงานแป้งมันไทยทำห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล ตงจั่น ชลบุรี

ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นที่ใช้ คือ ข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดง ได้จากกลุ่มเกษตรอินทรีย์บ้านลิ่มทอง หมู่ 4 ต.หนองโบสถ์ อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์ ปีการเพราะปลูก 2557/58 มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่า 4 เดือน และข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยสภาวะที่เหมาะสม (ใช้สภาวะที่ได้จากโครงการวิจัยย่อยที่ 1 ของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นแต่ละสายพันธุ์)

2.1.2) การเตรียมแป้งข้าว

นำข้าวพันธุ์ท้องถิ่นมาสีเปลือกออก โม่ด้วยวิธีโม่น้ำ โดยการนำขาวเจ้าที่ผานการคัดแยกสิ่งสกปรกออกแลวมาแชน้ำอยางนอย 3-4 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำไปโมให ละเอียดจะไดแปงออกมาและนำแปง ที่ไดไปอบแหงโดยใชตูอบลมรอนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เปนเวลา 4 ชั่วโมง จะไดแปงแหง จากนั้นนำไปบดหยาบและบดละเอียดแล้วร่อนผานตะแกรงขนาด 0.12 มิลลิเมตร

2.2) สูตรขนมน้ำดอกไม้ควบคุม

ในการทดลองนี้ สูตรควบคุมของขนมน้ำดอกไม้ ดัดแปลงจากสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว อัตราส่วนผสมต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สูตรขนมน้ำดอกไม้ (สูตรควบคุม)

วัตถุดิบ	ปริมาณ
แป้งข้าวเจ้า	90 กรัม
แป้งมันสำปะหลัง	30 กรัม
น้ำลอยดอกมะลิ	200 กรัม
น้ำตาลทราย	130 กรัม
น้ำสำหรับทำน้ำเชื่อม	150 กรัม

ที่มา : ดัดแปลงจากสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

วิธีทำขนมน้ำดอกไม้

1. ละลายน้ำตาลทรายกับน้ำ ตั้งไฟพอละลาย กรองแล้วยกลง
2. ใส่สีผสมอาหารในน้ำเชื่อมตามชอบ
3. ผสมแป้งทั้ง 2 ชนิด เข้าด้วยกัน นวดกับน้ำลอยดอกมะลิจนแป้งดูดน้ำเต็มที่ใส่น้ำที่เหลือจนหมด
4. ใส่น้ำเชื่อมที่เตรียมไว้ ลงไปคนให้เข้ากัน

5. ใส่น้ำในลังถึง ประมาณ 3/4 ของลังถึง แล้วตั้งน้ำให้เดือดใช้ไฟแรง

6.วางถ้วยตะไลขนาดเล็กห่างกันพอที่ไอน้ำจะขึ้นได้ ลงในลังถึงนึ่งถ้วยประมาณ 5 นาที จนถ้วยร้อน ยกลังถึงลง ตักขนมหยอดให้เต็มถ้วย ยกขึ้นตั้งไปนึ่งต่อประมาณ 15 นาทีจนสุกยกลง หล่อด้วยน้ำเย็น แกะออกจากถ้วย ลักษณะขนมควรจะนุ่มตรงกลาง

2.3) ศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวต่อน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

นำแป้งข้าวพันธุ์ท้องถิ่นทั้ง 2 สายพันธุ์ มาแปรรูปเป็นขนมน้ำดอกไม้โดยใช้อัตราส่วนผสมตามสูตรควบคุม แต่มีการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนแป้งข้าวต่อน้ำตาล ดังนี้ 0:100 30:70 40:60 50:50 และ 60:40 (ตารางที่ 3.3) ตรวจสอบคุณภาพของขนมน้ำดอกไมทางกายภาพ โดยการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1) ศึกษาลักษณะทางกายภาพด้านความเหนียว ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ ลักษณะรอยบุ๋ม ความยาก-ง่ายในการแกะออกจากพิมพ์ โดยใช้วิธีบรรยายลักษณะปรากฏเปรียบเทียบขนมน้ำดอกไม้แต่ละสูตรที่พัฒนาขึ้น

2) วิเคราะห์คาสีดวยเครื่องวัดสี Hunter Lab

โดยใช้หลอดชนิด daylight color mode D 65 มุมตกกระทบ 10 องศา ซึ่งจะบรรยายค่าสีของข้าวในเทอมของพารามิเตอร์ L* a* b* โดยค่า L* เป็นค่าที่ใช้บอกถึงความสว่างของข้าว โดยมีสเกลจากดำถึงขาว (0-100) ค่า a* เป็นค่าที่ใช้บอกถึงความเป็นสีแดงและสีเขียว (+a ถึง -a) ค่า b* เป็นค่าที่ใช้บอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (+b ถึง -b) ทำการศึกษาโดยสุ่มข้าวสารที่ได้จากการเร่งความเก่า 30 กรัม มาตรวจวัดพร้อมทั้งอ่านค่า L* a* b* ที่ได้และนำค่าไปวิเคราะห์ผล

3) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer

โดยใช load cell ขนาด 500 นิวตัน หัวทดสอบแบบหัวกดเสนผานศูนยกลาง 5 เซนติเมตร ความเร็วของหัวทดสอบเทากับ 20 มิลลิเมตรตอนาที

4) วิเคราะห์ค่าวอเตอแอคติวิตี้ (water activity, a_w)

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) วิเคราะห์ความ

แปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สำหรับ Windows version 17.0

2.4) ศึกษาการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อขนมน้ำดอกไม้

คัดเลือกขนมน้ำดอกไม้ 2 สูตรที่มีการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนแป้งข้าวต่อน้ำตาลที่ดีที่สุดจากการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ มาทดสอบการยอมรับโดยเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบ 9- point hedonic sale จาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) ปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบ ไดแก ลักษณะการบุม ความมันวาว กลิ่นรวม รสหวาน เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ประเมินโดยผูทดสอบที่ไมผานการฝึกฝนจำนวน 30 คน เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนผสมต่างๆ ในการผลิตขนมน้ำดอกไม้

อัตราส่วน	แป้งข้าวเจ้า (กรัม)	แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	แป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่า (กรัม)	น้ำตาล (กรัม)	น้ำลอยดอกมะลิ (กรัม)	น้ำสำหรับทำน้ำเชื่อม (กรัม)
0:100	80	30	10	130	200	150
30:70	80	30	49	91	200	150
40:60	80	30	62	78	200	150
50:50	80	30	75	65	200	150
60:40	80	30	88	52	200	150

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
BURIRAM RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

แผนการวิจัยการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์และการประยุกต์ใช้ข้าวเก่าในผลิตภัณฑ์อาหารนี้ ได้ศึกษาข้าวพันธุ์ท้องถิ่นทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้ง

ภาพที่ 4.1 ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งหลังกะเทาะเปลือก

4.1 การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน

โดยตัวอย่างข้าวเปลือกแต่ละสายพันธุ์ที่นำมาใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) ข้าวเปลือกใหม่ที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 1 เดือน
2) ข้าวเปลือกใหม่ที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยว 3 เดือน
3) ข้าวเปลือกเก่าที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยว 6 เดือน
4) ข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าโดยวิธีอบลมร้อน

4.1.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวเปลือก

จากการทดลองได้มีการวิเคราะห์คุณภาพการสี ได้แก่ ผลผลิตข้าวรวม ผลผลิตต้นข้าว และค่าความขาวของข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า การเร่งความเก่าที่อุณหภูมิต่างๆ ข้าวจิ๊บมีผลผลิตต้นข้าวและผลผลิตข้าวรวมอยู่ในช่วงร้อยละ 70.50-65.59 และ 75.86-72.38 ตามลำดับ โดยผลลิตต้นข้าวของข้าวจิ๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างทาง

สถิติกับการเร่งความเก่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ($p>0.05$) และข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่าง (L*) สูงที่สุด คือ 30.52 ($p\leq0.05$) ผลของระยะเวลาในการเร่งความเก่าของข้าวจี๊บ พบว่า การเร่งความเก่าที่เวลาต่างๆ ด้านผลผลิตต้นข้าวและผลผลิตข้าวรวมทุกสภาวะไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนค่าความสว่าง พบว่า การเร่งความเก่านาน 3 ชั่วโมง มีค่า L* สูงที่สุดคือ 30.69 ($p\leq0.05$) แสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ผลของอุณหภูมิในการเร่งความเก่าของข้าวหอมมะลิแดง พบว่า การเร่งความเก่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ผลผลิตต้นข้าวสูงที่สุดคือ ร้อยละ 67.64 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเร่งความเก่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ($p>0.05$) ค่า L* ของข้าวอยู่ในช่วง 25.00-27.74 ซึ่งการเร่งความเก่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่า L* สูงที่สุด คือ 27.74 ($p\leq0.05$) ผลของระยะเวลาในการเร่งความเก่าของข้าวหอมมะลิแดง พบว่า ทุกระยะเวลาในการเร่งความเก่า ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่า L* อยู่ในช่วง 66.60-66.84 69.61-69.82 และ 26.09-26.34 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.1 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าอุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ผลผลิตต้นข้าว	ผลผลิตข้าวรวม	L*	a*	b*
80 °C	65.59±1.38^{b}	72.38±2.41^{b}	30.52±1.77^{a}	12.70±0.46^{a}	12.65±1.93^{a}
90 °C	69.38±1.62^{a}	73.06±1.36^{b}	28.21±2.21^{b}	10.83±0.87^{c}	9.41±1.94^{b}
100 °C	70.50±0.93^{a}	75.86±1.01^{a}	27.21±1.39^{b}	11.68±0.56^{b}	9.76±1.28^{b}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b, c}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ที่อุณหภูมิต่างๆ

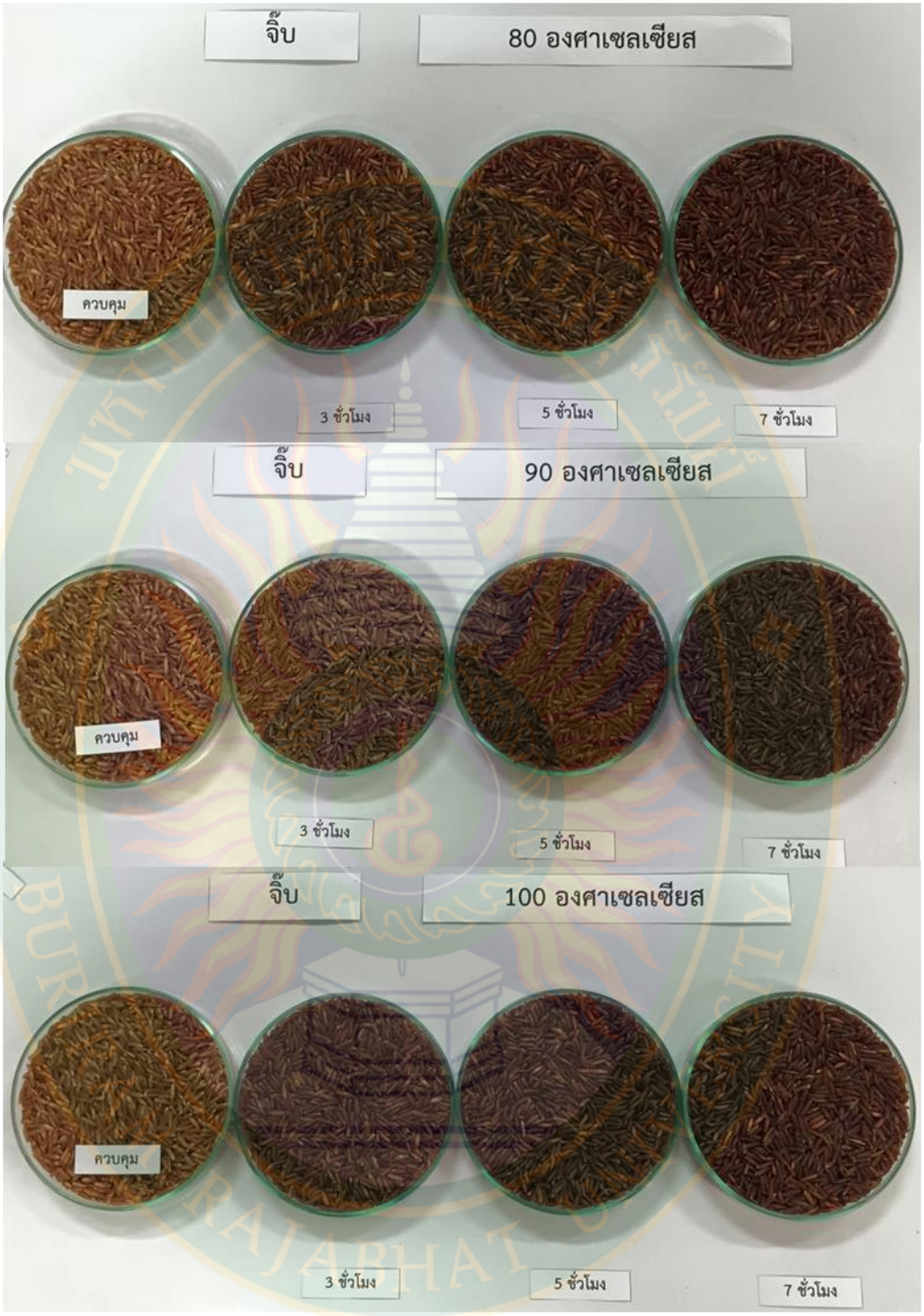
ตารางที่ 4.2 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าเวลา 3 5 และ 7 ชั่วโมง

เวลา	ผลผลิตต้นข้าว^{ns}	ผลผลิตข้าวรวม^{ns}	L*	a*^{ns}	b*
3 hr.	68.00±2.15	73.28±3.57	30.69±1.59^{a}	12.40±0.60	12.54±1.64^{a}
5 hr.	68.91±2.68	73.94±1.82	28.20±2.13^{b}	11.73±1.00	10.30±2.15^{b}

7 hr.	68.56±3.00	74.08±0.64	27.04±1.19^{b}	11.08±1.01	8.97±1.25^{b}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่เวลาต่างๆ

^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.2 ข้าวจิ๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าที่สภาวะต่างๆ

ตารางที่ 4.3 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่า อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ผลผลิตต้นข้าว	ผลผลิตข้าวรวม^{ns}	L*	a*	b*^{ns}
80 °C	65.65±1.66^{b}	69.25±0.93	27.74±1.41^{a}	12.95±0.30^{a}	12.29±0.80
90 °C	66.79±0.95^{ab}	69.80±0.44	25.00±0.32^{b}	11.68±0.47^{b}	9.86±0.48
100 °C	67.64±0.76^{a}	70.01±0.75	26.07±1.57^{b}	11.27±0.71^{b}	10.71±2.87

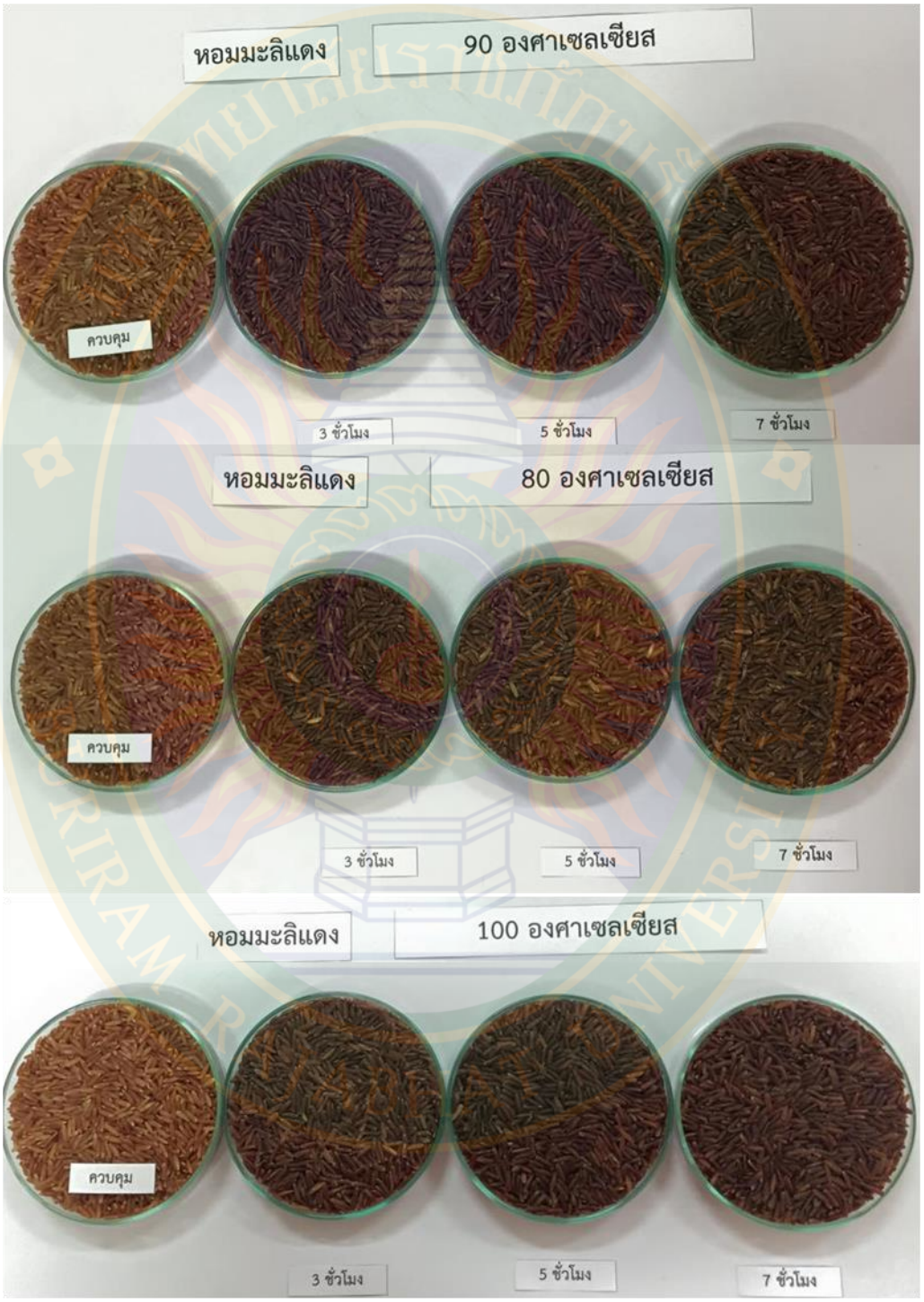
หมายเหตุ อักษร $^{a, b}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิต่างๆ

^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.4 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่า เวลา 3 5 และ 7 ชั่วโมง

เวลา	ผลผลิตต้นข้าว^{ns}	ผลผลิตข้าวรวม^{ns}	L*^{ns}	a*^{ns}	b*^{ns}
3 hr.	66.64±0.92	69.64±0.47	26.34±1.57	12.21±0.80	11.65±2.52
5 hr.	66.84±0.97	69.82±0.57	26.09±1.69	11.96±0.95	10.72±1.37
7 hr.	66.60±2.19	69.61±1.19	26.38±1.94	11.73±1.00	10.50±1.90

หมายเหตุ ^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.3 ข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่าที่สภาวะต่างๆ

ผลของอุณหภูมิในการเร่งความเก่าของข้าวเหลืองประทิว พบว่า การเร่งความเก่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ผลผลิตต้นข้าวและผลผลิตข้าวรวมสูงที่สุดคือ ร้อยละ 68.87 และ 72.22 ตามลำดับ ค่า L* ของข้าวเหลืองประทิวอยู่ในช่วง 51.76-57.14 ซึ่งการเร่งความเก่าที่ทุกอุณหภูมิ มีค่า L* สูงที่สุด คือ 57.14 ($p \leq 0.05$) ผลของระยะเวลาในการเร่งความเก่าของข้าวเหลืองประทิว พบว่า ทุกระยะเวลาในการเร่งความเก่า ส่งผลต่อผลผลิตต้นข้าวและผลผลิตข้าวรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ค่า L* พบว่า ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่านาน 3 ชั่วโมงมีค่าความสว่างสูงที่สุด (55.79) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าอุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ผลผลิตต้นข้าว	ผลผลิตข้าวรวม	L*	a*	b*^{ns}
80 °C	63.70±1.24^{b}	68.99±1.08^{b}	57.14±2.17^{a}	6.43±0.52^{b}	26.42±0.14
90 °C	68.87±0.83^{a}	72.22±0.34^{a}	51.76±2.59^{b}	7.47±1.06^{a}	27.70±0.81
100 °C	68.42±0.46^{a}	71.93±0.49^{a}	52.41±2.10^{b}	7.84±0.63^{a}	27.85±1.73

หมายเหตุ อักษร $^{a, b}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิต่างๆ

^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

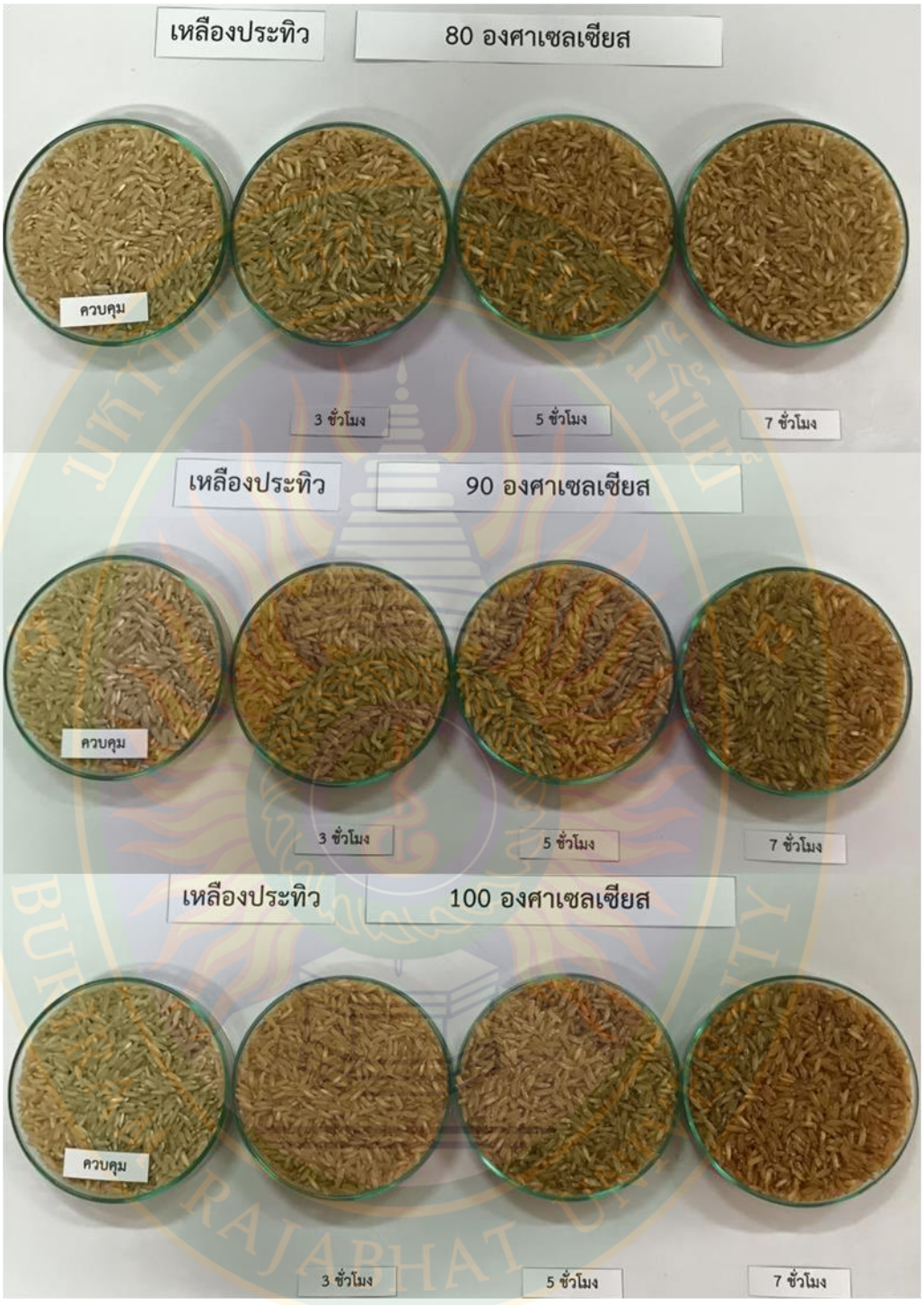
ตารางที่ 4.6 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าเวลา 3 5 และ 7 ชั่วโมง

เวลา	ผลผลิตต้นข้าว^{ns}	ผลผลิตข้าวรวม^{ns}	L*	a*^{ns}	b*^{ns}
3 hr.	67.22±1.40	70.77±2.01	55.79±2.56^{a}	6.85±0.84	27.75±2.08

5 hr.	66.84±1.00	71.52±0.91	54.18±2.74^{ab}	7.12±0.40	27.54±0.43
7 hr.	66.60±2.20	70.84±1.98	51.34±3.21^{b}	7.77±1.30	26.67±1.08

หมายเหตุ อักษร $^{a, b}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่เวลาต่างๆ

^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.4 ข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่สภาวะต่างๆ

ผลของอุณหภูมิในการเร่งความเก่าของข้าวขาวตาแห้ง พบว่า การเร่งความเก่าที่ทุกอุณหภูมิ ส่งผลต่อผลผลิตต้นข้าวอยู่ในช่วงร้อยละ 66.21-66.65 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ด้านผลผลิตข้าวรวมพบว่าการเร่งความเก่าของข้าวขาวตาแห้งที่อุณหภูมิสูง คือ 100 องศาเซลเซียส ได้ผลผลิตข้าวรวมสูงที่สุด คือ ร้อยละ 73.97 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเร่งความเก่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 71.88) ค่า L* ของข้าวขาวตาแห้งอยู่ในช่วง 56.89-53.01 ซึ่งการเร่งความเก่าที่อุณหภูมิต่ำ คือ 80 องศาเซลเซียส มีค่า L* สูงที่สุด คือ 56.89 ($p\leq0.05$) ผลของระยะเวลาในการเร่งความเก่าของข้าวขาวตาแห้ง พบว่า ทุกระยะเวลาในการเร่งความเก่า ส่งผลต่อผลผลิตต้นข้าวและผลผลิตข้าวรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ค่า L* ของข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าอยู่ในช่วง 52.63-56.64 การเร่งความเก่านาน 3 ชั่วโมง มีค่า L* สูงที่สุด คือ 56.64 ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าอุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ผลผลิตต้นข้าว^{ns}	ผลผลิตข้าวรวม	L*	a*	b*^{ns}
80 °C	66.38±1.32	71.88±0.47^{ab}	56.89±1.08^{a}	6.45±0.36^{b}	27.83±0.58^{b}
90 °C	66.65±3.24	69.82±3.06^{b}	53.48±2.30^{b}	6.17±0.25^{b}	27.42±0.51^{b}
100 °C	69.21±1.93	73.97± 0.60^{a}	53.01±2.74^{b}	9.23±1.87^{a}	30.54±1.09^{a}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ที่อุณหภูมิต่างๆ

^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

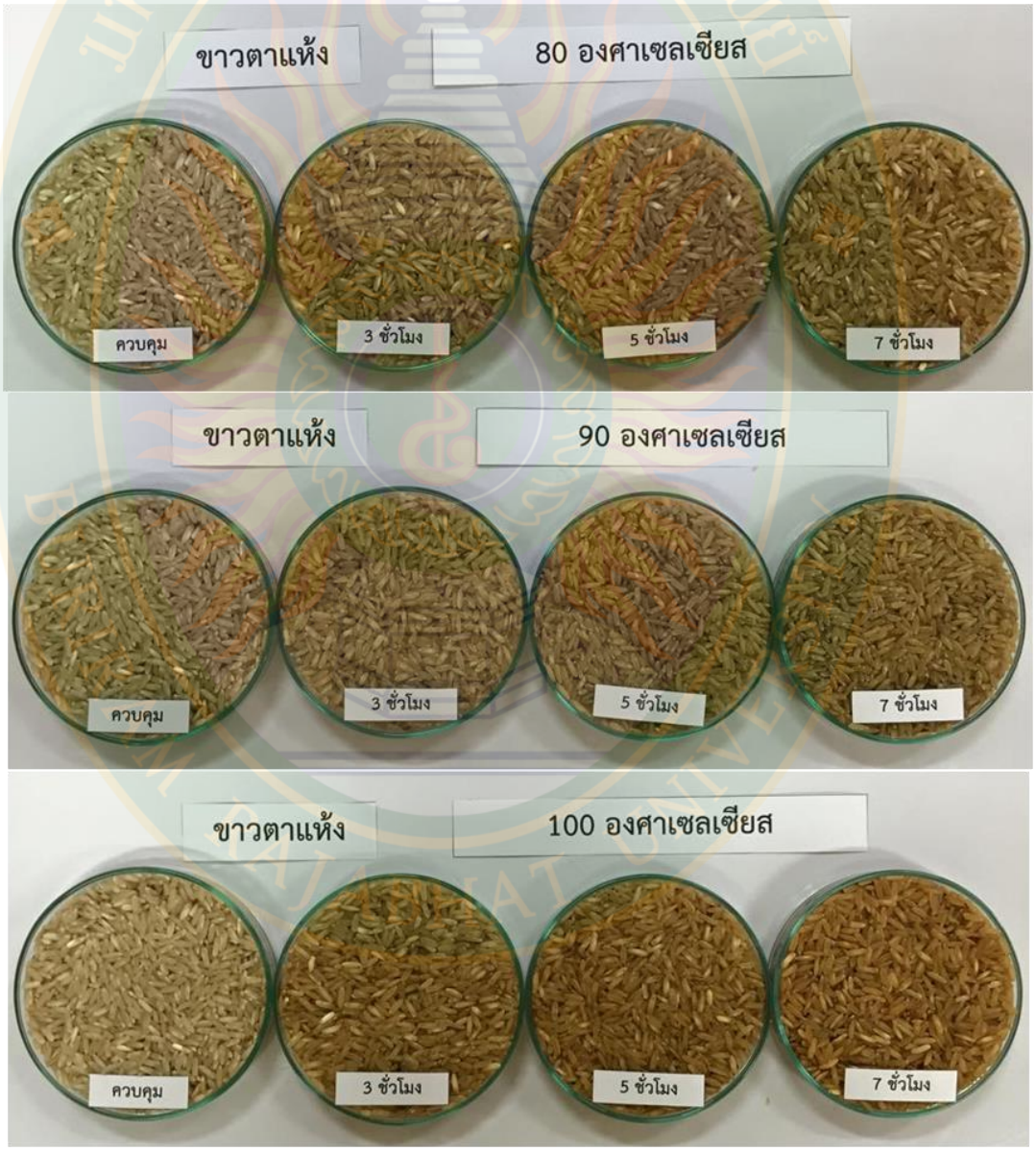
ตารางที่ 4.8 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าสี ของข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเวลา 3 5 และ 7 ชั่วโมง

เวลา	ผลผลิตต้นข้าว^{ns}	ผลผลิตข้าวรวม^{ns}	L*	a*^{ns}	b*^{ns}
3 hr.	66.60±3.48	71.2±3.79	56.64±1.32^{a}	6.43±0.71	28.12±1.29
5 hr.	67.17±2.22	72.39±1.95	54.13±2.04^{ab}	7.37±1.30	28.84±1.32

7 hr.	68.46±1.61	72.07±1.15	52.63±3.00[b]	8.06±2.60	28.82±2.21

หมายเหตุ อักษร [a, b] ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่เวลาต่างๆ

[ns] แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.5 ข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่สภาวะต่างๆ

การอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้บริเวณพื้นผิวของเมล็ดข้าวสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างแรงดึงและความเค้นบีบอัด (compressive stress) จากการเกิดเกรเดียนท์ความชื้นภายในเมล็ดข้าวระหว่างบริเวณพื้นผิวและจุดกึ่งกลางของเมล็ดข้าว ส่งผลให้เมล็ดข้าวเกิดรอยร้าวและมีข้าวหักเพิ่มสูงในระหว่างการขัดสี อุณหภูมิการอบแห้งที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความขาวของข้าวลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น

สภาวะที่เหมาะสมในเร่งความเก่าของข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ คือ การเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C นาน 3 ชั่วโมง เหมาะกับข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง และข้าวเหลืองประทิว ส่วนข้าวขาวตาแห้งสภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสม คือ การเร่งความเก่าที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 3 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ

สายพันธุ์ข้าว	สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสม	
	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชั่วโมง)
ข้าวเหลืองประทิว	90	3
ข้าวขาวตาแห้ง	80	3
ข้าวจิ๊บ	90	3
ข้าวหอมมะลิแดง	90	3

4.1.2 ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพบางประการของข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกใหม่และข้าวเปลือกเก่าตามธรรมชาติ

เมื่อทราบสภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวแต่ละสายพันธุ์แล้ว ทีมวิจัยได้นำข้าวที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวที่สภาวะต่างๆ (อายุ 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน) ของแต่ละสายพันธุ์มาเปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยวิธีอบลมร้อนที่คัดเลือก

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นพบว่า ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งทุกสภาวะมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10.64-12.43 10.67-12.09 10.38-12.34 และ 10.23-12.19 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) โดยสภาวะข้าวอายุ 1 เดือน มีปริมาณความชื้นที่สูง และปริมาณความชื้นลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ ส่วนข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าทุกสายพันธุ์มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 11.73-12.34 โดยทุกสภาวะของข้าวทุกสายพันธุ์สามารถเก็บรักษาได้ เนื่องจาก มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ14

ตารางที่ 4.10 ปริมาณความชื้น แอมิโลสและความคงตัวของแป้งสุกของข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่สภาวะต่างๆ

สายพันธุ์	สภาวะ	ความชื้น	แอมิโลส	ความคงตัวของแป้งสุก
ข้าวจิ๊บ	อายุ 1 เดือน	12.43 ± 0.10^{a}	14.41 ± 0.17^{c}	31.00 ± 7.07^{b}
	อายุ 3 เดือน	11.50 ± 0.25^{b}	19.40 ± 1.11^{b}	36.50 ± 7.78^{b}
	อายุ 6 เดือน	10.64 ± 0.08^{c}	21.88 ± 0.27^{a}	37.50 ± 3.54^{b}
	เร่งความเก่า	11.80 ± 0.02^{b}	22.31 ± 0.35^{a}	71.00 ± 1.41^{a}
ข้าวหอมมะลิแดง	อายุ 1 เดือน	11.73 ± 0.14^{a}	20.96 ± 0.04^{a}	26.00 ± 0.00^{b}
	อายุ 3 เดือน	12.09 ± 0.22^{a}	15.00 ± 0.03^{d}	34.00 ± 1.41^{b}
	อายุ 6 เดือน	10.67 ± 0.03^{b}	15.66 ± 0.17^{c}	40.50 ± 6.36^{ab}
	เร่งความเก่า	11.73 ± 0.14^{a}	15.89 ± 0.10^{b}	67.00 ± 18.38^{a}
ข้าวเหลืองประทิว	อายุ 1 เดือน	11.05 ± 0.00^{b}	22.78 ± 0.34^{c}	27.50 ± 0.71^{b}
	อายุ 3 เดือน	11.05 ± 0.00^{b}	21.77 ± 0.08^{d}	28.00 ± 0.00^{b}
	อายุ 6 เดือน	10.38 ± 0.01^{b}	26.37 ± 0.21^{a}	28.50 ± 3.54^{b}
	เร่งความเก่า	12.34 ± 0.71^{a}	24.18 ± 0.36^{b}	40.50 ± 2.12^{a}
ข้าวขาวตาแห้ง	อายุ 1 เดือน	12.19 ± 0.03^{a}	19.52 ± 0.26^{d}	25.50 ± 0.71^{ns}

	อายุ 3 เดือน	11.64±0.01^{c}	20.11±0.08^{c}	27.50±0.71^{ns}
	อายุ 6 เดือน	10.23±0.09^{d}	24.10±0.02^{a}	29.50±2.12^{ns}
	เร่งความเก่า	11.98±0.04^{b}	22.27±0.31^{b}	30.50±4.95^{ns}

หมายเหตุ อักษร ^{a,b,c,d} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่สภาวะต่างๆ

^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปริมาณแอมิโลสของข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งทุกสภาวะอยู่ในช่วงร้อยละ 14.41-22.31 15.00-20.96 21.77-26.37 และ 19.52-24.10 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากปริมาณแอมิโลสพบว่า ข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดงจัดเป็นข้าวที่มีแอมิโลสต่ำ เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะเหนียวนุ่ม ส่วนข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งจัดเป็นข้าวที่มีแอมิโลสปาน กลางถึงสูง เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะร่วนและค่อนข้าวแข็ง จากการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าสภาวะของอายุข้าวหลังการเก็บเกี่ยวและการนำข้าวใหม่มาเร่งความเก่ามีผลต่อปริมาณแอมิโลส โดยข้าวจิ๊บ ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าและอายุ 6 เดือน มีปริมาณแอมิโลสสูงกว่าข้าวสายพันธุ์เดี่ยวกันที่มีอายุ 3 เดือน และ 1 เดือน ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) ส่วนข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณแอมิโลสสูงกว่าข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือน และ 3 เดือน ตามลำดับ แต่มีปริมาณแอมิโลสต่ำกว่าข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 1 เดือน (ตารางที่ 4.10) ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับจุฑารพ หยาดไธสง และสมชาย ชวนอุดม (2556) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบต่อคุณภาพข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ พบว่า การอบแห้งข้าวทำให้ปริมาณแอมิโลสเพิ่มสูงขึ้นและสอดคล้องกับงานวิจัยของสิริชัย ส่งเสริมพงษ์ (2554) ที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าส่งผลให้สมบัติการดูดซับน้ำ การพองตัว การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งและ

ปริมาณแอมิโลสเพิ่มสูงขึ้น แต่แตกต่างจากงานวิจัยของอารีรัตน์ อิ่มศิลป์ และกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ (2013) ที่พบว่าปริมาณแอมิโลส ของข้าวหอมมะลิเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนไม่มีความแตกต่างกับข้าวประเภทอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความคงตัวของแป้งสุกของข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งทุกสภาวะอยู่ในช่วง 31.00-71.00 26.00-67.00 27.50-40.50 และ 25.50-30.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) เมื่อพิจารณาระยะทางที่แป้งไหลพบว่า อายุการเก็บรักษาข้าวและการนำข้าวใหม่มาเร่งความเก่ามีผลต่อความคงตัวของแป้งสุกของข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง และข้าวเหลืองประทิว ซึ่งการเร่งความเก่าทำให้ค่าความคงตัวของแป้งสุกลดลง โดยข้าวจิ๊บ และข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีระยะทางที่น้ำแป้งไหลสูงกว่าข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือน 3 เดือน และ 1 เดือน ($p \leq 0.05$) แต่ข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าความคงของแป้งสุกตัวไม่แตกต่างกับข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือน ($p > 0.05$) ส่วนข้าวขาวตาแห้งทุกสภาวะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.10) Karbassi and Mehdizadeh (2008) รายงานว่า ความคงตัวของแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมิโลส ข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูงค่าความคงตัวของแป้งสุกจะต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกลดลง เนื่องจากโมเลกุลของแอมิโลสแตกตัวเป็นโมเลกุลที่เล็กลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wiset et al. (2001) ที่พบว่าข้าวที่ผ่านการอบลดความชื้นที่อุณหภูมิสูงด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดจะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกลดลง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อารีรัตน์ อิ่มศิลป์ และกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ (2013) ที่พบว่า ข้าวหอมมะลิเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนจะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกสูงกว่าข้าวหอมมะลิใหม่ตามธรรมชาติ และข้าวหอมมะลิใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งทุกสภาวะอยู่ในช่วงร้อยละ 0.04-0.48 0.06-0.46 0.04-0.25 และ 0.04-0.27 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11) เมื่อพิจารณาอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของข้าวทุกสายพันธุ์ พบว่าอายุข้าวและการเร่งความเก่ามีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ต่ออัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของข้าว โดยข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของข้าวเพิ่มขึ้นเมื่ออายุของข้าวเพิ่มขึ้น ส่วนสภาวะการเร่งความเก่าของข้าวส่งผลให้อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของข้าวเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยข้าวจิ๊บที่ผ่านการเร่งความเก่ามีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวสูงกว่าข้าวอายุ 6 เดือน 3 เดือน และ 1 เดือน ตามลำดับ และข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่ามีอัตราส่วนความกว้าง

ต่อความยาวต่ำกว่าข้าวอายุ 6 เดือน แต่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวสูงกว่าข้าวอายุเกี่ยว 3 เดือน และ 1 เดือน ส่วนข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่ามีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับข้าวอายุ 6 เดือน แต่มีค่าอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวสูงกว่าข้าวอายุการ 3 เดือน และ 1 เดือน ($p\leq0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของอารีรัตน์ อิ่มศิลป์ และกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ (2013) ที่พบว่า อัตราส่วนความกว้าวต่อความยาวของข้าวสุกเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าสูงกว่าข้าวเก่าตามธรรมชาติที่มีอายุการเก็บรักษานาน 6 เดือน และข้าวใหม่อายุการเก็บรักษานาน 3 เดือน และไม่เกิน 1 เดือน ตามลำดับ ($p\leq0.05$) เนื่องจากการเกิดเจลาติไนเซชันบางส่วนของสตาร์ชข้าวทำให้ผนังเอนโดสเปิร์มของข้าวมีความแข็งแรงมากขึ้น มีผลทำให้สตาร์ชดูดซึมน้ำมาขึ้นในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวจึงขยายปริมาตรเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของเมล็ดข้าวสุก

ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับของข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งทุกสภาวะอยู่ในช่วง 112.73-152.08 129.41-147.27 161.49-180.60 และ 117.16-201.23 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11) ข้าวจิ๊บที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ 130.85 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับข้าวอายุ 3 เดือน (130.65) และ 6 เดือน (152.08) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวอายุ1 เดือน (112.73) ส่วนข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ 147.27 ซึ่งไม่แตกต่างกับข้าวอายุ 3 เดือน และ 6 เดือน แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวอายุ 1 เดือนในสายพันธุ์เดียวกัน ข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ 145.40 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับข้าวอายุ 3 เดือน (136.99) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) กับข้าวอายุ 3 เดือน (136.99) แต่แตกต่างกับข้าวอายุ 1 เดือน (117.16) และ 6 เดือน (201.23) ข้าวที่มีอายุ 6 เดือน (เก่าธรรมชาติ) และการเร่งความเก่าของข้าวส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าข้าวใหม่อาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืดของเม็ดแป้งในระหว่างกระบวนการ

ปริมาณของแข็งที่สูญเสียของข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งทุกสภาวะอยู่ในช่วง 0.77-2.53 1.09-2.15 1.30-2.96 และ 1.44-2.43 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียของข้าวทุกสายพันธุ์ลดลงเมื่ออายุข้าวเพิ่มขึ้น และปริมาณของแข็งที่สูญเสียลดลงมากที่สุดคือ ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่า โดยข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณของแข็งที่

สูญเสีย 0.77 1.09 1.30 และ 1.44 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับข้าวอายุ 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือนในสายพันธุ์เดียวกัน ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ อารีรัตน์ อิ่มศิลป์ และกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ (2013) ที่รายงานว่า ข้าวหอมมะลิที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียต่ำกว่าข้าวหอมมะลิเก่าอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ข้าวหอมมะลิใหม่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน และไม่เกิน 1 เดือน ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณของแข็งที่สูญเสียลดลงเล็กน้อยในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษาและลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษานาน 6 เดือน นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวใหม่มีการแตกตัวของสตาร์ชในระหว่างการหุงต้มสูงทำให้มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียสูงกว่าข้าวเก่า น้ำที่ได้จากการหุงต้มข้าวใหม่จึงมีลักษณะข้นหนืดกว่าข้าวเก่า ในขณะที่ข้าวหอมมะลิที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิสูงจะทำให้สตาร์ชในเมล็ดข้าว เกิดกระบวนการเจลาติไนเซชันบางส่วน และมีความต้านทานต่อการแตกตัวของสตาร์ชในกระบวนการเจลาติไนเซชันได้สูง จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียในน้ำที่ได้จากการหุงต้มลดลงและต่ำกว่าข้าวประเภทอื่นๆ

ตารางที่ 4.11 อัตราส่วนความกว้างต่อความยาว ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับและปริมาณของแข็งที่สูญเสียของข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่สภาวะต่างๆ

สายพันธุ์	สภาวะ	อัตราส่วน	ปริมาณน้ำ	ปริมาณของแข็ง

		ความกว้างต่อความยาว	ที่ข้าวดูดซับ	ที่สูญเสีย
ข้าวจิ๊บ	อายุ 1 เดือน	0.04 ± 0.01^{d}	112.73 ± 13.43^{b}	2.53 ± 0.30^{a}
	อายุ 3 เดือน	0.07 ± 0.01^{c}	130.65 ± 5.32^{ab}	2.23 ± 0.07^{a}
	อายุ 6 เดือน	0.41 ± 0.01^{b}	152.08 ± 0.71^{a}	1.50 ± 0.08^{b}
	เร่งความเก่า	0.48 ± 0.02^{a}	130.85 ± 8.65^{ab}	0.77 ± 0.07^{c}
ข้าวหอมมะลิแดง	อายุ 1 เดือน	0.06 ± 0.01^{c}	129.41 ± 8.40^{b}	2.14 ± 0.21^{a}
	อายุ 3 เดือน	0.08 ± 0.01^{c}	138.05 ± 0.27^{ab}	2.15 ± 0.05^{a}
	อายุ 6 เดือน	0.46 ± 0.04^{a}	145.41 ± 3.61^{a}	1.59 ± 0.21^{b}
	เร่งความเก่า	0.38 ± 0.02^{b}	147.27 ± 1.80^{a}	1.09 ± 0.04^{c}
ข้าวเหลืองประทิว	อายุ 1 เดือน	0.05 ± 0.00^{b}	161.49 ± 7.72^{ns}	2.96 ± 0.21^{a}
	อายุ 3 เดือน	0.04 ± 0.02^{b}	166.24 ± 1.81^{ns}	2.53 ± 0.35^{a}
	อายุ 6 เดือน	0.22 ± 0.01^{a}	180.60 ± 5.49^{ns}	1.90 ± 0.07^{b}
	เร่งความเก่า	0.25 ± 0.03^{a}	167.67 ± 3.42^{ns}	1.30 ± 0.05^{c}
ข้าวขาวตาแห้ง	อายุ 1 เดือน	0.06 ± 0.02^{b}	117.16 ± 12.48^{c}	2.43 ± 0.07^{a}
	อายุ 3 เดือน	0.04 ± 0.03^{b}	136.99 ± 1.29^{bc}	1.96 ± 0.11^{b}
	อายุ 6 เดือน	0.27 ± 0.02^{a}	201.23 ± 6.45^{a}	1.93 ± 0.08^{b}
	เร่งความเก่า	0.27 ± 0.10^{a}	145.40 ± 3.73^{b}	1.44 ± 0.07^{c}

หมายเหตุ อักษร ^{a,b,c,d} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ของข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่สภาวะต่างๆ

^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

4.1.3 ศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก

จากการทดลองได้นำข้าวทุกสายพันธุ์ (ข้าวจี๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้ง) และทุกสภาวะ (อายุ 1 3 6 เดือน และผ่านการเร่งความเก่า) มาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าความแข็ง (hardness) และความเหนียว (adhesiveness) พบว่า ค่า hardness ของข้าวจี๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งทุกสภาวะอยู่ในช่วง 177.00-697.17 212.83-538.33 607.17-1588.67 และ 301.50-716.83 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) เมื่อพิจารณาจากสภาวะของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ พบว่า อายุการเก็บรักษาข้าวและการนำข้าวใหม่มาเร่งความเก่ามีผลต่อค่า hardness โดยข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่า hardness 697.17 และ 538.33 g ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าข้าวอายุ 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือนในสายพันธุ์เดียวกัน ($p \leq 0.05$) ข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่า hardness สูงกว่าข้าวอายุ 1 เดือน (301.50 g) และ 3 เดือน (375.83 g) แต่ไม่แตกต่างจากข้าวอายุ 6 เดือน (494.33 g) ส่วนค่า hardness ของข้าวเหลืองประทิวทุกสภาวะไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ และวรดา อิ่มศิลป์ (2554) ที่พบว่า ความแข็งของข้าวขาวหอมมะลิ 105 สูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิที่เก่าตามธรรมชาติ และข้าวขาวหอมมะลิใหม่ ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งที่มีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกมีค่าสูงขึ้น จึงส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่ผ่านการเร่งความเก่ามีความแข็งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ Gujral and Kumar (2003) พบว่าข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าความแข็งสูงกว่าข้าวที่เก่าตามธรรมชาติและข้าวใหม่นั้น เป็นผลมาจากการเกิดเจลาติไนเซชันของสตาร์ชในเมล็ดข้าว ทำให้ช่องว่างของอากาศที่เกิดจากรอยร้าวของเมล็ดข้าวหายไป จึงมีผลทำให้ความแข็งของข้าวสุกเพิ่มขึ้นด้วย

ค่า adhesiveness ของข้าวจี๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งทุกสภาวะอยู่ในช่วง 0.14-0.29 0.27-0.42 0.07-0.19 และ 0.10-0.24 mJ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) จากผลการทดลอง พบว่า ข้าวทุกสภาวะมีค่า adhesiveness ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ในสายพันธุ์เดียวกัน ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ และวรดา อิ่มศิลป์ (2554) ที่พบว่าความเหนียวของข้าวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าต่ำกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 เก่าตามธรรมชาติ และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใหม่ ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) โดย Fellers and Deissinter

(1983) ยังพบว่าการนำข้าวเปลือกมาให้ความร้อนด้วยไอน้ำในช่วงระยะเวลาสั้นๆ จะมีผลทำให้ความเหนียวของข้าวสุกลดลง

ตารางที่ 4.12 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกแต่ละสายพันธุ์ที่สภาวะต่างๆ

สายพันธุ์	สภาวะ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	
		Hardness (g)	Adhesiveness^{ns} (mJ)
ข้าวจิ๊บ	อายุ 1 เดือน	177.00±54.08^{b}	0.22±0.09
	อายุ 3 เดือน	272.00±72.63^{b}	0.18±0.04
	อายุ 6 เดือน	272.00±64.47^{b}	0.14±0.03
	เร่งความเก่า	697.17±215.08^{a}	0.29±0.13
ข้าวหอมมะลิแดง	อายุ 1 เดือน	212.83±34.21^{b}	0.27±0.03
	อายุ 3 เดือน	272.17±39.57^{b}	0.35±0.18
	อายุ 6 เดือน	340.00±64.98^{b}	0.42±0.16
	เร่งความเก่า	538.33±145.50^{a}	0.36±0.05
ข้าวเหลืองประทิว	อายุ 1 เดือน	660.83±125.47^{ns}	0.07±0.03
	อายุ 3 เดือน	607.17±211.47^{ns}	0.09±0.04
	อายุ 6 เดือน	1588.67±630.28^{ns}	0.19±0.08
	เร่งความเก่า	1262.00±198.76^{ns}	0.10±0.08
ข้าวขาวตาแห้ง	อายุ 1 เดือน	301.50±105.81^{b}	0.10±0.05
	อายุ 3 เดือน	375.83±112.75^{b}	0.16±0.06
	อายุ 6 เดือน	494.33±71.65^{ab}	0.24±0.09
	เร่งความเก่า	716.83±191.40^{a}	0.19±0.04

หมายเหตุ อักษร ^{a,b,c,d} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่สภาวะต่างๆ

^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ภาพที่ 4.6 ลักษณะเมล็ดข้าวสุกของข้าวจี๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาตาแห้ง

4.2 การประยุกต์ใช้ข้าวเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปจากข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามี 2 ชนิด ได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยว (ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้ง) และขนมน้ำดอกไม้ (ข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดง)

ตารางที่ 4.13 สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ด้วยวิธีอบลมร้อน

สายพันธุ์ข้าว	**สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสม**	
	อุณหภูมิ (°C)	**เวลา (ชั่วโมง)**

ข้าวจี๊บ	90	3
ข้าวหอมมะลิแดง	90	3
ข้าวเหลืองประทิว	90	3
ข้าวขาวตาแห้ง	80	3

หมายเหตุ สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมได้จากโครงการวิจัยย่อยที่ 1 เรื่อง การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน

4.2.1 การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

จากการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยนำแป้งข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งทั้ง 2 สภาวะ (เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) ผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ (100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50) ได้มีการศึกษาคุณสมบัติบางประการของน้ำแป้งผสม คุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวและการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อเส้นก๋วยเตี๋ยว

4.2.1.1 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของน้ำแป้งผสม

น้ำแป้งผสมจากแป้งมันสำปะหลังกับข้าวเหลืองประทิวที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณแอมิโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 24.75–27.74 และ 23.57–26.91 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของน้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติ มีปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้นเมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังมากขึ้น โดยอัตราส่วน 60:40 มีปริมาณแอมิโลสสูงที่สุดคือ ร้อยละ 27.74 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับอัตราส่วน 70:30 (ร้อยละ 26.11) และอัตราส่วน 50:50 (ร้อยละ 27.25) น้ำแป้งผสมของข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้นเมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งจากการทดสอบทางสถิติพบว่า ทุกอัตราส่วนมีปริมาณแอมิโลสไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยอัตราส่วน 50:50 มีปริมาณแอมิโลสสูงที่สุดคือ ร้อยละ 26.91 ส่วนน้ำแป้งผสมจากแป้งมันสำปะหลังกับข้าวขาวตาแห้งที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณแอมิโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 23.32–27.13 และ 21.89–26.28 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) น้ำแป้งผสมจากข้าวขาวตาแห้งทั้ง 2 สภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) มีปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้นเมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังมากขึ้น โดยที่อัตราส่วน 50:50 มีปริมาณแอมิโลสสูงที่สุด คือ ร้อยละ 27.13 และ 26.28

ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2552) ที่พัฒนาเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและการลวกสุกไว พบว่า การทดแทนอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การผสมแป้งมันสำปะหลังในปริมาณสูงขึ้น มีผลทำให้ปริมาณแอมิโลสของแป้งผสมเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณแอมิโลสใกล้เคียงกับแป้งข้าว

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) ของน้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวแต่ละอัตราส่วน พบว่า น้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติกับที่ผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณแอมิโลสไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของอารีรัตน์ อิ่มศิลป์ และกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ (2556) ที่รายงานว่า ปริมาณ แอมิโลสของข้าวหอมมะลิเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนไม่มีความแตกต่างกันกับข้าวเก่าตามธรรมชาติ แสดงให้เห็นว่า การเร่งความเก่าโดยใช้ลมร้อนอุณหภูมิสูงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมิโลสในเมล็ดข้าว

ตารางที่ 4.14 ปริมาณแอมิโลสของน้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวเก่าและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ปริมาณแอมิโลส (ร้อยละ)			
	ข้าวเหลืองประทิว		ข้าวขาวตาแห้ง	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
100 : 0	24.75 ± 0.22^{cA}	23.57 ± 1.27^{aA}	23.32 ± 0.03^{cA}	21.89 ± 0.48^{dA}
90 : 10	25.57 ± 0.28^{bcA}	24.39 ± 1.69^{aA}	23.86 ± 0.19^{cA}	23.12 ± 0.42^{cdA}
80 : 20	25.67 ± 0.51^{bcA}	24.76 ± 1.63^{aA}	24.90 ± 0.42^{bA}	24.15 ± 0.02^{bcA}
70 : 30	26.11 ± 0.28^{abcA}	25.38 ± 1.68^{aA}	24.89 ± 0.77^{bA}	25.00 ± 0.27^{abA}
60 : 40	27.74 ± 0.66^{aA}	26.56 ± 2.52^{aA}	25.58 ± 0.08^{bA}	25.65 ± 0.25^{aA}

50 : 50	27.25±1.31^{abA}	26.91±1.36^{aA}	27.13±0.14^{aA}	26.28±1.23^{aA}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b, c, d}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวที่เก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน

ข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติและที่ผ่านการเร่งความเก่าผสมแป้งมันสำปะหลังมีค่าความคงตัวของแป้งสุกอยู่ในช่วง 38.00–58.50 และ 47.00–100.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติ พบว่า ที่อัตราส่วน 90:10 มีระยะทางที่แป้งไหลสูงที่สุด คือ 58.50 มิลลิเมตร ซึ่งจัดเป็นความคงตัวของแป้งสุกประเภทปานกลาง ซึ่งค่าความคงตัวดังกล่าวไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับอัตราส่วน 80:20 (56.00 มิลลิเมตร) 70:30 (54.50 มิลลิเมตร) และ 50:50 (55.50 มิลลิเมตร) ส่วนแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ที่อัตราส่วน 90:10 มีระยะทางที่แป้งไหลสูงที่สุด คือ 100.00 มิลลิเมตร ซึ่งจัดเป็นความคงตัวของแป้งสุกประเภทอ่อน ซึ่งค่าความคงตัวดังกล่าวไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับอัตราส่วน 100:0 (99.00 มิลลิเมตร) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับอัตราส่วน 80:20 (90.50 มิลลิเมตร) 70:30 (58.00 มิลลิเมตร) 60:40 (54.50) และ 50:50 (47.00 มิลลิเมตร) ส่วนข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติและที่ผ่านการเร่งความเก่าผสมแป้งมันสำปะหลังมีค่าความคงตัวของแป้งสุกอยู่ในช่วง 39.00–79.00 และ 49.00–100.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของแป้งผสมจากข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติ พบว่า ที่อัตราส่วน 70:30 มีระยะทางที่แป้งไหลสูงที่สุด คือ 79.00 มิลลิเมตร ซึ่งจัดเป็นความคงตัวของแป้งสุกประเภทอ่อน ซึ่งค่าความคงตัวดังกล่าวไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับอัตราส่วน 80:20 (73.50 มิลลิเมตร) 60:40 (67.50 มิลลิเมตร) และ 50:50 (69.50 มิลลิเมตร) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) กับอัตราส่วน 100:0 (39.00 มิลลิเมตร) และ 90:10 (61.50 มิลลิเมตร) แป้งผสมจากข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ที่อัตราส่วน 100:0 และ 90:10 มีระยะทางที่แป้งไหลสูงที่สุด คือ 100.00 มิลลิเมตร ซึ่งจัดเป็นความคงตัวของแป้งสุกประเภทอ่อน โดยความคงตัวของแป้งสุกจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลัง แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มแป้งมันสำปะหลังจะทำให้น้ำแป้งผสม

มีความคงตัวมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2552) ที่รายงานว่า เมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.15 ความคงตัวของแป้งสุกของน้ำแป้งผสมจากเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ความคงตัวของแป้งสุก (มิลลิเมตร)			
	ข้าวเหลืองประทิว		ข้าวขาวตาแห้ง	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
100 : 0	38.00 ± 2.83^{cB}	99.00 ± 1.41^{aA}	39.00 ± 1.41^{cB}	100.00 ± 00.00^{aA}
90 : 10	58.50 ± 0.71^{aB}	100.00 ± 0.00^{aA}	61.50 ± 7.78^{bB}	100.00 ± 00.00^{aA}
80 : 20	56.00 ± 8.49^{abB}	90.50 ± 4.9^{bA}	73.50 ± 2.12^{abA}	87.00 ± 4.24^{bA}
70 : 30	54.50 ± 4.95^{abA}	58.00 ± 2.83^{cA}	79.00 ± 4.24^{aA}	49.00 ± 4.24^{dB}
60 : 40	45.00 ± 2.83^{bcA}	54.50 ± 2.12^{cA}	67.50 ± 6.36^{abA}	62.50 ± 0.71^{cA}
50 : 50	55.50 ± 6.36^{abA}	47.00 ± 2.83^{dA}	69.50 ± 2.12^{abA}	55.00 ± 1.41^{dB}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b, c, d}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ของข้าวที่เก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบความคงตัวของแป้งสุกระหว่างสภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) ของแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวแต่ละอัตราส่วน พบว่า ที่อัตราส่วน 100:0 90:10 และ 80:20 ระยะทางที่ไหลของข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่ามากกว่าข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติ แต่ที่อัตราส่วน 70:30 60:40 และ 50:50 ระยะทางที่น้ำแป้งไหลของข้าวเหลืองประทิวทั้ง 2 สภาวะไม่แตกต่างกัน ส่วนระยะทางที่แป้งไหลของแป้งผสมจากข้าวขาวตาแห้ง พบว่า ที่อัตราส่วน 100:0 90:10 และ 80:20 ระยะทางที่ไหลของข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่า

มากกว่าข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีความคงตัวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเก่าตามธรรมชาติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wiset et al. (2001) ที่พบว่า ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าโดยการอบลดความชื้นที่อุณหภูมิสูงด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดจะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกลดลง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อารีรัตน์ อิ่มศิลป์ และกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ (2013) ที่พบว่า ข้าวหอมมะลิเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนจะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกสูงกว่าข้าวหอมมะลิใหม่ตามธรรมชาติ และข้าวหอมมะลิใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

น้ำแป้งผสมจากแป้งมันสำปะหลังกับข้าวเหลืองประทิวที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีค่าความหนืดอยู่ในช่วงร้อยละ 3.38–27.35 และ 5.56–49.98 cP ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของน้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ค่าความหนืดลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลัง น้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 50:50 มีค่าความหนืดน้อยที่สุด คือ 3.38 และ 5.56 cP ตามลำดับ ส่วนน้ำแป้งผสมจากแป้งมันสำปะหลังกับข้าวขาวตาแห้งที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ความหนืดของน้ำแป้งผสมลดลงเช่นกัน โดยน้ำแป้งผสมจากข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วน 70:30 มีค่าความหนืดต่ำที่สุด คือ 4.06 cP แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับอัตราส่วน 60:40 (6.03 cP) และ 50:50 (4.78 cP) น้ำแป้งผสมจากข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 70:30 มีค่าความหนืดต่ำที่สุด คือ 5.09 cP แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับอัตราส่วน 80:20 (8.12 cP) 60:40 (5.28 cP) และ 50:50 (6.22 cP) จากผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2552) ที่ศึกษาเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและการลวกสุกไว พบว่า การทดแทนอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืดของน้ำแป้งผสมลดลง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) ของน้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวแต่ละอัตราส่วน พบว่า ข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าทุกอัตราส่วนมีค่าความหนืดสูงกว่าสภาวะเก่าธรรมชาติ เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า ที่อัตราส่วน 100:0 80:20 และ 70:30 น้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติ ($p \leq 0.05$) แต่อัตราส่วน 90:10 และ 50:50 ค่า

ความหนืดของข้าวเหลืองประทิวทั้ง 2 สภาวะไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ค่าความหนืดของน้ำแป้งผสมจากข้าวขาวตาแห้งแต่ละอัตราส่วน พบว่า น้ำแป้งผสมจากข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าทุกอัตราส่วนมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำแป้งผสมจากข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติ ยกเว้นที่อัตราส่วน 80:20 และ 60:40 แต่เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า ค่าความหนืดของข้าวขาวตาแห้งทั้ง 2 สภาวะที่อัตราส่วน 80:20 และ 60:40 ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) จากผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ และวรดา อิ่มศิลป์ (2554) ที่พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าความหนืดไม่แตกต่างกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 เก่าตามธรรมชาติ

ตารางที่ 4.16 ความหนืดของน้ำแป้งผสมของข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ความหนืดของน้ำแป้งที่อุณหภูมิห้อง (cP)			
	ข้าวเหลืองประทิว		ข้าวขาวตาแห้ง	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
100 : 0	27.35 ± 6.87^{aB}	49.98 ± 1.61^{aA}	25.98 ± 1.39^{aA}	26.88 ± 5.43^{aA}
90 : 10	23.57 ± 3.03^{aA}	35.67 ± 4.88^{bA}	10.79 ± 3.01^{bA}	13.27 ± 0.27^{bA}
80 : 20	12.79 ± 0.39^{bB}	31.30 ± 2.35^{bA}	9.60 ± 1.53^{bcA}	8.19 ± 0.28^{bcA}
70 : 30	6.54 ± 1.41^{bcB}	18.57 ± 0.17^{cA}	4.06 ± 0.01^{dB}	5.09 ± 0.11^{cA}
60 : 40	4.33 ± 0.22^{cB}	11.54 ± 0.80^{dA}	6.03 ± 0.94^{cdA}	5.28 ± 0.58^{cA}
50 : 50	3.38 ± 2.64^{cA}	5.56 ± 0.23^{eA}	4.78 ± 0.62^{dA}	6.22 ± 0.20^{cA}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b, c, d}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ของข้าวที่เก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน

4.2.1.2 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยว

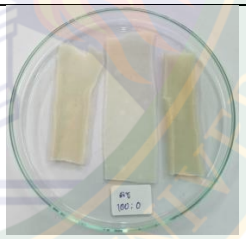
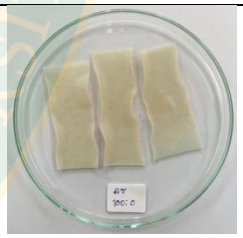
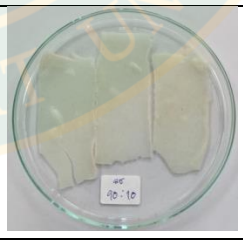
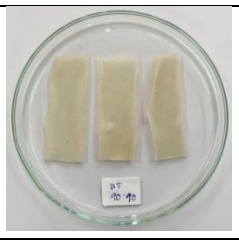
เมื่อเปรียบเทียบลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ หลังการอบแห้งแสดงในตารางที่ 4.17 และ 4.18 แลผลการเปรียบเทียบระดับคุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าในอัตราส่วนต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.19

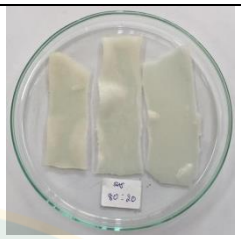
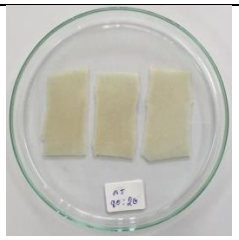
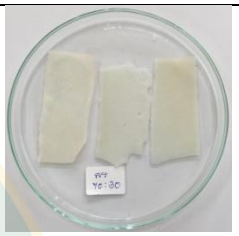
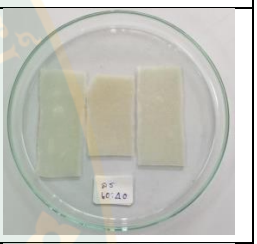
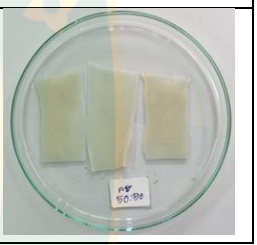
ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	สภาวะ	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิว
100:0	เก่าธรรมชาติ	เส้นมีลักษณะแข็ง สีเหลืองขุ่น ไม่ติดถาด ลอกเป็นแผ่นได้ง่าย ผิวหน้าไม่มีความมันวาว
	เร่งความเก่า	เส้นมีลักษณะแข็งและมีสีเหลืองขุ่นกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ ไม่ติดถาด ลอกเป็นแผ่นได้ง่าย แต่มีความเหนียวน้อยกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ ผิวหน้าไม่ค่อยมันวาว
90:10	เก่าธรรมชาติ	ผิวหน้าชื้นและมันวาวเล็กน้อย ลอกเป็นแผ่นได้ดี เหนียวและติดถาดเล็กน้อย มีสีเหลืองขุ่น ใสขึ้นเล็กน้อย
	เร่งความเก่า	ผิวหน้าชื้นและแข็ง ลอกเป็นแผ่นได้ดี มีความเหนียวน้อยกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ มีสีเหลืองขุ่นมากกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ
80:20	เก่าธรรมชาติ	ผิวหน้าชื้นเล็กน้อย ลอกเป็นแผ่นได้ดี เหนียวนุ่มมากขึ้น มันวาวมากขึ้น มีสีขาวขุ่นและใส
	เร่งความเก่า	ผิวหน้าชื้นเล็กน้อย ลอกเป็นแผ่นได้ดี เหนียวนุ่มมากขึ้น แต่น้อยกว่าเก่า

		ธรรมชาติ มีสีขาวขุ่นไม่ใส และมีความมันวาว
70:30	เก่าธรรมชาติ	ผิวหน้าแฉะ ลอกเป็นแผ่นได้เล็กน้อย เหนียวนุ่มมากขึ้น มีสีขาวใส และมีความมันวาวมาก
	เร่งความเก่า	ผิวหน้าแฉะ ลอกเป็นแผ่นได้เล็กน้อย เหนียวนุ่มติดมือ มีสีขาวขุ่นและใส มีความมันวาว
60:40	เก่าธรรมชาติ	ผิวหน้าแฉะมาก ติดถาด เหนียวและติดมือมาก นุ่มมาก มีสีขาวใส และมีความมันวาวมาก
	เร่งความเก่า	ผิวหน้าแฉะมาก ติดถาด เหนียวติดมือมาก แต่เหนียวน้อยกว่าข้าวข้าวเก่าธรรมชาติ สีขาวใส และมีความมันวาวมาก
50:50	เก่าธรรมชาติ	ผิวหน้าแฉะมาก ติดถาด ลอกเป็นแผ่นได้ยาก มีสีขาวใส เส้นเหนียวและนิ่มมาก มีความมันวาวมาก
	เร่งความเก่า	ผิวหน้าแฉะมากกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ เหนียวและนุ่มมาก ติดถาด ลอกเป็นแผ่นได้ยาก มีสีขาวใส และมีความมันวาวมาก

ตารางที่ 4.18 ลักษณะปรากฏเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	**ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุก**	**เก่าธรรมชาติ**	**เร่งความเก่า**
100:0	ผิวหน้าแข็ง ไม่ติดถาด ลอกเป็นแผ่นได้ง่าย มีสีเหลืองขุ่น		
90:10	ผิวหน้าแข็งขึ้นและเหนียวเล็กน้อย ลอกเป็นแผ่นได้ดี มีสีเหลืองขุ่น		

80:20	ผิวหน้าชื้น ลอกเป็นแผ่นได้ดี เหนียวขึ้น มีสีขาวขุ่น		
70:30	ผิวหน้าแฉะ ลอกเป็นแผ่นได้เล็กน้อย เหนียวมาก มีสีขาวใส		
60:40	ผิวหน้าแฉะมาก ติดถาด เหนียวมาก มีสีขาวและใสขึ้น		
50:50	ผิวหน้าแฉะมาก ติดถาด เหนียวมากขึ้น ลอกเป็นแผ่นได้ยาก มีสีขาวและใส		

ตารางที่ 4.19 ระดับคุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าในอัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	สภาวะ	ความมันวาวหรือความใส	ความเหนียวนุ่ม	สีขาว
100:0	เก่าธรรมชาติ	+	+	+
	เร่งความเก่า	+	+	+
90:10	เก่าธรรมชาติ	+ +	+ +	+ +
	เร่งความเก่า	+	+ +	+ +
80:20	เก่าธรรมชาติ	+ + +	+ + +	+ + + +
	เร่งความเก่า	+ +	+ + +	+ + +
70:30	เก่าธรรมชาติ	+ + + +	+ + + +	+ + + +

	เร่งความเก่า	+ + + +	+ + + +	+ + + +
60:40	เก่าธรรมชาติ	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
	เร่งความเก่า	+ + + +	+ + + +	+ + + +
50:50	เก่าธรรมชาติ	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
	เร่งความเก่า	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +

หมายเหตุ สัญลักษณ์ +++++ แสดงค่า มากที่สุด, ++++ แสดงค่า มาก,+++ แสดงค่า ปานกลาง, ++ แสดงค่า น้อย และ + แสดงค่า น้อยที่สุด

เส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังขึ้นเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียว และมีความเป็นสีขาวเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราส่วน 100:0 เส้นก๋วยเตี๋ยวทั้ง 2 สภาวะมีลักษณะแข็ง และมีสีขาวขุ่น ส่วนที่อัตราส่วน 50:50 เส้นก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะนุ่ม เหนียว ขาดง่ายและมีสีขาวใส

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ หลังการอบแห้งแสดงในตารางที่ 4.20 และ 4.21 แลผลการเปรียบเทียบระดับคุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าในอัตราส่วนต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.22

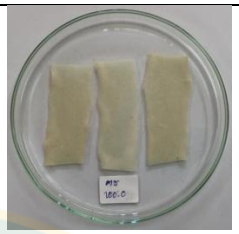
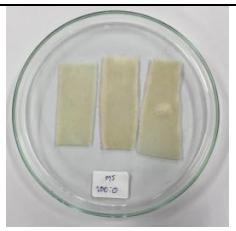
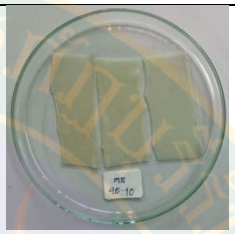
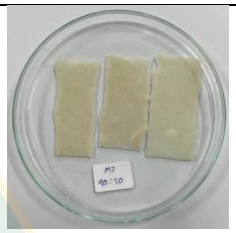
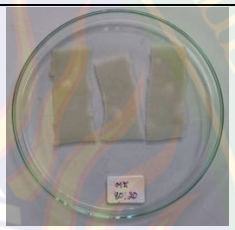
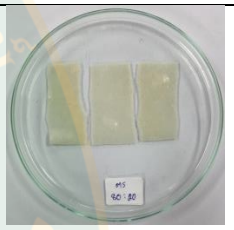
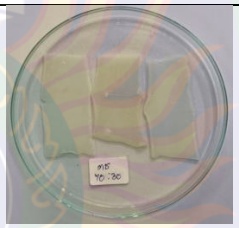
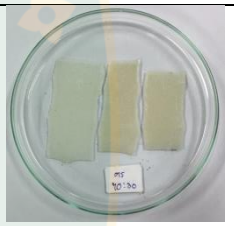
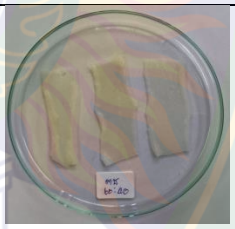
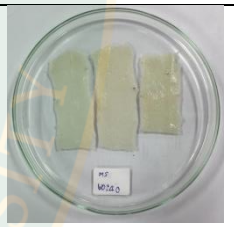
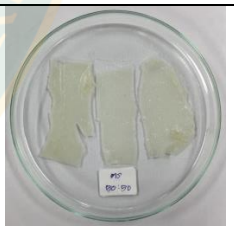
ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	สภาวะ	ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวขาวตาแห้ง
100:0	เก่าธรรมชาติ	ผิวหน้าแห้งและแข็ง มีสีเหลืองขุ่น ไม่ติดถาด ลอกเป็นแผ่นได้ง่าย เหนียวมากกว่าข้าวเร่ง ผิวหน้าไม่มีความมันวาว
	เร่งความเก่า	ผิวหน้าแห้ง เส้นมีลักษณะแข็ง มีสีเหลืองขุ่นมากกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ ลอกง่าย ไม่ติดถาด ไม่มีความมันวาว

90:10	เก่าธรรมชาติ	ผิวหน้าชื้น มันวาวเล็กน้อย ลอกเป็นแผ่นได้ดี ติดถาดเล็กน้อย เส้นเริ่มนิ่ม มีสีเหลืองขุ่นและใสขึ้นเล็กน้อย
	เร่งความเก่า	ผิวหน้าชื้นและแข็ง มันวาวน้อยกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ ลอกเป็นแผ่นได้ดี ติดถาดเล็กน้อย มีสีเหลืองขุ่นมากกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ
80:20	เก่าธรรมชาติ	ผิวหน้าชื้นเล็กน้อย เส้นก๋วยเตี๋ยวนิ่มแลเหนียวนุ่มมากขึ้น ลอกเป็นแผ่นได้ดี มันวาวมากขึ้น มีสีขาวขุ่นและใส
	เร่งความเก่า	ผิวหน้าแฉะเล็กน้อย เส้นก๋วยเตี๋ยวเริ่มมีความนิ่มแต่น้อยกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ ลอกเป็นแผ่นได้ดี เริ่มมีความมันวาว มีสีขาวขุ่นและใสเล็กน้อย
70:30	เก่าธรรมชาติ	ผิวหน้าแฉะ ลอกเป็นแผ่นได้เล็กน้อย เหนียวนุ่มมากขึ้น เส้นมีสีขาวใส มีความมันวาวมาก
	เร่งความเก่า	ผิวหน้าแฉะ ลอกเป็นแผ่นได้เล็กน้อย เหนียวนุ่มติดมือ มีสีขาวขุ่น ใส และมีความมันวาว
60:40	เก่าธรรมชาติ	ผิวหน้าแฉะมาก ติดถาด เหนียวมาก นิ่มมาก ติดมือมาก มีสีขาวใส และมีความมันวาวมาก
	เร่งความเก่า	ผิวหน้าแฉะมาก ติดถาด เหนียวมาก นิ่มมาก ติดมือมาก มีความขาวใส แต่น้อยกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ มีความมันวาวมาก
50:50	เก่าธรรมชาติ	ผิวหน้าแฉะมาก ติดถาดมาก ลอกยากมาก มีสีขาว เส้นเหนียวมาก นิ่มมาก และขาดง่าย มีความมันวาวมาก
	เร่งความเก่า	ผิวหนน้าแฉะมาก ติดถาดมาก ลอกเป็นแผ่นได้ยากมาก มีสีขาวใส เส้นเหนียว ติดมือมาก นิ่มมาก มีความมันวาว และขาดง่ายมาก

ตารางที่ 4.21 ลักษณะปรากฏเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	**ลักษณะปรากฏ ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุก**	**ธรรมชาติ**	**เร่งความเก่า**

100:0	ผิวหน้าแข็ง ไม่ติดถาด ลอกเป็นแผ่นได้ง่าย มีสีเหลืองขุ่น		
90:10	ผิวหน้าชื้นและเหนียวเล็กน้อย ลอกเป็นแผ่นได้ดี มีสีเหลืองขุ่น		
80:20	ผิวหน้าชื้น ลอกเป็นแผ่นได้ดี เหนียวขึ้น มีสีขาวขุ่น		
70:30	ผิวหน้าแฉะ ลอกเป็นแผ่นได้เล็กน้อย เหนียวมาก มีสีขาวใส		
60:40	ผิวหน้าแฉะมาก ติดถาด เหนียวมาก มีสีขาวและใสขึ้น		
50:50	ผิวหน้าแฉะมาก ติดถาด เหนียวมากขึ้น ลอกเป็นแผ่นได้ยากมีสีขาวและใส		

ตารางที่ 4.22 ระดับคุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	สภาวะ	ความมันวาว	ความเหนียวนุ่ม	สีขาว

		หรือความใส		
100:0	เก่าธรรมชาติ	+	+	+
	เร่งความเก่า	+	+	+
90:10	เก่าธรรมชาติ	+ +	+ +	+ +
	เร่งความเก่า	+	+ +	+
80:20	เก่าธรรมชาติ	+ + +	+ + +	+ + +
	เร่งความเก่า	+ +	+ +	+ +
70:30	เก่าธรรมชาติ	+ + + +	+ + + +	+ + + +
	เร่งความเก่า	+ + +	+ + + +	+ + + +
60:40	เก่าธรรมชาติ	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
	เร่งความเก่า	+ + + +	+ + + + +	+ + + + +
50:50	เก่าธรรมชาติ	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
	เร่งความเก่า	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +

หมายเหตุ สัญลักษณ์ +++++ แสดงค่า มากที่สุด, ++++ แสดงค่า มาก,+++ แสดงค่า ปานกลาง, ++ แสดงค่า น้อย และ + แสดงค่า น้อยที่สุด

เส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังขึ้นเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียว และมีความเป็นสีขาวเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราส่วน 100:0 เส้นก๋วยเตี๋ยวทั้ง 2 สภาวะมีลักษณะแข็ง และมีสีขาวขุ่น ส่วนที่อัตราส่วน 50:50 เส้นก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะนุ่ม เหนียว ขาดง่ายและมีสีขาวใส เช่นเดียวกับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิว

เมื่อเปรียบเทียบทุกอัตราส่วน พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิวและขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 80:20 และ 70:30 มีลักษณะปรากฏดีที่สุด คือ ลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้ไม่แข็งและขาดง่ายเกินไป สามารถลอกเป็นแผ่นได้ง่ายนอกจากนี้เส้นจากทั้ง 2 อัตราส่วนมีความมันวาว และความเป็นสีขาวไม่คล้ำ

ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วงร้อยละ 64.46–72.06 และ 63.91–69.25 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติ พบว่า อัตราส่วน 100:0 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 72.06 แต่ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และเส้นก๋วยเตี๋ยวสดจากข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 80:20 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 69.25 แต่ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณความชื้นของเส้นสด อยู่ในช่วงร้อยละ 62.36–80.63 และ 64.61–74.33 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วน 70:30 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 80.63 แต่ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และเส้นก๋วยเตี๋ยวสดจากข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 100:0 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 74.33 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) กับอัตราส่วน 70:30 (ร้อยละ 67.51) 60:40 (ร้อยละ 64.61) และ 50:50 (ร้อยละ 65.64) แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับเส้นก๋วยเตี๋ยวสดอัตราส่วน 90:10 (ร้อยละ 71.97) และ 80:20 (ร้อยละ 70.17) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิว พบว่าที่อัตราส่วน 100:0 สภาวะเก่าธรรมชาติมีความชื้นของเส้นสดสูงกว่าสภาวะเร่งความเก่า ($p\leq0.05$) ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้ง พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวทั้ง 2 สภาวะแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วงร้อยละ 9.58–11.10 และ 8.73–10.25 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.24) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติ พบว่า อัตราส่วน 90:10 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 11.10 แต่ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 100:0 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 10.25 แต่ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณความชื้นของเส้นแห้งอยู่ในช่วง

ร้อยละ 9.52–10.64 และ 9.90–11.92 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.24) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วน 60:40 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 10.64 ซึ่งปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกๆ อัตราส่วน ($p \leq 0.05$) ในสภาวะเดียวกัน และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 100:0 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 11.92 ซึ่งปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกๆ อัตราส่วน ($p \leq 0.05$) ในสภาวะเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวทุกอัตราส่วนมีปริมาณความชื้นของเส้นแห้งไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งที่อัตราส่วน 70:30 และ 60:40 มีปริมาณความชื้นเส้นแห้งไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.23 ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ปริมาณความชื้นเส้นสด (ร้อยละ)			
	ข้าวเหลืองประทิว		ข้าวขาวตาแห้ง	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
100 : 0	72.06 ± 1.11^{aA}	68.16 ± 12.13^{aB}	70.82 ± 2.27^{aA}	74.33 ± 0.80^{aA}
90 : 10	68.55 ± 3.65^{aA}	68.20 ± 1.27^{aA}	68.42 ± 1.78^{aA}	71.97 ± 0.31^{aA}
80 : 20	71.09 ± 5.23^{aA}	69.25 ± 1.73^{aA}	69.31 ± 2.22^{aA}	70.17 ± 3.73^{abA}
70 : 30	64.46 ± 4.25^{aA}	65.27 ± 0.64^{aA}	80.63 ± 18.96^{aA}	67.51 ± 0.54^{bcA}
60 : 40	67.50 ± 1.77^{aA}	63.91 ± 1.99^{aA}	62.36 ± 3.23^{aA}	64.61 ± 0.25^{cA}
50 : 50	68.19 ± 1.65^{aA}	66.86 ± 1.36^{aA}	64.32 ± 7.84^{aA}	65.64 ± 1.54^{cA}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b, c}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวที่เก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน

ตารางที่ 4.24 ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ปริมาณความชื้นเส้นแห้ง (ร้อยละ)			
	ข้าวเหลืองประทิว		ข้าวขาวตาแห้ง	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
100 : 0	9.88 ± 0.07^{aA}	10.25 ± 0.04^{aA}	9.53 ± 0.06^{cB}	11.92 ± 0.07^{aA}
90 : 10	11.10 ± 1.53^{aA}	$9.43\pm.015^{aA}$	9.52 ± 0.04^{cB}	10.26 ± 0.18^{dA}
80 : 20	9.58 ± 0.16^{aA}	8.73 ± 1.72^{aA}	9.56 ± 0.16^{cB}	11.51 ± 0.18^{bA}
70 : 30	9.74 ± 0.06^{aA}	9.80 ± 0.19^{aA}	9.84 ± 0.01^{bA}	9.90 ± 0.04^{dA}
60 : 40	10.39 ± 1.13^{aA}	9.72 ± 0.16^{aA}	10.64 ± 0.04^{aA}	10.15 ± 0.22^{dA}
50 : 50	9.62 ± 0.20^{aA}	10.04 ± 0.04^{aA}	9.79 ± 0.08^{bB}	10.93 ± 0.08^{cA}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b, c, d}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ของข้าวที่เก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน

คุณสมบัติด้านสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 54.26–59.45 และ 56.13–59.61

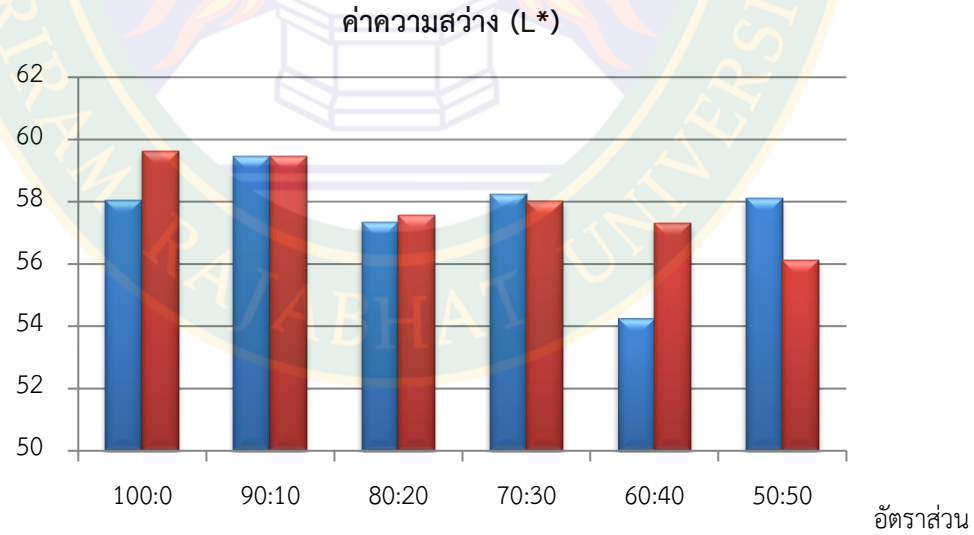
ค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วง (-2.04) - (-0.84) และ (-1.60) - (-0.61) ค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 0.57-6.55 และ 1.59-8.51 ตามลำดับ(ตารางที่ 4.25) ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวสดจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 57.76–65.52 และ 52.71–59.96 ค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วง (-2.09) - (-1.47) และ (-2.25) - (-0.63) ค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 1.56-4.84 และ 1.40-8.96 ตามลำดับ(ตารางที่ 4.26) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มแป้งมันสำปะหลังจะทำให้ ค่า L* a* และ b* ลดลง

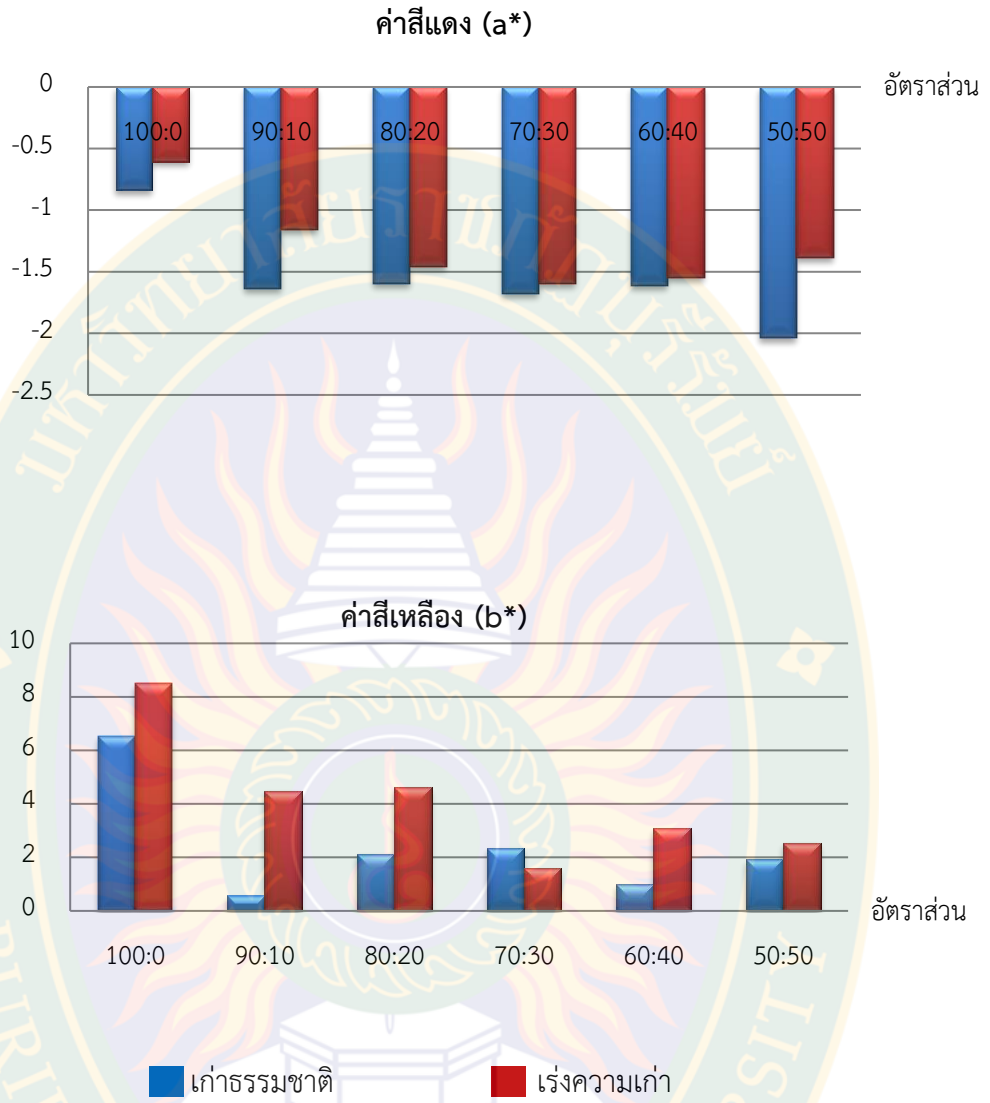
ตารางที่ 4.25 ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	เส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิว					
	ค่าความสว่าง (L*)		ค่าสีแดง (a*)		ค่าสีเหลือง(b*)	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
100:0	58.05	59.61	-0.84	-0.61	6.55	8.51
90:10	59.45	59.46	-1.64	-1.16	0.57	4.49
80:20	57.35	57.58	-1.60	-1.46	2.12	4.60
70:30	58.23	58.01	-1.68	-1.60	2.35	1.59
60:40	54.26	57.30	-1.61	-1.55	0.99	3.07
50:50	58.10	56.13	-2.04	-1.39	1.93	2.54

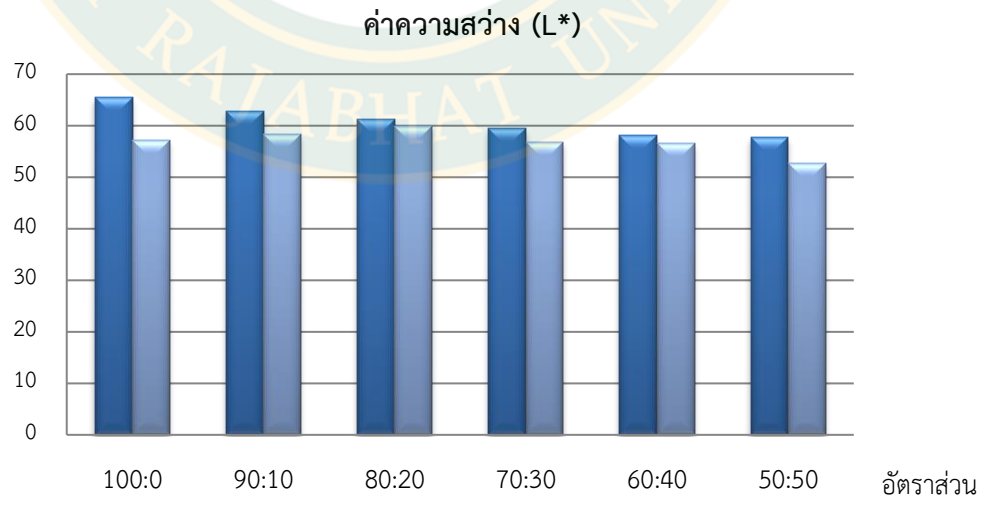
ตารางที่ 4.26 ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

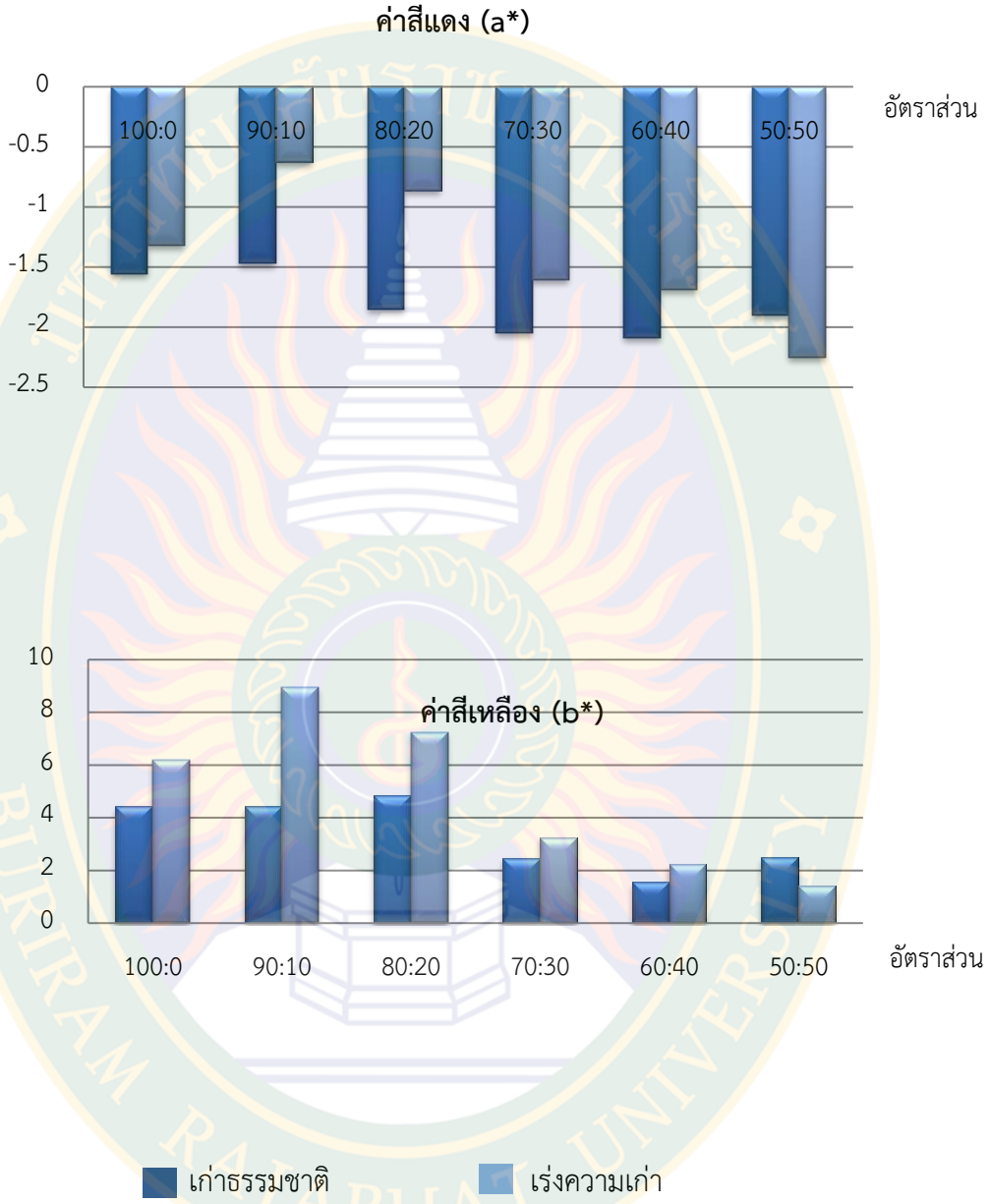
อัตราส่วน	เส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวตาแห้ง					
	ค่าความสว่าง (L*)		ค่าสีแดง (a*)		ค่าสีเหลือง(b*)	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
100:0	65.52	57.22	-1.56	-1.32	4.42	6.21
90:10	62.82	58.29	-1.47	-0.63	4.43	8.96
80:20	61.21	59.96	-1.85	-0.86	4.84	7.25
70:30	59.46	56.85	-2.05	-1.61	2.47	3.25
60:40	58.19	56.51	-2.09	-1.69	1.56	2.24
50:50	57.76	52.71	-1.90	-2.25	2.49	1.40





ภาพที่ 4.7 ค่าสี L* a* b* ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ





ภาพที่ 4.8 ค่าสี L* a* b* ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวข้าวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 57.50-178.00 และ 44.50-247.45 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.27) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติ

พบว่า อัตราส่วน 70:30 มีค่าแรงดึงสูงที่สุด คือ 178.00 g แต่ค่าแรงดึงไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกอัตราส่วน 100:0 (105.25 g) 90:10 (126.25 g) และ 80:20 (169.00 g) และเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 80:20 มีค่าแรงดึงสูงที่สุด คือ 247.45 g แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกอัตราส่วน 70:30 (237.75 g) ในสภาวะเดียวกัน ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวขาวตาแห้งที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีค่าแรงดึงอยู่ในช่วง 56.00–227.75 และ 40.00–216.00 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.27) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติ พบว่า อัตราส่วน 90:10 มีค่าแรงดึงสูงที่สุด คือ 227.75 ซึ่งแตกต่างจากเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกทุกๆ อัตราส่วน ($p\leq0.05$) ในสภาวะเดียวกัน และเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 100:0 มีค่าแรงดึงสูงที่สุด คือ 216.00 g แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกอัตราส่วน 70:30 (157.50 g) ในสภาวะเดียวกัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มแป้งมันสำปะหลังจะส่งให้ค่าแรงดึงลดลง โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งทั้ง 2 สภาวะที่อัตราส่วน 80:20 และ 70:30 จะให้เส้นที่มีความเหนียวปานกลาง ไม่ขาดง่าย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2552) ที่ศึกษาเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและการลวกสุกไว พบว่า การทดแทนอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าแรงดึงลดลง เนื่องจากการทดแทนแป้งมันสำปะหลังจะสามารถช่วยในการประสานร่างแหของแผ่นแป้งให้สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ดีขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวแต่ละอัตราส่วน พบว่า สภาวะเก่าธรรมชาติและเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่อัตราส่วน 90:10 70:30 60:40 และ 50:50 มีค่าแรงดึงไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวขาวตาแห้งทั้ง 2 สภาวะที่อัตราส่วน 80:20 70:30 และ 60:40 ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.27 ค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ค่าแรงดึง (g)			
	ข้าวเหลืองประทิว		ข้าวขาวตาแห้ง	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
100 : 0	105.25±8.13^{bcdB}	160.75±32.17^{bA}	97.75±7.42^{cB}	216.00±0.71^{aA}
90 : 10	126.25±20.15^{abcA}	135.00±7.78^{bA}	227.75±20.86^{aA}	132.50±17.03^{bB}
80 : 20	169.00±1.41^{abB}	247.25±0.35^{aA}	107.25±8.84^{cA}	116.50±2.83^{bA}
70 : 30	178.00±60.10^{aA}	237.75±37.83^{aA}	136.00±13.44^{bA}	157.50±57.98^{abA}
60 : 40	57.50±4.24^{dA}	57.00±0.70^{cA}	56.00±2.12^{dA}	53.50±4.95^{cA}
50 : 50	84.25±9.55^{cdA}	44.50±19.09^{cA}	87.00±00.00^{cA}	40.00±8.49^{cB}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b, c, d}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวที่เก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน

ค่าแรงตัดของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 153.75-250.75 และ 95.25-221.75 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.28) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติ พบว่า อัตราส่วน 80:20 มีค่าแรงตัดสูงที่สุด คือ 250.75 g แต่ไม่แตกต่างจากเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่อัตราส่วนอื่นๆ ($p>0.05$) ในสภาวะเดียวกัน และเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 60:40 มีค่าแรงตัดสูงที่สุด คือ 221.75 g แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกอัตราส่วน 50:50 (208.00 g) ในสภาวะเดียวกัน ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวขาวตาแห้งที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีค่าแรงตัดอยู่ในช่วง 108.50–224.50 และ 65.50–197.50 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติ พบว่า อัตราส่วน 90:10 มีค่าแรงดึงสูงที่สุด คือ 224.50 g

แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกอัตราส่วน 60:40 (175.50 g) ในสภาวะเดียวกัน และเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 50:50 มีค่าแรงตัดสูงที่สุด คือ 197.50 g แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกอัตราส่วน 60:40 (194.50 g) ในสภาวะเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวแต่ละอัตราส่วน พบว่า สภาวะเก่าธรรมชาติและเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่อัตราส่วน 100:0 70:30 และ 60:40 มีค่าแรงตัดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวขาวตาแห้งทั้ง 2 สภาวะที่อัตราส่วน 80:20 70:30 และ 60:40 มีค่าแรงตัดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.28 ค่าแรงตัดของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ค่าแรงตัด (g)			
	ข้าวเหลืองประทิว		ข้าวขาวตาแห้ง	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
100 : 0	153.75 ± 13.08^{aA}	131.75 ± 1.77^{cdA}	141.50 ± 0.71^{bcA}	65.50 ± 6.36^{cB}
90 : 10	215.25 ± 15.91^{aA}	102.75 ± 9.55^{dB}	224.50 ± 37.48^{aA}	84.50 ± 7.07^{cB}
80 : 20	250.75 ± 13.79^{aA}	95.25 ± 11.67^{dB}	149.25 ± 25.81^{bcA}	159.50 ± 14.85^{bA}
70 : 30	154.75 ± 7.42^{aA}	166.00 ± 33.23^{bcA}	142.50 ± 26.16^{bcA}	171.50 ± 3.54^{bA}
60 : 40	167.00 ± 87.68^{aA}	221.75 ± 25.10^{aA}	175.50 ± 25.46^{abA}	194.50 ± 4.95^{aA}
50 : 50	235.25 ± 15.91^{aB}	208.00 ± 00.00^{abA}	108.50 ± 14.85^{cB}	197.50 ± 10.61^{aA}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b, c, d}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ของข้าวที่เก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่อัตราส่วนแป้งข้าวต่อแป้งมันสำปะหลัง 80:20 และ 70:30 ให้ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ดีที่สุด คือ เส้นมีความขาว เหนียว ไม่ขาดง่าย สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ดีขึ้น ดังนั้นจึงได้เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวและจากข้าวขาวตาแห้งทั้ง 2 สภาวะ ที่อัตราส่วน 80:20 และ 70:30 นำไปทดสอบด้านประสาทสัมผัส (รวมทั้งหมด 4 ตัวอย่าง) ของข้าวแต่ละสายพันธุ์

เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า

ภาพที่ 4.9 เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ที่คัดเลือก

เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า

ภาพที่ 4.10 เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ที่คัดเลือก

4.2.1.3 ศึกษาการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อเส้นก๋วยเตี๋ยว

จากทดสอบด้านประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวตัวอย่างต่างๆ พบว่า คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ความเหนียวนุ่ม ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งเหลืองประทิวทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกัน ซึ่งเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติ 70:30 มีคุณสมบัติด้านสี (7.30) กลิ่น (7.10) และความเหนียวนุ่ม (6.23) สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ ส่วนคุณสมบัติด้านรสชาติ (6.63) ลักษณะเนื้อสัมผัส (6.30) และความชอบโดยรวม (6.53) พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่า 70:30 มีค่าคะแนนความชอบสูงที่สุด (ตารางที่ 4.29)

การทดสอบด้านประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งตัวอย่างต่างๆ พบว่า ทุกตัวอย่างได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติ 70:30 ได้คะแนนด้านสี (6.90) กลิ่น (7.03) และความชอบโดยรวม 6.87) สูงที่สุด ส่วนคุณสมบัติด้านรสชาติ ความเหนียวนุ่ม และลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติ 70:30 ได้คะแนนในคุณสมบัติดังกล่าวสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่า 70:30 และเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติ 80:20 (ตารางที่ 4.30)

ตารางที่ 4.29 คะแนนความชอบเฉลี่ยของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale

ตัวอย่าง	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	ความเหนียวนุ่ม^{ns}	ลักษณะเนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
เหลืองประทิวธรรมชาติ 80:20	6.47±1.63	6.53±1.46	6.13±1.72	5.77±1.81	5.93±1.66	6.03±1.69
เหลืองประทิวเร่ง 80:20	6.77±1.43	6.67±1.21	6.33±1.65	6.17±1.90	6.17±1.80	6.17±1.62
เหลืองประทิวธรรมชาติ 70:30	7.30±0.99	7.10±0.88	6.53±1.57	6.23±1.55	6.20±1.81	6.47±1.59
เหลืองประทิวเร่ง 70:30	7.03±0.96	7.07±1.01	6.63±1.50	6.10±1.59	6.30±1.60	6.53±1.46

หมายเหตุ ^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างทางสถิติของตัวอย่างต่างๆ

ตารางที่ 4.30 คะแนนความชอบเฉลี่ยของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale

ตัวอย่าง	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ	ความเหนียวนุ่ม	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม^{ns}
ขาวตาแห้งธรรมชาติ 80:20	6.70±1.09	6.93±1.05	6.53±1.53^{ab}	6.37±1.33^{ab}	6.20±1.63^{ab}	6.57±1.43
ขาวตาแห้งเร่ง 80:20	6.57±1.52	6.53±1.28	5.80±1.77^{b}	5.50±1.85^{b}	5.50±1.78^{b}	5.80±1.73
ขาวตาแห้งธรรมชาติ 70:30	6.90±1.35	7.03±0.96	6.97±1.10^{a}	6.80±1.37^{a}	6.87±1.31^{a}	6.87±1.36
ขาวตาแห้งเร่ง70:30	6.67±1.27	6.97±1.33	6.40±1.43^{ab}	6.07±1.82^{ab}	6.03±1.85^{ab}	6.27±1.84

หมายเหตุ อักษร $^{a, b}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของตัวอย่างต่างๆ

^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างทางสถิติของตัวอย่างต่างๆ

4.2.2 การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าเป็นผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้โดยใช้แป้งข้าว 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดง ได้ปรับระดับของปริมาณน้ำตาลในสูตรควบคุมลงในอัตราส่วนต่างๆ คือ 0:100 30:70 40:60 50:50 และ 60:40 โดยมีการศึกษาลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าว 2 สภาวะ (เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่ากิจกรรมของน้ำ และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

4.2.2.1 ศึกษาลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้

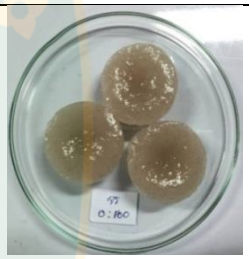
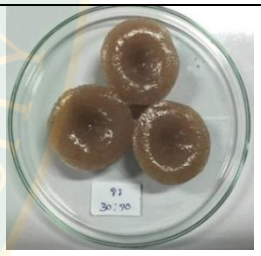
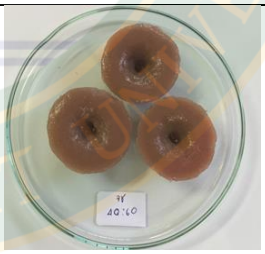
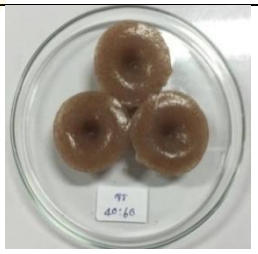
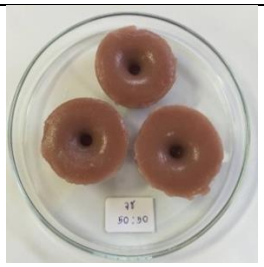
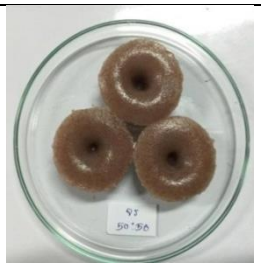
เมื่อเปรียบเทียบลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวจิ๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาล (เพิ่มแป้งข้าว) ส่งผลให้ ความบุ๋ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสที่แข็งของขนมน้ำดอกไม้เพิ่มมากขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง ส่วนสภาวะของแป้งข้าวจิ๊บ (เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) ที่อัตราส่วนต่างๆ ของขนมน้ำดอกไม้ให้ลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกัน ยกเว้นคุณสมบัติด้านสีที่พบว่าสภาวะของแป้งข้าวจิ๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าให้สีน้ำตาลแดงเข้มกว่าสภาวะเก่าตามธรรมชาติ ดังแสดงในตารางที่ 4.31 4.32 และ 4.33

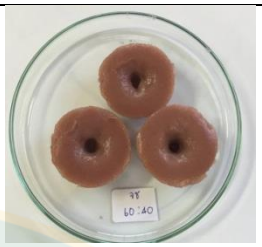
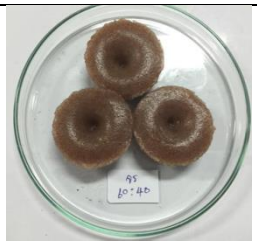
ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาล (เพิ่มแป้งข้าว) ส่งผลให้ ความบุ๋ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสที่แข็งของขนมน้ำดอกไม้เพิ่มมากขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง ส่วนสภาวะของแป้งข้าวหอมมะลิแดง (เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) ที่อัตราส่วนต่างๆ ของขนมน้ำดอกไม้ให้ลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.34 4.35 และ 4.36

ตารางที่ 4.31 เปรียบเทียบลักษณะของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจิ๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่ในอัตราส่วนต่างๆ

สัดส่วน	สภาวะ	ลักษณะปรากฏ
0:100	เก่าธรรมชาติ	มีลักษณะบุ๋มกว้างมากกว่าข้าวเร่ง มีความมันวาวผิวหน้าเรียบ เหนียวติดมือน้อยกว่าข้าวเร่ง มีสีน้ำตาลอ่อน
	เร่งความเก่า	มีลักษณะบุ๋มเล็กน้อย มีความมันวาวผิวหน้าแฉะ เหนียวติดมือมากกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ สีน้ำตาลปนเทา
30:70	เก่าธรรมชาติ	มีลักษณะบุ๋มลึก มีความมันวาวเล็กน้อย มีความเหนียวติดมือเท่ากัน สีน้ำตาลคล้ำ
	เร่งความเก่า	มีลักษณะบุ๋มลึกมากกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ มีความมันวาวเล็กน้อย มีความเหนียวติดมือเท่ากัน มีสีน้ำตาลเข้มกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ
40:60	เก่าธรรมชาติ	มีความบุ๋มลึกมากกว่าข้าวเร่ง มีความมันวาวเล็กน้อย เหนียวติดมือมากกว่าข้าวเร่ง มีสีน้ำตาลเข้มกว่าข้าวเร่ง
	เร่งความเก่า	มีความบุ๋มกว้าง มีความมันวาว และไม่เหนียวติดมือเท่าข้าวเก่าธรรมชาติ มีสีน้ำตาลอ่อนกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ
50:50	เก่าธรรมชาติ	มีลักษณะบุ๋ม มีความมันวาวเล็กน้อยไม่ค่อยเหนียวติดมือ มีสีน้ำตาลเข้มกว่าข้าวเร่ง
	เร่งความเก่า	มีลักษณะบุ๋มมากกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ มีความมันวาวเล็กน้อยไม่ค่อยเหนียวติดมือ มีสีน้ำตาลอ่อนกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ
60:40	เก่าธรรมชาติ	มีลักษณะบุ๋มเล็กน้อย ความมันวาวน้อยและไม่เหนียวติดมือ มีสีน้ำตาลเข้ม
	เร่งความเก่า	มีลักษณะบุ๋มมากกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ ความมันวาวเท่ากันกับข้าวเก่าธรรมชาติ ไม่เหนียวติดมือ มีสีน้ำตาลเข้มเท่ากัน

ตารางที่ 4.32 ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ใช้แป้งข้าวจ้าบเก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ลักษณะปรากฏ	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
0:100	บุ๋มเล็กน้อย มีลักษณะมันวาวมาก สีน้ำตาลอ่อน เนื้อสัมผัสเหนียวและนุ่มมาก		
30:70	มีลักษณะบุ๋ม มันวาว สีน้ำตาลแดง เนื้อสัมผัสนุ่มและเหนียว		
40:60	มีลักษณะบุ๋มมันวาว สีน้ำตาล เนื้อสัมผัสนุ่มน้อยกว่า สูตรที่1 และ 2		
50:50	มีลักษณะบุ๋ม มันวาว สีน้ำตาล เนื้อสัมผัสนุ่มและเหนียว		

60:40	มีลักษณะนุ่ม มันวาว สีน้ำตาล เนื้อสัมผัสนุ่มน้อยกว่าสูตรที่4		

ตารางที่ 4.33 ระดับคุณสมบัติบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	สภาวะ	ความนุ่ม	ความมันวาว	ความเหนียวติดมือ	สีน้ำตาลแดง
0:100	เก่าธรรมชาติ	+	+ + + + +	+ + + + +	+
	เร่งความเก่า	+	+ + + + +	+ + + + +	+
30:70	เก่าธรรมชาติ	+ + ++ +	+ + + +	+ + +	+ + +
	เร่งความเก่า	+ +	+ + + +	+ + + +	+ +
40:60	เก่าธรรมชาติ	+ + + +	+ + +	+ + + +	+ + + +
	เร่งความเก่า	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
50:50	เก่าธรรมชาติ	+ + +	+ +	+ +	+ + + + +
	เร่งความเก่า	+ + + + +	+ +	+ +	+ + + +
60:40	เก่าธรรมชาติ	+ +	+	+	+ + + + +
	เร่งความเก่า	+ + + +	+	+	+ + + + +

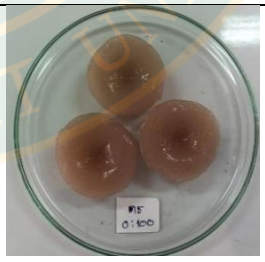
<u>หมายเหตุ</u> สัญลักษณ์ +++++ แสดงค่า มากที่สุด, ++++ แสดงค่า มาก,+++ แสดงค่า ปานกลาง, ++ แสดงค่า น้อย และ + แสดงค่า น้อยที่สุด

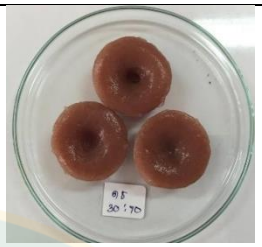
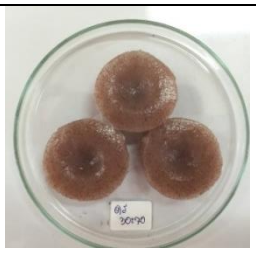
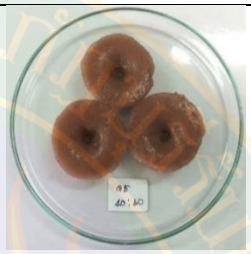
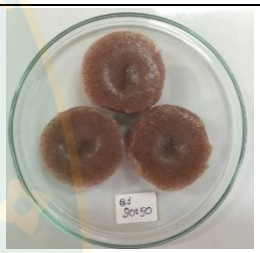
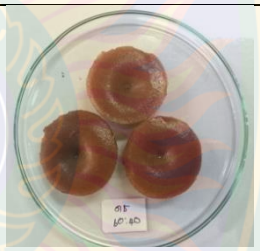
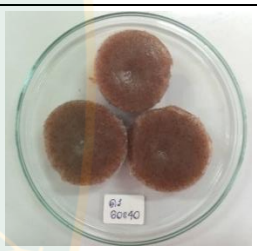
ตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบลักษณะของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่ในอัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	สภาวะ	ลักษณะปรากฏของ
0:100	เก่าธรรมชาติ	มีความบุ๋มน้อยกว่าข้าวเร่ง มีความมันวาวมากผิวหน้าแฉะเหนียวติดมือมาก มีสีน้ำตาลอ่อน
	เร่งความเก่า	มีความบุ๋มมากกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ มีความมันวาวเท่ากันกับข้าวเก่าธรรมชาติ แต่ผิวหน้าจะแฉะกว่า เหนียวติดมือ มีสีน้ำตาลอ่อน
30:70	เก่าธรรมชาติ	มีความบุ๋มน้อยกว่าข้าวเร่ง ความมันวาวมาก และเหนียวติดมือมากกว่าข้าวเร่ง มีสีน้ำตาล
	เร่งความเก่า	มีความบุ๋ม กว้างมากกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ มีความมันวาวเท่ากัน เหนียวติดมือน้อยกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ มีสีน้ำตาล
40:60	เก่าธรรมชาติ	มีความบุ๋มน้อยกว่าข้าวเร่ง มีความมันวาว เหนียวติดมือมากกว่าข้าวเร่ง มีสีน้ำตาล
	เร่งความเก่า	มีความบุ๋มมากกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ มีความมันวาว และเหนียวติดมือน้อยกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ มีสีน้ำตาล
50:50	เก่าธรรมชาติ	มีความบุ๋ม ลึก กว้าง มากกว่าข้าวเร่ง มีความมันวาว และเหนียวติดมือ

		เล็กน้อย มีสีน้ำตาล
	เร่งความเก่า	มีความนุ่มน้อยกว่าข้าวเก่าธรรมชาติมีความมันวาว และเหนียวติดมือน้อยกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ มีสีน้ำตาล
60:40	เก่าธรรมชาติ	มีความนุ่มและความมันวาวเล็กน้อย เหนียวติดมือน้อย มีสีน้ำตาลเข้ม
	เร่งความเก่า	มีความนุ่มและความมันวาวน้อยกว่าข้าวเก่าธรรมชาติ ไม่เหนียวติดมือ มีสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4.35 ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ลักษณะปรากฏ	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
0:100	บุ๋มเล็กน้อย มีลักษณะมันวาว สีน้ำตาลอ่อน เนื้อสัมผัสนุ่มมาก เหนียวติดมือ		

30:70	บุ๋มเล็กน้อย มีความมันวาว สีน้ำตาล เนื้อสัมผัสนุ่ม และเหนียว แต่ไม่มากเท่าสูตรที่ 1		
40:60	มีความบุ๋มเพิ่มขึ้นจากสูตร 1 และ 2 มีความมันวาว สีน้ำตาลแดง เนื้อสัมผัสนุ่ม เหนียวพอดีไม่ติดมือ		
50:50	มีลักษณะบุ๋ม มีความมันวาว สีน้ำตาล เนื้อสัมผัสนุ่มเล็กน้อย ไม่ติดมือ		
60:40	บุ๋มเล็กน้อย มีลักษณะมันวาวเล็ก สีน้ำตาลเข้ม เนื้อสัมผัสแข็ง เหนียวแต่ไม่ติดมือเลย		

ตารางที่ 4.36 ระดับคุณสมบัติบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่าน การเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	สภาวะ	ความบุ๋ม	ความมันวาว	ความเหนียวติดมือ	สีน้ำตาลแดง
0:100	เก่าธรรมชาติ	+	+ + + + +	+ + + + +	+
	เร่งความเก่า	+ + +	+ + + + +	+ + + + +	+
30:70	เก่าธรรมชาติ	+ + +	+ + + +	+ + + + +	+ +

	เร่งความเก่า	+ + + + +	+ + + +	+ + + +	+ +
40:60	เก่าธรรมชาติ	+ + + +	+ + +	+ + + +	+ + +
	เร่งความเก่า	+ + + + +	+ + +	+ + +	+ + +
50:50	เก่าธรรมชาติ	+ + + + +	+ +	+ + +	+ + + +
	เร่งความเก่า	+ +	+ +	+ +	+ + + +
60:40	เก่าธรรมชาติ	+ +	+ +	+ + +	+ + + + +
	เร่งความเก่า	+	+	+	+ + + + +

หมายเหตุ สัญลักษณ์ +++++ แสดงค่า มากที่สุด, ++++ แสดงค่า มาก,+++ แสดงค่า ปานกลาง, ++ แสดงค่า น้อย และ + แสดงค่า น้อยที่สุด

4.2.2.2 ศึกษาลักษณะคุณภาพบางประการของขนมน้ำดอกไม้

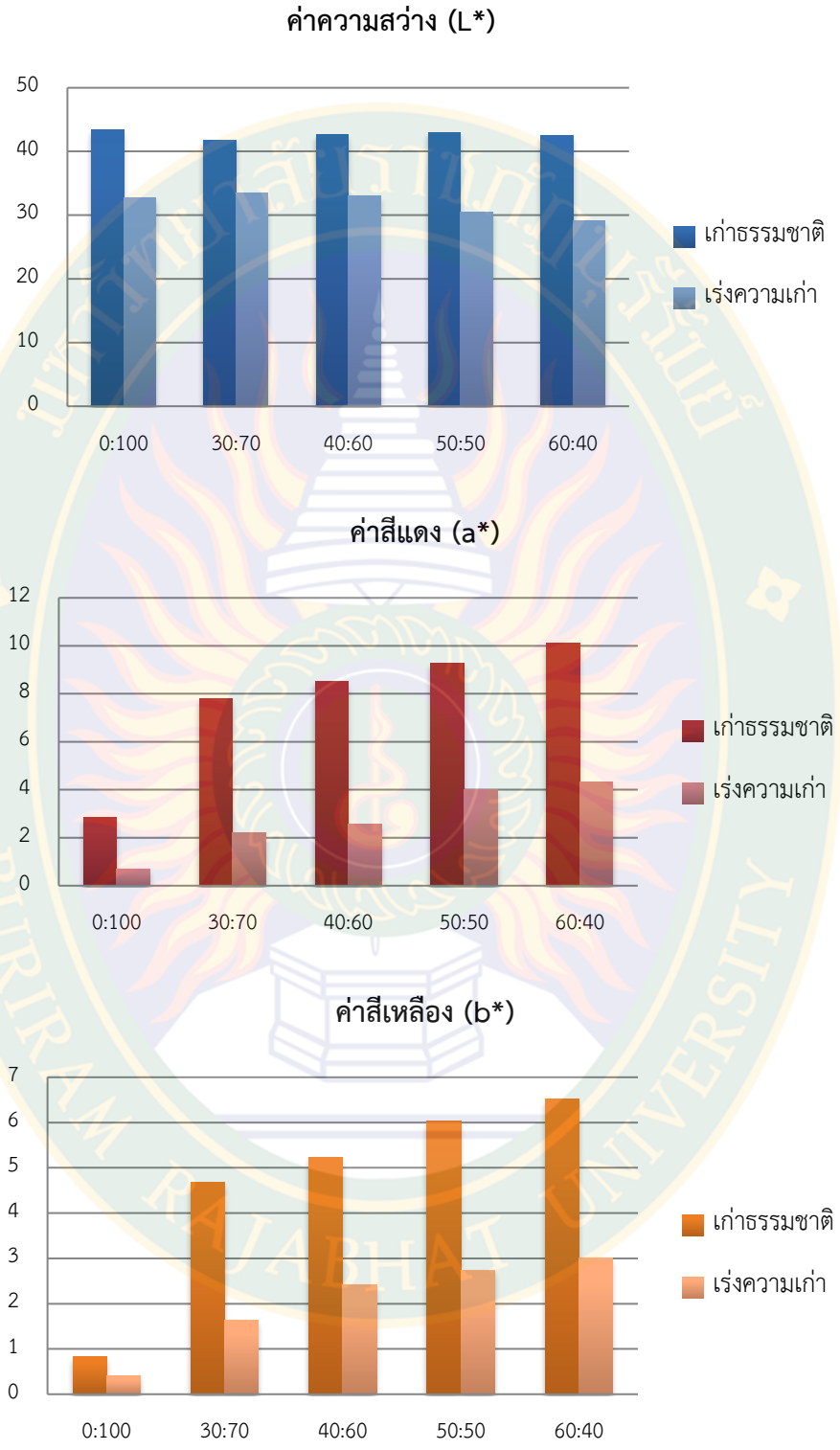
คุณสมบัติด้านสีของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวจิ๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 41.74–43.34 และ 29.17–33.54 ค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 2.83-10.11 และ 0.71-4.32 ค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 0.83-6.52 และ 0.40-3.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.37) ส่วนขนมน้ำดอกไม้จากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 38.99–43.18 และ 38.82–44.33 ค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 3.76-12.12 และ 1.76-8.53 ค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 0.84-8.71 และ (-0.46)-5.73 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.38) จากผลการทดลอง พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดงทั้ง 2 สภาวะ (เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) เมื่อลดปริมาณน้ำตาลลง (เพิ่มแป้งข้าว) ส่งผลให้ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น และหากเปรียบเทียบระหว่างสภาวะพบว่าขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองต่ำกว่าสภาวะข้าวเก่าตามธรรมชาติ (ภาพที่ 4.11 และ 4.12)

ตารางที่ 4.37 ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวจิ๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บ					
	ค่าความสว่าง (L*)		ค่าสีแดง (a*)		ค่าสีเหลือง(b*)	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
0:100	43.34	32.76	2.83	0.71	0.83	0.40
30:70	41.74	33.54	7.79	2.22	4.67	1.64
40:60	42.65	32.98	8.50	2.55	5.22	2.42
50:50	43.00	30.50	9.28	4.00	6.03	2.74
60:40	42.51	29.17	10.11	4.32	6.52	3.00

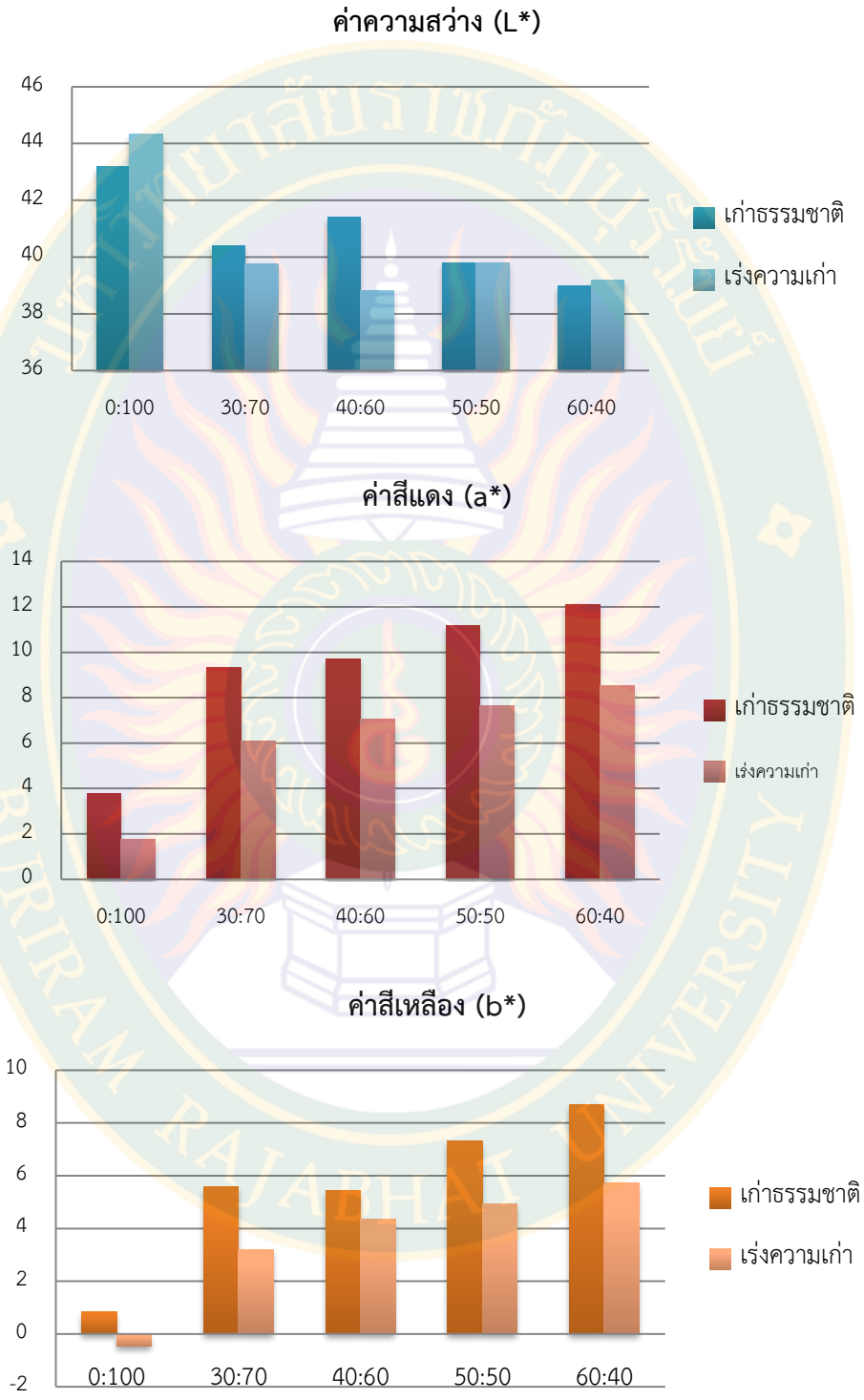
ตารางที่ 4.38 ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดง					
	ค่าความสว่าง (L*)		ค่าสีแดง (a*)		ค่าสีเหลือง(b*)	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
0:100	43.18	44.33	3.76	1.76	0.84	-0.46
30:70	40.39	39.77	9.33	6.07	5.57	3.21
40:60	41.40	38.82	9.72	7.06	5.43	4.34
50:50	39.81	39.81	11.17	7.65	7.31	4.92
60:40	38.99	39.19	12.12	8.53	8.71	5.73



ภาพที่ 4.11 ค่าสี L* a* b* ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติ

และผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ



ภาพที่ 4.12 ค่าสี L* a* b* ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ค่าความแข็งของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 628.50-1282.75 และ 436.00-1289.50 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.39) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าตามธรรมชาติ พบว่า อัตราส่วน 60:40 มีค่าความแข็งสูงที่สุด คือ 1282.75 g ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับทุกอัตราส่วนในสภาวะเดียวกันและขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 60:40 มีค่าความแข็งสูงที่สุด คือ 1289.50 g แต่ไม่แตกต่างจากอัตราส่วน 50:50 (1149.25 g) และ 40:60 (1101.00 g) ในสภาวะเดียวกัน ส่วนขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 1065.50–1272.00 และ 419.25–1374.50 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.39) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่เก่าตามธรรมชาติ พบว่า อัตราส่วน 60:40 มีค่าความแข็งสูงที่สุด คือ 1272.00 g แต่ไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) จากอัตราส่วน 0:100 (1194.25 g) 40:60 (1188.25 g) และ 50:50 (1109.90 g) ในสภาวะเดียวกัน และขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 60:40 มีค่าความแข็งสูงที่สุด คือ 1374.50 g ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับทุกอัตราส่วนในสภาวะเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) ของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บแต่ละอัตราส่วน พบว่า สภาวะเก่าธรรมชาติและเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้ที่อัตราส่วน 0:100 40:60 50:50 และ 60:40 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงทั้ง 2 สภาวะที่อัตราส่วน 30:70 40:60 50:50 และ 60:40 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ค่าความเหนียวของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 0.73-1.05 และ 0.84-1.35 mJ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.40) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าตามธรรมชาติ พบว่า อัตราส่วน 60:40 มีค่าความเหนียวสูงที่สุด คือ 1.05 mJ แต่ไม่แตกต่างจากอัตราส่วนอื่นๆ ที่สภาวะเดียวกัน และขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 40:60 มีค่าความเหนียวสูงที่สุด คือ 1.59 mJ แต่ไม่แตกต่างจากอัตราส่วน 60:40 (1.35 mJ) ในสภาวะเดียวกัน ส่วนขนมน้ำดอกไม้

จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีค่าความเหนียวอยู่ในช่วง 0.72-1.41 และ 0.79-1.42 mJ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.40) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่เก่าตามธรรมชาติ พบว่า อัตราส่วน 30:70 มีค่าความเหนียวสูงที่สุด คือ 1.41 mJ แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากอัตราส่วน 0:100 (1.01 mJ) 40:60 (1.17 mJ) และ 60:40 (1.36 mJ) ในสภาวะเดียวกัน และขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 60:40 มีค่าความเหนียวสูงที่สุด คือ 1.42 mJ แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากอัตราส่วน 0:100 (0.89 mJ) 30:70 (0.79 mJ) และ 50:50 (0.97 mJ) ในสภาวะเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) ของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงแต่ละอัตราส่วน พบว่า สภาวะเก่าธรรมชาติและเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้ที่อัตราส่วน 0:100 30:70 40:60 และ 50:50 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงทั้ง 2 สภาวะที่อัตราส่วน 0:100 40:60 50:50 และ 60:40 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 0.93-0.95 (ภาพที่ 4.13) ส่วนขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 0.92-0.95 และ 0.93-0.94 (ภาพที่ 4.14) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาลลงในแต่ละอัตราส่วนส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระสูงขึ้น ส่วนสภาวะเก่าธรรมชาติและเร่งความเก่าไม่มีผลต่อค่าปริมาณน้ำอิสระของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวสายพันธุ์เดียวกัน

ตารางที่ 4.39 ค่าความแข็งของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ค่าความแข็ง (g)			
	ข้าวจี๊บ		ข้าวหอมมะลิแดง	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
0:100	628.50 ± 70.71^{dA}	553.25 ± 11.67^{bA}	1194.25 ± 95.81^{abA}	419.25 ± 8.13^{eB}
30:70	1116.00 ± 22.63^{bA}	436.00 ± 23.33^{bB}	1065.50 ± 53.74^{bA}	770.50 ± 90.51^{dA}

40:60	816.75±1.06^{cA}	1101.00±123.74^{aA}	1188.25 ±95.11^{abA}	936.00±26.17^{cA}
50:50	1142.25±6.01^{bA}	1149.25±101.47^{aA}	1109.90 ±58.12^{abA}	1106.50±28.99^{bA}
60:40	1282.75±44.90^{aA}	1289.50±135.06^{aA}	1272.00 ±53.74^{aA}	1374.50±10.61^{aA}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b, c, d}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

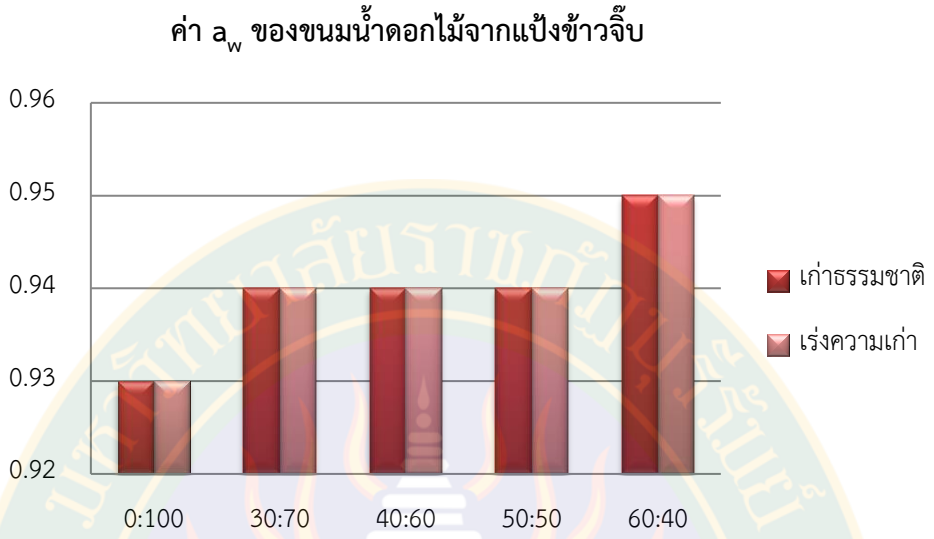
อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวที่เก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน

ตารางที่ 4.40 ค่าความเหนียวของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

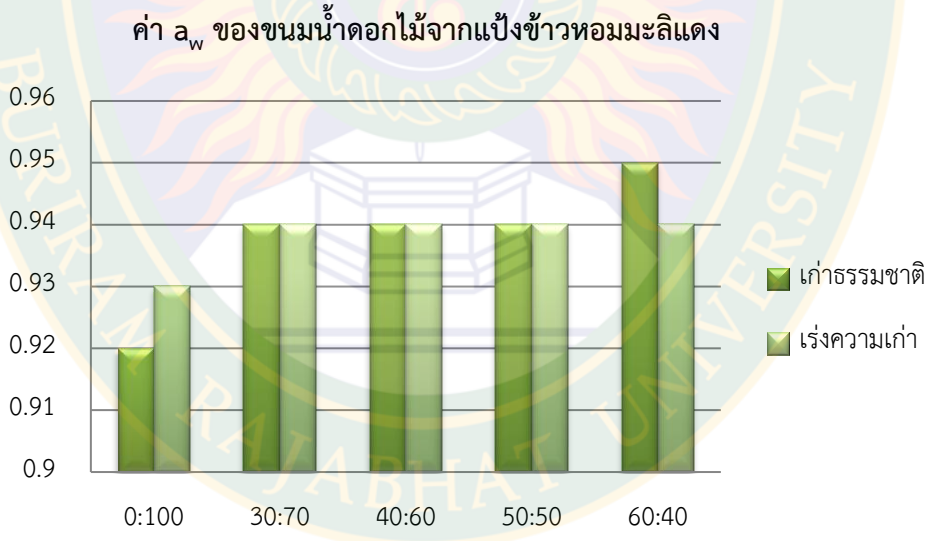
อัตราส่วน	**ค่าความเหนียว (mJ)**			
	ข้าวจิ๊บ		**ข้าวหอมมะลิแดง**	
	เก่าธรรมชาติ	**เร่งความเก่า**	**เก่าธรรมชาติ**	**เร่งความเก่า**
0:100	0.73±0.23^{aA}	0.84 ±0.00^{bA}	1.01 ±0.11^{abA}	0.89±0.13^{abA}
30:70	1.02±0.02^{aA}	0.85 ±0.06^{bA}	1.41 ±0.16^{aA}	0.79±0.06^{abB}
40:60	0.94±0.04^{aA}	1.59 ±0.26^{aA}	1.17 ±0.35^{abA}	0.86±0.13^{bA}
50:50	0.84±0.18^{aA}	0.88 ±0.11^{bA}	0.72 ±0.10^{bA}	0.97±0.04^{abA}
60:40	1.05±0.01^{aB}	1.35 ±0.03^{aA}	1.36 ±0.33^{aA}	1.42±0.47^{aA}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b,}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวที่เก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน



ภาพที่ 4.13 ปริมาณน้ำอิสระ ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

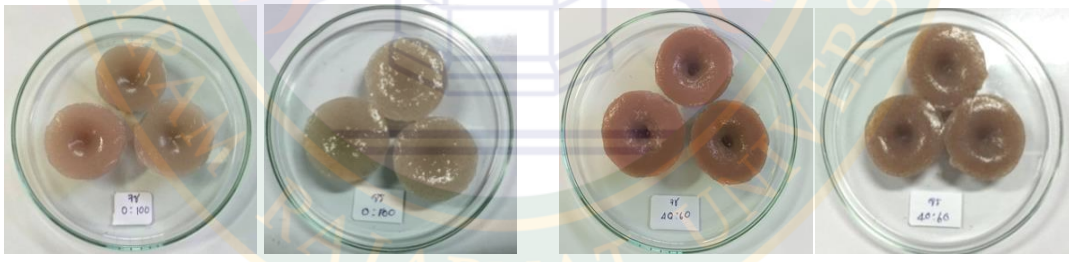


ภาพที่ 4.14 ปริมาณน้ำอิสระ ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ขนมน้ำดอกไม้ที่อัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ให้ลักษณะปรากฏทางด้านสี ความนุ่ม ความมันวาว และเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและความเหนียวดีที่สุด ดังนั้นจึงได้คัดเลือกอัตราส่วนดังกล่าวของแป้งข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ เพื่อนำไปทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัส

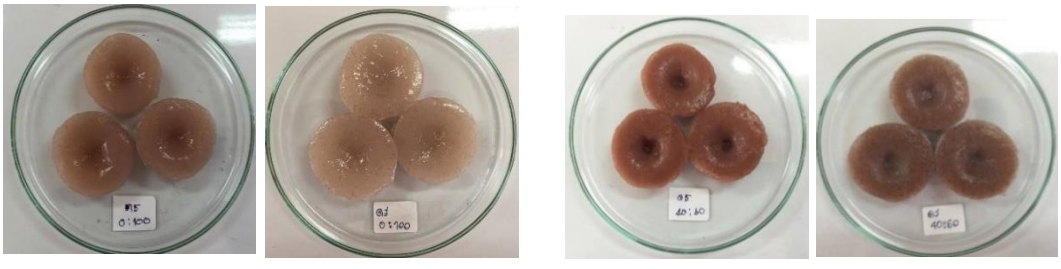
4.2.2.3 ศึกษาการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อขนมน้ำดอกไม้

จากทดสอบด้านประสาทสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บตัวอย่างต่างๆ พบว่า ด้านสี ความมันวาว กลิ่นรวม รสชาติ และความชอบโดยรวมของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติ 0:100 ได้คะแนนสูงที่สุด คือ 7.63 7.40 7.27 7.77 และ 7.80 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.41) แต่ค่าคะแนนไม่แตกต่างจากตัวอย่างขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่า 0:100 ส่วนลักษณะการนุ่ม พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติ 40:60 ได้คะแนนสูงที่สุด คือ 7.40 แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่า 40:60 (6.87)



เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า

ภาพที่ 4.15 ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บอัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ที่คัดเลือก



ภาพที่ 4.16 ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงอัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ที่คัดเลือก

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่อัตราส่วนตัวอย่างต่างๆ พบว่า ด้านสี ความมันวาว รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติ 0:100 ได้คะแนนสูงที่สุด คือ 7.67 7.40 7.30 7.67 และ 7.43 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.42) แต่ค่าคะแนนไม่แตกต่างจากตัวอย่างขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่า 0:100 ส่วนลักษณะการบุ๋ม พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติ 40:60 ได้คะแนนสูงที่สุด คือ 7.57 แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่า 40:60 (6.83) และขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติ 0:100 (6.80) ด้านกลิ่นรวม พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่า 0:100 ได้คะแนนสูงที่สุด คือ 6.83 แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติ 0:100 (6.80) และ 40:60 (6.23)

ตารางที่ 4.41 คะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจิ๊บตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale

ตัวอย่าง	สี	ลักษณะการบุ๋ม	ความมันวาว	กลิ่นรวม	รสชาติ	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
จิ๊บธรรมชาติ 0:100	7.63±1.03^{a}	6.70±1.09^{b}	7.40±1.00^{a}	7.27±1.17^{a}	7.77±0.77^{a}	7.80±0.66^{a}	7.80±0.76^{a}
จิ๊บเร่ง 0:100	7.30±1.21^{a}	6.23±1.43^{b}	7.10±1.35^{ab}	7.07±1.39^{ab}	7.40±0.89^{a}	7.03±1.07^{b}	7.30±0.75^{a}
จิ๊บธรรมชาติ 40:60	7.07±1.34^{a}	7.40±1.54^{a}	6.67±1.40^{bc}	6.40±1.65^{bc}	5.80±1.88^{b}	5.73±1.68^{c}	6.17±1.76^{b}
จิ๊บเร่ง40.60	6.37±1.71^{b}	6.87±1.04^{ab}	6.13±1.33^{c}	5.73±2.07^{c}	5.47±2.19^{b}	5.33±2.06^{c}	5.57±2.14^{b}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b, c}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของตัวอย่างต่างๆ

ตารางที่ 4.42 คะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale

ตัวอย่าง	สี	ลักษณะการบุ๋ม	ความมันวาว	กลิ่นรวม	รสชาติ	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
หอมมะลิแดงธรรมชาติ 0:100	7.67±0.84^{a}	6.80±1.52^{ab}	7.40±1.22^{a}	6.80±1.21^{a}	7.30±1.39^{a}	7.67±0.84^{a}	7.43±1.14^{a}
หอมมะลิแดงเร่ง 0:100	7.13±1.55^{a}	6.40±1.73^{b}	7.10±1.49^{a}	6.83±1.37^{a}	7.23±1.25^{a}	6.97±1.45^{ab}	7.07±1.31^{ab}
หอมมะลิแดงธรรมชาติ 40:60	7.00±1.55^{a}	7.57±1.43^{a}	6.73±1.46^{ab}	6.23±1.74^{ab}	6.07±1.68^{b}	6.57±1.63^{b}	6.53±1.57^{bc}
อมมะลิแดงเร่ง 40:60	6.23±1.61^{b}	6.83±1.60^{ab}	6.13±1.41^{b}	5.43±2.06^{b}	5.27±2.12^{b}	5.47±1.87^{c}	5.83±1.78^{c}

หมายเหตุ อักษร $^{a, b, c}$ ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของตัวอย่างต่างๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
BURIRAM RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน

1) สภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าด้วยวิธีอบลมร้อนของข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง และข้าวเหลืองประทิวที่มีความชื้นเริ่มต้น 21-25% คือ 90 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ส่วนสภาวะการเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวขาวตาแห้งที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 21-25% คือ 80 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

2) ผลการเปรียบเทียบลักษณะทางเคมีกายภาพของข้าว 4 สายพันธุ์ (ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้ง) ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 1 เดือน 3 เดือน 6 เดือน และข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าทั้ง สรุปได้ดังต่อไปนี้

2.1) ปริมาณแอมิโลส ข้าวจิ๊บ ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งอายุ 6 เดือน และผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณแอมิโลสสูงกว่าข้าวอายุ 1 เดือนและ 3 เดือน ($p \leq 0.05$) และข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณแอมิโลสสูงกว่าข้าวอายุ 1 เดือน และ 3 เดือน แต่มีปริมาณแอมิโลสต่ำกว่าข้าวอายุ 6 เดือน

2.2) ความคงตัวของแป้งสุก ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดงและข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าความคงตัวของแป้งสุกสูงกว่าข้าวที่มีอายุ 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน ส่วนข้าวขาวตาแห้งทุกสภาวะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกไม่แตกต่างกัน

2.3) อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวและปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ ข้าวทุกสายพันธุ์ที่ผ่านการเร่งความเก่ามีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวสูงกว่าข้าวที่มีอายุ 3 เดือน และ 1 เดือน

2.4) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียของข้าวจิ๊บ พบว่า ข้าวทุกสายพันธุ์ที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณของแข็งที่สูญเสียต่ำกว่าข้าวที่มีอายุ 6 เดือน 3 เดือน และ 1 เดือน

2.5) ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ด้านความแข็ง ข้าวที่มีอายุ 6 เดือน และผ่านการเร่งความเก่ามีค่าความแข็งสูงกว่าข้าวอายุ 1 เดือนและ 3 เดือน แต่ค่าความเหนียวของข้าวแต่ละสภาวะทุกสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

5.1.2 การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว ได้ศึกษาปริมาณแป้งข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งทั้ง 2 สภาวะ (เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) ที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยนำแป้งข้าวผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 พบว่า

1) การผสมแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแอมิโลสสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะของแป้งข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วน พบว่า มีปริมาณแอมิโลสไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

2) ความคงตัวของแป้งสุกจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลัง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ พบว่า ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีความคงตัวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเก่าตามธรรมชาติ

3) ค่าความหนืดแต่ละอัตราส่วนของน้ำแป้งผสมจากข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ความหนืดของน้ำแป้งผสมลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ พบว่า ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าทุกอัตราส่วนมีค่าความหนืดสูงกว่าสภาวะเก่าธรรมชาติ

4) ปริมาณความชื้นของเส้นสดแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า ทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ปริมาณความชื้นของเส้นแห้งแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากข้าวเหลืองประทิวที่เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากข้าวขาวตาแห้งที่เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกๆ อัตราส่วน ($p\leq0.05$) ในสภาวะเดียวกัน

5) คุณสมบัติด้านสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งที่เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนและเปรียบเทียบระหว่างสภาวะเมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่า L* a* และ b* ลดลง

6) ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าแรงดึง เมื่อเพิ่มแป้งมันสำปะหลังจะส่งผลให้ค่าแรงดึงลดลง โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งทั้งสองสภาวะที่อัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ให้เส้นที่มีความเหนียวปานกลาง ไม่ขาดง่าย ค่าแรงตัดของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวที่เก่าตามธรรมชาติแต่ละอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ในสภาวะเดียวกัน และเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 50:50 มีค่าแรงตัดสูงสุด

7) เมื่อพิจารณาลักษณะเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้โดยสังเกตลักษณะผิวหน้า สี ความยากง่ายในการลอกแผ่น การตัดเป็นเส้นโดยไม่ติดมีด และการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส ได้คัดเลือกเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า (ทั้ง 2 สายพันธุ์) ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวทุกตัวอย่างจากแป้งข้าวได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

5.1.3 การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมไทย มีขั้นตอนการดำเนินงาน คือ เปรียบเทียบลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า โดยการลดปริมาณน้ำตาลในอัตราส่วนต่างๆ ศึกษาลักษณะปรากฏ สี ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่ากิจกรรมของน้ำ และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค สรุปผลได้ดังนี้

1) เมื่อลดปริมาณน้ำตาล (เพิ่มแป้งข้าว) ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า ลักษณะปรากฏด้านความนุ่ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสที่แข็งของขนมน้ำดอกไม้เพิ่มมากขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง ส่วนสภาวะของแป้งข้าวข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ (เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) ที่อัตราส่วนต่างๆ ของขนมน้ำดอกไม้ให้ลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกัน

2) ลักษณะทางกายภาพของขนมน้ำดอกไม้ คุณสมบัติด้านสี พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า ให้ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อลดปริมาณน้ำตาลลง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่า มีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองต่ำกว่าสภาวะข้าวเก่าตามธรรมชาติ

3) เมื่อลดปริมาณน้ำตาล (เพิ่มแป้งข้าว) ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าความเหนียวน้อยกว่าสภาวะข้าวเก่าตามธรรมชาติ

4) ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) ของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 0.92-0.95

5) จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมน้ำดอกไม้อัตราส่วน 0:100 และ 40:60 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติอัตราส่วน 0:100 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากสภาวะที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน ($p>0.05$)

5.2 ข้อเสนอแนะ

การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน

1) ควรมีการศึกษาตัวแปรอิสระอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อกระบวนการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกเพิ่มเติม เช่น ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก ความเร็วลมร้อนขณะอบ เป็นต้น

2) ควรมีการศึกษาทดลองกับข้าวภายหลังกรเก็บเกี่ยวทันที

3) ควรมีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวสุกภายหลังการเร่งความเก่า

4) ควรมีการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าเพื่อการพัฒนาขยายผลไปสู่ภาคอุตสาหกรรม

การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

1) ควรบดข้าวให้ละเอียดเพื่อให้แป้งข้าวสามารถผสมกับแป้งมันสำปะหลังเป็นเนื้อเดียวกัน

2) ควรบ่มแป้งให้ครบ 8 ชั่วโมง ก่อนการผลิตเส้นทุกครั้งเพื่อให้แป้งดูดซับน้ำได้อย่างเต็มที่

3) ไม่ควรบดข้าวไว้เกิน 3 เดือน เพราะจะทำให้แป้งมีความชื้นและเกิดกลิ่นหืนได้

4) ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาของเส้นก๋วยเตี๋ยว

การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

1) แป้งข้าวที่ใช้ในการผลิตขนมน้ำดอกไม้ ควรเป็นแป้งที่มีปริมาณแอมิโลสสูงหรืออาจมีการพัฒนาโดยใช้แป้งผสม เช่น แป้งข้าวผสมกับแป้งมันสำปะหลัง

2) ควรนึ่งถ้วยตะไลเตรียมไว้ก่อนในน้ำเดือด นาน 5 นาที ซึ่งถ้วยตะไลที่ร้อนจัด และไอน้ำในลังถึงที่ร้อนจะทำให้ส่วนผสมของขนมสุกทันทีและขนมเกิดรอยบุ๋มตรงกลางหรือเกิดการชักหน้า

บรรณานุกรม

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์. (2556). “**ผลของการผสมแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วหรั่งต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว**”. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. เมษายน-มิถุนายน. 33(2):114-124.

กมลวรรณ แจงชัด. (2543). **เอกสารประกอบการสอนวิชาการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑอุตสาหกรรมเกษตร I: การประเมินคุณภาพทางเคมี.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ คณะอุตสาหกรรม

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2550). **เทคโนโลยีของแป้ง**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 303 น.

_____. (2546). **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 3 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 292 น.

_____. (2543). **เทคโนโลยีของแป้ง**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ และ วรดา อิ่มศิลป์ (2554).**การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิคการลดความชื้นแบบเมล็ดข้าวไหนคลุกเคล้า**. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์ ชญาภัทร์ กี่อาริโย นพพร สกุลยืนยงสุข และดวงรัตน์ แซ่ตั้ง (2554). **การประยุกต์ใช้ข้าวกล้องงอก ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน**.กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร, กรุงเทพฯ.

เข็มทอง นิ่มจินดา. (2538). **ทฤษฎีอาหาร.**ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 81 ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศ กรมการฝึกหัดครู.

งามชื่น คงเสรี. (2547). **คุณภาพข้าวสวย**. กรมวิชาการเกษตรและสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, (ผู้รวบรวม), คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิ ไทย. บริษัทจิรวัฒน์เอ็กซ์เพรส จำกัด, ปทุมธานี.

_____. (2542). **เทคนิคการทดสอบคุณภาพข้าว**. กสิกร, 72(5) : 469-473.

_____. (2541). **ผลิตภัณฑ์ข้าว**, น. 45-90.ในเอกสารการสอนชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหารหน่วยที่ 1-7 (สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์).มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

จันทร ทศานนท. (2535). **อาหารไทย.** ภาควิชาอาหารและโภชนาการ คณะคหกรรมศาสตร วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา, กรุงเทพฯ.

จิตติมา ผลเสวกและอารีวรรณ คูสันเทียะ.(2544). **ข้าวพื้นบ้านเชื้อพันธุ์แผ่นดินอีสาน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ธรรมสาร.

จิรศักดิ์ คงเกียรติขจร เพลงพิณ ศิวพรรักษ์ และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย. (2547). **การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิสายพันธุ์ 105 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน.** ว.วิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 27(3): 285-297.

จุฑารพ หยาดไธสง และ สมชาย ชวนอุดม. (2556). **ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบต่อคุณภาพข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ**. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ใจทิพย์ วานิชชังและ ผดุงศักดิ์ วานิชชัง. (2547). รายงานการวิจัยเรื่อง **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเก่าเพื่อชุมชน.** สำนักงานงบประมาณแผ่นดิน. ชลบุรี:สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

เฉลิมพร เอี่ยมมิ. (2546). **การรวมกระบวนการผลิตของการนึ่งและการอบแห้งข้าวนึ่งสำหรับข้าวหอม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 59 น.

ชลธิชา สัมฤทธิสุทธิ์ และสาวิตรี รัตนสุมาวงศ์.(2554) **อิทธิพลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อการคืนรูปของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่อบแห้ง**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ณรงค์ นิยมวิทยา. (2538). **ผลิตภัณฑ์จากธัญชาติ.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดลฤดี ใจฤทธิ์ สมเกียรติ ปรัชญาวรากร สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ วารุณี วารัญญานนท์ และ พัชรี ตั้งตระกูล. (2550).**การเร่งความเก่าของข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ.** ว. วิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 30 (40): 659-668.

ดวงดาว สุวรรณพันธ์ สุคนธา พุทธโคตร และอินถวา พาน. (2552). **การทำข้าวหอมมะลิใหม่ให้เป็นข้าวเก่า โดยวิธีอบลมร้อน ไมโครเวฟและวิธีสุญญากาศ.**ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. (2552). “**การพัฒนาเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและการลวกสุกไว**”. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร. มิถุนายน-พฤษภาคม. 5(1):18-25.

นภสร จุยเจริญ. (2544). **การศึกษาปจจัยที่มีผลตอคุณภาพขนมน้ำดอกไม**.ปญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร.

นภสร จุ้ยเจริญ กมลวรรณ แจ้งชัด วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และอบเชย วงศ์ทอง. (2546). **ความสัมพันธ์ของปริมาณแป้งข้าวเจ้า น้ำตาลและน้ำต่อคุณภาพขนมน้ำดอกไม้.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นาฏชนก ปรางปรุ. (2553). **การกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวสารโดยวิธีผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการแปรรูปผลผลิตเกษตร, สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ประพาส วีระแพทย์. (2526). **ความรู้เรื่องข้าว**. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. 108 น.

ปราณี วราสวัสดิ์. (2549). **เอกสารประกอบการเรียนวิชาเคมีอาหาร.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ฝ่ายวิจัยธุรกิจธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน). (2538). **Business Profile Rice Milling**. กรุงเทพฯ.

พชรวรรณ เทียนสวัสดิ์ จิราภรณ์ สอดจิตต์ วรสิทธิ์ โทจำปา. (2550). **เทคโนโลยีการปรับสภาพข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่า.**โครงการ IRPUS ประจำปี 2550. พิษณุโลก. มหาวิทยาลัยณเรศวร. 1-5

พัสกร เจียตระกูล เมธินีเห่วซึ่งเจริญ และศุภศักดิ์ ลิมปิติ. (2546). **ถังเก็บอุณหภูมิต่ำสำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105.**วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 140 น.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2551). **ข้าว**. สืบค้นเมื่อ 12 มิถุนายน 2558, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1657/rice-ข้าว.

พีชยา จิระธรรมกิจกุล. (2541). **ผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวกล้อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.140 น.

ภูมิสิทธิ์ วรรณชารี. (2545). **การศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยใช้อุณหภูมิและระยะเวลาอบเป็นปัจจัยเร่ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มณเฑียร ศภุลักษณ. (2541) . **ตำนานขนมไทย.**บริษัท ฐานการพิมพ,กรุงเทพฯ.

มัทนียา เชี่ยวเวท. (2548). **การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคในการอบแบบฟลูอิไดซ์เบดร่วมกับการเทมเปอร์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.80 น.

ยุทธนา พิมลศิริผล กมลวรรณ แจ้งชัด สมบัติ ขอทวีวัฒนา และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ.2546.**การพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศ**.ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2540. **การประเมินอายุการเก็บของอาหาร**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 168 หน้า.

รุจิรา ปรีชา และจำลอง ฤทธิชัย. (2551).**พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับทำแป้งทอดกรอบ**. ในผลงานวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวระหว่าง พ.ศ. 2540-2550. กรุงเทพฯ.

รุจิรา ปรีชา. (2551). **ขนมคุกกี้จากแป้งข้าวชนิดโม่เปียกและโม่แห้ง**. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

ละมุน วิเศษ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และจิรศักดิ์ คงเกียรติขจร. (2546). **การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไขมัน คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติของแป้งสุกของข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิในระหว่างการเก่าของข้าว**. คณะทรัพยากรธรรมชีวภาพและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. (2541). **คุณสมบัติของข้าวและการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่**, น. 33-48.ในเอกสารประกอบคำบรรยาย โครงการฝึกอบรมเรื่องการพัฒนาเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและขนมจีนโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริลักษณ สินธวาลัย. (2525). **ทฤษฎีอาหารเลม1**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร.

ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. (2553).**เส้นก๋วยเตี๋ยว**.สืบค้นเมื่อ 3 เมษายน 2558, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/เส้นก๋วยเตี๋ยว.

สนิท ทิพย์นางรอง. สัมภาษณ์, 25 กรกฎาคม 2557.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2533). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยว**, มอก. 959-2553.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557). **การบริโภคข้าว**. สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม, 2557, จาก http://www.oae.go.th.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. (2558). **สูตรขนมน้ำดอกไม้.** (สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2558).จาก http://www.brrd.in.th/rkb/product/index.php

_____. **โครงสร้างของส่วนเนื้อผล.**(สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม,2558). จาก http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.phpfile=content.php

_____. (2551). **คู่มือเจ้าหน้าที่รับผิดชอบศูนย์ข้าวชุมชน**.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

สิริชัย ส่งเสริมพงษ์. (2554). **การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ พิษณุโลก 2 โดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟแบบต่อเนื่อง** [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 14 ธันวาคม 2554.http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/30Sirichai_Son/template.html.

สิริลักษณ์ ภักดีศรีพันธ์. 2554. **ผลของฤดูกาลเก็บเกี่ยว พันธุ์และวิธีการโม่ต่อปริมาณสตาร์ชทนย่อยของแป้งเผือกและการใช้ในก๋วยเตี๋ยวเสริมใยอาหาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สุดารัตน์ พริกบุญจันทร์. (2554). **สภาวะการบ่มที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยว**. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สุนทรณ์ ฟักเฟื่อง.(2555). **การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องงอก**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี. มกราคม-มิถุนายน. 5(1):1-8.

สุนีย์ เสริมสิริโสภณ. (2546). **ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีกายภาพของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัญฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุพัตรา สุวรรณธาดา สอาง ไชยรินทร์จิตติชัย อนาวงษ์ สุมาลี สุทธายศสุภาณี จงดี กฤษณา สุดทะสาร รานี เคนเหลื่อม และสุนันทา วงศ์ปิยชน. (2551). **คุณสมบัติของแป้งข้าวสำหรับทำขนมไทย**. ในผลงานวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวระหว่าง พ.ศ. 2540-2550. กรุงเทพฯ.

อดิเทพ ทวีรัตนพาณิชย์ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ สมบูรณ์ เวชกามา งามชื่น คงเสรี และสุนันทา วงศ์ปิยชน. (1999). **การอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันเพื่อการเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ด.** Kasetsart Journal (Natural Science), 33, 134-135.

อรพรรณ กัลปนายุทธ. (2547). **การปรับปรุงคุณภาพก๋วยเตี๋ยวพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิทผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรวสุ นพพรรค. (2542). **ขนมไทย**. สำนักพิมพโอเดียนสโตร, แผนกอาหารและโภชนาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตกรุงเทพ, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2550).**ข้าว** : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 366 น.

_____. (2547). **ข้าว** : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ ฯ. 366 หน้า.

อริสรา รอดมุ้ย.(2552). **การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวหอมนิล**. วารสารเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. มิถุนายน-พฤษภาคม.5(1):64-71.

อารีรัตน์ จิตบุญ. (2549). **ผลของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิข้าวเปลือกและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวระหว่างการเก็บรักษา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 81 น.

อารีรัตน์ อิ่มศิลป์ และกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์. (2556). **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยการอบลมร้อน.** วารสารวิชาการ. พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (พฤษภาคม–สิงหาคม. 23 : 2)

Ail, S. Z., B. S. Ramesh and C. M. Sowbhagwa. (1994). **Hydration, swelling and Solubility behawiour of rice in relation to other thysicochemical properties**. J. of Scienceof Food and Agriculture 64 (1): 1-7.

Anonymous. (1994). **A texture analysis study on boiled rice**. International Food Marketing and Technology, 8(5), 53-55.

AOAC.Official Method of Analysis. (2000). **Moisture content of rice**. The Association of Analysis Chemists.18th ed. Arlington, Virginia.

Bar, S. (1972). **Milled rice and changes during ageing**. In Rice: Chemisry and Technology, 1stedn, (D.F. Houston, ed.), American Association of Chemists, St Paui, MN, U.S.A. pp. 215-263.

Cagampang GB, Perez CM and Juliano BO. (1973). **A gelconsistency test for eating quality of rice**. J Sci Food Agric. 24: 1589-1594.

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

Elbert, G., Marcela, P. & Suarez, C. (2001). **Effect of drying condition on head rice yield and browning index of parboiled rice.** Journal of Food Engineering, 47, 37-41.

Fan, J. and B.P.Marks.(1998). **Retrogration Kinetics of Rice Flours as Influenced by Cultivar**. Cereal Chem. 75(1):153-155.

Faruq, G., Hadjim, M.O. &Meisner, C.A. (2003). **Optimized aging conditions: a screening tool for Mahsuri mutant derivatives.**Pakistan Journal of Agronomy, 2, 1-6.

Fellers, D.A. &Deissinger, A.E. (1983). **Preliminary study on the effect of steam treatment of paddy on milling properties and rice stickiness.** Journal of Cereal Science, 1, 147-157.

Gujral, H.S. & Kumar, V. (2003). **Effect of accelerated aging on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice.**Journal of Food Engineering.59 : 117-121.

Hamaker B. R. and Griffin, V. K. (1994).**Effect of disulfide bond-containing protein on rice starch gelatinzation and pasting**. Cereal chem.70(4):377

Inprasit, C. &Noomhorm, A. (2001). **Effect of drying air temperature and grain temperature of different types of dryer bed operation on rice quality.** Journal Drying Technology, 19(2), 389-404.

Jacobs, H and Delcour, J. A. (1998). **Hydrothermal Modifications of Granular Starch, with Retention of the Granular Stucture: A Review.** J. Agric. Food Chem.46(8):2895-2905.

Jaisut, D., S. Prachayawarakorn, W. Varanyanond, P. Tungtrakul and S. Soponronnarit. (2009). **Accelerated aging of jasmine brown rice by high-temperature fluidization technique.** Food Research International42: 674-681.

Juliano, B.O., Ed. (1985). **Rice**: Chemistry and Technology, 2 nd ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

_____. (1982). **An international survey of method used for evaluation of the cooking and eating qualities of milled rice**, IRRI Research Paper Series No.77, pp.1-28.

_____. (1971). **A simplified assay for milled-rice amylose**. Cereal Science Today, 16.334-340.

Karbassi, A. & Mehdhizadeh, Z. (2008). **Drying rough rice in a fluidized bed dryer**. Journal of the Agricultural and Science Technology, 10, 233-241.

Kunze, O.R. & Calderwood, D.L. (2004). **Chapter 9 : Rough rice drying-moisture adsorption and desorption**. In E.T. Champange, Rice: Chemisty and Technology. American association of cereal chemists. St. Pual, U.S.A.

Majorie, C. (2002). **Rice fit foe royalty in the Daily Star.**Tuesday, November 26, Malaysia.

Mestres, C., Ribeyre, F., Pons, B., Fallet, V. &Matencio, F. (2011). **Sensory texture of cooked rice is rather linked to chemical than to physical characteristics of raw rice.** Journal of Cereal Science, 53, 81-89.

Meullenet, J.F., Marks, B.P., Hankins, J.A., Griffin, V.K. & Daniels, M.J. (2000). **Sensory quality of cooked long-grain rice as effected by rough rice moisture content, storage temperature and storage duration**. Cereal Chemistry, 77(2), 259-263.

Monkeytan. (2557). **ขนมน้ำดอกไม้**. สืบค้นเมื่อ 12 มิถุนายน 2558,จาก http://food.mthai.com/food-recipe/88854.html

Moritaka,S., and Yasumatsu,K. 1972. **Studies on cereals.10.The effect of sulfhydryl groups on storage deterioration of milled rice**. (In Japanese, English summary.) J. Jpn. Soc. Food Nutr.25:59.

Nguyen, C.N. &Kunze, O.R. (1984). **Fissures related to post-drying treatments in rough rice.** Cereal Chemistry, 61, 63-68.

Nishita, K.D. and M.W. Bean.(1979). **Physicochemical properties of rice in relation to rice Bread**. Cereal Chem. 56(3):185-189.

Nussinovitch .A. and Peleg, M. (1990) **Strength-time relationships of agar and alginategeis**.J.Texture Studies, 21(1), 51-60

International the CIGR. Journal of Science Research Development, Vol III.

Ohno, T .andOhisa, N. (2005). **Studies on textural and chemical changes in aged rice grains. Food Sci**. Technol. Res. 11(14): 385-389.

Patindol, J., Y.J. and Jane, J. L. (2005).**Structure-Functionality Changes in Starch Following Rough Rice Strorage.**Starch/Starke. 57:197-207.

Pisithkul, K. (2009). **Physico-chemical properties and cooking quality of freshly harvested paddy cv. Khao Dawk Mali 105 as affected by accelerated aging factors**. Chiang Mai : Graduate School, Chiang Mai University.

Saeteaw N., Jittanit W., Charoenchaisri-Gharebagh A. (2010). **Industrial paddy drying and energy saving options**. Journal of Stored Products Research. 46 , 209 – 213.

Sharp, R. N. (1991). **Rice** : Production, processing and utilization. pp. 301-319. In Handbook of Cereal Science and Technology. USA: Marcel Dekker.

Singh, N. Kaur, L. Sandhu, K.S., Kaur, J. and Nishinari, K. (2006). **Relartionships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches**. Food Hydrocolloids. 20:532-542.

Singh, N., Kaur, L., Sodhi, S.S. &Sekhon, K.S. (2005). **Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars.** Food Chemistry, 89, 253-259.

Sodhi, N.S., singh, N., Arora, M. and Singh, J .(2003). **Changes in physic-chemical thermal, cooking and textural properties of rice during aging.** J. Food Process. Process.Preserv. 27: 387-400.

Soponronnarit, S., Wetchacama, S., Swasdisevi, T. &Poomsa-ad, N. (1999). **Managing moist by drying tempering and ambient air ventilation.**Drying Technology, 17 (1&2), 335-344.

Steffe, J.F. & Singh, R.P. (1980). **Theoretical and practical aspects of rough rice tempering.** Transactions of the ASAE, 23(3), 775-782.

Teo, A. Karim, A., Cheah, P. B., Norziah, M.H. and Seow, C. (2000).**On the roles of protein and starch in the aging of non-waxy rice flour.** Food Chem. 69:229-236.

Vidal, V., Pons, B., Brunnschweiler, J., Handschin, S., Rouau, X. &Mestres, C. (2007). **Cooking behavior of rice in relation to kernel physicochemical and structural properties.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55, 336-346.

Villareal, R.M., Resurreccion, P.A., Suzuki, B.L. &Juliano, B.O. (1976). **Changes in physicochemical properties of rice during storage.** Starch, 28, 88-94.

Villareal, R.M., Suzuki, L.B. and Juliaono, B. O. (1976).**Changes in physicochemical properties of rice during storage.**Starch/starke. 28(3):89-94.

Whistler, R.L. and J.N. Bemiller.,(1999).**Carbohydrate Chemistry for Food scientists**. American Association of Cereal Chemists.

Wiset, L., Srzednicki, G., Driscoll, R.H., Nimmutarin, C. &Siwapornrak, P. (2001). **Effect of high temperature drying on rice quality**. Agricultural Engineering

Xie, L., Chen, N., Duan, B., Zhu, Z. & Liao, X. (2008). **Impact of proteins on pasting and cooking properties of waxy and non-waxy rice.** Journal of Cereal Science, 47, 372-379.

Zhon, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C.,(2002). **Ageing of Stored Rice: Changes in Chemical and Physical Attributes.** J. Cereal Sci. 35:65-78.

_____. (2003). **Effect of storage on pasting properties of rice flour**. Food Res. Inter. 36:625-634.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการเร่งความเก่าของข้าวเปลือก

ปรับความชื้นเริ่มต้นของข้าวให้ได้ 21-25%
โดยการสเปรย์น้ำลงบนข้าว

ชั่งน้ำหนักข้าวที่มีความชื้น 21-25%
จำนวน 1 กิโลกรัม

บรรจุใส่ถาดอลูมิเนียม

ปิดผนึกให้สนิท

นำไปอบแห้งเพื่อเร่งความเก่า
ด้วยตู้อบลมร้อน

ภาคผนวก ข

วิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

วิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

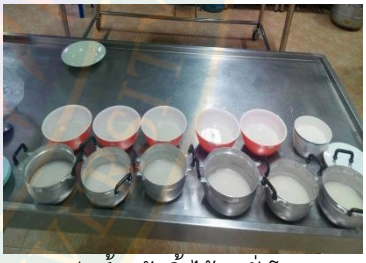
ข้าวแป้งท้องถิ่น 2 สายพันธุ์ ผสม

แป้งมัน 100:0 90:10 80:20 70:30

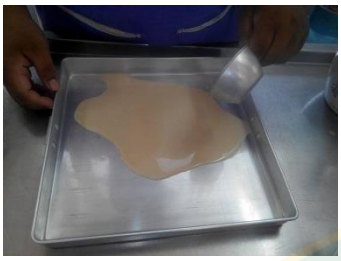
60:40 และ 50:50

แป้ง 350 กรัม ผสมกับน้ำ

1000 กรัม

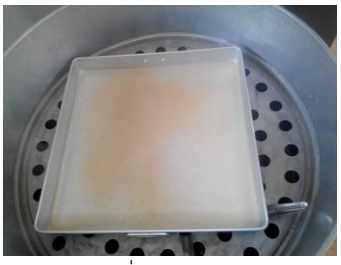


บ่มน้ำแป้งทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง



เทส่วนผสม 1 ถ้วยตวง ลงในถาด

เอียงถาดไปมา



นึ่งในลังถึง

ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

ปิดฝา นึ่งนาน 3 นาที

ตัดเปนเส้น

ลอกออกให้เป็นแผ่น

ผึ่งบนตะแกรงนาน 1 ชั่วโมง

อบแห้งด้วยตู้อบแบบถาด (tray dry

50 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

ภาคผนวก ค

วิธีการผลิตขนมน้ำดอกไม้

วิธีการผลิตขนมน้ำดอกไม้

ละลายน้ำตาลทรายกับน้ำ ตั้งไฟพอละลาย

ใส่กลิ่นมะลิในน้ำเชื่อมตามความชอบ

ผสมแป้งทั้ง 3 ชนิด เข้าด้วยกัน

ทำก่อนร่อนแป้ง

นวดกับน้ำลอยดอกมะลิจนแป้งดูดน้ำเต็มที่ ใส่น้ำที่เหลือจนหมด

ใส่น้ำเชื่อมที่เตรียมไว้ลงไป คนให้เข้ากัน

เมื่อคนให้เข้ากันแล้วทำการกรองอีกครั้ง

ใส่น้ำลงในลังถึงประมาณ 3/4 ของลังถึง แล้วตั้งให้น้ำเดือดใช้ไฟแรง

นึ่งถ้วยตะไลประมาณ 5 นาที จนถ้วยร้อน

หยอดขนมให้เต็มถ้วย ยกขึ้นไปนึ่งต่อประมาณ 15 นาที จนสุกแล้วยกลง

หล่อด้วยน้ำเย็น

แกะออกจากถ้วยลักษณะของขนมจะบุ๋มตรงกลาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
BURIRAM RAJABHAT UNIVERSITY

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ : นางสาวเทวิกา กีรติบูรณะ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวเทวิกา กีรติบูรณะ

   ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Thewika Keeratiburana

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1 3499 00155 96 9

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย (สายผู้สอน)

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
   คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 439 ถนนจิระ ต.ในเมือง
   อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000 หมายเลขโทรศัพท์ที่ทำงาน 0-4461-1221 ต่อ 6901
   หมายเลขโทรศัพท์มือถือ 085-4516237 E-mail : thewika_k@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา
   ปริญญาโท : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการอาหาร)
   มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี 2554
   ปริญญาตรี : วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการอาหาร) เกียรตินิยมอันดับสอง
   มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี 2552

6. สาขาวิชาการที่ทีความชำนาญการพิเศษ
   - เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร
   - เคมีอาหาร

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
   - พ.ศ.2554 ผลของการอบแห้งแบบถาดของข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 งอกต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว: หน่วยงานร่วม มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้ร่วมโครงการ : 1. นางสาวจิตตะวัน กุโบลา

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวจิตตะวัน กุโบลา

   ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Jittawan Kubola

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 4801 00654 09 7

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย (สายผู้สอน)

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 439 ถนนจิระ ต.ในเมือง
อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000 หมายเลขโทรศัพท์ที่ทำงาน 0-4461-1221 ต่อ 6901
หมายเลขโทรศัพท์มือถือ 086-2255686 Email: jkubola@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาเอก : ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีอาหาร หลักสูตรนานาชาติ)
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปี 2554

ปริญญาโท : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการอาหาร)
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปี 2550

ปริญญาตรี : วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ปี 2547

6. สาขาวิชาการที่ทีความชำนาญการพิเศษ

- อาหารเพื่อสุขภาพ
- เคมีอาหาร
- การวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพอาหาร

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

Brewer, R. L., ***Kubola J***., Siriamornpun, S., Herald, J. T,and Shi,C.Y.(2014). Wheat bran particle size influence on phytochemical extractability and antioxidant properties. *Food Chemistry* 152,483–490. Impact factor = 3.334

Kubola, J., Meeso, N and Siriamornpun, S. (2013). Lycopene and beta carotene concentration in aril oil of gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng) as influenced by aril-drying process and solvents extraction. *Food Research International* . *50,664-669.*Impact factor = 3.150

Kubola, J.and Siriamornpun, S. (2011). Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica*

cochinchinensis Spreng). *Food Chemistr*y ,127 , 1138–1145. Impact factor = 3.655

Kubola, J., Siriamornpun, S and Meeso, N. (2011). Phytochemicals, vitamin C and sugar content of Thai wild fruits. *Food Chemistry*, 126, 972–981. Impact factor = 3.655

Kubola, J. and Siriamornpun, S. (2008). Phenolic content and antioxidant activities of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts *in vitro*. *Food Chemistry. In press* Impact factor = 3.052

Ruksakantong, P., Meeso, N., ***Kubola, J***, and Siriamornpun, S. (2010). Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible insect terricolous insects. *Food Research International*. 43: 350-355 Impact factor = 2.073

Siriamornpun, S., Yang, LF, ***Kubola, J***. and Li., D. (2008). Changes of omega-3 fatty acid content and lipid composition of canned tuna during twelve month storage. *J. of Food Lipid.* 15: 164-175 Impact factor = 0.608

Siriamornpun, S., Kubola, J., Suttajit, M.and Li., D. (2006). Effect of storage conditions on antiglycation and antioxidation capacities in Mulberry tea. *Asia Pac J Clin Nutr.* 15 Suppl:S129. Impact factor =1.015

ผลงานตีพิมพ์ระดับชาติ

จิตตะวัน กุโบลา, พนอจิต นิติสุข, อรนุช สีหามาลา, พนิดา วงศ์ปรีดี และ สุรินทร ภูจริต. (2557). ผลของการเสริมไลโคปีนจากฟักข้าวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์นักเกตไก่. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5. 268-273.

Kubola, J., Komutarin, T., Khamkaew, K., Chinthawan. I., Promsorn, P. and Siriamornpun, S. (2008). Antioxidant and antimicrobial properties of Thai bitter gourd (*Momordica charantia* L.) different fractions. *Naresuan University Journal* .109-116.

ผู้ร่วมโครงการ : 2. นางสาวชุลีพร บุ้งทอง

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวชุลีพร บุ้งทอง

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Chuleeporn Bungthong

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 3101 01995 57 3

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย (สายผู้สอน)

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 439 ถนนจิระ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000 หมายเลขโทรศัพท์ที่ทำงาน 0-4461-1221 ต่อ 6901

หมายเลขโทรศัพท์มือถือ 089-4273750 E-mail : nidnoibu@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาโท : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยบูรพา ปี 2553

ปริญญาตรี : วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ปี 2547

6. สาขาวิชาการที่ทีความชำนาญการพิเศษ

- การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
- การแปรรูปอาหาร

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

- พ.ศ. 2553 ผลของปริมาณกลูเตนจากข้าวสาลี น้ำ ไฮดรอกซีโพรพิล เมทิล เซลลูโลส ซูโครสเอสเทอร์ และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่มีต่อคุณภาพของขนมปังข้าวหอมนิล : หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยบูรพา

การเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์ และการประยุกต์ใช้ข้าวเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

Accelerated Aging of Local Rice Varieties Buriram Province and Application of Rice in Food Products

เทวิกา กีรติบูรณะ[1]* ชุลีพร บุ้งทอง[2]* จิตตะวัน กุโบลา[3]*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่น (ข้าวจิ๊บ หอมมะลิแดง เหลืองประทิว และขาวตาแห้ง) และนำข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร (เส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้) การเร่งความเก่าใช้วิธีอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 5 และ 7 ชั่วโมง โดยปรับความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกก่อนอบให้อยู่ในช่วง 21-25% พบว่า สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดงและข้าวเหลืองประทิว คือ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ส่วนสภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวขาวตาแห้ง คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง การแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวใช้ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งโดยการทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้นแต่ค่าความหนืดของน้ำแป้งผสมลดลง แต่ปริมาณแอมิโลสของน้ำแป้งผสมจากข้าวเก่าธรรมชาติและข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าไม่ต่างกัน ($p>0.05$) ได้คัดเลือกเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวทุกตัวอย่างได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนการแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้ใช้ข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดง โดยการลดปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมอัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาล ส่งผลให้ความนุ่ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้แข็งขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมน้ำดอกไม้อัตราส่วน 0:100 และ 40:60 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติอัตราส่วน 0:100 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากสภาวะที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน ($p>0.05$)

คำสำคัญ : ข้าวพันธุ์ท้องถิ่น, เร่งความเก่า, แปรรูปข้าว, เส้นก๋วยเตี๋ยว, ขนมไทย

[1] E-mail : thewika_k@hotmail.com [2] E-mail : nidnoibu@hotmail.com [3]E-mail : jkubola@gmail.com
* สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

The purpose of this study were to determine the optimization of accelerated aging treatment of local rice varieties (Jib, Hom Mali Dang, Leuang Pratew and Khao Tah Haeng) and the processing of accelerated aging local rice in food products (noodle and Khanom Nam-dok-mai). The accelerated aging treatment at 80, 90 and 100°C for 3, 5 and 7 hours, that initial moisture content of paddy rice were 21-25%. The results showed that the best performance was obtained for accelerated aging treatment of Jib, Hom Mali Dang and Leuang Pratew were 90°C for 3 hours and Khao Tah Haeng was 80°C for 3 hours. Noodle, use of rice flour from Leuang Pratew and Khao Tah Haeng supplemented with tapioca flour were carried out in this study. Incredible ratio effected to reduce viscosity and increase amylase content but the amylase contents of noodle from rice accelerated aging treatment and natural aged rice were not significantly different ($p>0.05$). The selected ratio at 80:20 and 70:30 from rice accelerated aging treatment and natural aged rice showed the best. Furthermore, the results also found that the sensory evaluation revealed that the consumer acceptability in overall was not significantly ($p>0.05$). Khanom Nam-dok-mai, use of rice flour from Jib and Hom Mali Dang. In this study to reduce of sugar. Results showed that reduce of sugar content the appearance in dimpled, brown and hardness of Khanom Nam-dok-mai were increase, however the silkiness and stickiness were decrease. The selected ratio at 0:100 and 40:60 from rice accelerated aging treatment and natural aged rice, the sensory evaluation revealed that the consumer acceptability in ratio of 0:100 from natural aged rice had a highest overall preference, that were not significantly different from rice accelerated aging in the same ratio ($p>0.05$).

Keywords : Local Rice, Accelerated Aging, Rice Processing, Rice Noodle, Thai Dessert

บทนำ

ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นเป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกดั้งเดิมหรือปลูกเฉพาะถิ่น ซึ่งชาวนาได้ปลูกมาเป็นเวลานาน มีความหลากหลายของสายพันธุ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละสภาพพื้นที่ จังหวัดบุรีรัมย์มีข้าวพันธุ์ท้องถิ่นหลากหลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวจิ๊บ ข้าวเหลืองปลาซิว (เหลืองประทิว) ข้าวเหลืองเม็ดยาว ข้าวขาวตาแห้ง ข้าวหอมมะลิขาว หอมมะลิแดง ข้าวละออง ข้าวมะลิตูดงอน ข้าวพระเทพ และข้าวเหนียวแดง เป็นต้น ปัจจุบันมีการปลูกลดลงเนื่องจากมีพันธุ์ข้าวใหม่ๆ ที่มีการพัฒนาเข้ามาแทนที่และมักมีปัญหาความไม่มีเสถียรภาพของระดับราคา จึงทำให้ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นบางสายพันธุ์ถูกลืมเลือนไปจากคนในชุมชน

ข้าวเก่า (Aged Rice) คือข้าวเปลือกหรือข้าวสารที่มีอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่า 4 เดือน ผลิตภัณฑ์แปรรูปอาหารจากข้าว เช่น ขนมจีน เส้นก๋วยเตี๋ยว แป้งดัดแปร นิยมใช้วัตถุดิบข้าวเก่ามากกว่าข้าวใหม่ เนื่องจากข้าวเก่ามีคุณสมบัติในการคืนรูปสูงกว่าข้าวใหม่ คุณสมบัติของข้าวเก่าที่สำคัญคือ จะมีการพองตัวและดูดซับน้ำในขณะหุงต้มมากขึ้นลักษณะของข้าวสุกร่วนไม่ติดกันเหมือนข้าวใหม่ มีความสามารถต้านทานความแตกหักในขณะขัดสีได้สูงกว่าข้าวใหม่ แต่กลิ่นหอมและอัตราการงอกของข้าวเก่าจะลดลง การเร่งความเก่าของข้าวมีข้อดีคือ ลดการสูญเสียข้าวในเชิงคุณภาพจากการทำลายของมอด แมลง การหายใจของเมล็ดข้าว และลดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการข้าวระหว่างการเก็บรักษา เทคนิคที่นิยมใช้ในการพัฒนาข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าส่วนใหญ่จะใช้ลมร้อน (Hot Air) ความร้อนชื้น (Moist Heat) เช่น การทำข้าวนึ่งบางส่วน (Partial Parboiled Rice) หรือการประยุกต์ใช้เทคนิคฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed) แต่เทคนิคเหล่านี้มีข้อจำกัดด้านต้นทุนการผลิต ก๋วยเตี๋ยวเป็นอาหารเส้นชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการบริโภคของสังคมไทยรองจากข้าวที่บริโภคเป็นอาหารหลัก เส้นก๋วยเตี๋ยวแปรรูปมาจากข้าวและมีการผลิตอย่างแพร่หลายในประเทศไทย

เนื่องจากด้วยกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน สามารถทำได้ในอุตสาหกรรมระดับครัวเรือน นอกจากผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นแล้ว ยังนิยมนำข้าวแปรรูปเป็นขนมหวานหลากหลายชนิดโดยเฉพาะขนมไทย ขนมน้ำดอกไมจัดวาเปน ขนมไทยประเภทกึ่งเปยกกึ่งแหงที่มีลักษณะพิเศษ คือ ลักษณะบุมตรงกลาง หรือที่เรียกวา “ขนมชักหน้า” ซึ่งเปนสิ่งที่บงบอกถึงเอกลักษณของขนมน้ำดอกไม ถารอยบุมเปนวงกว้างจะถือวาเปนลักษณะที่ดี

ดังนั้นโครงการวิจัยชุดนี้จึงมีการศึกษาผลของการเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อนเพื่อให้ได้สภาวะในการผลิตข้าวเก่าที่เหมาะสมและคงคุณ ภาพของข้าวทั้งด้านเคมีและกายภาพและประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวโดยการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรของคนในท้องถิ่น เกิดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารของชุมชน ยังถือเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาและเผยแพร่ภูมิปัญญาชุมชน ส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรหันมาปลูกข้าวพันธุ์ท้องถิ่นมากยิ่งขึ้น สร้างงานสร้างรายได้ให้แก่กลุ่มเกษตรกรอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

ภาพที่ 1 ข้าวจี๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งหลังกะเทาะเปลือก

วิธีการทดลอง

วัตถุดิบ : ข้าวเปลือกพันธุ์พื้นท้องถิ่นที่ใช้ คือ ข้าวจี๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้ง จากกลุ่มเกษตรอินทรีย์บ้านลิ่มทอง หมู่ 4 ต.หนองโบสภ์ อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์ ปีการเพราะปลูก 2557/58

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวเปลือก

ปรับความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกใหม่ให้ได้ 21-25% จากนั้นนำตัวอย่างข้าวเปลือกจำนวน 1 กิโลกรัม บรรจุใส่ถาดอลูมิเนียม ปิดผนึกให้สนิทแล้วนำไปอบเพื่อเร่งความเก่าของข้าวด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 5 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อครบ

กำหนดระยะเวลาการอบ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าโดยพิจารณาจากคุณภาพการสี ได้แก่ ผลผลิตข้าวรวม ผลผลิตต้นข้าว และค่าความขาวตามวิธีของ นาฏชนก ปรางปรุ (2553)

2. การศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพบางประการของข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกใหม่และข้าวเปลือกเก่าตามธรรมชาติ

นำข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยวิธีอบลมร้อนที่เหมาะสม ข้าวเปลือกใหม่ที่มีอายุไม่เกิน 1 เดือน ข้าวเปลือกใหม่ที่มีอายุ 3 เดือน และข้าวเปลือกเก่าที่มีอายุ 6 เดือน รวมทั้งหมด 4 ตัวอย่าง มาทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

- วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC (2002)
- วิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส ดัดแปลงจากวิธีของ นาฏชนก ปรางปรุ (2553)
- อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของเมล็ดข้าวสุก ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับและปริมาณของแข็งที่สูญเสีย ดัดแปลงจากวิธีของ Gujral and Kumar (2003)
- การวัดความคงตัวของแป้งสุก
- วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

คัดเลือกสภาวะการเร่งความเก่าที่ดีที่สุดของข้าวแต่ละสายพันธุ์เพื่อนำไปผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว () (ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้ง) และขนมน้ำดอกไม้ (ข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดง)

3. การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของน้ำแป้งผสม

ผสมน้ำแป้งข้าวต่อแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 35 โดยแปรผันอัตราส่วนแป้งข้าวต่อแป้งมันสำปะหลัง (100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 50:50 โดยน้ำหนัก) นำมาวิเคราะห์วิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส ความคงตัวของแป้งสุกและความหนืดของน้ำแป้ง

3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยว

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

นำแป้งข้าวผสมกับแป้งมันสำประหลังในอัตราส่วนต่างๆ ทำการผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยใช้แป้ง 350 กรัม ผสมกับน้ำ 1000 กรัม บ่มไว้ 8 ชั่วโมง จากนั้นเทส่วนผสม 100 มิลลิลิตร ที่ทาน้ำมันพืชทิ้งไว้ นึ่งในลังถึงที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที นำออกจากถาด

และผึ่งบนตะแกรงนาน 1 ชั่วโมง ใช้มีดตัดเป็นเส้นที่มีความกว้าง 3 เซนติเมตร และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ดังนี้

1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นเส้นสดและเส้นแห้ง

2) วิเคราะห์ค่าสีหลังปรุงสุก

3) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยวัดค่าแรงดึงและแรงตัด

4) ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยวิธี 9-point hedonic sale ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และด้านความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

4. การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

การศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวต่อน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

นำแป้งข้าวมาผลิตเป็นขนมน้ำดอกไม้ซึ่งดัดแปลงสูตรตามวิธีของสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว โดยมีการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนแป้งข้าวต่อน้ำตาล ดังนี้ 0:100 30:70 40:60 50:50 และ 60:40 นำขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1) ลักษณะทางกายภาพ โดยใช้วิธีบรรยายลักษณะปรากฏ เปรียบเทียบขนมน้ำดอกไม้แต่ละสูตรที่พัฒนาขึ้น

2) วิเคราะห์คาสี

3) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer

4) วิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w)

5) ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยวิธี 9-point hedonic sale ในด้านลักษณะการบุม ความมันวาว กลิ่นรวม รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ศึกษาปัจจัยทั้งหมดในการทดลอง 2 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวเปลือก

จากการทดลองได้มีการวิเคราะห์คุณภาพการสี ได้แก่ ผลผลิตข้าวรวม ผลผลิตต้นข้าว และค่าความสว่างของข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า การเร่งความเก่าที่อุณหภูมิต่างๆ นั้นการอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้บริเวณพื้นผิวของเมล็ดข้าวสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างแรงดึงและความเค้นบีบอัด (compressive stress) จากการเกิดเกรเดียนท์ความชื้นภายในเมล็ดข้าวระหว่างบริเวณพื้นผิวและจุดกึ่งกลางของเมล็ดข้าว ส่งผลให้เมล็ดข้าวเกิดรอยร้าวและมีข้าวหักเพิ่มสูงในระหว่างการขัดสี อุณหภูมิการอบแห้งที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความขาวของข้าวลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น สภาวะที่เหมาะสมในเร่งความเก่าของข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ คือ การเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C นาน 3 ชั่วโมง เหมาะกับข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง และข้าวเหลืองประทิว ส่วนข้าวขาวตาแห้งสภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสม คือ การเร่งความเก่าที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 3 ชั่วโมง (ตารางที่ 1และตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าความสว่างของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยอุณหภูมิ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	อุณหภูมิ	ผลผลิตต้นข้าว	ผลผลิตข้าวรวม	L*
ข้าวจิ๊บ	80 °C	65.59±1.38^{b}	72.38±2.41^{b}	30.52±1.77^{a}
	90 °C	69.38±1.62^{a}	73.06±1.36^{b}	28.21±2.21^{b}
	100 °C	70.50±0.93^{a}	75.86±1.01^{a}	27.21±1.39^{b}
ข้ามหอมมะลิแดง	80 °C	65.65±1.66^{b}	69.25±0.93^{ns}	27.74±1.41^{a}
	90 °C	66.79±0.95^{ab}	69.80±0.44^{ns}	25.00±0.32^{b}
	100 °C	67.64±0.76^{a}	70.01±0.75^{ns}	26.07±1.57^{b}
ข้าวเหลืองประทิว	80 °C	63.70±1.24^{b}	68.99±1.08^{b}	57.14±2.17^{a}
	90 °C	68.87±0.83^{a}	72.22±0.34^{a}	51.76±2.59^{b}
	100 °C	68.42±0.46^{a}	71.93±0.49^{a}	52.41±2.10^{b}
ข้าวขาวตาแห้ง	80 °C	66.38±1.32^{ns}	71.88±0.47^{ab}	56.89±1.08^{a}
	90 °C	66.65±3.24^{ns}	69.82±3.06^{b}	53.48±2.30^{b}
	100 °C	69.21±1.93^{ns}	73.97± 0.60^{a}	53.01±2.74^{b}

หมายเหตุ อักษร ^{a,b} ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิต่างๆ ของข้าวแต่ละสายพันธุ์

^{ns} แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 ผลผลิตต้นข้าว ผลผลิตข้าวรวม และค่าความสว่างของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยวิธีอบลมร้อนที่เวลา 3, 5 และ 7 ชั่วโมง

ตัวอย่าง	เวลา	ผลผลิตต้นข้าว^{ns}	ผลผลิตข้าวรวม^{ns}	L*

ข้าวจี๊บ	3 ชั่วโมง	68.00±2.15	73.28±3.57	30.69±1.59[a]
	5 ชั่วโมง	68.91±2.68	73.94±1.82	28.20±2.13[b]
	7 ชั่วโมง	68.56±3.00	74.08±0.64	27.04±1.19[b]
ข้ามหอมมะลิแดง	3 ชั่วโมง	66.64±0.92	69.64±0.47	26.34±1.57[ns]
	5 ชั่วโมง	66.84±0.97	69.82±0.57	26.09±1.69[ns]
	7 ชั่วโมง	66.60±2.19	69.61±1.19	26.38±1.94[ns]
ข้าวเหลืองประทิว	3 ชั่วโมง	67.22±1.40	70.77±2.01	55.79±2.56[a]
	5 ชั่วโมง	66.84±1.00	71.52±0.91	54.18±2.74[ab]
	7 ชั่วโมง	66.60±2.20	70.84±1.98	51.34±3.21[b]
ข้าวขาวตาแห้ง	3 ชั่วโมง	66.60±3.48	71.2±3.79	56.64±1.32[a]
	5 ชั่วโมง	67.17±2.22	72.39±1.95	54.13±2.04[ab]
	7 ชั่วโมง	68.46±1.61	72.07±1.15	52.63±3.00[b]

หมายเหตุ อักษร [a,b] ที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่เวลาต่างๆ ของข้าวแต่ละสายพันธุ์

[ns] แสดง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพบางประการของข้าวเปลือกที่ผ่านการเร่งความเก่าเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกใหม่และข้าวเปลือกเก่าตามธรรมชาติ

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นพบว่า ทุกสภาวะของข้าวทุกสายพันธุ์สามารถเก็บรักษาได้เนื่องจาก มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ14 เมื่อพิจารณาจากปริมาณแอมิโลส พบว่า สภาวะของอายุข้าวหลังการเก็บเกี่ยวและการนำข้าวใหม่มาเร่งความเก่ามีผลต่อปริมาณแอมิโลส โดยข้าวจี๊บ ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าและอายุ 6 เดือน มีปริมาณแอมิโลสสูงกว่าข้าวสายพันธุ์เดียวกันที่มีอายุ 3 เดือน และ 1 เดือน ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) ส่วนข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณแอมิโลสสูงกว่าข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือน และ 3 เดือน ตามลำดับ แต่มีปริมาณแอมิโลสต่ำกว่าข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 1 เดือน

ความคงตัวของแป้งสุก เมื่อพิจารณาระยะทางที่แป้งไหลพบว่า อายุการเก็บรักษาข้าวและการนำข้าวใหม่มาเร่งความเก่ามีผลต่อความคงตัวของแป้งสุกของข้าวจี๊บ ข้าวหอมมะลิแดง และข้าวเหลืองประทิว ซึ่งการเร่งความเก่าทำให้ค่าความคงตัวของแป้งสุกลดลง โดยข้าวจี๊บ และข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีระยะทางที่น้ำแป้งไหลสูงกว่าข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือน 3 เดือน และ 1 เดือน ($p \leq 0.05$) แต่ข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าความคงของแป้งสุกตัวไม่แตกต่างกับข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือน ($p > 0.05$) ส่วนข้าวขาวตาแห้งทุกสภาวะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกไม่แตกต่างกัน

อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของข้าวทุกสายพันธุ์ พบว่า อายุข้าวและการเร่งความเก่ามีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ต่ออัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของข้าว โดยข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของข้าวเพิ่มขึ้นเมื่ออายุของข้าวเพิ่มขึ้น โดยข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่ามีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวสูงกว่าข้าวอายุ 6 เดือน 3 เดือน และ 1 เดือน ตามลำดับ และข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่ามีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวต่ำกว่าข้าวอายุ 6 เดือน แต่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวสูงกว่าข้าวอายุเกี่ยว 3 เดือน และ 1 เดือน ส่วนข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่ามีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับข้าวอายุ 6 เดือน

ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับของข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ 130.85 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับข้าวอายุ 3 เดือน (130.65) และ 6 เดือน (152.08) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวอายุ1 เดือน (112.73) ส่วนข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ 147.27 ซึ่งไม่แตกต่างกับข้าวอายุ 3 เดือน และ 6 เดือน แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวอายุ 1 เดือนในสายพันธุ์เดียวกัน ข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ 145.40 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับข้าวอายุ 3 เดือน (136.99) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับข้าวอายุ 3 เดือน (136.99) แต่แตกต่างกับข้าวอายุ 1 เดือน (117.16) และ 6 เดือน (201.23) ข้าวที่มีอายุ 6 เดือน (เก่าธรรมชาติ) และการเร่งความเก่าของข้าวส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าข้าวใหม่อาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืดของเม็ดแป้งในระหว่างกระบวนการ

ปริมาณของแข็งที่สูญเสียของข้าวจี๊บ จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียของข้าวทุกสายพันธุ์ลดลงเมื่ออายุข้าวเพิ่มขึ้น และปริมาณของแข็งที่สูญเสียลดลงมากที่สุดคือ ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่า เนื่องจากข้าวใหม่มีการแตกตัวของสตาร์ชในระหว่างการหุงต้มสูงทำให้มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียสูงกว่าข้าวเก่า น้ำที่ได้จากการหุงต้มข้าวใหม่จึงมีลักษณะข้นหนืดกว่าข้าวเก่า ในขณะที่ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิสูงจะทำให้สตาร์ชในเมล็ดข้าวเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชันบางส่วน และมีความต้านทานต่อการแตกตัวของสตาร์ชในกระบวนการเกิดเจลาติไนเซชันได้สูง จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียในน้ำที่ได้จากการหุงต้มลดลงและต่ำกว่าข้าวประเภทอื่นๆ

ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าความแข็ง (hardness) และความเหนียว (adhesiveness) อายุการเก็บรักษาข้าวและการนำข้าวใหม่มาเร่งความเก่ามีผลต่อค่า hardness โดยข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่า hardness สูงกว่าข้าวอายุ 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือนในสายพันธุ์เดียวกัน ($p \leq 0.05$) ข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่า hardness สูงกว่าข้าวอายุ 1 เดือน (301.50 g) และ 3 เดือน (375.83 g) แต่ไม่แตกต่างจากข้าวอายุ 6 เดือน (494.33 g) ส่วนค่า

hardness ของข้าวเหลืองประทิวทุกสภาวะไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) สอดคล้องกับ Gujral and Kumar (2003) พบว่าข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าความแข็งสูงกว่าข้าวที่เก่าตามธรรมชาติและข้าวใหม่นั้น เป็นผลมาจากการเกิดเจลาติไนเซชันของสตาร์ชในเมล็ดข้าว ทำให้ช่องว่างของอากาศที่เกิดจากรอยร้าวของเมล็ดข้าวหายไป จึงมีผลทำให้ความแข็งของข้าวสุกเพิ่มขึ้น ในขณะที่ข้าวทุกสภาวะมีค่า adhesiveness ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ในสายพันธุ์เดียวกัน

ภาพที่ 2 ลักษณะเมล็ดข้าวสุกของข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาตาแห้ง

3. การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของน้ำแป้งผสม

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของน้ำแป้งผสมจากข้าวเก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า มีปริมาณแอมิโลสและความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้นเมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังมากขึ้น และที่อัตราส่วนเดียวกันมีปริมาณแอมิโลสไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งการผสมแป้งมันสำปะหลังในปริมาณสูงขึ้น มีผลทำให้ปริมาณแอมิโลสของแป้งผสมเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณแอมิโลสใกล้เคียงกับแป้งข้าว แต่ค่าความหนืดลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลัง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) ของน้ำแป้งผสมจาก ค่าความหนืดของข้าวแป้งข้าว 2 สภาวะไม่แตกต่างกัน

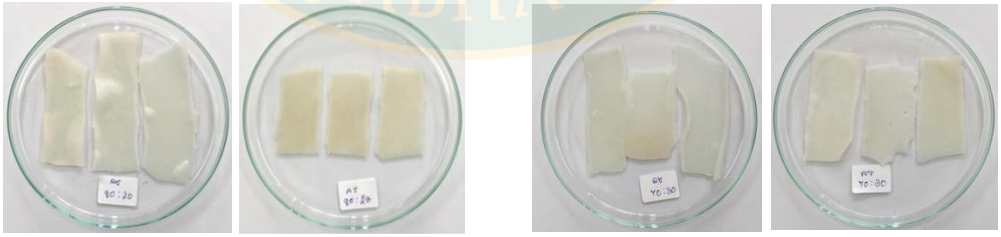
การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยว

ปริมาณความชื้นของเส้นสดและเส้นแห้งแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า ทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังขึ้นเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียว และมีความเป็นสีขาวเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราส่วน 100:0 เส้นก๋วยเตี๋ยวทั้ง 2 สภาวะมีลักษณะแข็ง และมีสีขาวขุ่น ส่วนที่อัตราส่วน 50:50 เส้นก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะนุ่ม เหนียวแต่ขาดง่ายและมีสีขาวใส

ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยค่าแรงดึง พบว่า เมื่อเพิ่มแป้งมันสำปะหลังจะส่งผลให้ค่าแรงดึงลดลง โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวที่อัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ให้เส้นที่มีความเหนียวปานกลาง ไม่ขาดง่าย ค่าแรงตัดของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกแต่ละอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ในสภาวะเดียวกัน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่อัตราส่วนแป้งข้าวต่อแป้งมันสำปะหลัง 80:20 และ 70:30 ให้ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ดีที่สุด คือ เส้นมีความขาว เหนียว ไม่ขาดง่าย สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ดี ดังนั้นจึงคัดเลือกเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวและจากข้าวขาวตาแห้งทั้ง 2 สภาวะ ที่อัตราส่วน 80:20 และ 70:30 นำไปทดสอบด้านประสาทสัมผัส (รวมทั้งหมด 4 ตัวอย่าง) ของข้าวแต่ละสายพันธุ์

จากทดสอบด้านประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวตัวอย่างต่างๆ พบว่า คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ความเหนียวนุ่ม ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งเหลืองประทิวทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกัน และการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งตัวอย่างต่างๆ พบว่า ทุกตัวอย่างได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติ 70:30 ได้คะแนนด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวมสูงที่สุด



เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า

ภาพที่ 1 เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ที่คัดเลือก

เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า

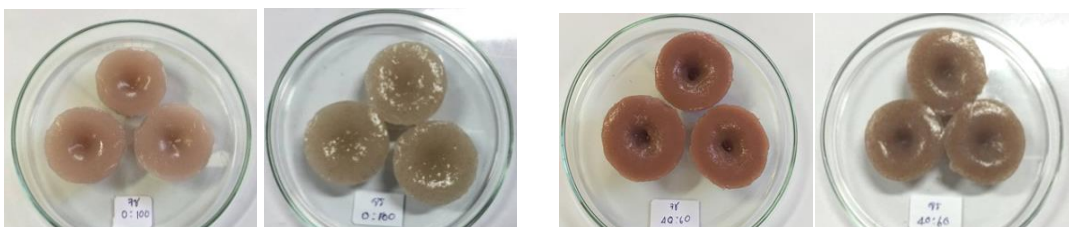
ภาพที่ 2 เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ที่คัดเลือก

4. การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาล (เพิ่มแป้งข้าว) ส่งผลให้ ความบุ๋ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสที่แข็งของขนมน้ำดอกไม้เพิ่มมากขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง ส่วนสภาวะของแป้งข้าว (เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) ที่อัตราส่วนต่างๆ ของขนมน้ำดอกไม้ให้ลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกัน ยกเว้นคุณสมบัติด้านสีที่พบว่า สภาวะของแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าให้สีน้ำตาลแดงเข้มกว่าสภาวะเก่าตามธรรมชาติ

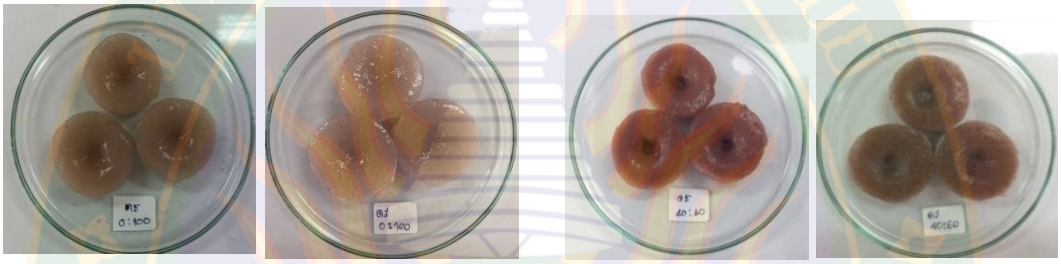
จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 0.93-0.95 และจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาลลงในแต่ละอัตราส่วนส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระสูงขึ้น ส่วนสภาวะเก่าธรรมชาติและเร่งความเก่าไม่มีผลต่อค่าปริมาณน้ำอิสระของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวสายพันธุ์เดียวกัน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ขนมน้ำดอกไม้ที่อัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ให้ลักษณะปรากฏทางด้านสี ความบุ๋ม ความมันวาว และเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและความเหนียวดีที่สุด ดังนั้นจึงได้คัดเลือกอัตราส่วนดังกล่าวของแป้งข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ เพื่อนำไปทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัส



เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า

ภาพที่ 3 ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บอัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ที่คัดเลือก



เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า

ภาพที่ 4 ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงอัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ที่คัดเลือก

จากทดสอบด้านประสาทสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้ อัตราส่วน 0:100 และ 40:60 จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติ อัตราส่วน 0:100 ได้คะแนนด้านสี ความมันวาว รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 0:100

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าด้วยวิธีอบลมร้อนของข้าวจี๊บ ข้าวหอมมะลิแดง และข้าวเหลืองประทิวที่มีความชื้นเริ่มต้น 21-25% คือ 90 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ส่วนข้าวขาวตาแห้งที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 21-25% คือ 80 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ข้าวเก่ามีปริมาณแอมิโลส ความคงตัวของแป้งสุก อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวและปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับมากกว่าข้าวใหม่ ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่สูญเสียต่ำกว่า และข้าวเก่ามีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งมากกว่าข้าวใหม่ แต่ความเหนียวของข้าวสุกไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าเมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแอมิโลสสูงขึ้น แต่ค่าความคงตัวและค่าความหนืดของน้ำแป้งผสม ค่า L* a* b* และค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ ปริมาณแอมิโลสไม่แตกต่างกัน ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีความคงตัวลดลงและทุกอัตราส่วนมีค่าความหนืดสูงกว่าสภาวะเก่าธรรมชาติ ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวทุกตัวอย่างจากแป้งข้าวได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) การผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาล (เพิ่มแป้งข้าว) ขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า ลักษณะปรากฏด้านความบุ๋ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสที่แข็งของขนมน้ำดอกไม้เพิ่มมากขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมน้ำดอกไม้อัตราส่วน 0:100 และ 40:60 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติอัตราส่วน 0:100 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากสภาวะที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

จันทร ทศานนท. (2535). **อาหารไทย.** ภาควิชาอาหารและโภชนาการ คณะคหกรรมศาสตร วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา, กรุงเทพฯ.

จุฑารพ หยาดไธสง และ สมชาย ชวนอุดม. (2556). **ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบต่อคุณภาพข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ**. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. (2552). “**การพัฒนาเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและการลวกสุกไว**”. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร. มิถุนายน-พฤษภาคม. 5(1):18-25.

นาฏชนก ปรางปรุ. (2553). **การกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวสารโดยวิธีผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการแปรรูปผลผลิตเกษตร, สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. (2558). **สูตรขนมน้ำดอกไม้.** (สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2558).จาก http://www.brrd.in.th/rkb/product/index.php

AOAC.Official Method of Analysis. (2000). **Moisture content of rice**. The Association of Analysis Chemists.18th ed. Arlington, Virginia.

Gujral, H.S. & Kumar, V. (2003). **Effect of accelerated aging on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice.** Journal of Food Engineering.59 : 117-121.

Moritaka,S., and Yasumatsu,K. 1972. **Studies on cereals.10.The effect of sulfhydryl groups on storage deterioration of milled rice**. (In Japanese, English summary.) J. Jpn. Soc. Food Nutr.25:59.