โครงการย่อยที่ ๒ การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

The Application of Aged Rice in Food Products

ภายใต้การบริหารจัดการชุดโครงการ การเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่น จังหวัดบุรีรัมย์และการประยุกต์ใช้ข้าวเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

โดย

ชุลีพร บุ้งทอง และคณะ

โครงการวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

พ.ศ. ๒๕๕๘

(ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์)

เลขที่สัญญาทุนวิจัย ๑๙/๒๕๕๘

โครงการย่อยที่ ๒

โครงการย่อยที่ ๒ การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

The Application of Aged Rice in Food Products

ภายใต้การบริหารจัดการชุดโครงการ การเร่งความเก่าของข้าวพันธุ์ท้องถิ่น จังหวัดบุรีรัมย์และการประยุกต์ใช้ข้าวเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

โดย

ชุลีพร บุ้งทอง

เทวิกา กีรติบูรณะ

จิตตะวัน กุโบลา

โครงการวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
พ.ศ. ๒๕๕๘
(ลิขสิทธ์ท ทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์)

โครงการวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ๓ ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

หัวข้อวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผู้วิจัย ชุลีพร บุ้งทอง และคณะ

หน่วยงาน สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ปีวิจัยสมบูรณ์ 2558

เลขที่สัญญารับทุน 19/2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแปรรูปข้าวพันธุ์ท้องถิ่น (ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้ง) ที่ผ่านการเร่งความเก่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร 2 ชนิด ได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยว และขนมน้ำดอกไม้ และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่า

ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว (ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้ง) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำแป้งผสมและเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยการทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ (100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้นแต่ค่าความหนืดของน้ำแป้งผสมลดลง แต่ปริมาณแอมิโลสของน้ำแป้งผสมจากข้าวเก่าธรรมชาติและข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าไม่ต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาลักษณะเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้โดยสังเกตลักษณะผิวหน้า สี ความยากง่ายในการลอกแผ่น การตัดเป็นเส้นโดยไม่ติดมีดและการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส ได้คัดเลือกเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวทุกตัวอย่างจากแป้งข้าวได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้ (ข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดง) ได้ศึกษาอัตราส่วนโดยการลดปริมาณน้ำตาลในส่วนผสม (0:100 30:70 40:60 50:50 และ 60:40) พบว่า ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ เมื่อลดปริมาณน้ำตาล ส่งผลให้ความนุ่ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสที่แข็งเพิ่มขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะพบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองต่ำกว่าสภาวะข้าวเก่าตามธรรมชาติ จากการทดสอบการยอมรับของ

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

คำสำคัญ: ข้าวเก่า, เร่งความเก่า, เส้นก๋วยเตี๋ยว, ขนมน้ำดอกไม้

Research Title The Application of Aged Rice in Food Products

Researcher Chuleeporn Bungthong and others

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

Academic Year 2015

No. 19/2558

Abstract

The aim of the study were processing of accelerated aging local rice (Jib, Hom Mali Dang, Leuang Pratew and Khao Tah Haeng) in food products (noodle and Khanom Nam-dok-mai) and compare changes in the physiochemical between rice accelerated aging treatment and natural aged rice.

Noodle, use of rice flour from Leuang Pratew and Khao Tah Haeng supplemented with tapioca flour were carried out in this study to comparison of physiochemical. The rice flour and tapioca flour were conducted various ratio at 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 and 50:50 respectively. 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 of appearance, color, difficulty in removing plaque and textural properties. Furthermore, the results also found that the sensory evaluation revealed that the consumer acceptability in overall

preference were significantly indifferent between rice accelerated aging and natural aged rice ($p>0.05$).

Khanom Nam-dok-mai, use of rice flour from Jib and Hom Mali Dang. In this study to reduce of sugar, the rice flour and sugar content were conducted various ratio at 0:100 30:70 40:60 50:50 and 60:40 respectively. 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. Khanom Nam-dok-mai from rice accelerated aging had redness and yellowness lower than natural aged rice. 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 : Aged Rice, Accelerated Aging, Rice Noodle, Khanom Nam-Dok-Mai

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี จากหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และดำเนินการต่างๆ เพื่อให้คณะผู้วิจัยมีความสะดวกในการปฏิบัติงาน ขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ที่สนับสนุนทั้งสถานที่ทำวิจัย เครื่องมือและครุภัณฑ์ต่างๆ และงานวิจัยนี้คงไม่สำเร็จหากขาดผู้ช่วยวิจัยเหล่านี้ คือ 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	ฉ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**3**
2.1 การจำแนกชนิดของข้าว	3
2.2 การจำแนกชนิดของข้าวตามองค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าวสาร	4
2.3 โครงสร้างและส่วนประกอบของข้าว	4
2.4 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว	5
2.5 การเร่งความเก่าของข้าว	6
2.6 แป้งข้าวเจ้า	10
2.7 คุณสมบัติของแป้งข้าว	13
2.8 ผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าว	17
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	**34**
3.1 วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ	34
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย	36

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล **42**

4.1 การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว 42

4.2 การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้ 65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ **82**

5.1 บทสรุป 82

5.2 ข้อเสนอแนะ 84

บรรณานุกรม **85**

ภาคผนวก **90**

ภาคผนวก ก วิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้ 91

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ 94

ภาคผนวก ค แบบประเมินทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้ 100

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 107

ประวัติคณะผู้วิจัย **132**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การจัดแบ่งข้าวตามปริมาณแอมิโลส	4
2.2	กระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวขณะเก็บรักษา	10
3.1	สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ	34
3.2	อัตราส่วนผสมต่างๆ ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว	37
3.3	สูตรขนมน้ำดอกไม้ (สูตรควบคุม)	39
3.4	อัตราส่วนผสมต่างๆ ในการผลิตขนมน้ำดอกไม้	41
4.1	สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ด้วยวิธีอบลมร้อน	42
4.2	ปริมาณแอมิโลสของน้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวเก่าและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	44
4.3	ความคงตัวของแป้งสุกของน้ำแป้งผสมจากเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	45
4.4	ความหนืดของน้ำแป้งผสมของข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	47
4.5	เปรียบเทียบลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	48

4.6	ลักษณะปรากฏเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	49
4.7	ระดับคุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าในอัตราส่วนต่างๆ	50
4.8	เปรียบเทียบลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	51
4.9	ลักษณะปรากฏเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	52
4.10	ระดับคุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.11	ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	55
4.12	ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	56
4.13	ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	57
4.14	ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	57
4.15	ค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	61
4.16	ค่าแรงตัดของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่า	62

ธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ
4.17 คะแนนความชอบเฉลี่ยของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิว ตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale 64
4.18 คะแนนความชอบเฉลี่ยของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale 64
4.19 เปรียบเทียบลักษณะของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่ง ความเก่าที่ในอัตราส่วนต่างๆ 66
4.20 ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ใช้แป้งข้าวจี๊บเก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 67
4.21 ระดับคุณสมบัติบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 68
4.22 เปรียบเทียบลักษณะของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่ในอัตราส่วนต่างๆ 69
4.23 ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.24 ระดับคุณสมบัติบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่า ธรรมชาติและผ่าน การเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 71
4.25 ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวจี๊บเก่า ธรรมชาติ และผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 72
4.26 ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 72
4.27 ค่าความแข็งของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดงเก่า 76

ธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ
4.28 ค่าความเหนียวของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 77
4.29 คะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale 81
4.30 คะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงตัวอย่างต่างๆ จากการทดสอบโดยวิธี 9 point hedonic scale 81

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะโครงสร้างเม็ดสตาร์ช 5
2.2 โครงสร้างของเมล็ด 5

2.3	ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA	16
2.4	เส้นก๋วยเตี๋ยว	18
2.5	ขนมน้ำดอกไม้	24
4.1	ค่าสี L* a* b* ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	58
4.2	ค่าสี L* a* b* ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวข้าวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	59
4.3	เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ที่คัดเลือก	63
4.4	เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ที่คัดเลือก	63
4.5	ค่าสี L* a* b* ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	73
4.6	ค่าสี L* a* b* ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	74
4.7	ปริมาณน้ำอิสระ ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	77
4.8	ปริมาณน้ำอิสระ ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ	78
4.9	ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บอัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ที่คัดเลือก	79
4.10	ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงอัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ที่คัดเลือก	79

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมาเป็นเวลานานและเป็นสินค้าส่งออกสำคัญ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการผลิตและการส่งออกข้าว ต้องประสบปัญหาหลายประการ โดยเฉพาะปัญหาความไม่มีเสถียรภาพของระดับราคา และการแข่งขันจากประเทศที่มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าว อุตสาหกรรมการแปรรูปข้าวนับเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยเหลือเกษตรกร โดยช่วยเพิ่มความต้องการข้าว เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวนานาชนิด เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตข้าว

ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นเป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกดั้งเดิมหรือปลูกเฉพาะถิ่น ซึ่งชาวนาได้ปลูกมาเป็นเวลานาน มีความหลากหลายของสายพันธุ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละสภาพพื้นที่ การเลือกชนิดพันธุ์ข้าวปลูกให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ นับได้ว่าเป็นภูมิปัญญาของชาวนา (จิตติมา ผลเสวก และอารีวรรณ คูสันเทียะ, 2544) ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นของจังหวัดบุรีรัมย์มีหลากหลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวจิ๊บ ข้าวเหลืองปลาซิว (เหลืองประทิว) ข้าวเหลืองเม็ดยาว ข้าวขาวตาแห้ง ข้าวหอมมะลิขาว หอมมะลิแดง ข้าวละออง ข้าวมะลิตูดงอน ข้าวพระเทพ และข้าวเหนียวแดง เป็นต้น แต่ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นยังไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากมีข้าวสายพันธุ์ใหม่ๆ เข้ามาแทนที่ (สนิท ทิพย์นางรอง, 2557)

ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวนิยมใช้ข้าวเก่าเพราะจะได้ผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีคุณภาพ เนื่องจากการคืนสภาพของน้ำแป้งจากแป้งข้าวเก่าเกิดได้ดีกว่า ข้าวเก่ามีคุณสมบัติในการคืนรูปสูงกว่าข้าวใหม่ คุณสมบัติของข้าวเก่าที่สำคัญคือ จะมีการพองตัวและดูดซับน้ำในขณะหุงต้มมากขึ้นลักษณะของข้าวสุกร่วนไม่ติดกันเหมือนข้าวใหม่ (Moritaka and Yasumatsu, 1972) เส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากแป้งข้าวเจ้า ซึ่งคนไทยนิยมบริโภคเป็นอาหารรองจากข้าวเนื่องจากให้พลังงานสูงและราคาถูก เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากข้าวมีหลายชนิด เช่น ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก และเส้นหมี่ การผลิตก๋วยเตี๋ยวของไทยส่วนมากใช้ปลายข้าวเป็นวัตถุดิบ ผ่านการโม่เปียก ใส่พิมพ์และนึ่งทำให้เป็นแผ่นบาง เมื่อสุกแล้วนำมาตัดเป็นแผ่นและผึ่งให้พอหมาด (วิภา สุโรจนเมธากุล, 2541) ด้วยกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน สามารถเตรียมได้ง่าย ราคาไม่แพง และนำมาประกอบอาหารได้

หลายชนิดจึงทำให้ปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวมีอยู่มากมายในแหล่งชุมชนทั่วไป (ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ, 2552) นอกจากผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นแล้ว ยังนิยมนำแป้งข้าวมาแปรรูปเป็นขนมหวานได้มากมายหลายชนิดโดยเฉพาะขนมไทย ซึ่งขนมไทยเปนผลิตภัณฑที่แสดงถึงเอกลักษณของชาติไทย ขนมแตละชนิดจะมีรูปลักษณ์ รสชาติ กลิ่นหอม เนื้อสัมผัส และความสวยงามที่มีลักษณะเฉพาะแสดงใหเห็นถึงวัฒนธรรมประเพณีของชาติไทย ขนมน้ำดอกไมจัดวาเปนขนมไทยประเภทกึ่งเปยกกึ่งแหงที่มีลักษณะพิเศษ คือ ลักษณะบุมตรงกลาง หรือที่เรียกวา “ขนมชักหน้า” ซึ่งเปนสิ่งที่ บงบอกถึงเอกลักษณของขนมน้ำดอกไม ถารอยบุมเปนวงกว้างถือวาเปนลักษณะที่ดี ลักษณะของขนมจะมีการจับตัวกันคงรูป เนื้อเนียน นุ่มนวล เปนมันเงา กนไมเปนไต รสหวานเล็กน้อยและมีกลิ่นหอมของดอกไม ซึ่งที่นิยมเปนดอกมะลิ สวนประกอบที่ใชในการทำขนมน้ำดอกไม คือ แปงขาวเจา ซึ่งแป้งข้าวเจ้าที่ใช้ต้องมีความเก่าจึงจะทำให้ได้ลักษณะเด่น คือ รอยบุ๋มของขนม แปงท้าวย่าม่อมหรือแปงมัน น้ำตาลทราย น้ำลอยดอกมะลิ และอาจมีการเติมสีลงไปในขนมดวยเพื่อใหดูนารับประทานมากยิ่งขึ้น (จันทร ทศานนท, 2535)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยสภาวะที่เหมาะสมต่อยอดแปรรูปและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งได้เลือกแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้ โดยศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำแป้งและวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวพันธุ์ท้องถิ่น และศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเก่าพันธุ์ท้องถิ่นที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้ ทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารของชุมชน สร้างงาน สร้างรายได้ให้แก่กลุ่มเกษตรกรอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต ตลอดจนส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรหันมาปลูกข้าวพันธุ์ท้องถิ่นมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) ศึกษาการประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

2) ศึกษาการประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมไทย

3) เพื่อถ่ายทอดความรู้ด้านการแปรรูปข้าวโดยการเร่งข้าวเก่าและการแปรรูปข้าวเก่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารให้แก่กลุ่มเกษตรกร

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปจากข้าวพันธุ์ท้องถิ่นในงานวิจัยนี้คือ เส้นก๋วยเตี๋ยว และขนมน้ำดอกไม้

2) สภาวะเร่งข้าวเก่าของข้าวแต่ละสายพันธุ์จะใช้สภาวะที่ทำให้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าโดยมีค่าคุณสมบัติทางเคมีไม่แตกต่างจากข้าวเก่าธรรมชาติ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้จากข้าวพันธุ์ท้องถิ่นที่ผ่านการเร่งความเก่า

2) ได้แนวทางการแปรรูปข้าวพันธุ์ท้องถิ่นเพิ่มขึ้น

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวเป็นอาหารอันดับหนึ่งของโลก โดยครึ่งหนึ่งของประชากรโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะประเทศไทย และชาวเอเชีย ส่วนประกอบหลักของข้าว คือ สตาร์ช (starch) ซึ่งประกอบด้วยแอมิโลส (amylose) และ แอมิโลเพคติน (amylopectin) ซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกและใช้จำแนกชนิดของข้าว ข้าวนอกจากรับประทานเป็นข้าวหุงสุกแล้วยังใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ เพื่อการถนอมอาหารและเพิ่มมูลค่า เช่น แป้งข้าว ข้าวกระป๋อง ข้าวนึ่ง ขนมจีน เส้นหมี่ กวยจั๊บ และนำมาหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น สาเก สาโท อุ

2.1 การจำแนกชนิดของข้าว

ข้าวที่ใช้เป็นอาหารนั้นแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ข้าว Oryza Saiva ปลูกในทวีปเอเชียและ Oryza Glaberrima ปลูกในทวีปแอฟริกา ข้าที่ค้าขายในการตลาดโลกเกือบทั้งหมดเป็นข้าวที่ปลูกจากแถบเอเชีย ซึ่งข้าวชนิดดังกล่าวยังสามารถแบ่งได้ตามแหล่งปลูกอีก คือ

1. ข้าวอินดิกา (Indica rice) มีลักษณะเมล็ดยาวรี ต้นสูง เป็นข้าวที่ปลูกในเอเชียเขตมรสุม ตั้งแต่ จีน เวียดนาน ฟลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย อินเดีย และศรีลังกา ข้าวพันธ์นี้ค้นพบครั้งแรกในอินเดียและต่อมาได้พัฒนาปลูกที่ทวีปอเมริกา

2. ข้าวจาปอนิกา (Japonica rice) เป็นข้าวที่ปลูกในเขตอบอุ่น เช่น จีน ญี่ปุ่น เกาหลี มีลักษณะเมล็ดป้อมกลมรี ต้นเตี้ย

3. ข้าวจาวานิกา (Javanica rice) ปลูกในอินโดนีเซียและฟิลิปปินส์ มีเมล็ดป้อมใหญ่ แต่ไม่ได้รับความนิยมเพราะให้ผลผลิตต่ำ

4. ข้าวอินดิกา (Indica rice) ข้าวที่ปลูกในไทยเป็นพันธุ์ข้าวเมล็ดยาว

5. ข้าวหอมมะลิ (Jusmine rice) พันธุ์ที่สร้างชื่อเสียงให้กับไทยมากที่สุด

2.2 การจำแนกชนิดของข้าวตามองค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าวสาร

แบ่งได้เป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ซึ่งมีต้นและลักษณะอื่นเหมือนกันทุกอย่างแตกต่างกันที่ประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ด

1. ข้าวเจ้า สตาร์ชจากข้าวเจ้าประกอบด้วยแอมิโลส ปริมาณร้อยละ 9-33 พันธุ์ข้าวเจ้าได้แก่ ข้าวดอกมะลิ 105 ปทุมธานี 60 กข 7 เหลืองประทิว 123 ข้าวตาแห้ง 17 พัทลุง 60 สุพรรณบุรี 1 และสุรินทร์ 1

2. ข้าวเหนียว สตาร์ชจากข้าวเหนียวประกอบด้วยแอมิโลเพคตินเป็นส่วนใหญ่และมีแอมิโลส เพียงเล็กน้อยประมาณร้อยละ 5-7 เท่านั้น พันธุ์ข้าวเหนียว ได้แก่ สันป่าตอง 1 สกลนคร กข 2 กข6 กข8 (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2551)

ตารางที่ 2.1 การจัดแบ่งข้าวตามปริมาณแอมิโลส

ประเภทข้าว		แอมิโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว		0-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า	แอมิโลสต่ำ	10-19	เหนียวนุ่ม
	แอมิโลสกลาง	20-26	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
	แอมิโลสสูง	25-43	ร่วนแข็ง

ที่มา : งามชื่น คงเสรี (2542)

2.3 โครงสร้างและส่วนประกอบของข้าว

โครงสร้างของเมล็ดข้าวเปลือกประกอบด้วยเปลือกหุ้มเมล็ด (hull) และเนื้อผล (caryopsis) ในส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดหรือแกลบ คือใบประดับที่เปลี่ยนรูปมา แกลบมี 2 แผ่น ประกบกัน คือ เปลือกใหญ่ (lemma) และเปลือกเล็ก (palea) โดยแกลบจะกำจัดออกระหว่างการสีข้าว (ชาญ มงคล,

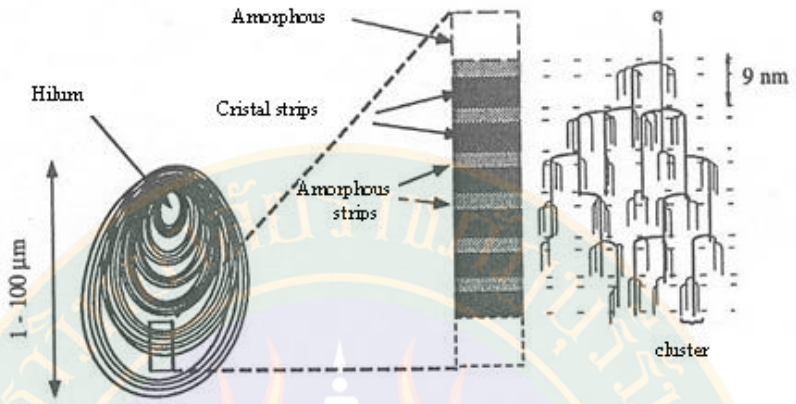
2536) ซึ่งส่วนนี้ประกอบด้วย ขั้วเมล็ด (rachilla) กลีบเลี้ยง (sterile lemma) และหางเมล็ด (awn) ส่วนเนื้อหรือข้าวกล้อง (ภาพที่ 2.1) มีส่วนประกอบเรียงลำดับจากชั้นนอกถึงชั้นใน คือ เยื่อหุ้มผล (pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) เป็นเยื่อหุ้มชั้นใน (aleurone layer) คัพภะ (embryo) และเอนโดสเปิร์ม (endosperm) หรือส่วนของข้าวสารในส่วนนี้ประกอบด้วยเยื่อชั้นในสุดและส่วนของเนื้อสตาร์ช (starchy endosperm) ซึ่งมีเมล็ดสตาร์ช (starchy granule) ประมาณ 90% อัดตัวกันแน่นโดยมีโปรตีน 6-10% และไขมัน 0.5-1.2% แทรกอยู่ระหว่างเมล็ดสตาร์ช (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ด

ที่มา : กรมการข้าว (2551)

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

1) สตาร์ช เมล็ดสตาร์ชมีขนาดเล็กประมาณ 2-9 ไมครอน รูปร่างลักษณะเป็นหลายเหลี่ยม ภายในประกอบด้วยโมเลกุล 2 ชนิด คือแอมิโลส และแอมิโลเพคติน โดยแอมิโลส เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสหลายๆ โมเลกุลเชื่อมต่อกันเป็นสายด้วยพันธะแอลฟา -1,4 กลูโคซิดิก (α-1,4 glucosidic) มีทั้งที่เป็นส่วนประกอบของแอมิโลเพคตินและเป็นสายเดี่ยวๆ แทรกอยู่ในเมล็ดสตาร์ช ส่วนแอมิโลเพคตินเป็นส่วนประกอบเชิงซ้อนของแอมิโลสเชื่อมต่อกันเป็นกิ่งก้านด้วยพันธะแอลฟา -1,6 กลูโคซิดิก (α-1,6 glucosidic) การจัดเรียงตัวของโมเลกุลแอมิโลเพคตินนั้นกระจายออกไปในแนวรัศมีเป็นชั้นๆ ในรูปของคลัสเตอร์ (clusters) ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างเม็ดสตาร์ช

ที่มา : Jacobs and Delcour (1998)

2) โปรตีน เป็นสารอาหารที่มีมากรองจากสตาร์ช ส่วนใหญ่อยู่ในส่วนของเยื่อหุ้มและคัพภะ จึงทำให้ข้าวกล้องมีปริมาณโปรตีนอยู่สูงถึง 15-20% ขณะที่ข้าวสารมีโปรตีนเพียง 5-10% โปรตีนในข้าวจำแนกเป็น 4 ชนิดตามสมบัติทางการละลาย คือ อัลบูมิน (albumin) มีปริมาณ 3.8-8.8% ของโปรตีนทั้งหมด เป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำหรือน้ำที่มีกรดเล็กน้อยโกลบูลิน(globulin) มีปริมาณ 9.6-10.8% ละลายในน้ำเกลือ ส่วนโปรลามิน (prolamin) มีปริมาณ 66-78% ละลายในน้ำซึ่งมีกรดหรือด่างเล็กน้อย และลูตีลิน (glutelin) มีประมาณ 66-78% ละลายในน้ำซึ่งมีกรดหรือด่างเล็กน้อย (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

3) ไขมัน พบมากในส่วนของชั้นเยื่อหุ้มและคัพภะ ทำให้ในข้าวกล้องมีไขมันอยู่ถึง 1.5-2.5% ส่วนในข้าวสารมีเพียง 0.5-1.2% (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) ไขมันในข้าวประกอบไปด้วยไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) กลูโคลิพิด (glycolipids) และฟอสฟอลิพิด (phospholipids) ตำแหน่งของไขมันในข้าวแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ไขมันที่แทรกอยู่รวมกับโปรตีนในชั้นแอลิวโรน และบริเวณผิวเม็ดสตาร์ช เรียกไขมันพวกนี้ว่า non-starch lipids หรือ free lipid กรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งอยู่ในผิวของสตาร์ชทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) และอีกกลุ่มหนึ่งคือ ไขมันที่อยู่ภายในเม็ดสตาร์ช เรียกไขมันนี้ว่า starch lipids หรือ bound lipid อาจแทรกอยู่ภายในเม็ดสตาร์ช หรือทำพันธะอยู่ในเกลียวของโมเลกุลแอมิโลสเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (amylose-lipid complex) ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการพองตัว การละลาย และการจับกันกับน้ำของสตาร์ช (Juliano, 1982)

2.5 การเร่งความเก่าของข้าว

เทคโนโลยีของการทำข้าวเปลือกใหม่ให้กลายเป็นข้าวเก่านั้นเป็นเทคโนโลยีที่มีการค้นคว้าและวิจัยกันอย่างแพร่หลาย เช่น การอบแห้งด้วยลมร้อน การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชันและการทำเป็นข้าวนึ่ง กระบวนการเร่งข้าวเก่าของข้าว เป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถปรับปรุงคุณภาพการหุงต้ม รับประทานและการแปรรูปข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มอัตราส่วนความยาวของเมล็ดข้าวในระหว่าการหุงต้ม การขยายปริมาตร และการดูดซับน้ำสูงกว่าข้าวใหม่ เมล็ดข้าวจึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสร่วนแข็ง หุงขึ้นหม้อ

1) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวและแป้งข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

1.1) กิจกรรมของเอนไซม์

ในระหว่างการเก็บรักษามีรายงานเกี่ยวกับกิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิด เช่น กิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาแอมิโลส (α-amylase) ในข้าวเปลือกข้าวหอมมะลิ 105 เพิ่มขึ้นทั้งการเก็บที่อุณหภูมิใน 25 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 เดือน (สุนีย์ เสริมสิริโสภณ, 2546) ส่งให้ปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้น และการติดตามกิจกรรมเอนไซม์เบต้าแอมิโลส ในข้าวเปลือกโดยวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ระหว่างการเก็บ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ไลเพส (lipase) และเอนไซมีไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ในข้าวเปลือกสายพันธ์จาโปนิคา ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดการเก็บ 7 เดือน มีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น จากผลของกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสย่อยไขมันให้กลายเป็นกรดไขมัน ในการเก็บข้าวเปลือกสายพันธ์เดียวกัน ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ที่เก็บในรูปข้าวสาร ได้แก่ เอนไซม์โปรติเอส (peotease) อะไมเลสฟอสฟอเทส (phosphatase) และฟอสโฟไลเปต (phospholipase) ที่อุณหภูมิ 4 25 และ 37 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาในการเก็บผ่านไป 10 เดือน กิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ เหล่านี้มีค่าน้อยกว่า 0 เดือน

1.2) สตาร์ช

ปริมาณสตาร์ชไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา (Teo et al, 2000) ส่วนที่แอมิโลสซึ่งเป็นองค์ประกอบของสตาร์ชนั้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา ในรูปของข้าวเปลือกพบในพันธ์ข้าวดอกมะลิ 105 แต่ในข้าวเปลือกพันธุ์ Bengal และ Cypress พบว่าปริมาณแอมิโลส และปริมาณแอมิโลเพคตินสายสั้นๆ มีค่าลดลง ซึ่งมีผลให้สัดส่วนของแอมิโลสต่อแอมิโลเพคตินลดลง อาจเกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) หรือการแตกตัว (degrdation) ของ

สตาร์ช เนื่องจากอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งสตาร์ชและแป้งฟลาวร์ข้าวเก่า อายุ 2 ปี มีค่ามากกว่าข้าวอายุ 1 ปี เพราะว่าโมเลกุลของแอมิโลสอิสระที่ลดลงในระหว่างการเก็บ 2 ปี ไปเกี่ยวพันธะกับโครงสร้างส่วนผลึกเสริมให้โครงสร้างส่วนผลึกแข็งแรงยิ่งขึ้น

1.3) โปรตีน

ปริมาณโปรตีน รวมในข้าวสารอายุไม่เกิน 1 ปี มีปริมาณคงที่ตลอดการเก็บ (ละมุน วิเศษ และคณะ, 2546) แต่ค่าการละลายของโปรตีนลดลง (Chrastil, 1990) โดยโปรตีนที่ละลายในน้ำและน้ำเกลือ (แอลบูลิน และโกลบูลิน) มีปริมาณลดลง โดยเฉพาะแอลบูลมินที่มีปริมาณลดลงอย่างมาก และโปรตีนที่ละลายในด่างและแอลกอออล์ (กลูเตลินและโปรลามิน) มีปริมาณเพิ่มขึ้น Ohno and Ohisa (2005) รายงานว่า เมื่อเปรียบเทียบขนาดโปรตีนของข้าวใหม่และข้าวเก่าอายุ 8 เดือน พบว่าโปรตีนที่มีขนาดใหญ่ของข้าวเก่ามีปริมาณมากกว่าข้าวใหม่ ซึ่งพันธะไดซัลไฟด์ไม่ถูกทำลายที่อุณหภูมิการหุงต้ม ทำให้โครงสร้างของโปรตีนไม่ถูกเปิด การละลายของโปรตีนจึงลดลง ดังนั้นโปรตีนจึงลดลง ดังนั้นโปรตีนที่ผิวเมล็ดข้าวถูกขัดขวางการพองตัวด้วยโปรตีนที่ไม่ละลาย นอกจากนี้ การสูญเสียกรดอะมิโนที่ชั้นเยื่อหุ้มผล (outer layer) ของข้าวระหว่างการเก็บ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวส์ มีผลให้ความขาวลดลง

1.4) ไขมัน

ปริมาณไขมัน ทั้งหมดในข้าวสารและข้าวเปลือก ไม่เปลี่ยนแปลง ตลอดการเก็บ 16 เดือน (Zhou et al, 2002) แต่ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ใน 3 เดือนแรกของข้าวกล้องที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่หากเก็บข้าวกล้องที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะทำให้ปริมาณไขมันลดลง ทั้งนี้เกิดจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเมล็ดข้าว (Free lipids) ถูกออกซิไดซ์เกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์ (peroxide) และแลกเปลี่ยนสารประกอบคาร์บอนิลหลายอย่าง เช่น อะเซทอลดีไฮด์ (acetaldehyde) เพนทานอล (pentanal) และเฮกซานอล (hexanal) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นหืน การเก็บข้าวสารที่อุณหภูมิต่ำและพ้นจากแสงสว่าง จะช่วยลดการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน (Barber, 1972) ส่วนที่เก็บข้าวที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติได้เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณกรดไขมันอิสระที่เก็บข้าวเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ เนื่องจากไขมันถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ไลเพส ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ (Sodhi et al, 2003)

2) **การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพ**

2.1) สีของเมล็ดข้าวหรือแป้งข้าว

เมล็ดข้าวหรือแป้งข้าวที่ผ่านการเก็บเป็นเวลานานๆ ข้าวจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ ข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิในการเก็บสูงจะมีสีคล้ำว่าการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ การเปลี่ยนแปลงทางด้านสีของเมล็ดข้าวหรือแป้งข้าวนั้นเกิดขึ้นจาก 2 สาเหตุ คือการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื่อรา เช่น Fusarium sp. ทำให้เกิดสีเหลือง และทำให้เกิดสีดำ เป็นต้น ซึ่งข้าวที่มีความชื้นสูงจะทำให้แบคทีเรียและเชื่อราเจริญเติบโตได้ดี และเกิดสีคล้ำยิ่งขึ้น และอีกสาเหตุหนึ่ง คือสีคล้ำเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาของกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ โดยมีอุณหภูมิสูงและแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Hamaker, 1994)

2.2) พฤติกรรมทางความหนืดของแป้งข้าว

การเก็บข้าวสารและข้าวเปลือกไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 4 องศาเซลเซียส ไม่ทำให้พฤติกรรรมทางความหนืดเปลี่ยนแปลง (Patindol et al, 2005) แต่เมื่อเก็บรักษาข้าวเปลือกที่อุณหภูมิห้อง 35-37 องศาเซลเซียส ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity, PV) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ ส่วนการเก็บรักษาข้าวสารที่อุณหภูมิห้อง พบว่าค่า PV มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการ และไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า PV ของข้าวเปลือกหรือข้าวสาร ก็พบว่ามีอุณหภูมิสูงจะเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าที่เวลาการนเก็บเท่ากัน นอกจากนี้ข้าวสารที่มีปริมาณแอมิโลสสูงจะมีค่า PV ลดลงเร็วกว่าข้าวที่มีแอมิโลสต่ำ

การเพิ่มขึ้นของค่า PV นั้นสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์แอมิโลส เพราะแอมิโลสในเม็ดสตาร์ชถูกย่อยด้วยเอนไซม์แอมิโลสที่มีกิจกรรมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ทำให้เม็ดสตาร์ชพองตัวและจับกับน้ำได้มากขึ้น จึงทำให้แป้งข้าวเก่ามี PV ของแป้งสตาร์ชที่สกัดจากข้าวที่ผ่านการเก็บไม่ต่างกันตลอกการเก็บ มีเพียง PV จึงเกิดจากองค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่สตาร์ช หรือเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบอื่นกับสตาร์ช (Hamaker and Grin, 1990)

การลดลงของค่า PV ในข้าวสารที่ผ่านการเก็บเกิดขึ้นเฉพาะแป้งฟลาว แต่ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสตาร์ช ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงโปรตีนในระหว่างการเก็บรักษา จึงมีผลให้ค่า PV ลดลงซึ่ง Ohno and Ohisa (2005) รายงานว่า น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของโปรตีนในข้าวเก่ามีค่ามากกว่าข้าวใหม่และพบจำนวนพันธะไดซัลไฟด์มากขึ้น ซึ่งถ้าย่อยโปรตีนในข้าวเก่าด้วยเอนไซม์

โปรติเอส พบว่าค่า PV สูงกว่าข้าวเก่าปกติ เนื่องจากเมื่อโปรตีนที่ผิวเม็ดสตาร์ชถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลง ทำให้เม็ดสตาร์ชพองตัวได้มากขึ้น เช่นเดียวกันกับการทำลายพันธะได้ ทำให้โปรตีนมีขนาดเล็กลงและมีค่าความหนืดมากกว่าข้าวเก่าปกติ

การคืนตัว (Setback, SB) ของแป้งฟลาวจากข้าวที่ผ่านการเก็บนั้นมีเพิ่มขึ้นและลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ ซึ่งในข้าวเหนียว กข8 และข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเก็บมีค่า SB เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ 8 เดือน Zhou et al. (2003) ก็รายงานว่าข้าวที่มีแอมิโลสต่ำมีค่า SB เพิ่มขึ้นแต่ข้าวที่มีแอมิโลสสูงนั้นมีค่า SB ลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ 16 เดือน

2.3) การเกิดเจลาติไนเซชัน

มีการรายงานว่า อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน ของข้าวผ่านการเก็บในรูปสารและข้าวเปลือกนั้นมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน โดยการเก็บข้าวเปลือกพันธุ์ Crypress และ Bengal ไว้ที่อุณหภูมิ 21 และ 38 องศาเซลเซียส (Patidol et al., 2005) และข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไว้ที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส ไว้ระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน (onset gelatinization temperature, T_0 ; peak gelatinization temperature, T_pและ conclusion gelatinization temperature, T_c) และค่าพลังงานเอนทาลปี (ΔH) มีค่ามากกว่าข้าวใหม่ Teo et al. (2000) รายงานว่า เมื่อสกัดแยกวิเคราะห์ระหว่าง สตาร์ชกับโปรตีน พบว่าโปรตีน โอริซินิน ที่ผ่านการเก็บนั้นมีค่า T_0 T_p T_c และ ΔH เพิ่มขึ้น แต่ T_0 T_p T_c และ ΔH ของแป้งสตาร์ชที่ผ่านการเก็บไม่เปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนเป็นเหตุให้ส่วนผลึกของสตาร์ชถูกทำลายด้วยอุณหภูมิและพลังงานสูง แต่เมื่อเก็บในรูปข้าวสารที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอด 14 สัปดาห์ การเก็บข้าวสารที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่าค่า T_pและ T_c เพิ่มขึ้น และช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน (T_c-T_0) กว้างขึ้น (Teo et al., 2000) โดยการเก็บข้าวที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งข้าวเพิ่มขึ้น ด้วยระยะเวลาสั้น ขณะที่การเก็บข้าวที่อุณหภูมิต่ำทำให้ค่าอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันเพิ่มขึ้นช้ากว่า Robards et al. (2003) รายงานว่า ข้าวสารญี่ปุ่นพันธุ์ Koshihikari Kyeema และ Doongara ที่มีแอมิโลสต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน ทำให้มีค่า T_p และ T_c มากกว่าข้าวสารที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวขณะเก็บรักษา

ที่มา: Villareal, Suzuki and Juliano (1976)

2.6 แป้งข้าวเจ้า

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

2.6.1 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

2.6.2 คุณสมบัติของแป้งข้าว

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

แป้งข้าวเจ้ามีลักษระเป็นเกล็ดเล็กๆ เหลี่ยมบ้างกลมบ้าง ซึ่งองค์ประกอบของเมล็ดข้าวประกอบไปด้วยส่วนประกอบย่อย 2 ส่วน คืออแอมิโลสและแอมิโลเพกติน แอมิโลสคือโมเลกุลที่ประกอบขึ้นจากกหน่วยกลูโคสที่มีโครงสร้างแบบเส้นตรง ในขณะที่แอมิโลเพคตินและกอบด้วยหน่วยกลูโคสเช่นกัน แต่มีโครงสร้างแบบแยกเป็นกิ่งก้าน ได้ระบุถึงคุณสมบัติของแป้งไว้ดังนี้

1) แป้งกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น เนื่องจากเป็นผงละเอียดเมื่อนำผสมกับน้ำเย็นจะไม่ละลาย แต่จะกระจายตัวในน้ำเย็นทำให้นำขุ่น ซึ่งจะใช้ในการเตรียมแป้งเพื่อผสมในอาหารที่เป็นของเหลวร้อนไม่ให้แป้งเกาะกันเป็นก้อน การที่แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นยังเป็นผลดีต่อกระบวนการผลิตคือให้ได้แป้งที่สะอาดบริสุทธิ์

2) แป้งช่วยป้องกันความชื้นไม่ให้สัมผัสอาหาร โดยใช้แป้งนวดในการทำบะหมี่ขนมปัง ใช้เคลือบผิวอาหารในการทำหมากฝรั่ง ลูกกวาดต่างๆ ใช้เป็นตัวป้องกันอาหารจับเป็นก้อนทำให้อาหารเก็บได้นาน เช่น การใช้แป้งข้าวโพดผสมในน้ำตาลป่น (icing sugar) ป้องกันน้ำตาลจับเป็นก้อน

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

4) แป้งช่วยให้อาหารมีเนื้อนุ่มหรือเหนียว ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง ส่วนผสมและวิธีการประกอบอาหารมีดังนี้

อาหารที่มีลักษณะนุ่มร่วน จะใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี เช่น ขนมผักกาด ขนมถ้วย ตะไล นอกจากนี้การใช้น้ำมันผสมในแป้งคลุกเคล้าให้เข้ากันจะได้อาหารลักษณะนุ่มร่วน 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 นำข้าวเข้าเครื่องโมพรอมกับน้ำ ควบคุมอัตราการเติมน้ำเพื่อให้ไดแป้งละเอียดตามต้องการ กรองแยก น้ำออก ลดความชื้นโดยใช้แสงแดดหรือใช้เครื่องกรองระบบ filter plate ไดแป้งหมาด เข้าเครื่องตี ให้ก้อนแป้งมีขนาดเล็กลงเพื่อให้ความชื้นระเหยออกง่าย ในโรงงานอุตสาหกรรมทำการลดความชื้นโดยเครื่องเป่าลมร้อนอุณหภูมิสูงซึ่งประหยัดเวลาและแป้งมีคุณภาพดีขึ้น การใช้อุณหภูมิ สูงทำให้ผิวนอกของก้อนแป้งสุกบางส่วนสุก คุณภาพของแป้งต่างจากแป้งดิบ เมื่อลดความชื้นของแป้งลงถึงระดับที่ต้องการ (ประมาณ 9–10%) จึงนำแป้งแหไปโมให้เป็นผงและร่อนให้มีความละเอียดตามต้องการ แป้งที่ผ่านการผลิตโมน้ำเป็นแป้งที่มีคุณภาพดีมีสิ่งเจือปนน้อย

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

3) วิธีผสม เริ่มจากการล้างน้ำ แชข้าว อบที่ระดับอุณหภูมิสูง เพื่อทำเป็นข้าวสุกและลดความชื้นลงจนมีระดับความชื้นต่ำ (9–10%) จากนั้นจึงนำข้าวสุกมาตีให้แตกเป็นก้อน โม ร่อนแป้งให้มีความละเอียดตามต้องการ แป้งที่ไดจะมีความละเอียดน้อยกว่าแป้งชนิดโมน้ำ เพราะเมล็ด

ข้าวสุกแหง มีความแข็งมาก แต่การนึ่งข้าวที่ความร้อนสูงจะช่วยทำลายน้ำย่อยที่จะย่อยไขมัน (Lipase) ให้เป็นกรดไขมันอิสระและเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืนได แป้งที่ไดจึงเป็นแปงคุณภาพสูง นิยมใช้ในการผลิตแป้งข้าวเหนียวสำหรับทำขนมโก

2.7 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 ร้อยละ4-5 เปอร์เซ้น 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 ความสามรถในการละลายจะแสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามรถละลายได้

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

ประเมินการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งได้) ซึ่งแป้งข้าวจะมีการเกิดรีโทรเกรเดชันอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง

การเกิดรีโทรเกรเดชันหรือการคืนตัวของแป้งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง อุณหภูมิ ความเข้มข้นของแป้ง กระบวนการให้ความร้อนและความเย็น ระยะเวลาการเก็บรักษาความเป็นกรด-เบสของสารละลาย ปริมาณและขนาดของแอมิโลส แอมิโลเพคติน และสารประกอบอื่นๆ โดยเฉพาะไขมัน และความเข้มข้นของส่วนผสมอื่นๆ เช่น สารลดแรงตึงผิว และเกลือ เป็นต้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543) ปริมาณและขนาดของแอมิโลสจะมีความสำคัญมากต่อการคืนตัวของแป้ง แป้งที่มีปริมาณแอมิโลสสูงจะเกิดการคืนตัวได้เร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณแอมิโลเพคตินสูง ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Fan and Marks, 1998) โดย Nishita and Bene (1979) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของขนมปังที่ผลิตได้จากแป้งข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูงแอมิโลสต่ำ พบว่า แป้งข้าวที่ผลิตจากแป้งข้าวมีปริมาณแอมิโลสสูง ซึ่งมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์สูงจะเกิดการคืนตัวได้มาก ให้ลักษณะขนมปังที่มีเนื้อในแห้ง ส่วนแป้งข้าวที่ผลิตจากแป้งข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ จะมีคุณสมบัติตรงข้ามกัน ซึ่งมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ต่ำ และเกิดการคืนตัวได้น้อย ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่ได้จะอ่อนนุ่ม สำหรับขนาดโมเลกุลของแอมิโลส พบว่า ถ้าแป้งมีขนาดของโมเลกุลแอมิโลสใหญ่หรือเล็กเกินไป ทำให้การคืนตัวได้ช้าลง แอมิโลสที่มีขนาดโมเลกุลที่พอเหมาะที่ degree of polymerization เท่ากับ 100-200 จะเกิดการคืนตัวได้เร็วและให้เจลที่เหนียวมาก ซึ่งแป้งแต่ละชนิดจะมีการคืนตัวแตกต่างกัน แป้งที่มีแอมิโลเพคตินสูงจะมีผลต่อการคืนตัวน้อยลง (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543) ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของแอมิโลเพกตินมีลักษณะเป็นกิ่งก้านสาขา ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนได้ยาก (Whisthler and Bemiller, 1999)

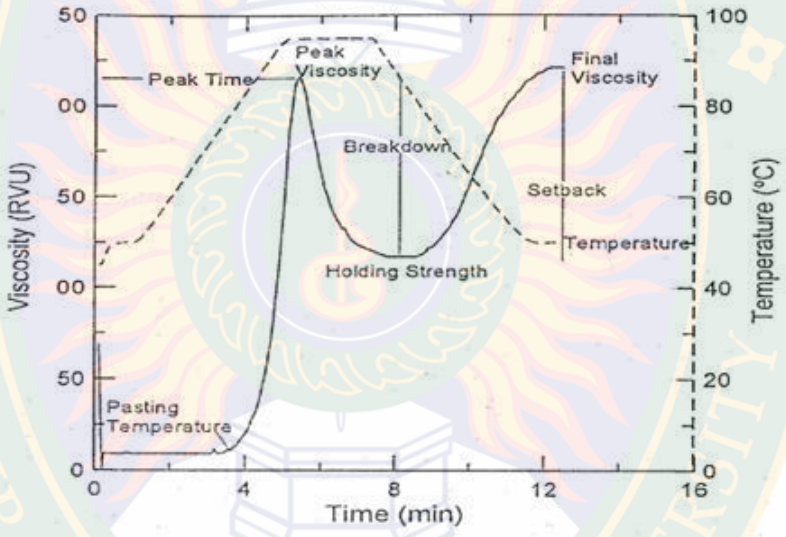
การเกิดรีโทรเกรเดชันส่วนใหญ่เป็นผลเนื่องจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาเจลของแป้งที่ประกอบด้วยปริมาณน้ำร้อยละ 45-50 ที่อุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่า glass transition temperature (T_g ≈ -50 °C) การเกิดรีโทรเกรเดชันจสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการเก็บที่อุณหภูมิห้อง การเก็บที่อุณหภูมิแช่แข็งที่ต่ำกว่า T_g จะเป็นการยับยั้งการเกิด 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 ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่ได้มากและในที่สุด T_g จะลดลงจนต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง การเกิด recrystallization จะลดลงเมื่อปริมาณน้ำสูงถึงร้อยละ 90 เนื่องเป็นการเจือจางองค์ประกอบที่ทำให้เกิดผลึกใน amorphous matrix ตัวถูกละลาย เช่น น้ำตาล จะมีผลกระทบต่อการเกิดรีโทรเกรเดชันของเจลแป้งโดยไปลดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเมื่อเทียบกับน้ำ 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 ความหนืดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเพราะเม็ด

แป้งมีการพองตัวมากขึ้น 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 2.3 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA

ที่มา : Singh et al. (2006)

2.8 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)

2.8.1 เส้นก๋วยเตี๋ยว (สิริลักษณ์ ภักดีศรีพันธ์, 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 เป็นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการนำแผ่นก๋วยเตี๋ยวมาตัดเป็นเส้น โดยไม่ผ่านการทำแห้ง 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 2.4 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 ยึดเกาะได้ดี 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 อีกทั้งไขมันที่

เหลือในเมล็ดข้าวเกิดปฏิกิริยาออกเดชัน (oxidation reaction) ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนง่าย ในประเทศไทยจึงไม่นิยมใช้แป้งข้าวชนิดโม่แห้ง แต่ในต่างประเทศบางประเทศมีรายงานการใช้แป้งชนิดนี้ทำขนมปัง เค้ก และขนมอบกรอบ (งามชื่น คงเสรี, 2541)

การโม่เปียก หรือโม่น้ำเป็นวิธีการที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นข้าวหักซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว โดยยังมีสิ่งเจือปนมากต้องทำความสะอาดด้วยเครื่องแยกชนิดต่างๆ และต้องล้างด้วยน้ำให้สะอาดหลายๆครั้งจนน้ำใส 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 และ

ปริมาณแอมิโลส 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 ตากบนแผงไม้ไผ่ ประมาณ 1 วัน ระวังให้เส้นแห้งสม่ำเสมอ และทั่วถึงทั้งข้างนอกและข้างใน หรือนำเข้าตู้อบให้มีความชื้นเหลือเพียงร้อยละ 10-12

4.8) การบรรจุหีบห่อ

ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นสูง อายุการเก็บจึงสั้นมากภาชนะบรรจุที่ใช้ต้องสามารถเก็บรักษาความชื้นในเส้นให้มากที่สุด เพราะถ้าความชื้นลดลงทำให้คุณภาพเปลี่ยนไป ในท้องตลาดปัจจุบันใช้ใบตองห่อ และทับด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์อีกชั้นหนึ่ง หรือใช้ถุงพลาสติกใส สำหรับก๋วยเตี๋ยวแห้งก่อนเก็บเส้นเล็กแห้งลงภาชนะบรรจุ ควรให้เส้นแห้งเย็นสนิทก่อนอย่างน้อย 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)

2.8.2 ขนมไทย

ขนมไทยเป็นขนมที่มีมาแต่โบราณ เป็นขนมที่มีลักษณะที่บ่งบอกถึงเอกลักษณ์ความเป็นไทยซึ่งถือได้ว่าเป็นมรดกที่มีคุณค่าอันยั่งยืนของชาติอย่างหนึ่ง ในการสะท้อนภาพความละเอียดอ่อนนุ่มนวลที่ล้วนแต่ต้องใช้ความชำนาญในการปรุงแต่งจากฝีมือของคนไทยมาทุกยุคทุกสมัย มีความประณีตสวยงาม ให้รสชาติหวาน หอมและอร่อย ยากจะหาชนชาติใดมาเทียบได้ ขนมไทยจึงมีเอกลักษณ์ที่ไม่เหมือนประเทศใดๆ และเป็นสิ่งที่เชิดหน้าชูตาของคนไทยต่อชาวต่างประเทศ ดังนั้นขนมไทยจึงนับได้ว่าเป็นความภูมิใจของคนไทย

สิ่งที่สำคัญก่อนที่จะลงมือทำขนมไทย คือ การเตรียมส่วนประกอบต่างๆ เช่น การเตรียมแป้ง การเตรียมกลิ่น การอบแป้งด้วยดอกไม้หอม การเตรียมสีจากธรรมชาติซึ่งความประณีตในแต่ละสิ่งจะทำให้ขนมที่ได้มีลักษณะเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์ ส่วนประกอบของขนมไทยจะประกอบด้วยแป้ง กะทิ และน้ำตาล ซึ่งแป้งที่นิยมใช้ทำขนมส่วนใหญ่มีเพียง 2 อย่างเท่านั้น คือ แป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ส่วนน้ำตาลที่นิยมใช้จะเป็นน้ำตาลปี๊บ และน้ำตาลทรายแดงเท่านั้น (มณเฑียร ศุภลักษณ์, 2541)

2.8.2.1 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 แต่ใช้

ความร้อนและไขมันน้อยกว่า) 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

2.8.2.2 ขนมน้ำดอกไม้

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

ภาพที่ 2.5 ขนมน้ำดอกไม้

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

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมน้ำดอกไม้

ส่วนผสมขนมน้ำดอกไม้ประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง น้ำตาลทราย น้ำลอยดอกมะลิ และสีผสมอาหาร ทำให้ขนมมีสีสันน่ารับประทานมากขึ้น ซึ่งอาจจะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ สูตรของขนมน้ำดอกไม้จะมีชนิดของแป้ง ซึ่งเป็นส่วนผสมแตกต่างกัน ในบางสูตรจะใช้แป้งท้าวย่าม่อมแทนแป้งมันสำปะหลังซึ่งจะทำให้ขนมมีความเหนียวแข็งและความอร่อยคนละอย่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชอบของผู้บริโภค สูตรของขนมน้ำดอกไม้ที่ใช้แป้งมันเป็นส่วนผสมในสูตร ประกอบด้วย 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)

1) แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตขนมน้ำดอกไม้ โดยขนมจะมีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าประมาณร้อยละ 18.00 นอกจากนั้นยังเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์อีกหลายชนิด เช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ก๋วยจั๊บ ขนมจีน เป็นต้น เป็นผลผลิตที่ได้จากข้าวขาวหรือเรียกว่าข้าวเจ้า จัดเป็นธัญชาติที่อยู่ในวงศ์หญ้ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า โอไรซ่า ซาติว่า (*Oryza sativa* Linn) เป็นข้าวที่มีเนื้อเมล็ดใส เมื่อนำมาทดสอบด้วยน้ำยาไอโอดีนจะกลายเป็นสีน้ำเงินเข้ม เนื้อเมล็ดของข้าวเจ้าประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต ทั้งชนิดแอมิโลสและแอมิโลเพคทิน ซึ่งทั้งสองส่วนนี้เกิดจากการรวมตัวกันของกลูโคสหลายโมเลกุลที่มีคุณสมบัติต่างกัน โดยที่อัตราส่วนของ แอมิโลสและแอมิโลเพค

ทินจะมีผลทำให้ลักษณะของข้าวสุกที่ผ่านการหุงต้มมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งในแป้งข้าวจะมีปริมาณแอมิโลเพคทินที่มากกว่าแอมิโลส แต่โดยทั่วไปมักนิยมแบ่งข้าวโดยใช้ปริมาณแอมิโลสเป็นหลัก ข้าวเจ้าจะมีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 8-37 โดยน้ำแป้ง ส่วนที่เหลือเป็นแอมิโลเพคทิน การจัดแบ่งข้าวตามปริมาณแอมิโลส ถ้ามีปริมาณแอมิโลสต่ำ จะทำให้ “ข้าวสุก” มีความเหนียว แต่ถ้ามีปริมาณแอมิโลสสูงจะทำให้ “ข้าวสุก” ร่วนและแข็ง ไม่มีความเหนียวมีการดูดน้ำและขยายตัวได้มาก (งามชื่น คงเสรี, 2542)

สำหรับแป้งข้าวเจ้าที่ใช้ทำขนมน้ำดอกไม้ส่วนใหญ่มักจะใช้แป้งสด ซึ่งทำจากการเอาข้าวสารแช่น้ำไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วโม่หรือบดให้ละเอียด จากนั้นนำไปกรองให้เป็นแป้งนอนก้น ล้างส่วนที่สกปรกออกไปบ้าง เอาแป้งมาใส่ถุงผ้าทับให้สะเด็ดน้ำ ตากให้แห้งหรือใช้ทั้งเปียกอยู่แป้งสดเมื่อซื้อมาแล้วควรใช้เลย ถ้าจำเป็นต้องค้างคืนควรเก็บที่อุณหภูมิต่ำ แต่เก็บได้ไม่นาน เพราะแป้งมีเชื้อจุลินทรีย์ทำให้แป้งมีกลิ่นบูด นอกจากใช้ทำขนมน้ำดอกไม้แล้วยังใช้ทำขนมอื่นได้หลายชนิด เช่น ขนมครก และขนมเรไร เป็นต้น (อรัญญา ศิริธรรมวัฒน์, 2525) พันธุ์ข้าวที่นิยมใช้ในการทำขนมน้ำดอกไม้ ได้แก่ ข้าวเหลืองอ่อน ข้าวนางพญา ข้าวปิ่นแก้ว และข้าวตะเภาแก้ว เป็นต้น (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2525) ซึ่งควรเป็นแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณแอมิโลสสูง เช่น แป้งข้าวเหลือง 11 ทั้งนี้ขนมที่ได้จะมีการจับตัวกันคงรูปได้มาก ขนมจะเกิดรอยบุ๋ม ผิวหน้าเรียบมันวาว มีลักษณะเนื้อสัมผัสหนึบ สำหรับขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ ลักษณะของขนมที่ได้จะไม่เกิดรอยบุ๋มผิวหน้าแฉะและไม่เรียบเป็นมันวาว เนื้อสัมผัสนิ่ม มีการจับตัวคงรูปได้น้อย จึงไม่เหมาะในการนำมาผลิตขนมชนิดนี้ (นภสร จุ้ยเจริญ, 2544)

2) น้ำตาลทราย

น้ำตาล หมายถึง สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน มีลักษณะเป็นผลึกส่วนใหญ่ทำจากอ้อย หรือหัวบีท ซึ่งสามารถแบ่งจำแนกคาร์โบไฮเดรตตามโครงสร้างได้เป็น 4 กลุ่ม คือ Monosaccharides เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กสุด เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส และน้ำตาลกาแลกโตส เป็นต้น Disaccharides เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วย โมโนแซคคาไรด์2 โมเลกุล เรียกกว่า น้ำตาลโมเลกุลคู่ เช่น น้ำตาลซูโครส น้ำตาลมอลโตส และน้ำตาลแลคโตส เป็นต้น Oligosaccharides เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาร์ไรด์ 3 โมเลกุล ถึง 10 โมเลกุล เช่น แรฟฟิโนสและสตาคีโอส เป็นต้น และ Polysaccharide ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่

ประกอบด้วย โมโนแซคคาร์ไรด์มากกว่า 10 โมเลกุลขึ้นไป เช่น สตาร์ช เด็กตริน และไกลโคเจน เป็นต้น (กมลวรรณ แจ้งชัด, 2543) น้ำตาลที่รู้จักกันดี คือ น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมอยู่ในโมเลกุล มีสูตรเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$ จัดเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่เพราะประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตส ซึ่งเป็นอาหารที่ให้พลังงานเป็นส่วนใหญ่ โดยน้ำตาลทรายบริสุทธิ์ 1 กรัม จะให้พลังงาน 4 แคลอรี่ การบริโภคน้ำตาลของคนไทยจะอยู่ในรูปของน้ำตาล น้ำเชื่อม น้ำผึ้ง ผลไม้เชื่อม และผลไม้กวนต่างๆ เป็นต้น (เข็มทอง นิ่มจินดา, 2538) โดยน้ำตาลที่นิยมใช้ในการทำขนมไทยมีอยู่ 3 ชนิด คือ น้ำตาลทราย น้ำตาลมะพร้าว และน้ำตาลโตนด (อรวสุ นพพรรค์, 2542) ซึ่งน้ำตาลที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ น้ำตาลทรายที่ทำจากอ้อย มีทั้งชนิดบริสุทธิ์ฟอกขาวทั้งเกล็ดเล็กเกล็ดใหญ่ มีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดสีขาว และเหมาะที่จะทำขนมที่ต้องการสีใส เช่น ทองหยิบ ทองหยอด ขนมชั้น ขนมน้ำดอกไม้ เป็นต้น และน้ำตาลชนิดที่มีสีนวลไม่ผ่านการฟอกสีจะให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลที่มีสีขาว น้ำตาลชนิดนี้จะมีสีเข้ม และมีความชื้นเหลืออยู่มาก เรียกว่า น้ำตาลทรายแดง นอกจากมีรสหวานแล้ว ยังมีกลิ่นด้วย จึงนิยมนำมาทำขนมไทยและเป็นส่วนผสมในขนมอบบางชนิด เช่น ข้าวเหนียวแดง เต้าฮวย ถั่วเขียวต้มน้ำตาล กาละแม ขนมเทียน พวกเค้ก และคุกกี้ เป็นต้น ส่วนน้ำตาลที่ทำจากน้ำหวานของมะพร้าวและจากต้นตาลก็เป็นที่นิยมใช้กันมาก ต้องเลือกให้เหมาะสมกับอาหารและขนมไทยแต่ละชนิด (จันทร ทศานนท์, 2535) หน้าที่ของน้ำตาล น้ำตาลทรายจัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดหนึ่งที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด โดยน้ำตาลทรายที่ใช้ในการประกอบอาหารจะทำหน้าที่ให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์ เพื่อช่วยในการถนอมรักษาอาหาร ช่วยส่งเสริมกลิ่นรสให้ดีขึ้น ช่วยควบคุมระดับความชื้น ช่วยให้เนื้อสัมผัสของขนมมีลักษณะที่ดี มีสีสันน่ารับประทาน และยังใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ คือ ทำให้น้ำเข้ากับน้ำมันได้ดีขึ้น ช่วยในการปรับปรุงลักษณะปรากฏ เช่น การทำให้ใส การทำให้มีลักษณะเป็นมันเงาหรือการใช้โรยหน้าผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ นอกจากนี้น้ำตาลยังเป็นอาหารของยีสต์ในระหว่างการหมัก ทำให้ยีสต์เจริญเติบโตได้ดี และสามารถสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้นทำให้ขนมขึ้นฟู และมีเนื้อนุ่ม ช่วยเก็บความชื้น เพราะน้ำตาลทรายมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้นอยู่ได้นาน

การใช้น้ำตาลที่อยู่ในรูปของน้ำเชื่อมของขนมน้ำดอกไม้ ถ้ามีการใช้น้ำเชื่อมปริมาณน้อยเกินไป ลักษณะรอยบุ๋มจะเป็นวงเล็กทั้งขนมจะมีรสจืดเกินไปด้วย การใช้นำเชื่อมมากขึ้นเล็กน้อย ลักษณะรอยบุ๋มจะเป็นวงกว้างดี เนื้อขนมเหนียวขึ้นแต่ขนมจะค่อนข้างหวาน การที่มีน้ำเชื่อม

(น้ำตาล) เพิ่มขึ้น รอยบุ๋มจะเป็นวงกว้างขึ้น อาจเพราะน้ำตาลกับแป้งต่างก็ต้องการน้ำ จึงทำให้มีน้ำเหลือสำหรับการพองตัวข้นใสของเม็ดแป้งจำกัดขึ้นการดึงน้ำจากส่วนกลางจึงเป็นไปได้มากขึ้น

3) น้ำ

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหาร โดยโมเลกุลของน้ำจะประกอบด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอมต่อออกซิเจน 1 อะตอม ซึ่งมีลักษณะเป็นขั้วบวกและขั้วลบสามารถดึงดูดสารอื่นๆ เข้ามาเป็นสารละลาย มีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวเคมีที่เหมาะสมสำหรับการเป็นตัวทำละลายที่ดีและมีหน้าที่ในการควบคุมลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เป็นตัวกลางให้สารเคมีต่างๆ ทำปฏิกิริยากันเป็นตัวทำกระจายที่ดี และทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายองค์ประกอบของอาหาร ซึ่งน้ำที่นำมาใช้ควรเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากสิ่งแขวนลอย อาหารที่มีปริมาณน้ำมากจะมีการเสื่อมเสียได้เร็ว โดยการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพและเคมี ทั้งนี้น้ำในอาหารจะเป็นตัวทำละลายองค์ประกอบต่างๆ ของอาหาร สถานะของน้ำและการกระจายตัวของน้ำในอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพราะว่าถ้ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหรือการกระจายตัวของน้ำจะมีผลต่อคุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2540)

น้ำในขนมน้ำดอกไม้ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดสารละลายคอลลอยด์ ทำให้โมเลกุลของแป้งกระจายตัวเมื่อได้รับความร้อนเม็ดแป้งจะพองตัวและสุก และถ้ามีน้ำในปริมาณมาก เนื้อขนมจะอ่อน หน้าขนมจะเหลวแฉะ การใช้น้ำน้อยไป จะทำให้รอยบุ๋มเป็นวงกว้างขึ้นแต่เนื้อขนมจะแข็งเกินไป อาจแก้ไขโดยการเติมแป้งที่มีคุณสมบัติช่วยให้เกิดความนุ่มเหนียวได้ ในการนี้จำเป็นต้องใช้น้ำมากพอ ถ้าส่วนผสมของขนมน้ำดอกไม้มีน้ำในปริมาณจำกัด น้ำจากส่วนกลางของถ้วยก็จะถูกดึงตามมาด้วย และจะมาจับตัวกันตรงส่วนด้านข้างและก้นถ้วย ทำให้ขนมที่ได้จึงมีลักษณะบุ๋มตรงกลางแต่ถ้าส่วนผสมของขนมมีน้ำมากเกินไป ลักษณะบุ๋มตรงกลางจะไม่เกิดขึ้นทั้งนี้เพราะมีปริมาณน้ำมากพอที่จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวข้นใสทุกส่วนของถ้วยไม่ว่าจะเป็นด้านข้างถ้วย ก้นถ้วย หรือตรงกลาง (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2525)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุดารัตน์ พริกบุญจันทร์ (2554) ได้ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่มแผ่นก๋วยเตี๋ยวเพื่อลดเวลาการผลิตโดยทดลองบ่มแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่อุณหภูมิ 0, 4 และ 10 องศาเซลเซียส เพื่อเร่งการเกิดรี

โทรเกรเดชัน (retrogradation) ให้เร็วขึ้น ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พิจารณาลักษณะแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้โดยสังเกตลักษณะผิวหน้า สี ความยากง่ายในการลอกแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่วางซ้อนกัน อัตราการดูดน้ำ ทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (hardness)โดยใช้เครื่อง texture analyzer เปรียบเทียบกับแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการบ่มตามวิธีดั้งเดิมของโรงงาน พบว่าการบ่มที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง ให้แผ่นก๋วยเตี๋ยวที่มีลักษณะผิวหน้าแห้ง มันวาว มีอัตราการดูดน้ำและความแน่นแข็งที่เหมาะสมสำหรับการตัดเป็นเส้นโดยไม่ติดมีด และเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการบ่มที่อุณหภูมิ 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 ไขมันร้อยละ3.53 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 (โดยน้าหนักแป้งข้าวเจ้า) 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) ต่อคุณภาพเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งพบว่าเมื่อปริมาณแป้งมันเทศเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีส้ม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียไปในระหว่างต้มเส้นเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มปริมาตรน้ำแป้งต่อถาดมีผลทำให้ความหนาและความเหนียวของเส้นก๋วยเตี๋ยวเพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้น สูตรที่เหมาะสมของเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศคือ แป้งมันเทศที่ผลิตจากมันเทศไม่ผ่านการลวกร้อยละ 30 ผสมกับแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 70 ผสมน้ำโดยใช้ความเข้มข้นน้ำแป้งผสมร้อยละ 40 แล้วเทน้ำแป้งจำนวน 65 มิลลิลิตรต่อถาดขนาด 20x30 ตารางเซนติเมตร นึ่งในน้ำน้ำเดือดนาน 3 นาที ตัดเส้นและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ได้เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสม

แป้งมันเทศที่มีสีส้มมีปริมาณแคโรทีนเท่ากับ 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) ศึกษาความสัมพันธของปริมาณแปงขาวเจา น้ำตาลและน้ำตอคุณภาพขนมน้ำดอกไม้ จากผลการศึกษาอิทธิพลของปริมาณแปง น้ำตาล และน้ำตอคุณภาพของขนมน้ำดอกไม โดยจัดสิ่งทดลองแบบ factorial 3X3 ในแผนสุมตลอด (CRD) ปจจัยที่ศึกษา 2 ปจจัย คือ อัตราสวนของแปงขาวเจาต่อน้ำตาล 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 ขนมที่ไดมีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งและยึดเกาะตัวไดมากขึ้น 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 โดยศึกษาอัตราส่วน

ของน้ำข้าวกล้องงอกต่อนมสด จากผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเต้าฮวยข้วกล้องงอกที่อัตราส่วนข้าวกล้องงอกต่อนมสด 100:0 และใช้สารให้ความคงตัวผงวุ้น อยู่ในระดับชอบมาก โดยเต้าฮวยมีลักษณะสีขาวอมเหลืองเล็กน้อยมีความเนียน ลอดช่องข้าวกล้องงอก จากการศึกษาร้อยละข้าวกล้องงอกต่อแป้งข้าวเจ้าในกระบวนการผลิตลอดช่องข้าวกล้อง 3 ระดับที่ร้อยละ 50 60 และ 70 จากผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลอดช่องข้าวกล้องงอก กับปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่ร้อยละ 60 โดยใช้ระยะเวลาในการกวนส่วนผสมที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตลอดช่องเข้ากล้องงอก 30 นาที จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของขนมหวานพบว่า 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 พันธุ์ข้าว

กันตัง และแก่นจันทร์ ตามลำดับ พันธุ์กันตังเนื้อสัมผัสของตัวขนมค่อนข้างนุ่ม และมีความยาวมากที่สุด (มากกว่า 2 ซ.ม.) พันธุ์ลูกแดงปัตตานี มีความเหนียวและความเลื่อมมันมากที่สุด และเมื่อนำขนมปลากริมกึ่งสำเร็จรูปมาคืนรูปโดยต้มในน้ำเดือดนาน 7-10 นาที พบว่า สามารถคืนรูปได้ดีทุกพันธุ์ ผลจากการชิมโดยใช้ประสาทสัมผัส (พบว่าพันธุ์ลูกแดงปัตตานีมีคะแนนความชอบมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์กันตังและแก่นจันทร์ ตามลำดับ พันธุ์กันตังมีเนื้อสัมผัสของตัวตัวขนมค่อนข้าวนุ่ม และมีความยาวมากที่สุด และทุกพันธุ์ตัวขนมค่อนข้างด้าน ไม่มีความมัน สีขาวและมีกลิ่นหอมเล็กน้อย

รุจิรา ปรีชาและจำลอง ฤทธิชัย (2551) ทดลองทำแป้งทอดกรอบจากข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่างกัน 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 จึงทำให้ความแข็งลดลงในการเก็บรักษาแป้งข้าวเจ้าทุกชนิดมีค่า Setback และ Consistency เพิ่มขึ้น Breakdown ลดลง

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 วัตถุดิบ

1) ข้าวพันธุ์ท้องถิ่นที่ใช้ คือ ข้าวจี๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้ง ได้จากกลุ่มเกษตรอินทรีย์บ้านลิ่มทอง หมู่ 4 ต.หนองโบสถ์ อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์ ปีการเพาะปลูก 2557/58 มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่า 4 เดือน และข้าวจี๊บ ข้าวเหลืองประทิว ข้าวขาวตาแห้งและข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยสภาวะที่เหมาะสม (ใช้สภาวะที่ได้จากโครงการวิจัยย่อยที่ 1 ของข้าวพันธุ์ท้องถิ่นแต่ละสายพันธุ์ดังแสดงในตารางที่ 3.1)

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ใช้ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้ง

การผลิตขนมน้ำดอกไม้ ใช้ข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดง

2) แป้งมันสำปะหลัง (ตราปลามังกร) ผลิตโดยโรงงานแป้งมันไทยทำ ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล ตงจั่น ชลบุรี

ตารางที่ 3.1 สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ

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

3.1.2 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)

3.1.3 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) นาฬิกาจับเวลา
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) เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร

11) เครื่องปั่น (Blender)

12) เครื่องกะเทาะเปลือกข้าว

13) เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

14) เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

15) โถดูดความชื้น (Dedicator)

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 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

1) การเตรียมแป้งข้าว

นำข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งมาสีเปลือกออก บดให้เป็นผงละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 60 เมช บรรจุใส่ถุงโพลีเอทิลีน ปิดผนึกถุงภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกว่าจะใช้งาน

จะได้แป้งข้าว 2 ตัวอย่างของแต่ละสายพันธุ์ คือ แป้งที่ได้จากข้าวเก่าตามธรรมชาติ และแป้งที่ได้จากข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยสภาวะที่เหมาะสม (สภาวะเร่งความเก่าของข้าวเหลืองประทิว คือ อบที่อุณหภูมิ 90°C นาน 3 ชั่วโมง และข้าวขาวตาแห้ง คือ 80°C นาน 3 ชั่วโมง

2) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของน้ำแป้งผสม

นำน้ำแป้งที่ได้จากการผสมระหว่างแป้งข้าวเก่าตามธรรมชาติกับแป้งมันสำปะหลัง และน้ำแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยสภาวะที่เหมาะสมกับแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้แป้งข้าวเข้มข้นร้อยละ 35 และแปรผันอัตราส่วนแป้งข้าวต่อแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 50:50 โดยน้ำหนัก (ตารางที่ 3.2) วิเคราะห์คุณสมบัติดังต่อไปนี้

2.1) วิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส ดัดแปลงตามวิธีของ Julino (1971)

2.2) วิเคราะห์ความคงตัวของแป้งสุก ดัดแปลงตามวิธีของ Cagampang และคณะ (1973)

2.2) วิเคราะห์ความหนืดของน้ำแป้ง

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 3.2 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

3) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยว

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

นำแป้งข้าวพันธุ์ท้องถิ่นทั้ง 2 สายพันธุ์ ผสมกับแป้งมันสำประหลังในอัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 โดยน้ำหนัก มาทำการผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยใช้แป้ง 350 กรัม ผสมกับน้ำ 1000 กรัม บ่มน้ำแป้งทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำแป้งดูดน้ำได้เต็มที่ จากนั้นเทส่วนผสม 100 มิลลิลิตร ลงในถาดอะลูมิเนียมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 25×35 ตารางเซนติเมตร 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

3.1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นเส้นสดและเส้นแห้ง ตามวิธี AOAC (2000)

3.2) วิเคราะห์ค่าสีหลังปรุงสุก ดัดแปลงตามวิธีของกมลทิพย์ (2556)

โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวลวกในน้ำเดือดนาน 1.5 นาที นำไปทดสอบค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab ที่ใช้รูเปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร

3.3) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว

1) วัดค่าความเหนียวโดยการวัดค่าแรงดึง (tensile test) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวในแต่ละสิ่งทดลองขนาด 3 × 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) วิเคราะห์ความ

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

4) ศึกษาการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อเส้นก๋วยเตี๋ยว

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

3.2.2 การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

1) วัตถุดิบและการเตรียมตัวอย่าง

1.1) วัตถุดิบ

1.1.1) แป้งมันสำปะหลัง (ตราปลามังกร) ผลิตโดย โรงงานแป้งมันไทยทำ ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล ตงจั่น ชลบุรี

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

1.2) การเตรียมแป้งข้าว

นำข้าวพันธุ์ท้องถิ่นมาสีเปลือกออก โม่ด้วยวิธีโม่น้ำ โดยการนำขาวเจาที่ผานการคัดแยกสิ่งสกปรกออกแลวมาแชน้ำอยางนอย 3-4 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำไปโมใหละเอียดจะไดแปงออกมาและนำแปง ที่ไดไปอบแหงโดยใชตูอบลมรอนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เปนเวลา 4 ชั่วโมง จะไดแปงแหง จากนั้นนำไปบดหยาบและบดละเอียดแล้วร่อนผานตะแกรงขนาด 0.12 มิลลิเมตร

1.3) สูตรขนมน้ำดอกไม้ควบคุม

ในการทดลองนี้ สูตรควบคุมของขนมน้ำดอกไม้ ดัดแปลงจากสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว อัตราส่วนผสมต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 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 ลักษณะขนมควรจะบุ๋มตรงกลาง

2) ศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวต่อน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

นำแป้งข้าวพันธุ์ท้องถิ่นทั้ง 2 สายพันธุ์ มาแปรรูปเป็นขนมน้ำดอกไม้โดยใช้อัตราส่วนผสมตามสูตรควบคุม แต่มีการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนแป้งข้าวต่อน้ำตาล ดังนี้ 0:100 30:70 40:60 50:50 และ 60:40 (ตารางที่ 3.4) 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)

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

3) ศึกษาการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อขนมน้ำดอกไม้

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

ตารางที่ 3.4 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

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

โครงการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้มีการใช้ข้าวพันธุ์ท้องถิ่น 4 สายพันธุ์ คือ ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยสภาวะที่เหมาะสมโดยคัดเลือกสภาวะจากโครงการวิจัยย่อยที่ 1 (เรื่อง การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน) สภาวะการเร่งความเก่าของข้าวแต่ละสายพันธุ์แสดงในตารางที่ 4.1

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

ตารางที่ 4.1 สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ด้วยวิธีอบลมร้อน

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

หมายเหตุ สภาวะเร่งความเก่าที่เหมาะสมได้จากโครงการวิจัยย่อยที่ 1 เรื่อง การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกพันธุ์ท้องถิ่นด้วยวิธีอบลมร้อน

4.1 การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

จากการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยนำแป้งข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งทั้ง 2 สภาวะ (เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) ผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ (100:0

90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50) ได้มีการศึกษาคุณสมบัติบางประการของน้ำแป้งผสม คุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวและการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อเส้นก๋วยเตี๋ยว

4.1.1 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของน้ำแป้งผสม

น้ำแป้งผสมจากแป้งมันสำปะหลังกับข้าวเหลืองประทิวที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณแอมิโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 24.75–27.74 และ 23.57–26.91 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) 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 4.2) น้ำแป้งผสมจากข้าวขาวตาแห้งทั้ง 2 สภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) มีปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้นเมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังมากขึ้น โดยที่อัตราส่วน 50:50 มีปริมาณแอมิโลสสูงที่สุด คือ ร้อยละ 27.13 และ 26.28 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2552) ที่พัฒนาเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและการลวกสุกไว พบว่า การทดแทนอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การผสมแป้งมันสำปะหลังในปริมาณสูงขึ้น มีผลทำให้ปริมาณแอมิโลสของแป้งผสมเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณแอมิโลสใกล้เคียงกับแป้งข้าว

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ (เก่าธรรมชาติกับผ่านการเร่งความเก่า) ของน้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวแต่ละอัตราส่วน พบว่า น้ำแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติกับที่ผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณแอมิโลสไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

สอดคล้องกับงานวิจัยของอารีรัตน์ อิ่มศิลป์ และกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ (2556) ที่รายงานว่า ปริมาณแอมิโลสของข้าวหอมมะลิเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนไม่มีความแตกต่างกันกับข้าวเก่าตามธรรมชาติ แสดงให้เห็นว่า การเร่งความเก่าโดยใช้ลมร้อนอุณหภูมิสูงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมิโลสในเมล็ดข้าว

ตารางที่ 4.2 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 ($p\leq0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

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

ข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติและที่ผ่านการเร่งความเก่าผสมแป้งมันสำปะหลังมีค่าความคงตัวของแป้งสุกอยู่ในช่วง 38.00–58.50 และ 47.00–100.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของแป้งผสมจากข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติ พบว่า ที่

อัตราส่วน 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 ($p\leq0.05$) 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 ($p\leq0.05$) 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 เมื่อเพิ่มแป้งมันสำปะหลังจะทำให้น้ำแป้งผสมมีความคงตัวมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2552) ที่รายงานว่า เมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.3 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 ($p \leq 0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) 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 ระยะทางที่ไหลของข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่ามากกว่าข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีความคงตัวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเก่าตามธรรมชาติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wiset et al. (2001) ที่พบว่า ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าโดยการอบลดความชื้นที่อุณหภูมิสูงด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดจะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกลดลง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อารีรัตน์ อิ่มศิลป์ และกิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ (2013) ที่พบว่า ข้าวหอมมะลิเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนจะมีค่าความคงตัวของ

แป้งสุกสูงกว่าข้าวหอมมะลิใหม่ตามธรรมชาติ และข้าวหอมมะลิใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

น้ำแป้งผสมจากแป้งมันสำปะหลังกับข้าวเหลืองประทิวที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีค่าความหนืดอยู่ในช่วงร้อยละ 3.38–27.35 และ 5.56–49.98 cP ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) 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 การทดแทนอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืดของน้ำแป้งผสมลดลง

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 ค่าความหนืดของข้าวเหลืองประทิวทั้ง 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 4.4 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

4.1.2 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยว

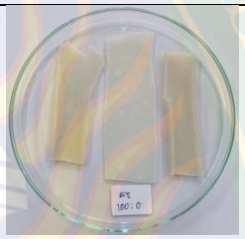
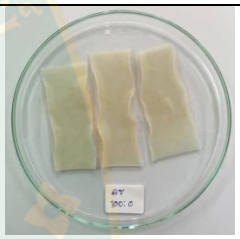
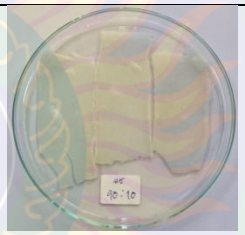
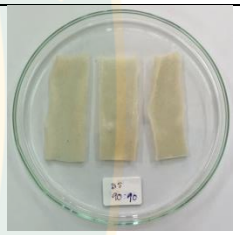
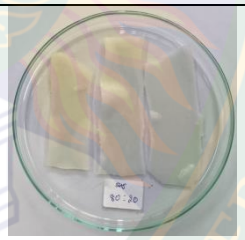
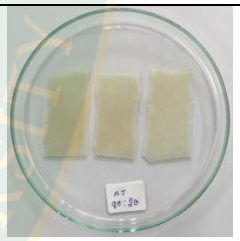
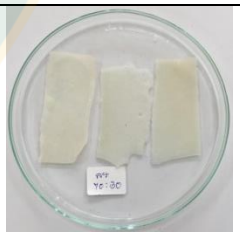
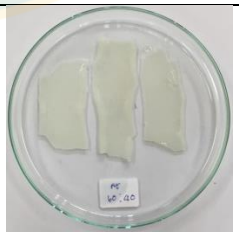
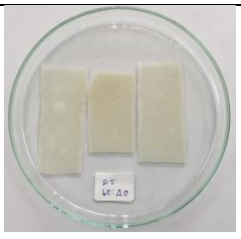
เมื่อเปรียบเทียบลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ หลังการอบแห้งแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6 แลผลการเปรียบเทียบระดับคุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าในอัตราส่วนต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.7

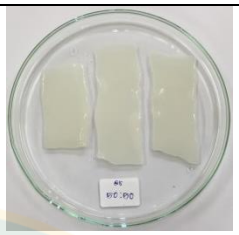
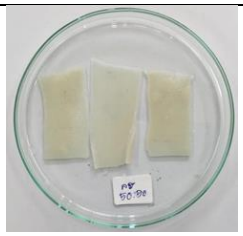
ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

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 แต่น้อยกว่าเก่าธรรมชาติ 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 4.6 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 4.7 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 สภาวะมี

ลักษณะแข็ง และมีสีขาวขุ่น ส่วนที่อัตราส่วน 50:50 เส้นก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะนุ่ม เหนียว ขาดง่ายและมีสีขาวใส

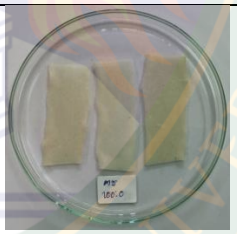
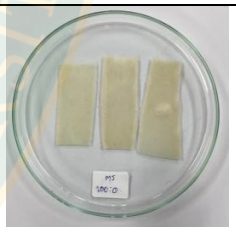
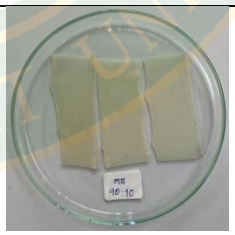
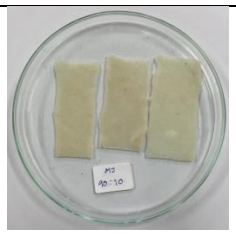
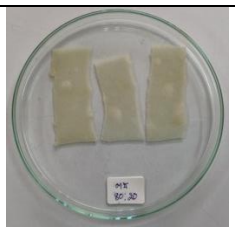
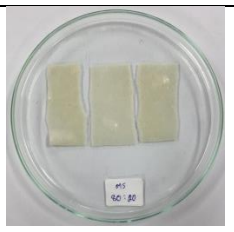
เมื่อเปรียบเทียบลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ หลังการอบแห้งแสดงในตารางที่ 4.8 และ 4.9 แลผลการเปรียบเทียบระดับคุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าในอัตราส่วนต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.10

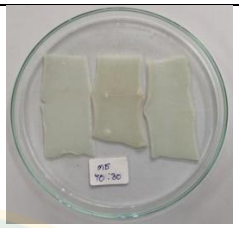
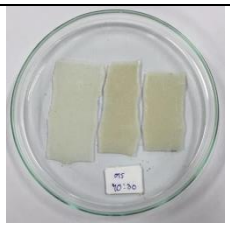
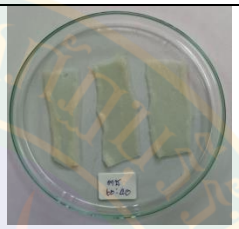
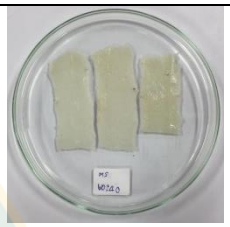
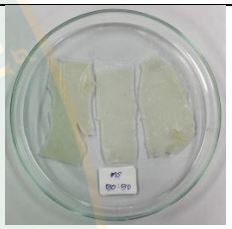
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

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 4.9 ลักษณะปรากฏเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	**ลักษณะปรากฏของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุก**	**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 4.10 ระดับคุณสมบัติบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

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

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 4.11) 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 4.11) 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) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวพบว่าที่อัตราส่วน 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 4.12) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติ พบว่า อัตราส่วน 90:10 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 11.10 แต่ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 100:0 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 10.25 แต่ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณความชื้นของเส้นแห้งอยู่ในช่วงร้อยละ 9.52–10.64 และ 9.90–11.92 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วน 60:40 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 10.64 ซึ่งปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกๆ อัตราส่วน ($p\leq0.05$) ในสภาวะเดียวกัน และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วน 100:0 มีความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 11.92 ซึ่งปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกๆ อัตราส่วน ($p\leq0.05$) ในสภาวะเดียวกัน

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

ตารางที่ 4.11 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 4.12 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

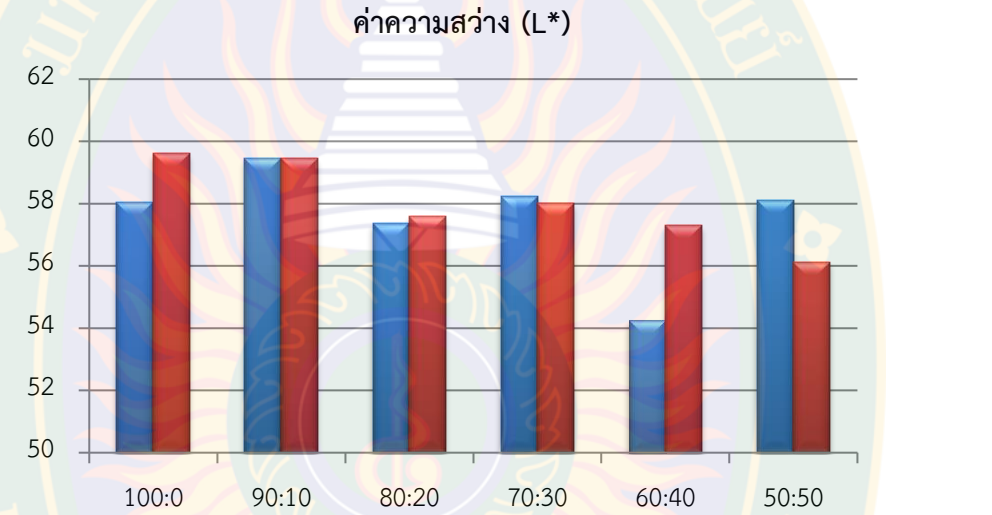
คุณสมบัติด้านสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 54.26–59.45 และ 56.13–59.61 ค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วง (-2.04) - (-0.84) และ (-1.60) - (-0.61) ค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 0.57-6.55 และ 1.59-8.51 ตามลำดับ(ตารางที่ 4.13) 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 4.14) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มแป้งมันสำปะหลังจะทำให้ ค่า L* a* และ b* ลดลง

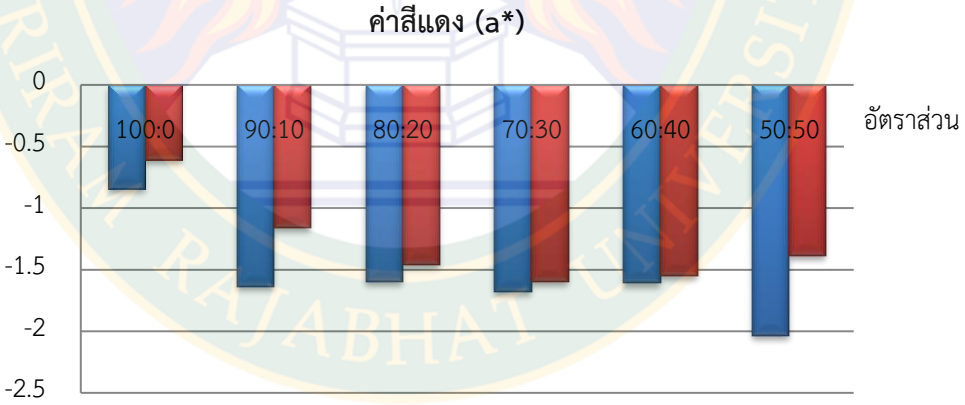
ตารางที่ 4.13 ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

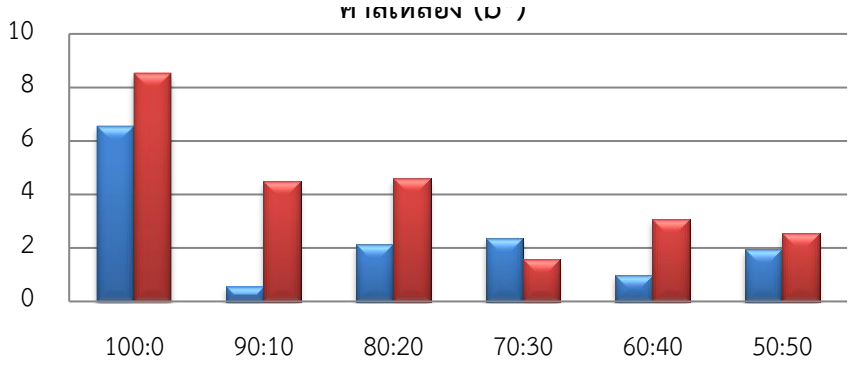
อัตราส่วน	เส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิว					
	ค่าความสว่าง (L*)		ค่าสีแดง (a*)		ค่าสีเหลือง(b*)	
	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
100:0	58.05	59.61	-0.84	-0.61	6.55	8.51
90:10	59.45	59.46	-1.64	-1.16	0.57	4.49
80:20	57.35	57.58	-1.60	-1.46	2.12	4.60
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

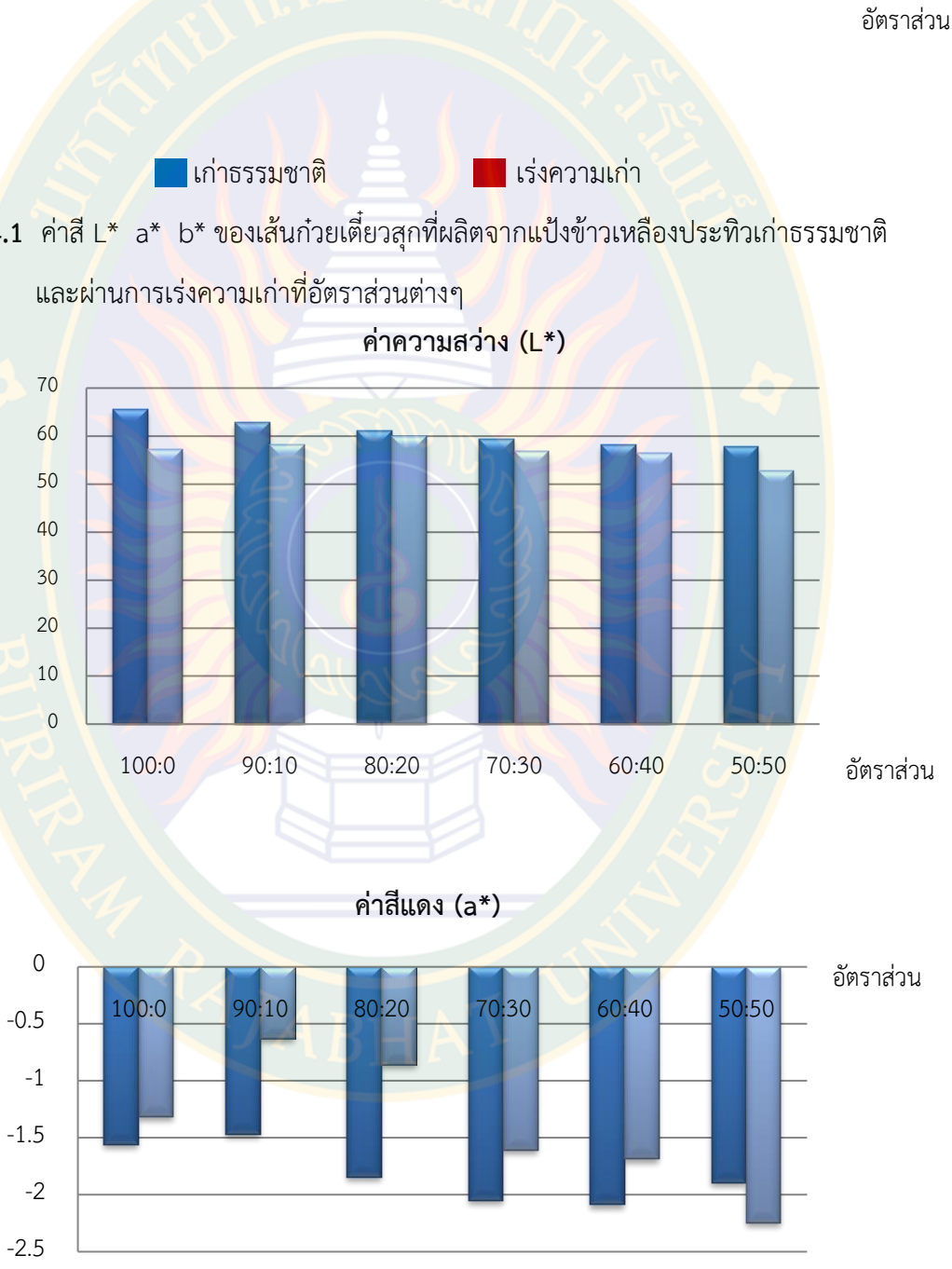
ตารางที่ 4.14 ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

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

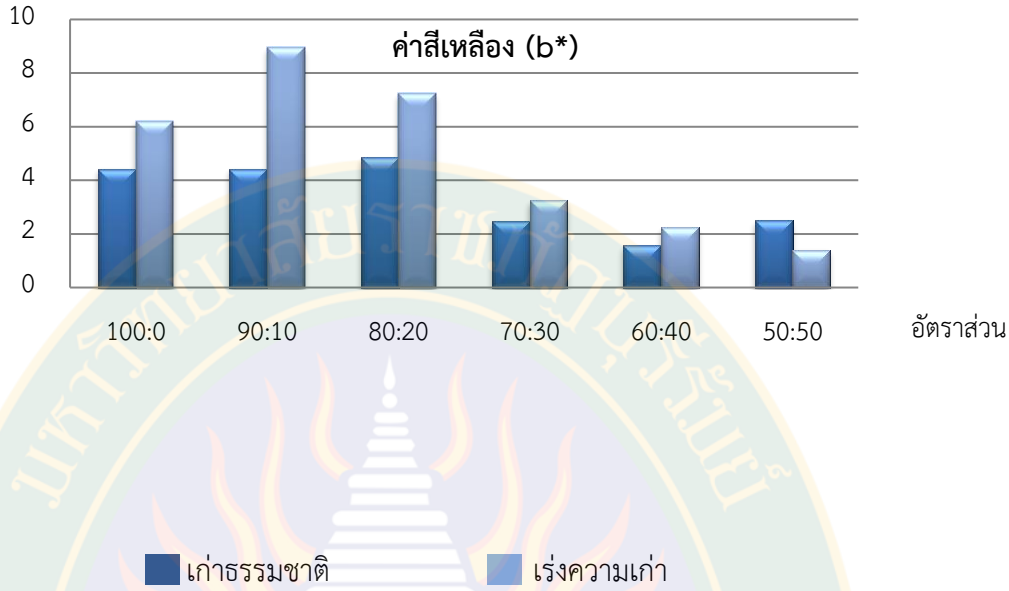

ค่าความสว่าง (L*)
62
60
58
56
54
52
50
100:0
90:10
80:20
70:30
60:40
50:50
อัตราส่วน


ค่าสีแดง (a*)
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
100:0
90:10
80:20
70:30
60:40
50:50
อัตราส่วน


10
8
6
4
2
0
100:0
90:10
80:20
70:30
60:40
50:50



ภาพที่ 4.1 ค่าสี L* a* b* ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ



ภาพที่ 4.2 ค่าสี L* a* b* ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวข้าวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกจากข้าวเหลืองประทิวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 57.50-178.00 และ 44.50-247.45 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) 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 4.15) 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 โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตา

แห้งทั้ง 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 4.15 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 4.16) 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 ($p>0.05$)

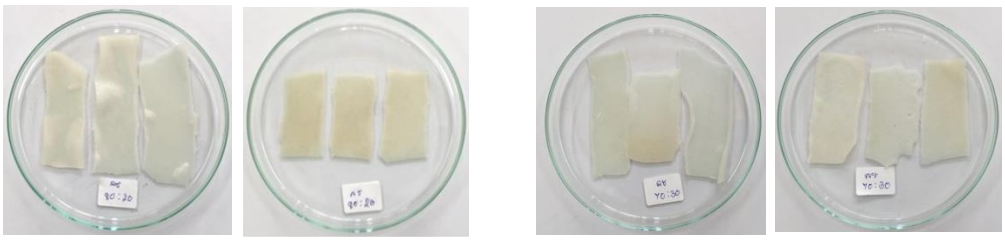
ตารางที่ 4.16 ค่าแรงตัดของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

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 ($p \leq 0.05$) ของข้าวสภาวะเดียวกันที่อัตราส่วนต่างๆ

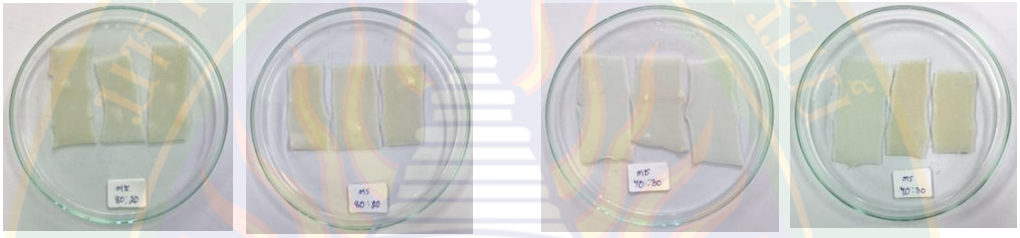
อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวที่เก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน

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 4.3 เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ที่คัดเลือก



เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า

ภาพที่ 4.4 เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ที่คัดเลือก

4.1.3 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 4.17)

การทดสอบด้านประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งตัวอย่างต่างๆ พบว่าทุกตัวอย่างได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติ 70:30 ได้คะแนนด้านสี (6.90) กลิ่น (7.03) และความชอบโดยรวม 6.87) สูงที่สุด ส่วนคุณสมบัติด้านรสชาติ ความเหนียวนุ่ม และลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติ 70:30 ได้คะแนนในคุณสมบัติดังกล่าวสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากเส้น

ก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่า 70:30 และเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติ 80:20 (ตารางที่ 4.18)

ตารางที่ 4.17 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 4.18 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 การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

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

4.2.1 ศึกษาลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้

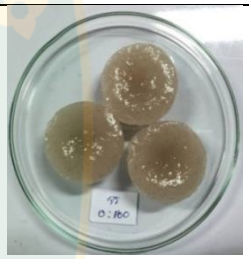
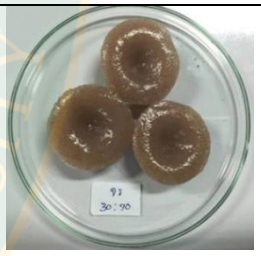
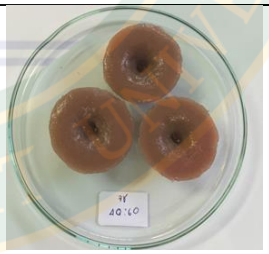
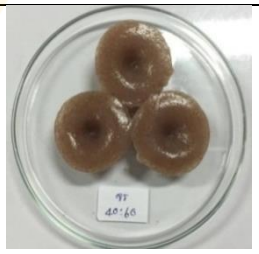
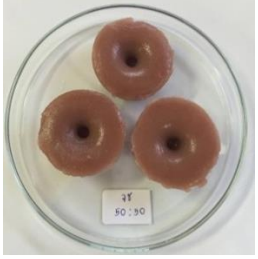
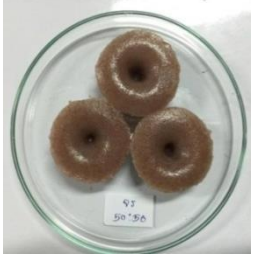
เมื่อเปรียบเทียบลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาล (เพิ่มแป้งข้าว) ส่งผลให้ ความบุ๋ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสที่แข็งของขนมน้ำดอกไม้เพิ่มมากขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง ส่วนสภาวะของแป้งข้าวจี๊บ (เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) ที่อัตราส่วนต่างๆ ของขนมน้ำดอกไม้ให้ลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกัน ยกเว้นคุณสมบัติด้านสีที่พบว่าสภาวะของแป้งข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าให้สีน้ำตาลแดงเข้มกว่าสภาวะเก่าตามธรรมชาติ ดังแสดงในตารางที่ 4.19 4.20 และ 4.21

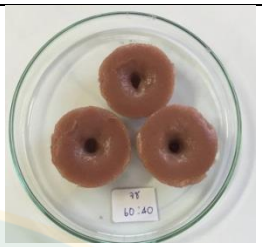
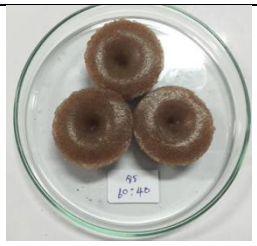
ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาล (เพิ่มแป้งข้าว) ส่งผลให้ ความบุ๋ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสที่แข็งของขนมน้ำดอกไม้เพิ่มมากขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง ส่วนสภาวะของแป้งข้าวหอมมะลิแดง (เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) ที่อัตราส่วนต่างๆ ของขนมน้ำดอกไม้ให้ลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.22 4.23 และ 4.24

ตารางที่ 4.19 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 4.20 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 4.21 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	+ + + +	+	+	+ + + + +

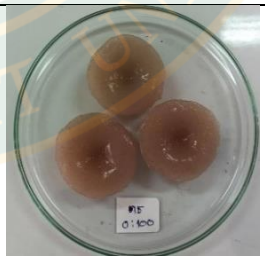
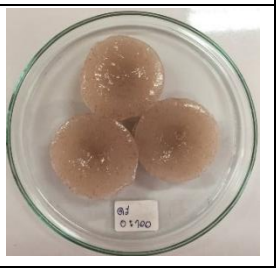
หมายเหตุ สัญลักษณ์ +++++ แสดงค่า มากที่สุด, ++++ แสดงค่า มาก,+++ แสดงค่า ปานกลาง, ++ แสดงค่า น้อย และ + แสดงค่า น้อยที่สุด

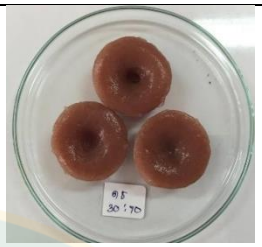
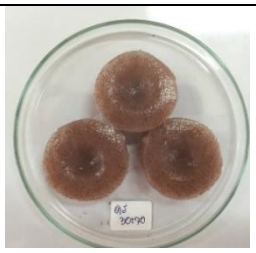
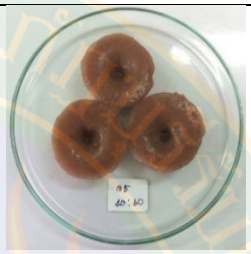
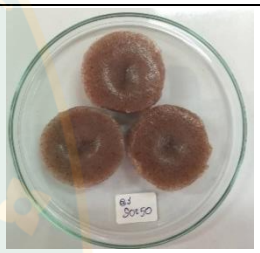
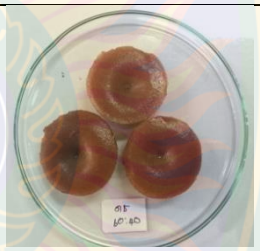
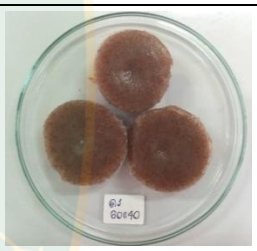
ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบลักษณะของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่ในอัตราส่วนต่างๆ

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 4.23 ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ลักษณะปรากฏ	เก่าธรรมชาติ	เร่งความเก่า
0:100	นุ่มเล็กน้อย 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 4.24 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 ศึกษาลักษณะคุณภาพบางประการของขนมน้ำดอกไม้

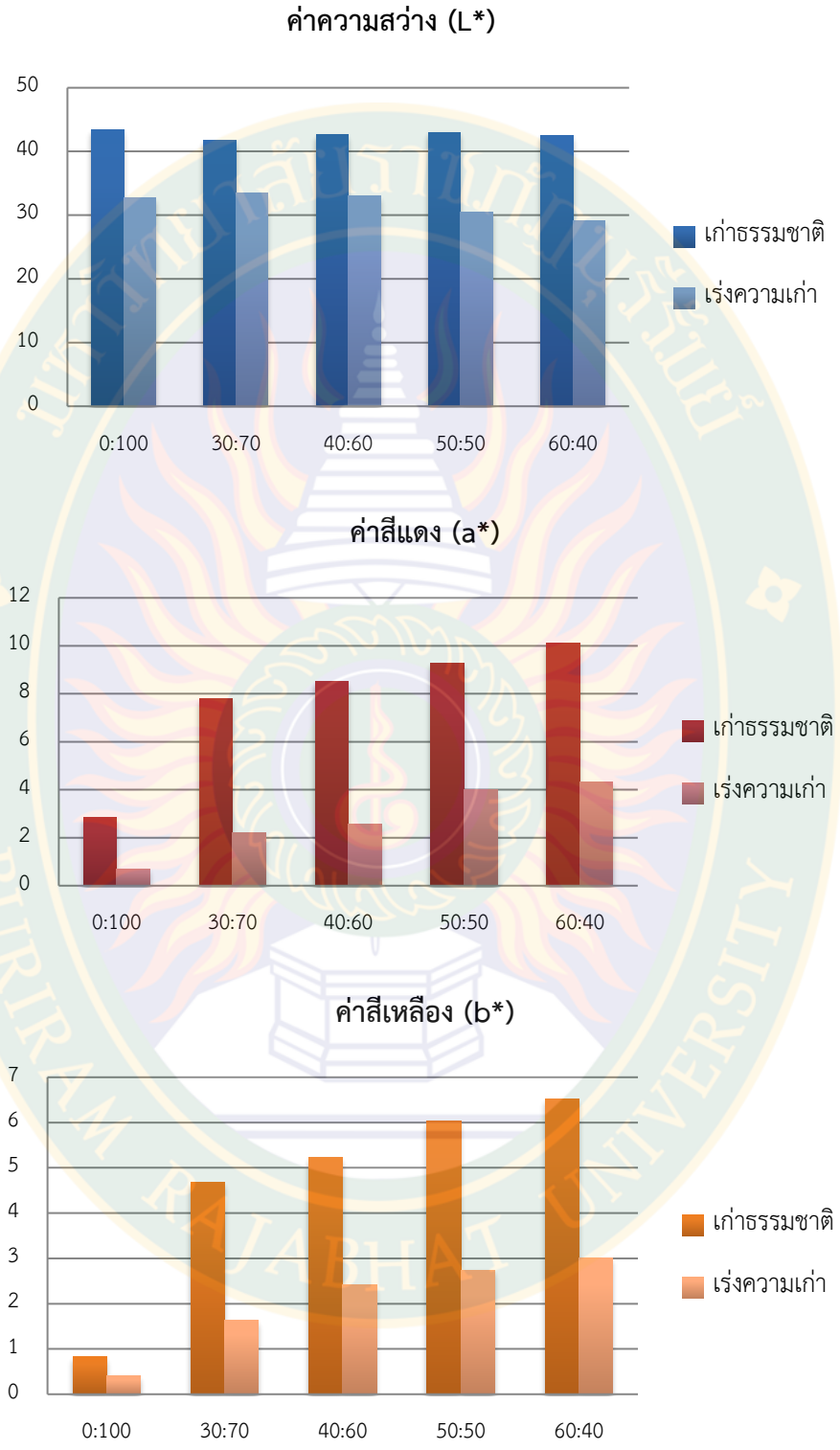
คุณสมบัติด้านสีของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวจิ๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 41.74–43.34 และ 29.17–33.54 ค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 2.83-10.11 และ 0.71-4.32 ค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 0.83-6.52 และ 0.40-3.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.25) ส่วนขนมน้ำดอกไม้จากข้าวขาวตาแห้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ 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 4.26) จากผลการทดลอง พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดงทั้ง 2 สภาวะ (เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า) เมื่อลดปริมาณน้ำตาลลง (เพิ่มแป้งข้าว) ส่งผลให้ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น และหากเปรียบเทียบระหว่างสภาวะพบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองต่ำกว่าสภาวะข้าวเก่าตามธรรมชาติ (ภาพที่ 4.5 และ 4.6)

ตารางที่ 4.25 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

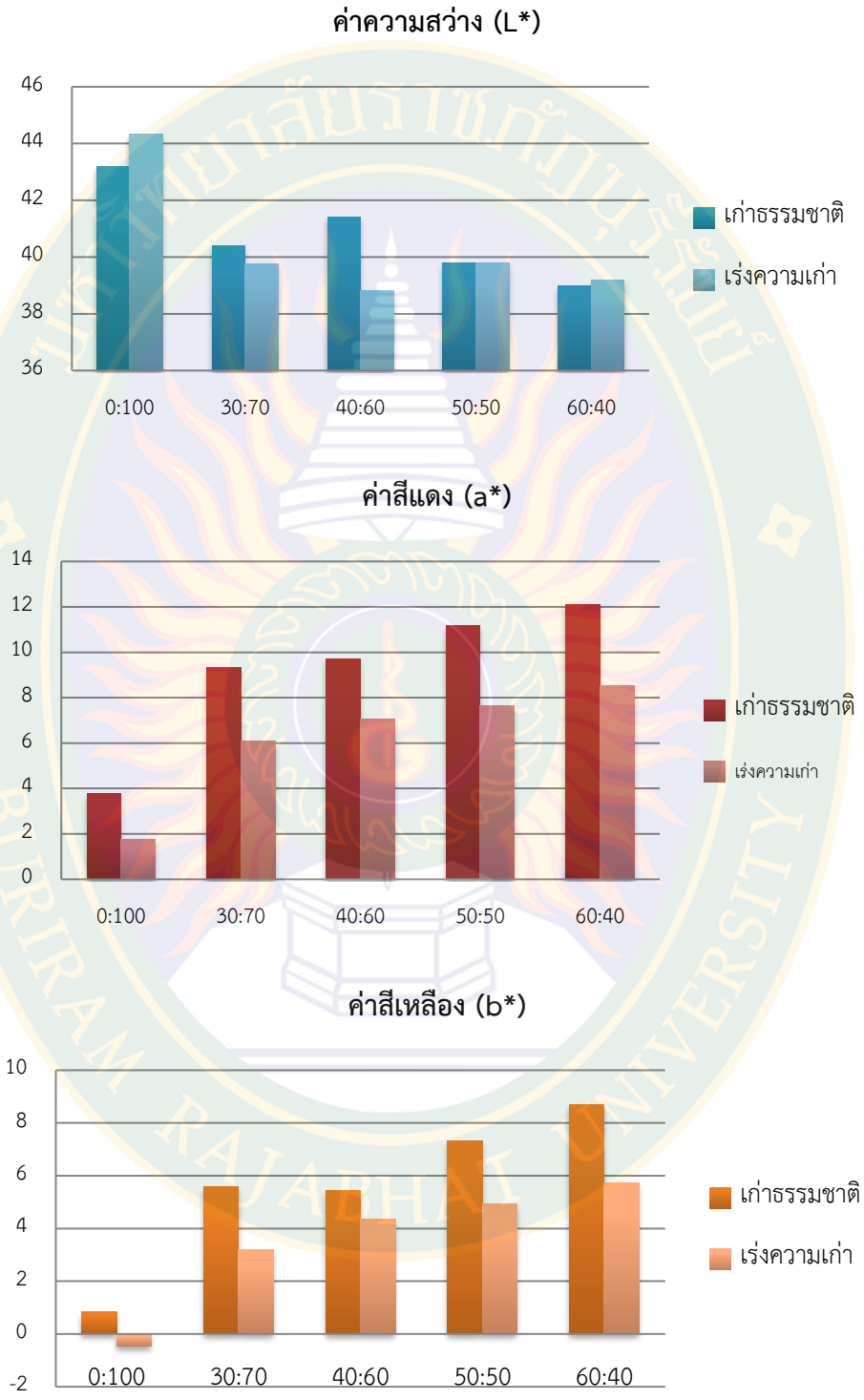
ตารางที่ 4.26 ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

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 4.5 ค่าสี L* a* b* ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติ

และผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ



ภาพที่ 4.6 ค่าสี L* a* b* ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ค่าความแข็งของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 628.50-1282.75 และ 436.00-1289.50 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.27) 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 4.27) 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 4.28) 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 ส่วนขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าแต่ละอัตราส่วนมีค่าความ

เหนียวอยู่ในช่วง 0.72-1.41 และ 0.79-1.42 mJ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.28) 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 4.7) ส่วนขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่เก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 0.92-0.95 และ 0.93-0.94 (ภาพที่ 4.8) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาลลงในแต่ละอัตราส่วนส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระสูงขึ้น ส่วนสภาวะเก่าธรรมชาติและเร่งความเก่าไม่มีผลต่อค่าปริมาณน้ำอิสระของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวสายพันธุ์เดียวกัน

ตารางที่ 4.27 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

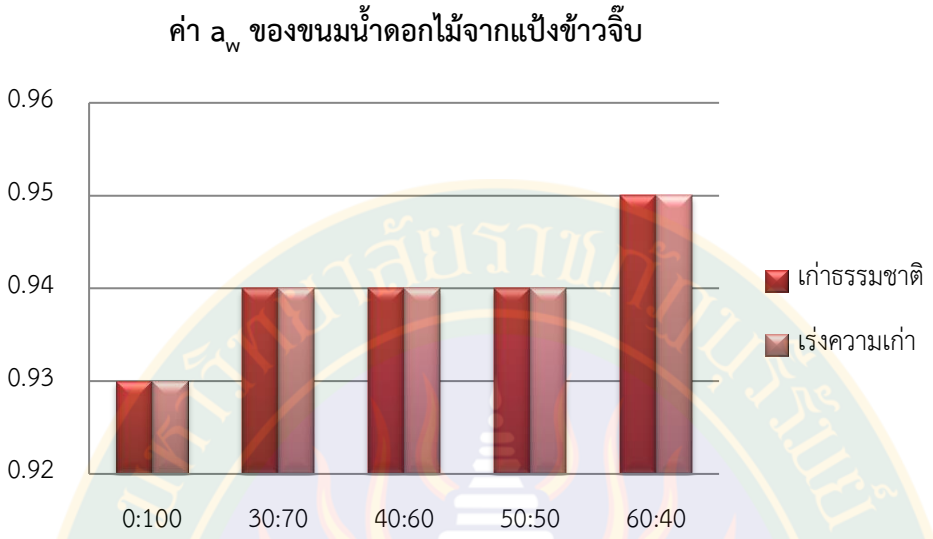
อักษร ^{A,B} ที่ต่างกันในแนวนอน แสดง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของข้าวที่เก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน

ตารางที่ 4.28 ค่าความเหนียวของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

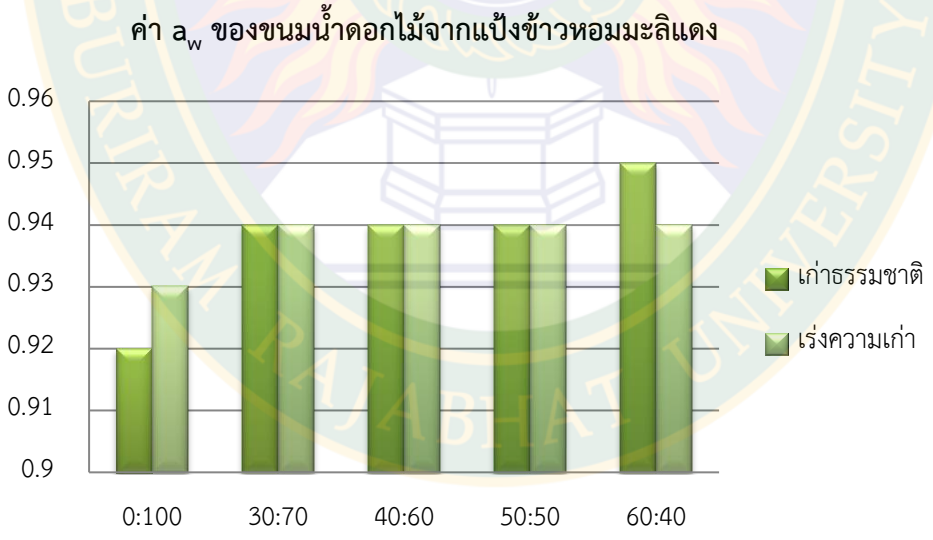
อัตราส่วน	**ค่าความเหนียว (mJ)**			
	ข้าวจิ๊บ		**ข้าวหอมมะลิแดง**	
	เก่าธรรมชาติ	**เร่งความเก่า**	**เก่าธรรมชาติ**	**เร่งความเก่า**
0:100	0.73±0.23^{aA}	0.84 ±0.00^{bA}	1.01 ±0.11^{abA}	0.89±0.13^{abA}
30:70	1.02±0.02^{aA}	0.85 ±0.06^{bA}	1.41 ±0.16^{aA}	0.79±0.06^{abB}
40:60	0.94±0.04^{aA}	1.59 ±0.26^{aA}	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

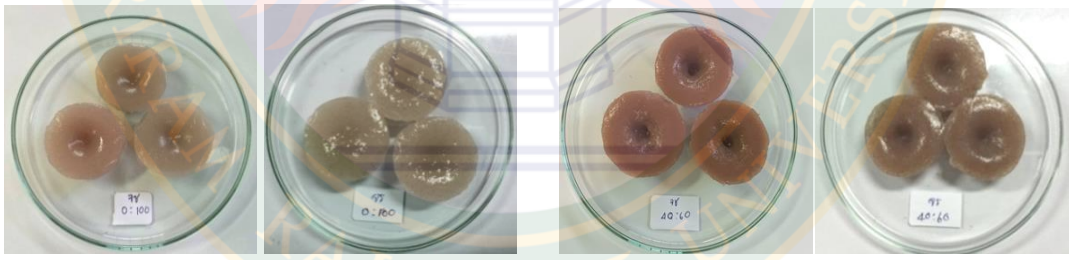


ภาพที่ 4.7 ปริมาณน้ำอิสระ ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ



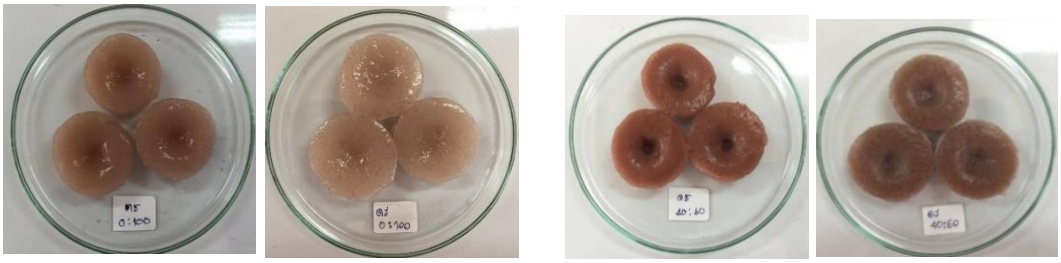
ภาพที่ 4.8 ปริมาณน้ำอิสระ ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ขนมน้ำดอกไม้ที่อัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ให้ลักษณะปรากฏทางด้านสี ความพุ่ม ความมันวาว และเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและความเหนียวดีที่สุด ดังนั้นจึงได้คัดเลือกอัตราส่วนดังกล่าวของแป้งข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ เพื่อนำไปทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัส



เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า เก่าธรรมชาติ เร่งความเก่า

ภาพที่ 4.9 ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจิ๊บอัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ที่คัดเลือก



ภาพที่ 4.10 ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงอัตราส่วน 0:100 และ 40:60 ที่คัดเลือก

4.2.3 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 4.29) แต่ค่าคะแนนไม่แตกต่างจากตัวอย่างขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่า 0:100 ส่วนลักษณะการบุ๋ม พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าธรรมชาติ 40:60 ได้คะแนนสูงที่สุด คือ 7.40 แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่า 40:60 (6.87)

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่อัตราส่วนตัวอย่างต่างๆ พบว่า ด้านสี ความมันวาว รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าธรรมชาติ 0:100 ได้คะแนนสูงที่สุด คือ 7.67 7.40 7.30 7.67 และ 7.43 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.30) 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)

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
BURIRAM RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 4.29 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 4.30 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}
หอมมะลิแดงเร่ง 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

การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหารได้ศึกษากับผลิตภัณฑ์อาหาร 2 ชนิด คือ เส้นก๋วยเตี๋ยวกับขนมน้ำดอกไม้ สามารถสรุปตามผลิตภัณฑ์ได้ดังต่อไปนี้

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 ($p>0.05$) และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากข้าวขาวตา

แห้งที่เก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่ามีปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกๆ อัตราส่วน ($p \leq 0.05$) 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 ($p > 0.05$)

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

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
BURIRAM RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

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

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

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2543). **เทคโนโลยีของแป้ง**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

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

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

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

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

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

สำนักส่งเสริมการผลิตข้าว กรมการข้าว. (2551). **คู่มือเจ้าหน้าที่รับผิดชอบศูนย์ข้าวชุมชน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

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. 137 หน้า.

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

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

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

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

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

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, 1st edn, (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.

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

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

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.

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

_____. (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.

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.

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

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.

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.

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.

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.

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.

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

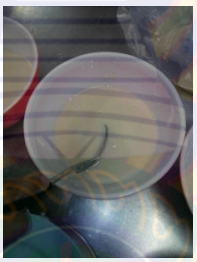
วิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้

วิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

ข้าวแป้งท้องถิ่น 2 สายพันธุ์ ผสม

แป้งมัน 100:0 90:10 80:20 70:30

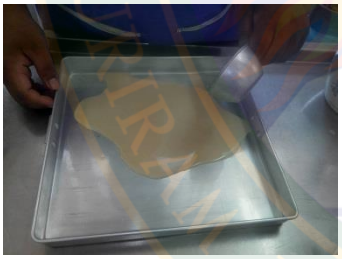
60:40 และ 50:50



แป้ง 350 กรัม ผสมกับน้ำ

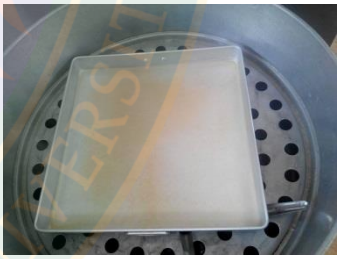
1000 กรัม

บ่มน้ำแป้งทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง



เทส่วนผสม 1 ถ้วยตวง ลงในถาด

เอียงถาดไปมา



นึ่งในลังถึง

ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

ปิดฝา นึงนาน 3 นาที

ตัดเปนเส้น

ลอกออกให้เป็นแผ่น

ผึ่งบนตะแกรงนาน 1 ชั่วโมง

อบแห้งด้วยตู้อบแบบถาด (tray dryer)

50 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

วิธีการผลิตขนมน้ำดอกไม้

ละลายน้ำตาลทรายกับน้ำ ตั้งไฟพอ

ละลาย

ใส่กลิ่นมะลิในน้ำเชื่อมตาม

ความชอบ

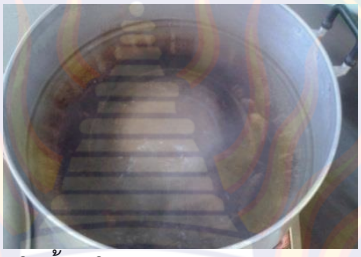
ผสมแป้งทั้ง 3 ชนิด เข้าด้วยกัน

ทำก่อนร่อนแป้ง

นวดกับน้ำลอยดอกมะลิจนแป้งดูดน้ำเต็มที่ ใส่น้ำที่เหลือจนหมด

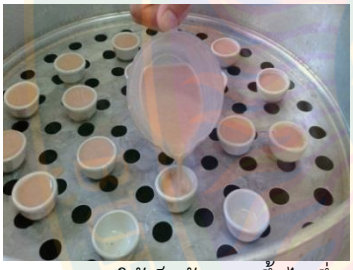
ใส่น้ำเชื่อมที่เตรียมไว้ลงไป คนให้เข้ากัน

เมื่อคนให้เข้ากันแล้วทำการกรองอีกครั้ง



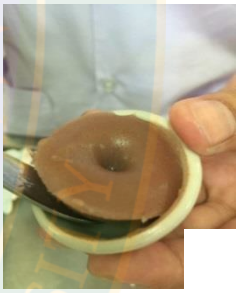
ใส่น้ำลงในลังถึงประมาณ 3/4 ของลังถึง แล้วตั้งให้น้ำเดือดใช้ไฟแรง

นึ่งถ้วยตะไลประมาณ 5 นาที จนถ้วยร้อน



หยอดขนมให้เต็มถ้วย ยกขึ้นไปนึ่งต่อประมาณ 15 นาที จนสุกแล้วยกลง

หล่อด้วยน้ำเย็น



แกะออกจากถ้วยลักษณะจะบุ๋มตรงกลาง

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

ภาคผนวก ข1

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2005)

โดยใช้วิธี Hot Air Oven Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด
2) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
3) ถ้วยหาความชื้น (Moisture Can)
4) โถอบแห้ง (Dessicator)

วิธีทดลอง

1) ปรับอุณหภูมิของตู้อบลมร้อนให้ได้ที่อุณหภูมิเท่ากับ 100°ซ
2) อบชุดถ้วยหาความชื้น (moisture can) ที่ล้างสะอาด ในตู้อบอุณหภูมิ 100°ซ นานประมาณ 15 ชั่วโมง จากนั้นนำชุดถ้วยหาความชื้นออกจากตู้อบแล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
3) ชั่งน้ำหนักของชุดถ้วยหาความชื้น บันทึกน้ำหนัก (A)
4) ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ลงในชุดถ้วยหาความชื้น (B) เกลี่ยตัวอย่างให้สม่ำเสมอในถ้วยหาความชื้น
5) นำชุดหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักถ้วยและตัวอย่างใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100°ซ ทำการอบตัวอย่างจนน้ำหนักของตัวอย่างคงที่
6) นำตัวอย่างออกจากตู้อบ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที
7) ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแห้ง บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้ (C)
8) นำตัวอย่างเข้าอบอีกครั้ง (นานประมาณ 30 นาที) นำออกมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักตัวอย่าง ทำซ้ำจนตัวอย่างแห้งมีน้ำหนักคงที่ (± 0.002 กรัม)

$$\text{ความชื้นเป็นร้อยละ} = \frac{(\text{น้ำหนัก(C)} - \text{น้ำหนัก(A)})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(B)}} \times 100$$

ภาคผนวก ข2

การวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส

เครื่องมือ

1) สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

2) เครื่องชั่ง ความละเอียด 0.0001

3) เครื่องกวนระบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer)

4) เครื่องบดเมล็ดข้าวสาร

5) ขวดแก้วปริมาตร (volumetric flask) ขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร

6) ปิเปต แบบ volumetric pipette ขนาดความจุ 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร

7) ปิเปต แบบ measuring pipette ขนาดความจุ 1-10 มิลลิลิตร

8) ตะแกรงร่อนขนาด 100 เมซ (mash)

สารเคมี

1) เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol : C_2H_5OH) 95%

2) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide : NaOH) 2 นอร์มัล

3) กรดเกลเซียลอะซิติก (glacial acetic acid : CH_3COO) 1 นอร์มัล

4) โปเตโตแอมิโลส (potato amylose)

5) ไอโอดีน (iodine : I_2)

6) โปแตสเซียมโอไอไดด์ (potassium iodide : KI)

วิธีวิเคราะห์

1) นำข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 มาบดให้เป็นแป้งร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมซ แล้วชั่งแป้งมา 0.1000 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 100 มิลลิลิตรที่แห้งสนิท เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ

2) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 2 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร

3) ปั่นกวนตัวอย่างด้วยเครื่องปั่นกวนระบบแม่เหล็กนาน 10 นาที ให้เป็นน้ำแป้ง แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

4) เตรียมขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ชุดใหม่ เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร สารละลายกรดอะซิติกปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีนปริมาตร 2 มิลลิลิตร

5) ดูดน้ำแป้งที่เตรียมไว้ในข้อ 3 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ตามข้อ 4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

6) นำขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ในข้อ 4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นโดยไม่ต้องใส่น้ำแป้งเพื่อใช้เป็นแบลงค์ (blank)

7) วัดความเข้มข้นของสีของสารละลายตามข้อ 5 ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยอ่านค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 620 นาโนเมตร

8) อ่านค่าเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของค่าดูดกลืนแสงของสารละลายโปเตโตแอมิโลสที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ (ภาคผนวก)

วิธีการเตรียมสารละลาย

1) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2 นอร์มัล (N) : ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 80.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 1000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

2) สารละลายกรดเกลเซียอะซิติกเข้มข้น 1 นอร์มัล (N) : ละลายกรดเกลเซียอะซิติกปริมาตร 60 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น ประมาณ 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 1000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

3) สารละลายไอโอดีน : ชั่งไอโอดีน 0.2000 กรัม และโปแตสเซียมไอโอไดด์ 2.000 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรสีชาขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ข้ามคืนหรือจนกว่าไอโอดีนจะละลายหมด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข3

การวัดความคงตัวของแป้งสุก

ตามวิธีการของ Cagampang et al. (1973)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด

2) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

3) หลอดทดลองขนาด 13×10 มิลลิลิตร

4) ขวดปรับปริมาตรขนาดความจุ100 และ1000 มิลลิลิตร

5) เครื่อง mixer

6) ปิเปต

7) กระดาษกราฟ

สารเคมี

1) สารละลาย ไธมอลบูล (thymol blue)

2) โปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์

วิธีทดลอง

1)ชั่งแป้งตัวอย่าง 0.1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 13×10 มิลลิลิตร

2)เติมสารละลาย ไธมอลบูล (thymol blue) ความเข้มข้นร้อยละ 0.025 จำนวน 0.2 มิลลิลิตร ลงในหลอดแป้งในข้อ 1

3)เติมโปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.2 นอร์มัล จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าด้วย Mixer เป็นเวลา 2-3 วินาที หรือจนกว่าแป้งตัวอย่างและสารละลายเข้ากัน

4)นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 8 นาที หลังจากนั้นนำหลอดมาเขย่าด้วย mixer อีกครั้งเป็นเวลา 2-3 วินาที

5)นำไปแช่ในน้ำแข็ง 20 นาที วางหลอดทดลองในแนวนอนบนกระดาษกราฟเป็นเวลา30 นาที อ่านระยะทางที่แป้งไหล โดยเทียบกับกระดาษกราฟ

ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร)	**ความคงตัวแป้งสุก**
21-40	แป้งแข็ง
41-60	แป้งปานกลาง
61-100	แป้งอ่อน

วิธีการเตรียมสารละลาย

1) สารละลายไธมอลบูลเข้มข้นร้อยละ 0.025

เตรียมโดยการละลายไธมอลบูลจำนวน 0.025 กรัม ในเอธิลแอลอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

2) สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอไซด์เข้มข้นร้อยละ 0.2 นอร์มอล

เตรียมโดยละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH ความบริสุทธิ์ ร้อยละ 85) จำนวน 13.18 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ค

แบบประเมินทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้

แบบสอบถาม

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

คำชี้แจง : แบบสอบถามชุดนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหารโดยเป็นทดสอบด้านประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวพันธุ์ท้องถิ่นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ และขอรับรองว่าผลิตภัณฑ์ที่ท่านทดสอบได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตที่ถูกสุขลักษณะและมีความปลอดภัยในการบริโภค ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดีมา ณ โอกาสนี้

<u>ส่วนที่ 1</u>ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ ( ) 15 – 20 ปี ( ) 21 – 25 ปี

( ) 26 – 30 ปี ( ) 31 – 35 ปี

( ) 36 – 40 ปี ( ) มากกว่า 40 ปี

3. การศึกษาสูงสุดที่ได้รับ

( ) ประถมศึกษา ( ) มัธยมศึกษา / ปวช.

( ) ปวส. / อนุปริญญา ( ) ปริญญาตรี

( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

( ) นักเรียน / นักศึกษา ( ) รัฐวิสาหกิจ

( ) พนักงานบริษัทเอกชน ( ) ธุรกิจส่วนตัว

( ) อื่นๆ (โปรดระบุ.....)

<u>ส่วนที่ 2</u>ข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว โดยวิธี 9-Point Hedonic Scale

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากซ้ายไปขวาตามลำดับ แล้วทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง 398

คุณภาพ	ชอบมาก	ชอบมาก	ชอบปาน	ชอบเล็ก	เฉยๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปาน	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมาก

	ที่สุด		กลาง	น้อย			กลาง		ที่สุด
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
ความเหนียวนุ่ม									
ลักษณะเนื้อสัมผัส									
ความชอบโดยรวม									

รหัสตัวอย่าง 957

คุณภาพ	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
ความเหนียวนุ่ม									
ลักษณะเนื้อสัมผัส									
ความชอบโดยรวม									

รหัสตัวอย่าง 537

คุณภาพ	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
ความเหนียวนุ่ม									
ลักษณะเนื้อสัมผัส									
ความชอบโดยรวม									

รหัสตัวอย่าง 829

คุณภาพ	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
ความเหนียวนุ่ม									
ลักษณะเนื้อสัมผัส									
ความชอบโดยรวม									

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

แบบสอบถาม

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

คำชี้แจง : แบบสอบถามชุดนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหารโดยเป็นทดสอบด้านประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวพันธุ์ท้องถิ่นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ และขอรับรองว่าผลิตภัณฑ์ที่ท่านทดสอบได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตที่ถูกสุขลักษณะและมีความปลอดภัยในการบริโภค ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดีมา ณ โอกาสนี้

<u>ส่วนที่ 1</u>ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ ( ) 15 – 20 ปี ( ) 21 – 25 ปี

( ) 26 – 30 ปี ( ) 31 – 35 ปี

( ) 36 – 40 ปี ( ) มากกว่า 40 ปี

3. การศึกษาสูงสุดที่ได้รับ

( ) ประถมศึกษา ( ) มัธยมศึกษา / ปวช.

( ) ปวส. / อนุปริญญา ( ) ปริญญาตรี

( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

( ) นักเรียน / นักศึกษา ( ) รัฐวิสาหกิจ

( ) พนักงานบริษัทเอกชน ( ) ธุรกิจส่วนตัว

( ) อื่นๆ (โปรดระบุ.....)

<u>ส่วนที่ 2</u>ข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้ โดยวิธี 9-Point Hedonic Scale

ลักษณะที่ดีของขนมน้ำดอกไม้ คือ มีความเหนียวนุ่ม มันวาว และมีรอยบุ๋มตรงกลาง

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้จากซ้ายไปขวาตามลำดับ แล้วทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง 223

คุณภาพ	**ชอบมากที่สุด**	**ชอบมาก**	**ชอบปานกลาง**	**ชอบเล็กน้อย**	**เฉยๆ**	**ไม่ชอบเล็กน้อย**	**ไม่ชอบปานกลาง**	**ไม่ชอบมาก**	**ไม่ชอบมากที่สุด**
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
ความเหนียวนุ่ม									
ลักษณะเนื้อสัมผัส									
ความชอบโดยรวม									

รหัสตัวอย่าง 756

คุณภาพ	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
ความเหนียวนุ่ม									
ลักษณะเนื้อสัมผัส									
ความชอบโดยรวม									

รหัสตัวอย่าง 544

คุณภาพ	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
ความเหนียวนุ่ม									
ลักษณะเนื้อสัมผัส									
ความชอบโดยรวม									

รหัสตัวอย่าง 194

คุณภาพ	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
ความเหนียวนุ่ม									
ลักษณะเนื้อสัมผัส									
ความชอบโดยรวม									

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ ง1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
อัตราส่วน	แอมิโลส	12.509	5	2.502	5.758	.027
	ความคงตัว	636.750	5	127.350	4.978	.038

	ความหนืด	1054.430	5	210.886	19.347	.001
	ความชื้นสด	73.521	5	14.704	1.341	.361
	ความชื้นแห้ง	3.501	5	.700	1.140	.431
	แรงตัด	18472.437	5	3694.487	2.650	.134
	แรงดึง	22411.854	5	4482.371	6.410	.021

ตารางที่ ง2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณแอมิโลสของข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
100	2	24.7450		
90	2	25.5650	25.5650	
80	2	25.6700	25.6700	
70	2	26.1100	26.1100	26.1100
50	2		27.2450	27.2450
60	2			27.7350

ตารางที่ ง3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
100	2	38.0000		
60	2	45.0000	45.0000	
70	2		54.5000	54.5000
50	2		55.5000	55.5000
80	2		56.0000	56.0000
90	2			58.5000

ตารางที่ ง4 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความหนืดของน้ำแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วน

ต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
50	2	3.3750		
60	2	4.3250		
70	2	6.5400	6.5400	
80	2		12.7850	
90	2			23.5650
100	2			27.3500

ตารางที่ ง5 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset			
		1	2	3	4
60	2	57.5000			
50	2	84.2500	84.2500		
100	2	105.2500	105.2500	105.2500	
90	2		126.2500	126.2500	126.2500
80	2			169.0000	169.0000
70	2				178.0000

ตารางที่ ง6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
อัตราส่วน	แอมิโลส	16.607	5	3.321	1.098	.448
	ความคงตัว	5868.667	5	1173.733	149.838	.000
	ความหนืด	2753.929	5	550.786	101.266	.000
	ความชื้นสด	40.813	5	8.163	.310	.890
	ความชื้นแห้ง	2.888	5	.578	1.140	.431

	แรงตัด	28445.750	5	5689.150	17.371	.002
	แรงดึง	74449.854	5	14889.971	30.893	.000

ตารางที่ ง7 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset			
		1	2	3	4
50	2	47.0000			
60	2		54.5000		
70	2		58.0000		
80	2			90.5000	
100	2				99.0000
90	2				100.0000

ตารางที่ ง8 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความหนืดของน้ำแป้งข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset				
		1	2	3	4	5
50	2	5.5600				
60	2		11.5350			
70	2			18.5700		
80	2				31.3000	
90	2				35.6700	
100	2					49.9800

ตารางที่ ง9 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าแรงตัดของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset			
		1	2	3	4

80	2	95.2500			
90	2	102.7500			
100	2	131.7500	131.7500		
70	2		166.0000	166.0000	
50	2			208.0000	208.0000
60	2				221.7500

ตารางที่ ง10 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
50	2	44.5000		
60	2	57.0000		
90	2		135.0000	
100	2		160.7500	
70	2			237.7500
80	2			247.2500

ตารางที่ ง11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวอัตราส่วน 100:0

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	แอมิโลส	1.381	1	1.381	1.655	.327
	ความชื้นก่อน	15.288	1	15.288	.206	.694
	ความชื้นหลัง	.141	1	.141	35.828	.027
	ความคงตัว	3721.000	1	3721.000	744.200	.001
	แรงตัด	484.000	1	484.000	5.555	.143

	แรงดึง	3080.250	1	3080.250	5.594	.142

ตารางที่ ง12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวอัตราส่วน 90:10

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	แอมิโลส	1.392	1	1.392	.950	.433
	ความคงตัว	1722.250	1	1722.250	6889.000	.000
	ความหนืด	146.531	1	146.531	8.879	.097
	ความชื้นสด	.112	1	.112	.015	.913
	ความชื้นแห้ง	2.806	1	2.806	2.383	.263
	แรงตัด	12656.250	1	12656.250	73.529	.013
	แรงดึง	76.563	1	76.563	.328	.625

ตารางที่ ง13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวอัตราส่วน 80:20

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	แอมิโลส	.837	1	.837	.572	.528
	ความคงตัว	1190.250	1	1190.250	24.668	.038
	ความหนืด	342.805	1	342.805	121.080	.008
	ความชื้นสด	3.386	1	3.386	.223	.683
	ความชื้นแห้ง	.731	1	.731	.491	.556
	แรงตัด	24180.250	1	24180.250	148.231	.007
	แรงดึง	6123.063	1	6123.063	5762.882	.000

ตารางที่ ง14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวอัตราส่วน 70:30

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.

สภาวะ	แอมิโลส	.533	1	.533	.366	.607
	ความคงตัว	12.250	1	12.250	.754	.477
	ความหนืด	144.721	1	144.721	142.667	.007
	ความชื้นสด	.664	1	.664	.072	.814
	ความชื้นแห้ง	.003	1	.003	.153	.734
	แรงตัด	126.563	1	126.563	.218	.686
	แรงดึง	3570.063	1	3570.063	1.416	.356

ตารางที่ ง15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวอัตราส่วน 60:40

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	แอมิโลส	1.381	1	1.381	.408	.588
	ความคงตัว	90.250	1	90.250	14.440	.063
	ความหนืด	51.984	1	51.984	151.447	.007
	ความชื้นสด	12.924	1	12.924	3.654	.196
	ความชื้นแห้ง	.449	1	.449	.688	.494
	แรงตัด	2997.563	1	2997.563	.721	.485
	แรงดึง	.250	1	.250	.027	.885

ตารางที่ ง16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิวอัตราส่วน 50:50

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	แอมิโลส	.112	1	.112	.063	.825
	ความคงตัว	72.250	1	72.250	2.979	.226
	ความหนืด	4.774	1	4.774	1.363	.363
	ความชื้นสด	1.769	1	1.769	.772	.472
	ความชื้นแห้ง	.176	1	.176	8.605	.099
	แรงตัด	742.563	1	742.563	242.469	.004
	แรงดึง	1580.063	1	1580.063	6.936	.119

ตารางที่ ง17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
อัตราส่วน	แอมิโลส	17.980	5	3.596	25.669	.001
	ความคงตัว	1966.000	5	393.200	18.148	.001
	ความหนืด	668.543	5	133.709	55.145	.000
	ความชื้นเส้นสด	407.478	5	81.496	1.100	.447
	ความชื้นเส้นอบแห้ง	1.841	5	.368	53.236	.000
	แรงตัด	15522.604	5	3104.521	5.140	.035
	แรงดึง	35394.687	5	7078.937	56.378	.000

ตารางที่ ง18 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณแอมิโลสของแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
100	2	23.3200		
90	2	23.8550		
70	2		24.8850	
80	2		24.9000	
60	2		25.5800	
50	2			27.1250

ตารางที่ ง19 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
100	2	39.0000		
90	2		61.5000	

60	2		67.5000	67.5000
50	2		69.5000	69.5000
80	2		73.5000	73.5000
70	2			79.0000

ตารางที่ ง20 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความหนืดของน้ำแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset			
		1	2	3	4
70	2	4.0600			
50	2	4.7750			
60	2	6.0250	6.0250		
80	2		9.6000	9.6000	
90	2			10.7850	
100	2				25.9800

ตารางที่ ง21 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งของแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
90	2	9.5200		
100	2	9.5250		
80	2	9.5550		
50	2		9.7900	
70	2		9.8400	
60	2			10.6400

ตารางที่ ง22 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าแรงตัดของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติที่

อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
50	2	108.5000		
100	2	141.5000	141.5000	
70	2	142.5000	142.5000	
80	2	149.2500	149.2500	
60	2		175.5000	175.5000
90	2			224.5000

ตารางที่ ง23 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset			
		1	2	3	4
60	2	56.0000			
50	2		87.0000		
100	2		97.7500		
80	2		107.2500		
70	2			136.0000	
90	2				227.7500

ตารางที่ ง24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
อัตราส่วน	แอมิโลส	26.912	5	5.382	15.704	.002
	ความคงตัว	5248.417	5	1049.683	163.587	.000
	ความหนืด	711.170	5	142.234	28.418	.000
	ความชื้นสด	142.734	5	28.547	9.869	.007
	ความชื้นแห้ง	6.606	5	1.321	63.214	.000

	แรงตัด	32196.000	5	6439.200	83.898	.000
	แรงดึง	43220.667	5	8644.133	14.906	.002

ตารางที่ ง25 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณแอมิโลสของแป้งข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset			
		1	2	3	4
100	2	21.8900			
90	2	23.1150	23.1150		
80	2		24.1450	24.1450	
70	2			25.0000	25.0000
60	2				25.6500
50	2				26.2800

ตารางที่ ง26 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวขาวตาแห้งผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset			
		1	2	3	4
70	2	49.0000			
50	2	55.0000			
60	2		62.5000		
80	2			87.0000	
100	2				100.0000
90	2				100.0000

ตารางที่ ง27 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความหนืดของน้ำแป้งข้าวขาวตาแห้งผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3

70	2	5.0850		
60	2	5.2800		
50	2	6.2200		
80	2	8.1900	8.1900	
90	2		13.2700	
100	2			26.8800

ตารางที่ ง28 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นสดของแป้งข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
60	2	64.6050		
50	2	65.6400		
70	2	67.5050	67.5050	
80	2		70.1650	70.1650
90	2			71.9700
100	2			74.3250

ตารางที่ ง29 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งของแป้งข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset			
		1	2	3	4
70	2	9.8950			
60	2	10.1450			
90	2	10.2600			
50	2		10.9250		
80	2			11.5050	
100	2				11.9200

ตารางที่ ง30 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าแรงตัดของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
100	2	65.5000		
90	2	84.5000		
80	2		159.5000	
70	2		171.5000	
60	2			194.5000
50	2			197.5000

ตารางที่ ง31 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset		
		1	2	3
50	2	40.0000		
60	2	53.5000		
80	2		116.5000	
90	2		132.5000	
70	2		157.5000	157.5000
100	2			216.0000

ตารางที่ ง32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 100:0

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	แอมิโลส	2.045	1	2.045	17.628	.052

	ความคงตัว	3721.000	1	3721.000	3721.000	.000
	ความหนืด	.810	1	.810	.052	.841
	ความชื้นสด	12.320	1	12.320	4.255	.175
	ความชื้นแห้ง	5.736	1	5.736	1267.630	.001
	แรงตัด	5776.000	1	5776.000	281.756	.004
	แรงดึง	13983.063	1	13983.063	502.762	.002

ตารางที่ ง33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 90:10

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	แอมิโลส	.548	1	.548	5.203	.150
	ความคงตัว	1482.250	1	1482.250	49.000	.020
	ความหนืด	6.175	1	6.175	1.357	.364
	ความชื้นสด	12.638	1	12.638	7.785	.108
	ความชื้นแห้ง	.548	1	.548	30.764	.031
	แรงตัด	19600.000	1	19600.000	26.951	.035
	แรงดึง	9072.563	1	9072.563	40.536	.024

ตารางที่ ง34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 80:20

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	แอมิโลส	.570	1	.570	6.318	.128
	ความคงตัว	182.250	1	182.250	16.200	.057
	ความหนืด	1.988	1	1.988	1.648	.328
	ความชื้นสด	.731	1	.731	.078	.807
	ความชื้นแห้ง	3.803	1	3.803	131.802	.008
	แรงตัด	105.063	1	105.063	.237	.675
	แรงดึง	85.563	1	85.563	1.987	.294

ตารางที่ ง35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 70:30

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	แอมิโลส	.013	1	.013	.040	.860
	ความคงตัว	900.000	1	900.000	50.000	.019
	ความหนืด	1.051	1	1.051	183.515	.005
	ความชื้นสด	171.348	1	171.348	.953	.432
	ความชื้นแห้ง	.003	1	.003	4.172	.178
	แรงตัด	841.000	1	841.000	2.413	.261
	แรงดึง	462.250	1	462.250	.261	.660

ตารางที่ ง36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 60:40

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	แอมิโลส	.005	1	.005	.136	.748
	ความคงตัว	25.000	1	25.000	1.220	.385
	ความหนืด	.555	1	.555	.909	.441
	ความชื้นสด	5.063	1	5.063	.964	.430
	ความชื้นแห้ง	.245	1	.245	9.830	.088
	แรงตัด	361.000	1	361.000	1.074	.409
	แรงดึง	6.250	1	6.250	.431	.579

ตารางที่ ง37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 50:50

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	แอมิโลส	.714	1	.714	.930	.437
	ความคงตัว	210.250	1	210.250	64.692	.015

	ความหนืด	2.088	1	2.088	9.999	.087
	ความชื้นสด	1.756	1	1.756	.055	.836
	ความชื้นแห้ง	1.288	1	1.288	194.449	.005
	แรงตัด	7921.000	1	7921.000	47.574	.020
	แรงดึง	2209.000	1	2209.000	61.361	.016

ตารางที่ ง38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวเหลืองประทิว

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ตัวอย่าง	สี	11.492	3	3.831	2.313	.080
	กลิ่น	7.292	3	2.431	1.799	.151
	รสชาติ	4.425	3	1.475	.569	.636
	ความเหนียวนุ่ม	3.958	3	1.319	.447	.720
	ลักษณะเนื้อสัมผัส	2.167	3	.722	.244	.865
	ความชอบโดยรวม	5.133	3	1.711	.675	.569

ตารางที่ ง39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้ง

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ตัวอย่าง	สี	1.758	3	.586	.338	.798
	กลิ่น	4.600	3	1.533	1.131	.340
	รสชาติ	20.892	3	6.964	3.200	.026
	ความเหนียวนุ่ม	26.833	3	8.944	3.446	.019
	ลักษณะเนื้อสัมผัส	28.567	3	9.522	3.487	.018
	ความชอบโดยรวม	18.625	3	6.208	2.421	.070

ตารางที่ ง40 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของรสชาติของเส้นก๋วยเตี๋ยวระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านเร่ง

ความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้ง

ตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
ตาแห้งเร่ง 80:20	30	5.8000	
ตาแห้งเร่ง 70:30	30	6.4000	6.4000
ตาแห้งธรรมชาติ 80:20	30	6.5333	6.5333
ตาแห้งธรรมชาติ 70:30	30		6.9667

ตารางที่ ง41 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความเหนียวนุ่มของเส้นก๋วยเตี๋ยวระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้ง

ตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
ตาแห้งเร่ง 80:20	30	5.5000	
ตาแห้งเร่ง 70:30	30	6.0667	6.0667
ตาแห้งชาติ 80:20	30	6.3667	6.3667
ตาแห้งชาติ 70:30	30		6.8000

ตารางที่ ง42 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวขาวตาแห้ง

รหัสตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
ตาแห้งเร่ง 80:20	30	5.5000	
ตาแห้งเร่ง 70:30	30	6.0333	6.0333
ตาแห้งชาติ 80:20	30	6.2000	6.2000
ตาแห้งชาติ 70:30	30		6.8667

ตารางที่ ง43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
อัตราส่วน	ความแข็ง	570387.250	4	142596.813	94.243	.000

	ความเหนียว	.138	4	.035	2.052	.225

ตารางที่ ง44 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความแข็งของข้าวจี๊บเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset			
		1	2	3	4
ข้าวจี๊บชาติ 100	2	628.5000			
ข้าวจี๊บชาติ 60	2		816.7500		
ข้าวจี๊บชาติ 70	2			1116.0000	
ข้าวจี๊บชาติ 50	2			1142.2500	
ข้าวจี๊บชาติ 40	2				1282.7500
Sig.		1.000	1.000	.530	1.000

ตารางที่ ง45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
อัตราส่วน	ความแข็ง	1089240.350	4	272310.087	30.576	.001
	ความเหนียว	.957	4	.239	14.291	.006

ตารางที่ง46 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความแข็งของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	**N**	**Subset**	
		1	**2**
ข้าวจี๊บเร่ง 70	2	486.0000	
ข้าวจี๊บเร่ง 100	2	553.2500	
ข้าวจี๊บเร่ง 60	2		1101.0000
ข้าวจี๊บเร่ง 50	2		1149.2500
ข้าวจี๊บเร่ง 40	2		1289.5000

ตารางที่ ง47 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความเหนียวของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset	
		1	2
ข้าวจี๊บเร่ง 100	2	.8400	
ข้าวจี๊บเร่ง 70	2	.8500	
ข้าวจี๊บเร่ง 50	2	.8750	
ข้าวจี๊บเร่ง 40	2		1.3500
ข้าวจี๊บเร่ง 60	2		1.5850

ตารางที่ ง48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงเก่าตามธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
อัตราส่วน	ความแข็ง	51553.166	4	12888.292	2.354	.187
	ความเหนียว	.636	4	.159	2.898	.137

ตารางที่ ง49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
อัตราส่วน	ความแข็ง	1029400.400	4	257350.100	130.032	.000
	ความเหนียว	.510	4	.128	2.473	.174

ตารางที่ ง50 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความแข็งของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	N	Subset				
		1	2	3	4	5
ข้าวแดงเร่ง 100	2	419.2500				
ข้าวแดงเร่ง 70	2		770.5000			
ข้าวแดงเร่ง 60	2			936.0000		
ข้าวแดงเร่ง 50	2				1106.5000	
ข้าวแดงเร่ง 40	2					1374.5000

ตารางที่ ง51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวจี๊บอัตราส่วน 0:100

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	ความแข็ง	5662.563	1	5662.563	2.205	.276
	ความเหนียว	.012	1	.012	.473	.563

ตารางที่ ง52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวจี๊บอัตราส่วน 30:70

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	ความแข็ง	396900.000	1	396900.000	751.349	.001
	ความเหนียว	.027	1	.027	14.918	.061

ตารางที่ ง53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวจี๊บอัตราส่วน 40:60

Source	Dependent	Type III	df	Mean	F	Sig.

	Variable	Sum of Squares		Square		
สภาวะ	ความแข็ง	80798.063	1	80798.063	10.552	.083
	ความเหนียว	.422	1	.422	12.123	.074

ตารางที่ ง54 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวจิ๊บอัตราส่วน 50:50

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	ความแข็ง	49.000	1	49.000	.009	.931
	ความเหนียว	.002	1	.002	.075	.810

ตารางที่ ง55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวจิ๊บอัตราส่วน 60:40

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	ความแข็ง	45.563	1	45.563	.004	.953
	ความเหนียว	.090	1	.090	180.000	.006

ตารางที่ ง56 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวหอมมะลิแดงอัตราส่วน 0:100

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	ความแข็ง	600625.000	1	600625.000	129.918	.008
	ความเหนียว	.014	1	.014	.983	.426

ตารางที่ ง57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวหอมมะลิแดงอัตราส่วน 30:70

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	ความแข็ง	87025.000	1	87025.000	15.708	.058
	ความเหนียว	.391	1	.391	27.655	.034

ตารางที่ ง58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวหอมมะลิแดงอัตราส่วน 40:60

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	ความแข็ง	63630.063	1	63630.063	13.080	.069
	ความเหนียว	.093	1	.093	1.366	.363

ตารางที่ ง59 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวหอมมะลิแดงอัตราส่วน 50:50

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	ความแข็ง	11.560	1	11.560	.005	.948
	ความเหนียว	.065	1	.065	12.688	.071

ตารางที่ ง60 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการระหว่างสภาวะเก่า

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สภาวะ	ความแข็ง	10506.250	1	10506.250	7.003	.118
	ความเหนียว	.004	1	.004	.026	.887

ธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวหอมมะลิแดงอัตราส่วน 60:40

ตารางที่ ง61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางประสาทสัมผัสระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวจี๊บ

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ตัวอย่าง	สี	25.892	3	8.631	4.765	.004
	ลักษณะการบุ๋ม	20.867	3	6.956	4.152	.008
	ความมันวาว	27.292	3	9.097	5.553	.001
	กลิ่นรวม	43.567	3	14.522	5.638	.001
	รสชาติ	117.758	3	39.253	16.099	.000
	ความนุ่ม	117.625	3	39.208	18.171	.000
	ความชอบโดยรวม	94.158	3	31.386	14.187	.000

ตารางที่ง62 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านสีของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
ข้าวจี๊บเร่ง 40:60	30	6.3667	

ข้าวจี๊บธรรมชาติ 40:60	30		7.0667
ข้าวจี๊บเร่ง 0:100	30		7.3000
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 0:100	30		7.6333

ตารางที่ ง63 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านลักษณะการบุ๋มของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
ข้าวจี๊บเร่ง 0:100	30	6.2333	
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 0:100	30	6.7000	
ข้าวจี๊บเร่ง 40:60	30	6.8667	6.8667
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 40:60	30		7.4000

ตารางที่ ง64 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านความมันวาวของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset		
		1	2	3
ข้าวจี๊บเร่ง 40:60	30	6.1333		
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 40:60	30	6.6667	6.6667	
ข้าวจี๊บเร่ง 0:100	30		7.1000	7.1000
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 0:100	30			7.4000

ตารางที่ ง65 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านกลิ่นรวมของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset		
		1	2	3
ข้าวจี๊บเร่ง 40:60	30	5.7333		
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 40:60	30	6.4000	6.4000	
ข้าวจี๊บเร่ง 0:100	30		7.0667	7.0667
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 0:100	30			7.2667

ตารางที่ ง66 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านรสชาติของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
ข้าวจี๊บเร่ง 40:60	30	5.4667	
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 40:60	30	5.8000	
ข้าวจี๊บเร่ง 0:100	30		7.4000
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 0:100	30		7.7667

ตารางที่ ง67 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านความนุ่มของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset		
		1	2	3
ข้าวจี๊บเร่ง 40:60	30	5.3333		
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 40:60	30	5.7333		
ข้าวจี๊บเร่ง 0:100	30		7.0333	
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 0:100	30			7.8000

ตารางที่ ง68 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านความชอบโดยรวมของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวจี๊บระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
ข้าวจี๊บเร่ง 40:60	30	5.5667	
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 40:60	30	6.1667	
ข้าวจี๊บเร่ง 0:100	30		7.3000
ข้าวจี๊บธรรมชาติ 0:100	30		7.8000

ตารางที่ ง69 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางประสาทสัมผัสระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าของขนมน้ำดอกไม้จากข้าวหอมมะลิแดง

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ตัวอย่าง	สี	31.492	3	10.497	5.171	.002
	ลักษณะการบุ๋ม	21.267	3	7.089	2.860	.040
	ความมันวาว	26.758	3	8.919	4.553	.005
	กลิ่นรส	38.625	3	12.875	4.854	.003
	รสชาติ	86.467	3	28.822	10.668	.000
	ความนุ่ม	76.200	3	25.400	11.312	.000
	ความชอบโดยรวม	43.500	3	14.500	6.705	.000

ตารางที่ ง70 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านสีของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 40:60	30	6.2333	
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 40:60	30		7.0000
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 0:100	30		7.1333
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 0:100	30		7.6667

ตารางที่ ง71 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านลักษณะการบุ๋มของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2

ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 0:100	30	6.4000	
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 0:100	30	6.8000	6.8000
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 40:60	30	6.8333	6.8333
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 40:60	30		7.5667

ตารางที่ ง72 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านความมันวาวของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 40:60	30	6.1333	
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 40:60	30	6.7333	6.7333
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 0:100	30		7.1000
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 0:100	30		7.4000

ตารางที่ ง73 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านกลิ่นรวมของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 40:60	30	5.4333	
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 40:60	30	6.2333	6.2333
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 0:100	30		6.8000
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 0:100	30		6.8333

ตารางที่ ง74 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านรสชาติของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	**N**	**Subset**	
		1	**2**
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 40:60	30	5.2667	

ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 40:60	30	6.0667	
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 0:100	30		7.2333
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 0:100	30		7.3000

ตารางที่ ง75 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านความนุ่มของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset		
		1	2	3
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 40:60	30	5.4667		
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 40:60	30		6.5667	
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 0:100	30		6.9667	6.9667
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 0:100	30			7.6667

ตารางที่ ง76 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านความชอบโดยรวมของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวหอมมะลิแดงระหว่างสภาวะเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	N	Subset		
		1	2	3
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 40:60	30	5.8333		
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 40:60	30	6.5333	6.5333	
ข้าวหอมมะลิแดงเร่ง 0:100	30		7.0667	7.0667
ข้าวหอมมะลิแดงธรรมชาติ 0:100	30			7.4333

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
BURIRAM RAJABHAT UNIVERSITY

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ : 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

ผู้ร่วมโครงการ : 1.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 : 2. 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 Chemistry* ,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.

การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

The Application of Aged Rice in Food Products

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแปรรูปข้าวพันธุ์ท้องถิ่น (ข้าวจิ๊บ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้ง) ที่ผ่านการเร่งความเก่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร 2 ชนิด ได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยว และขนมน้ำดอกไม้ และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่า

ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว (ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้ง) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำแป้งผสมและเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยการทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ (100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้นแต่ค่าความหนืดของน้ำแป้งผสมลดลง แต่ปริมาณแอมิโลสของน้ำแป้งผสมจากข้าวเก่าธรรมชาติและข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าไม่ต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาลักษณะเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้โดยสังเกตลักษณะผิวหน้า สี ความยากง่ายในการลอกแผ่น การตัดเป็นเส้นโดยไม่ติดมีด และการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส ได้คัดเลือกเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวทุกตัวอย่างจากแป้งข้าวได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้ (ข้าวจิ๊บและข้าวหอมมะลิแดง) ได้ศึกษาอัตราส่วนโดยการลดปริมาณน้ำตาลในส่วนผสม (0:100 30:70 40:60 50:50 และ 60:40) พบว่า ลักษณะปรากฏของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ เมื่อลดปริมาณน้ำตาล ส่งผลให้ความบุ๋ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสที่แข็งเพิ่มขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะพบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองต่ำกว่าสภาวะข้าวเก่าตามธรรมชาติ จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมน้ำดอกไม้อัตราส่วน 0:100 และ 40:60 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติอัตราส่วน 0:100 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากสภาวะที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน ($p>0.05$)

คำสำคัญ: ข้าวเก่า, เร่งความเก่า, เส้นก๋วยเตี๋ยว, ขนมน้ำดอกไม้

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

Abstract

The aim of the study were processing of accelerated aging local rice (Jib, Hom Mali Dang, Leuang Pratew and Khao Tah Haeng) in food products (noodle and Khanom Nam-dok-mai) and compare changes in the physiochemical between rice accelerated aging treatment and natural aged rice.

Noodle, use of rice flour from Leuang Pratew and Khao Tah Haeng supplemented with tapioca flour were carried out in this study to comparison of physiochemical. The rice flour and tapioca flour were conducted various ratio at 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 and 50:50 respectively. 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 of appearance, color, difficulty in removing plaque and textural properties. Furthermore, the results also found that the sensory evaluation revealed that the consumer acceptability in overall preference were significantly indifferent between rice accelerated aging and natural aged rice ($p>0.05$).

Khanom Nam-dok-mai, use of rice flour from Jib and Hom Mali Dang. In this study to reduce of sugar, the rice flour and sugar content were conducted various ratio at 0:100 30:70 40:60 50:50 and 60:40 respectively. 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. Khanom Nam-dok-mai from rice accelerated aging had redness and yellowness lower

than natural aged rice. 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 : Aged Rice, Accelerated Aging, Rice Noodle, Khanom Nam-Dok-Mai

บทนำ

ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวนิยมใช้ข้าวเก่าเพราะจะได้ผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีคุณภาพ เนื่องจากการคืนสภาพของน้ำแป้งจากแป้งข้าวเก่าเกิดได้ดี ข้าวเก่ามีคุณสมบัติในการคืนรูปสูงกว่าข้าวใหม่ คุณสมบัติของข้าวเก่าที่สำคัญคือ จะมีการพองตัวและดูดซับน้ำในขณะหุงต้มมากขึ้นลักษณะของข้าวสุกร่วนไม่ติดกันเหมือนข้าวใหม่ (Moritaka and Yasumatsu, 1972) เส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากแป้งข้าวเจ้า ซึ่งคนไทยนิยมบริโภคเป็นอาหารรองจากข้าวเนื่องจากให้พลังงานสูงและราคาถูก (ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ, 2552) นอกจากผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นแล้ว ยังนิยมนำแป้งข้าวมาแปรรูปเป็นขนมหวานได้มากมายหลายชนิดโดยเฉพาะขนมไทย ขนมน้ำดอกไมจัดว่าเปนขนมไทยประเภทกึ่งเปยกกึ่งแหงที่มีลักษณะพิเศษ คือ ลักษณะบุมตรงกลาง หรือที่เรียกวา “ขนมชักหน้า” ซึ่งเปนสิ่งที่บงบอกถึงเอกลักษณ์ของขนมน้ำดอกไม ถารอยบุมเปนวงกว้างถือว่าเป็นลักษณะที่ดี ลักษณะของขนมจะมีการจับตัวกันคงรูป เนื้อเนียน นุ่มนวล เปนมันเงา กนไมเปนไต รสหวานเล็กนอยและมีกลิ่นหอมของดอกไม สวนประกอบที่ใชในการทำขนมน้ำดอกไม คือ แปงขาวเจา ซึ่งแป้งข้าวเจ้าที่ใช้ต้องมีความเก่าจึงจะทำให้ได้ลักษณะเด่น คือ รอยบุ๋มของขนม แปงท้าวย่าม่อมหรือแปงมัน น้ำตาลทราย น้ำลอยดอกมะลิ และอาจมีการเติมสีลงไปในขนมดวยเพื่อใหดูนารับประทานมากยิ่งขึ้น (จันทร ทศานนท, 2535) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยวิธีอบลมร้อนที่เหมาะสมมาต่อยอดแปรรูปและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งได้เลือกแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมน้ำดอกไม้ โดยศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำแป้งและวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวพันธุ์ท้องถิ่น และศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเก่าพันธุ์

ท้องถิ่นที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้ ทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารของชุมชน สร้างงาน สร้างรายได้ให้แก่กลุ่มเกษตรกรอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต ตลอดจนส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรหันมาปลูกข้าวพันธุ์ท้องถิ่นมากยิ่งขึ้น

วิธีการทดลอง

ตัวอย่างข้าว : ข้าวเก่าธรรมชาติกับข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่า การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวใช้ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้ง ส่วนการผลิตขนมน้ำดอกไม้ใช้ข้าวจี๊บและข้าวหอมมะลิแดง สภาวะเร่งความเก่าของข้าวจี๊บ ข้าวหอมมะลิแดงและเหลืองประทิว คือ อบที่อุณหภูมิ 90 °C นาน 3 ชั่วโมง และข้าวขาวตาแห้ง คือ 80 °C นาน 3 ชั่วโมง โดยบดข้าวให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 60 เมช บรรจุใส่ถุงโพลีเอทิลีน ปิดผนึกถุงแบบสภาวะสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิห้องจนกว่าจะใช้งาน

1. การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

1.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของน้ำแป้งผสม

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

วิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส ความคงตัวของแป้งสุกและความหนืดของน้ำแป้ง

1.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยว

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

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

2. การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

2.1 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

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

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

ผลการทดลอง

1. การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของน้ำแป้งผสม

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

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของเส้นก๋วยเตี๋ยว

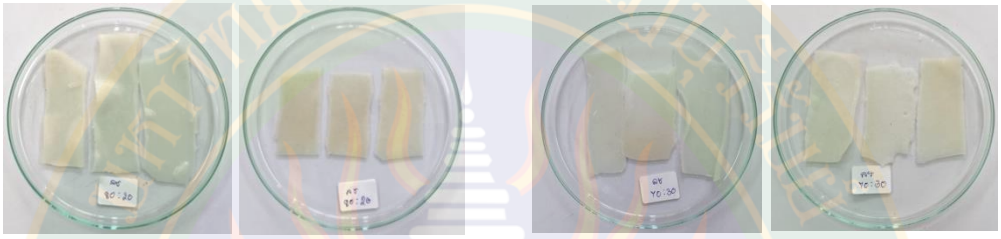
ปริมาณความชื้นของเส้นสดและเส้นแห้งแต่ละอัตราส่วนของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า ทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผลิตจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังขึ้นเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียว 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 ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบ

โดยรวมของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งเหลืองประทิวทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกัน 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

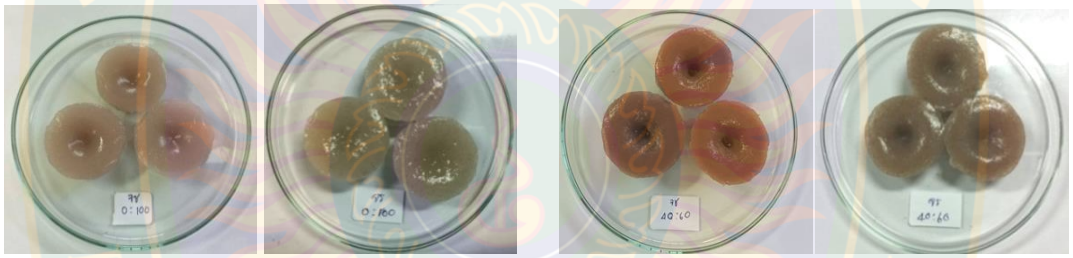
ภาพที่ 2 เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวขาวตาแห้งอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ที่คัดเลือก

2. การแปรรูปข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

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

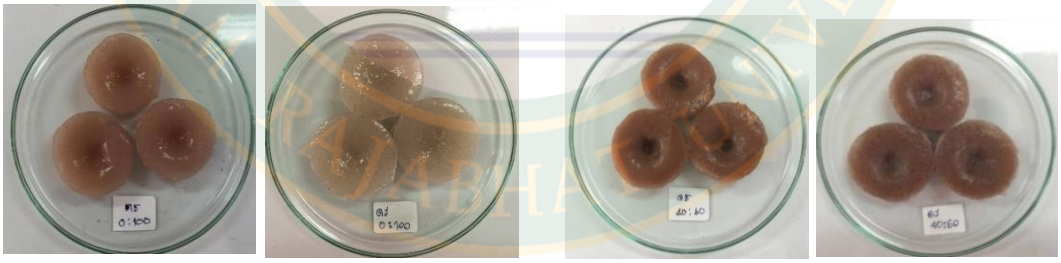
จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าตามธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 0.93-0.95 และจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อลดปริมาณน้ำตาลลงในแต่ละอัตราส่วนส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระสูงขึ้น ส่วนสภาวะเก่าธรรมชาติและเร่งความเก่าไม่มีผลต่อค่าปริมาณน้ำอิสระของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวสายพันธุ์เดียวกัน

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

การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

การผสมแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแอมิโลสสูงขึ้น แต่ค่าความคงตัวและค่าความหนืดของน้ำแป้งผสม ค่า L* a* b* และค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะ ปริมาณแอมิโลสไม่แตกต่างกัน ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่ามีความคงตัวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเก่าตามธรรมชาติและข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าทุกอัตราส่วนมีค่าความหนืดสูงกว่าสภาวะเก่าธรรมชาติ ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวทุกตัวอย่างจากแป้งข้าวได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าในผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้

เมื่อลดปริมาณน้ำตาล (เพิ่มแป้งข้าว) ของขนมน้ำดอกไม้ที่ผลิตจากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า ลักษณะปรากฏด้านความบุ๋ม สีน้ำตาลแดง และเนื้อสัมผัสที่แข็งของขนมน้ำดอกไม้เพิ่มมากขึ้น แต่ความมันวาวและความเหนียวลดลง ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) ของขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนต่างๆ อยู่ในช่วง 0.92-0.95 จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมน้ำดอกไม้อัตราส่วน 0:100 และ 40:60 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า พบว่า ขนมน้ำดอกไม้จากแป้งข้าวเก่าธรรมชาติอัตราส่วน 0:100 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากสภาวะที่ผ่านการเร่งความเก่าที่อัตราส่วนเดียวกัน ($p>0.05$)

เอกสารอ้างอิง

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

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

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

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.