สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ศึกษาผลของสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวและตัวแปรของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของขนมข้าวแต๋น

Studies on Effect of Physicochemical Properties of Glutinous Rice and Processing Factors on Thai Puffed Rice Snack Food (Kanom Khao Tan)

โดย

นภัสรพี เหลืองสกุล

รายงานผลงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ของ

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีงบประมาณ 2546

RCH
TP
A35
R3
ภ195ค
เลขหมู่.....
58919
ใช้ได้ถึงวันที่ 17 ก.พ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.11485772
i.....

ชื่อโครงการวิจัย ศึกษาผลของสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวและตัวแปรของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของขนมข้าวแต๋น

Studies on Effect of Physicochemical Properties of Glutinous Rice and Processing Factors on Thai Puffed Rice Snack Food (Kanom Khao Tan)

ชื่อผู้วิจัย นางนภัสรพี เหลืองสกุล

ทุนสนับสนุน เงินรายได้ของโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2546

ระยะเวลาในการทำวิจัย ตุลาคม 2545-กันยายน 2546 รวมระยะเวลา 1 ปี

สังกัดหน่วยงาน โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาข้าวเหนียวไทยจำนวน 6 พันธุ์ ประกอบด้วย พันธุ์เขี้ยวงู กข 6 กข 10 หางยี 71 สกลนคร 1 และ เหนียวอุบล 2 โดยการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ เพื่อหาดัชนีที่ใช้แยกความแตกต่างของข้าวเหนียวที่เหมาะสำหรับใช้ทำข้าวแต๋น พบว่าปริมาณโปรตีนของข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 5.82 – 7.43% (น้ำหนักแห้ง) ค่า alkali digestibility ของ พันธุ์ กข 10 มีค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับพันธุ์อื่น ๆ ($p \leq 0.05$) ค่า gel consistency ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู กข 6 และ เหนียวอุบล 2 มีค่าสูงกว่าของพันธุ์ กข 10 หางยี 71 และสกลนคร 1 ($p \leq 0.05$) จากข้อมูลอะมิโลแกรม สรุปได้ว่า ข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ ล้วนเป็นข้าวอยู่ในกลุ่มอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (< 70°C) โดยข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูมีค่าความหนืดต่ำที่สุด จากค่า breakdown และ setback สามารถแบ่งข้าวเหนียวได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีค่า breakdown ต่ำกว่า แต่ค่า setback สูงกว่า ซึ่งข้าวที่อยู่ในกลุ่มนี้ คือ พันธุ์เขี้ยวงู หางยี 71 และ สกลนคร 1 อีกกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มที่มีค่า breakdown สูงกว่า แต่ค่า setback ต่ำกว่า ประกอบด้วยข้าวพันธุ์ กข 6 กข 10 และ เหนียวอุบล 2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า พันธุ์ข้าวเหนียวที่เหมาะสมสำหรับข้าวแต๋นที่มีคุณภาพดีควรจะมีลักษณะของแผนภูมิอะมิโลแกรม ดังนี้คือ มีค่า breakdown และค่าความหนืดสูงสุด ต่ำ แต่ค่า setback สูง ซึ่งพันธุ์ข้าวเหนียวที่เหมาะสม

ตัวแปรของกระบวนการผลิตพบว่า เวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 °C คือ 6 ชั่วโมง อุณหภูมิการแช่ข้าวที่ 50 °C ทำให้ได้คุณภาพข้าวแต๋นด้อยกว่าการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 30 และ 40 °C นาน 8 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ เวลาที่เหมาะสมในขั้นตอนการนึ่งข้าวเหนียวคือ 30 นาที เวลาที่มากกว่านี้จะทำให้ข้าวแฉะยากต่อการขึ้นรูป สัดส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมน้ำแตงโมกับข้าวเหนียวนึ่งคือ 50: 125 โดยน้ำหนัก น้ำหนักของข้าวที่เหมาะสมในแต่ละหิมพ์คือ 12 กรัม โดยการใช้อุณหภูมิการทอดที่ 230 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมมากที่สุด ซึ่งจะทำให้ได้ข้าวแต๋นมีการพองตัวดี มีลักษณะการกรอบที่ดี มีกลิ่นหอมของน้ำแตงโมเล็กน้อย ผู้บริโภคให้การยอมรับข้าวแต๋นที่ผลิตจากสภาวะการผลิตที่เลือกในงานวิจัยนี้มากกว่าข้าวแต๋นที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์จากลำปางที่นำมาเป็นตัวเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Six varieties of Thai glutinous rice, i.e. Khiew-Ngu, RD 6, RD 10, Hahng Yi 71, Sakon Nakorn 1 and Niaw Ubon 2 were investigated for their physicochemical properties to determine which properties could be the index to differentiate the varieties suitable for Khao-Tan production. The result showed that the protein content of all six varieties were not significantly different ($p > 0.05$) and were in the range of 5.82 – 7.43% dry basis,. Alkali digestibility value of RD 10 was the lowest ($p \leq 0.05$). The Khiew-Ngu, RD 6 and Niaw Ubon 2 significantly gave higher gel consistency values that from RD 10, Hahng Yi 71 and Sakon Nakorn 1. According to amylogram, the six varieties had the low gelatinization temperature (< 70°C) and Khiew-Ngu had the lowest peak viscosity . From breakdown and setback data, the tested glutinous rice could be classified into 2 groups. One had lower breakdown value but higher setback value which were Khiew-Hgu, Hahng Yi 71 and Sakon Nakorn 1. The other group, RD 6, RD 10 and Niaw Ubon 2 showed higher breakdown value but lower setback value. From statistical correlation analysis, the suitable glutinous rice variety for producing good quality Khao-Tan should have lower breakdown and peak viscosity value but higher setback value. Among these six varieties, Khiew-Ngu was the most suitable variety.

Processing factors affecting the quality of Khao-Tan which is a traditional Thai puffed glutinous rice cracker were studied. The drying time of 6 hr at 60°C was optimum using tray dryer. The hydration temperature of 50°C appeared to impinge negatively the quality of Khao-Tan. Whereas the optimum hydration time for hydration temperature of 30 and 40°C were 8 and 3 hr respectively. As for the steaming time, 30 minutes was the optimum period otherwise the texture of the steamed rice would appear too soft which was hard for moulding. The optimum ratio of watermelon juice mixtures and steamed glutinous rice was 50:125. The best weight per piece for Khao-Tan preparation with the moulding ring of 1.5 inch diameter was 12 g. Frying oil temperature for puffing Khao-Tan should be set at 230°C resulting good volume expansion, crunchy texture and slightly watermelon flavor of Khao-Tan. Finally, Khao-Tan made from the selected experimental process in this study was preferred than the commercial Khao-Tan made in the Lumpang Province.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ คุณแม่ของนักศึกษาปริญญาตรี นส. ทิพวรรณ คุณยศยิ่ง ที่ได้เป็นต้นแบบของการทำข้าวแต๋นโดยให้ความช่วยเหลือทางด้านสูตร และวิธีการทำ รวมทั้งนักศึกษาปริญญาตรีที่ทำวิจัยนี้ในวิชาปัญหาพิเศษ ได้แก่ นส.ชนากาญจน์ พรมประโคน นส.ยุวดี ทองฟัก นส.สุกัญญา เหรียญจงสวัสดิ์ นส. อนุรักษ์ อภัยกาวี นส. พรชนก โชติช่วง นส.ศศิธร สุคไกรไทย และนายสุนทร ทองอิ่ม รวมทั้งคณะกรรมการฝ่ายทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ของโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรที่พิจารณาและให้ทุนสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

อาจารย์นภัสรพี เหลืองสกุล

ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
คำนิยม	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 วารสารปริทรรศน์	1
1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว	1
1.2 โครงสร้างทางกายภาพของเมล็ดข้าว	1
1.3 การแบ่งประเภทตามคุณสมบัติของแป้งในเมล็ดข้าวสารหรือตามคุณสมบัติทางเคมีภายในเมล็ด	2
1.4 คุณสมบัติบางประการของแป้ง	2
1.5 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าว	5
1.6 ข้าวแต๋น	8
1.7 การพอง	8
1.8 การทอด	9
1.9 การคืนตัวของแป้งด้วยวิธี DSC	10
1.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 2 ความแตกต่างของพันธุ์ข้าวเหนียวไทยต่อคุณภาพของข้าวแต๋น	13
2.1 บทนำ	13
2.2 วัสดุและวิธีการทดลอง	14
2.3 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	17
2.4 สรุปผลการทดลอง	23
บทที่ 3 ผลของปัจจัยกระบวนการผลิตข้าวแต๋นต่อคุณภาพข้าวแต๋นน้ำแตงโม	25
3.1 บทนำ	25
3.2 วัตถุประสงค์	25
3.3 วัตถุดิบและอุปกรณ์	26
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	27
3.5 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	30
3.6 สรุปผลการทดลอง	46
เอกสารอ้างอิง	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1.1	กระบวนการคืนตัวหรือรีโทรกราเดชั่นที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน จะให้การคืนตัวของตะกอนกับมีน้ำออกมาไม่มีการเชื่อมของกลุ่มไฮดรอกซิล	4
ภาพที่ 3.1	กระบวนการผลิตข้าวแต๋นน้ำแตงโม	27
ภาพที่ 3.2	แสดงอัตราการดูดน้ำที่อุณหภูมิแช่ข้าวเหนียวต่างกัน	31
ภาพที่ 3.3	ข้าวแต๋นน้ำแตงโมที่ระยะเวลาการนึ่งแตกต่างกัน	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	แสดงการจำแนกประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส	5
ตารางที่ 1.2	แสดงการแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก	7
ตารางที่ 2.1	กระบวนการคืนตัวหรือรีโทรกราเดชั่นที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน จะให้การคืนตัวของตะกอนกับมีน้ำออกมาไม่มีการเชื่อมของกลุ่มไฮดรอกซิล	17
ตารางที่ 2.2	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องบราเบนเดอร์วิสโคอะมิโลกราฟของแป้งข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์	19
ตารางที่ 2.3	ผลการวิเคราะห์สมบัติของข้าวแต๋นทางด้านการพองตัวและการทดสอบทางประสาทสัมผัส	20
ตารางที่ 2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของคุณภาพข้าวแต๋น	21
ตารางที่ 2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของสมบัติทางเคมีกายภาพกับสมบัติของข้างแต๋น	21
ตารางที่ 2.6	ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียว	22
ตารางที่ 3.1	ผลการศึกษาระยะเวลาการอบแห้งข้าวแต๋นน้ำแตงโมที่ 60 ± 2 °C	30
ตารางที่ 3.2	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นอบแห้งที่แตกต่างกัน โดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ	30
ตารางที่ 3.3	ผลการศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 30 °C ที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม	32
ตารางที่ 3.4	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่ผ่านการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 30 °C โดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ	32
ตารางที่ 3.5	ผลการศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40 °C ที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม	33
ตารางที่ 3.6	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่ผ่านการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40 °C โดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ	34
ตารางที่ 3.7	ผลการศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 50 °C ที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม	35
ตารางที่ 3.8	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่ผ่านการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 50 °C โดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ	36
ตารางที่ 3.9	การศึกษาระยะเวลาในการนึ่งข้าวเหนียวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนโดยใช้เครื่อง DSC (Differential Scanning Calorimeter)	37
ตารางที่ 3.10	ผลการศึกษาเวลาในการนึ่งที่มีผลต่อข้าวแต๋นน้ำแตงโม	37
ตารางที่ 3.11	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่มีการเปลี่ยนแปลงเวลาในการนึ่งข้าวโดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ	38
ตารางที่ 3.12	ผลการศึกษาอัตราส่วนของน้ำแตงโมต่อข้าวเหนียวต่อสมบัติทางกายภาพของข้าวแต๋นน้ำแตงโม	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.13	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่มีการแปรอัตราส่วนน้ำแคงโม : ข้าวเหนียว	40
ตารางที่ 3.14	การศึกษาปริมาณน้ำหนักของข้าวเหนียวที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแคงโม	41
ตารางที่ 3.15	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่แปรน้ำหนัก/พิมพ์โดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ	42
ตารางที่ 3.16	อุณหภูมิการทอดที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแคงโม	43
ตารางที่ 3.17	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋น อุณหภูมิการทอดที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์	44
ตารางที่ 3.18	ผลของสมบัติทางกายภาพของข้าวแต๋นที่สภาวะเหมาะสมเปรียบเทียบกับข้าวแต๋น จ.ลำปาง	45
ตารางที่ 3.19	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นจากสภาวะที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้เทียบกับข้าวแต๋น จ.ลำปาง	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
วารสารปริทรรศน์

1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว (ชาญ,2536)

ข้าวจัดเป็นพืชล้มลุกตระกูลข้าว (Family Gramineae) สกุล *Oryza* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน(Tropical) และเขตอบอุ่น(Temperate) ปัจจุบันข้าวที่ปลูกบริโภคมีอยู่ 2 ชนิด คือ ข้าวเอเชีย(*Oryza sativa L.*) และข้าวอาฟริกา(*Oryzaglaberrima*)

O.Sativa ปลูกทั่วไปทั้งในเอเชีย อาฟริกา ยุโรป อเมริกา และ ออสเตรเลีย *O.Sativa* แบ่งออกเป็น

1. Indica ส่วนใหญ่ปลูกในเขตร้อน เช่น ศรีลังกา จีนตอนใต้ และตอนกลาง อินเดีย บังคลาเทศ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย
2. Japonica ปลูกในประเทศที่อยู่ในเขตอบอุ่น เช่นญี่ปุ่น เกาหลี
3. Javanica ปลูกอยู่ในประเทศอินโดนีเซีย

ส่วน *O.glaberrima* ปลูกอยู่ในอาฟริกาตะวันตก

1.2 โครงสร้างทางกายภาพของเมล็ดข้าว

ส่วนประกอบของเมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่ 2 ส่วน คือ

1.2.1 สิ่งที่ห่อหุ้มเรียกว่า เปลือก หรือ แกลบ มีลักษณะเป็นเยื่อไม้หยาบๆ หุ้มรอบเมล็ดข้าวกล้องประกอบด้วยเปลือก 2 ฝา ประกบกันคนละข้างของเมล็ดตามแนวยาว เปลือกใหญ่เรียกว่า lemma เปลือกเล็กเรียกว่า palea ข้าวบางพันธุ์ที่ปลายของเปลือกใหญ่อาจมีขนแข็งยื่นยาวออกไปเรียกว่า หาง

1.2.2 ส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง ประกอบด้วย

1.2.2.1 เยื่อหุ้มผล(Pericarp) เป็นผิวชั้นนอกสุด มีหน้าที่ห่อหุ้มป้องกันเมล็ด

1.2.2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด(Seed coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อบางชั้นเดียว ภายในมี Pigment ที่ให้สีแก่เปลือกหุ้มข้าวเมล็ดธัญพืช

1.2.2.3 เยื่ออัลลูโรน(Aleurone Layer) ห่อหุ้มส่วนที่เป็น endosperm และคัพภะ ความหนาของเยื่อนี้แตกต่างกันไปตามพันธุ์ข้าว ข้าวเมล็ดสั้นมักมีเนื้อเยื่อนี้หนากว่าข้าวเมล็ดยาว

1.2.2.4 เอนโดสเปอร์ม(Endosperm) ภายในประกอบด้วยแป้ง (Starch) และโปรตีน (Protein) มีเม็ดแป้ง(Starch Granule) ซึ่งมีรูปร่างหลายเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-12 ไมครอนอัดรวมกันอยู่ภายใน โดยมีโปรตีนอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การแบ่งประเภทตามคุณสมบัติของแป้งในเมล็ดข้าวสาร หรือตามคุณสมบัติทางเคมีภายในเมล็ดแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.3.1 ข้าวเจ้า(Non-Glutinous Rice) คือ เป็นข้าวที่เมล็ดข้าวสารประกอบด้วยแป้งชนิดธรรมดา(Starch Endosperm) 90 % ซึ่งแป้งนี้มีส่วนประกอบใหญ่ๆอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ อะไมโลเพคติน(Amylopectin) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของ D-Glucose ที่ต่อกันเป็นกิ่งก้านสาขา(Branch Chain) ประมาณ 70-90 % และ อะไมโลส (Amylose) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของ D-Glucose ที่ต่อกันแบบเส้นตรง (Linear Chain) ประมาณ 10-30 % เมล็ดข้าวสารมีสีขาวใส หลังจากหุงหรือนึ่งแล้วจะได้ข้าวสุกที่มีสีขาวขุ่นและร่วน

1.3.2 ข้าวเหนียว(Glutinous Rice หรือ Waxy Rice) เป็นข้าวที่เมล็ดข้าวสารประกอบด้วยพวก Soluble Endosperm และมี Dextrin ในเมล็ดแป้ง เมล็ดข้าวสารของเมล็ดข้าวเหนียวมีสีขาวขุ่น นึ่งแล้วจะได้ข้าวสุกที่เหนียวจับติดกันแน่นและมีลักษณะใส

ข้าวที่มีจำหน่ายทั่วไปสามารถจัดกลุ่มตามปริมาณอะไมโลสได้เป็นข้าวเหนียว (มีอะไมโลส 1-2 %) ข้าวอะไมโลสต่ำ (มี 12-20 %) ข้าวอะไมโลสปานกลาง (มี 20-25 %) ข้าวอะไมโลสสูงปานกลาง (มี 25-27 %) และข้าวอะไมโลสสูง(มากกว่า 27 %) (Cagampang และคณะ,1973) ถึงแม้จะเป็นพันธุ์ข้าวเดียวกัน ความแตกต่างของปริมาณอะไมโลสตั้งแต่ต่ำจนสูง และส่วนใหญ่จะมีอะไมโลสสูง อัตราส่วนขององค์ประกอบอะไมโลสและอะไมโลเพกติน แตกต่างกันตามชนิดและพันธุ์ของข้าว

1.4 คุณสมบัติบางประการของแป้ง

1.4.1 การพองตัวและการกระจาย (Swelling and Solubility) ปกติแป้งไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะดูดซึมน้ำได้ 25-30 % และจะพองตัวน้อยมาก จนไม่สามารถสังเกตเห็นได้ เนื่องจากส่วน Crystalline มีการจัดเรียงตัวอย่างหนาแน่นระหว่างโมเลกุลของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน โดยเฉพาะอะไมโลเพคติน สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลหรือระหว่างโมเลกุลเป็นจำนวนมากแต่ที่อุณหภูมิน้ำเย็น น้ำสามารถซึมเข้าสู่ Amorphous Region ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน โดยไม่รบกวนขนาดของเม็ดแป้งแต่อย่างใด แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแป้งจะละลายน้ำได้ดีขึ้น ทำให้เกิดการพองตัวของเม็ดแป้ง การพองตัวของเม็ดแป้งจะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อปริมาณความร้อนที่ให้แก่สารละลายแป้งมีพลังงานเพียงพอที่จะทำให้เกิดการแตกของพันธะไฮโดรเจนในเม็ดแป้ง และเกิด Amorphous Region ขึ้นทำให้น้ำสามารถแทรกตัวเข้าไปได้เรื่อยๆ ทำให้เม็ดแป้งมีขนาดใหญ่ เมื่อให้ความร้อนต่อไปอีกเม็ดแป้งก็จะขยายตัวออกมี Amorphous Region มากขึ้น จนพองตัวเต็มที่และแตกออกทำให้เม็ดแป้งสูญเสียลักษณะ Briefringgence ซึ่งเป็นลักษณะที่บอกถึงการจัดเรียงตัวของโมเลกุลภายในเม็ดแป้งอย่างเป็นระเบียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงอุณหภูมิที่เม็ดแป้งเริ่มสูญเสีย Briefringenceจนกระทั่งสูญเสีย Briefringence ออกไปจนหมด เรียกช่วงอุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization Temperature) ซึ่งช่วงนี้แป้งมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็วและพองตัวมากขึ้น แป้งแต่ละชนิดมีอุณหภูมิช่วงแป้งสุกแตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการพองตัวของเม็ดแป้ง เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลสไม่มีกิ่งก้าน จึงสามารถเรียงตัวกันอย่างใกล้ชิด Crystalline Region มาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้มากกว่าอะไมโลเพคตินซึ่งมีกิ่งก้าน จึงทำให้ค่าการพองตัวและการละลายของอะไมโลสต่ำกว่าอะไมโลเพคติน

1.4.2 เจลาติไนเซชั่น (Gelatinization) ปรากฏการณ์เจลาติไนเซชั่นเกิดขึ้นเนื่องจากในสภาวธรรมชาติ เม็ดแป้งมีการจับตัวกับอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในส่วนที่เป็น Crystalline อย่างแน่นหนา จึงไม่สามารถละลายในน้ำเย็น แต่อาจซึมเข้าไปในส่วนของ Amorphous ของเม็ดแป้งที่ไม่แข็งแรงได้บ้าง แต่เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 60-70 $^{\circ}$C โมเลกุลของแป้งในส่วนของ Crystalline จะคลายตัวลง และเกิดปฏิกิริยาการดูดซับน้ำ และการขยายตัวของเม็ดแป้งที่ไม่สามารถผันกลับได้ให้สารละลายแป้งมีความหนืดและใสขึ้นขบวนการเรียกว่า เจลาติไนเซชั่น

1.4.3 ความหนืด (Viscosity) การหาความหนืดมีหลายวิธี เช่น ใช้ Brabender Viscoamylograph, Scott Hot Paste และ Brookfield Viscometer เป็นต้น แต่วิธีที่นิยมใช่กันคือใช้ Braberder Viscoamylograph โดยติดตามความข้นหนืดของน้ำแป้ง ขณะได้รับความร้อน เพราะเมื่อเม็ดแป้งขยายใหญ่ขึ้นการเคลื่อนไหวของเม็ดแป้งจะยากขึ้น เพราะน้ำที่อยู่รอบๆเหลือน้อยลง สารละลายของน้ำแป้งจะใส และมีความหนืดเพิ่มขึ้น บางส่วนของโมเลกุลเล็กๆของอไมโลสจะถูกชะออกจากแป้งที่พองตัวในส่วน Crytalline ซึ่งทำหน้าที่ยึดเกาะไม่ให้เม็ดแป้งแตกตัว ความหนืดของเม็ดแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงค่าความหนืดช่วงหนึ่ง (Peak Viscosity) ซึ่งมีค่าสูงสุด ในช่วงแรกนี้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแป้งจะน้อยที่สุด (Weak) แต่ถ้าได้รับความร้อนหรือการกวนต่อไปอีก เม็ดแป้งจะดูดน้ำจนกระทั่งเม็ดแป้งแตก น้ำที่ถูกดูดเข้าไปก็จะกระจายตัวออกมาพร้อมกับอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ทำให้ความหนืดลดลงมาก และเร็ว

1.4.4 รีโทรกราเดชัน (Retrogradation) ขณะที่สารละลายของแป้งได้รับความร้อนและเกิดการพองตัว อะไมโลสที่มีอยู่ในเม็ดแป้งสามารถละลายออกมาในน้ำแป้ง และเมื่อสารละลายของแป้งเย็นลงอะไมโลสสามารถจับตัวกันใหม่ หรือจับตัวกับอะไมโลเพคตินด้วยพันธะไฮโดรเจน ถ้าสารละลายของแป้งมีความเจือจางมากจะเกิดการตกตะกอน แต่ถ้ามีความเข้มข้นสูงจะเกิดโครงร่างสามมิติที่อุ้มน้ำได้ เรียกว่า เจล ซึ่งจะทำให้สารละลายของแป้งมีความหนืดเพิ่มขึ้นปรากฏการณ์นี้เรียกว่า รีโทรกราเดชั่น

การเกิดรีโทรกราเดชั่น อาจเป็นผลดีหรือผลเสียก็ได้ ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความข้นหนืดและแข็ง เช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ฯลฯ การเกิดรีโทรกราเดชั่นจะเป็นสิ่งที่ดีแต่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความเหนียวนุ่ม เช่น ขนมปังการเกิดรีโทรกราเดชั่นจะทำให้ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลส มักจะเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของอะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโลสมีโอกาสเคลื่อนเข้าหากันได้ เช่น กรณีที่สารละลายแป้งมีความหนืดต่ำ หรือการทำให้สารละลายแป้งเย็นตัวลงอย่างช้าๆ แต่ถ้าสารละลายแป้งมีความเข้มข้นต่ำเกินไป โมเลกุลของอะไมโลสจะอยู่ห่างกันมากทำให้การเคลื่อนที่เข้าจับกันของโมเลกุลอะไมโลสเกิดได้ยาก ในทำนองเดียวกัน ถ้าสารละลายแป้งมีความหนืดมากหรือความเข้มข้นสูงเกินไป จะทำให้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของอะไมโลสเกิดได้ยากจึงเกิดการจับกันของโมเลกุลอะไมโลสได้ยาก สำหรับการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินนั้น เกิดขึ้นได้น้อยถ้าสารละลายแป้งมีความเข้มข้นต่ำ แต่เมื่อสารละลายแป้งมีความเข้มข้นมากขึ้นจะทำให้เกิดการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลแพคตินได้มากขึ้น อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินมีผลต่อการเกิดรีโทรกราเดชั่นของแป้ง ปริมาณอะไมโลเพคตินมากจะเกิดรีโทรกราเดชั่นได้ช้า เพราะโมเลกุลอะไมโลเพคติน มีขนาดใหญ่และแตกเป็นสาขามากมาย ทำให้ตกผลึกยาก นอกจากนี้อะไมโลสจากแป้งต่างชนิดกันและจะเกิดรีโทรกราเดชั่นสูงสุด ถ้าโมเลกุลของอะไมโลสที่มีขนาดเล็กๆ จะมีการเคลื่อนไหวแบบ Brownian ทำให้เกิดการรวมตัวกันได้ยากเช่นกัน นอกจากนี้อัตราการเกิดรีโทรกราเดชั่นยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและ pH โดยที่ช่วงอุณหภูมิสูงระหว่าง 80-150 ^{o}C อัตราการเกิดรีโทรกราเดชั่นจะลดลง และในช่วง pH 5-7 อัตราการเกิดรีโทรกราเดชั่นจะสูงขึ้น ไม่พบว่าเกิดรีโทรกราเดชั่นที่ pH ต่ำกว่า 2 และสูงกว่า 10

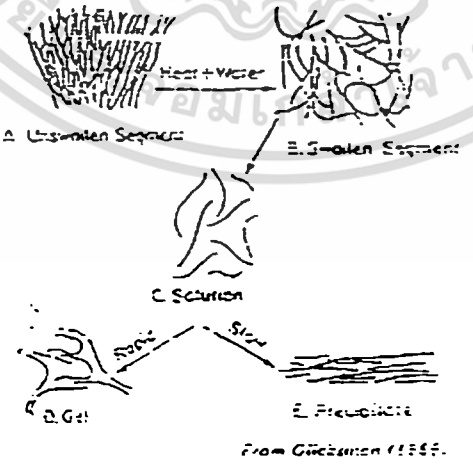
การเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดรีโทรกราเดชั่น

การเกิดรีโทรกราเดชั่นนั้นเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เป็นการจัดตัวของอะไมโลสเพื่อให้เกิดผลึกขึ้น มี 3 ขั้นตอน ดังนี้ (ดังภาพที่ 1.1) แล ให้เจลและตะกอน

(1) โมเลกุลของอะไมโลสยึดตัวออกเนื่องจากพันธะที่จับตัวกันแตกตัวออก

(2) น้ำส่วนที่เรียกว่า Bound Water หลุดออกไปจากโมเลกุล

(3) เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล



ภาพที่ 1.1 กระบวนการคืนตัวหรือรีโทรกราเดชั่นที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน จะให้การคืนตัวของตะกอนกับมีน้ำออกมาไม่มีการเชื่อมของกลุ่มไฮดรอกซิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.5 การแยกตัวของน้ำ (Syneresis) สารละลายแป้งแต่ละชนิดมีความอยู่ตัวไม่เท่ากัน ขึ้นกับโครงสร้างของโมเลกุล ความแข็งแรงของแรงเกาะระหว่างโมเลกุล ของแป้งกับน้ำ บางครั้งพบว่าสารละลาแป้งเกิดรีโทรกราเดชั่นจนกระทั่งน้ำที่เคยเกาะโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลสเพคตินแยกตัวออกมา และปรากฏเป็นหยดน้ำ ปรากฏกราณ์นี้เรียกว่าการแยกตัวของน้ำ (Syneresis)

1.5 **คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าว** (Physicochemical Properties of Rice)

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพนี้มีความสำคัญต่อการทดสอบและประเมินคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (Cooking and Eating Quality) เนื่องจากความนิยมในการรับประทานข้าวของผู้บริโภคแต่ละประเทศ จะแตกต่างกันไปขึ้นกับคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน เช่น ชาวญี่ปุ่นและเกาหลีนิยมข้าวนุ่มและเหนียวจับตัวกันเป็นก้อน ในขณะที่ชาวอินเดีย ศรีลังกา และปากีสถานนิยมข้าวร่วน เมล็ดไม่เกาะกัน ส่วนชาวฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย และไทยนิยมข้าวนุ่ม ซึ่งเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นก็ไม่แข็ง จากการศึกษาข้าวไทยปรากฏว่า ความชอบต่อข้าวเจ้ามักขึ้นอยู่กับความนุ่ม ความเหนียวและความเลื่อมมัน (งามชื่น, 2522)

1.5.1 ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีคุณสมบัติการหุงต้มแตกต่างกัน

1.5.1.1 ปริมาณอะไมโลส ข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะไมโลสต่ำ และทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสง ไม่เลื่อมมัน ข้าวสุกจะแข็งและร่วน ส่วนข้าวเหนียวจะดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้า และข้าวสุกที่ได้จะเหนียวและนุ่มกว่า ถ้าแบ่งข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าวสาร สามารถจัดแบ่งเป็น 5 ประเภทตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงการจำแนกประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส

ประเภทอะไมโลส	ปริมาณอะไมโลสในข้าวสาร(%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ต่ำมาก	2-9	เหนียว, นุ่ม
ต่ำ	9-20	เหนียว, นุ่ม
ปานกลาง	20-25	นุ่มค่อนข้างเหนียว
สูง	25-33	ร่วน, แข็ง

ที่มา : วิลัศนา และคณะ, 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณอะไมโลสมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการขยายปริมาตรและการดูดน้ำในระหว่างการหุงต้มและมีความสัมพันธ์ทางลบกับความนุ่มและความเหนียวของข้าวสุก อย่างไรก็ตามข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมีความแตกต่างอยู่ โดยเฉพาะความนุ่มของข้าวสุก ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับค่าการสลายตัวในด่าง (Alkali spreading value) หรือค่าความคงตัวของแป้งสุก (Gel Consistency) หรือทั้งสองค่า (Perez, 1979)

จากการศึกษาแต่ก่อนแสดงให้เห็นว่า ปริมาณอะไมโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ใช้ในการคาดคะเนลักษณเนื้อ(Texture) ของข้าวสุก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเหนียว ความนุ่ม และความเลื่อมมันของข้าวสุก อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าข้าวเก่าที่สุกแล้วจะร่วนกว่า แต่ก็ไม่ทำให้ปริมาณอะไมโลสเปลี่ยนแปลง ปริมาณอะไมโลสไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดและรูปร่างเมล็ด แต่ข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะมีค่าความหนืดขั้นหลังจากลดอุณหภูมิลงโดยวิธีการอะไมโลกราฟ (Amylograph Setback Viscosity) สูงกว่าข้าวอะไมโลสต่ำ

ข้าวชนิดจาโปนิกา ส่วนใหญ่พบว่า มีปริมาณอะไมโลสต่ำถึงปานกลาง ส่วนข้าวอินดิกามีปริมาณอะไมโลสสูงถึงปานกลาง และมีข้าวอะไมโลสต่ำอยู่บ้าง เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากการศึกษาข้าวเจ้าไทยพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 248 พันธุ์ พบว่า ข้าวนาสวนมีอะไมโลสตั้งแต่ต่ำถึงสูง ในขณะที่ข้าวไร่มีอะไมโลสต่ำถึงปานกลาง ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวที่ปลูกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลส 2.8-5.7% (โดยน้ำหนักแห้ง) และ 17.2-31.2 % ในข้าวเจ้า

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ปริมาณอะไมโลสเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดในการตรวจคุณภาพเมล็ดทั้งยังเป็นตัวกำหนดค่าอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน (Amylose / Amylopectin Ratio) ดังนั้นจึงมักคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของข้าวสารโดยน้ำหนักแห้งมากกว่าที่จะเทียบกับปริมาณสตาร์ช (Starch)

1.5.1.2 ความคงตัวของแป้งสุก (Gel Consistency) ในระหว่างข้าวที่มีอะไมโลสสูงด้วยกัน มีความแตกต่างในด้านคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน เช่นข้าวที่มีแป้งสุกแข็ง เมื่อหุงสุกแล้วจะแข็งกว่าข้าวที่มีแป้งสุกอ่อน ดังนั้นการวัดความหนืดของน้ำแป้งจึงเป็นวิธีการหาลักษณะเนื้อ (Texture) ของข้าวสุก จากค่าที่ได้จากอะไมโลกราฟแสดงให้เห็นว่า แป้งข้าวจากอินดิกาเมื่อทำให้เย็นจะมีความหนืดสูงกว่าแป้งที่ได้จากข้าวจาโปนิกา และเมื่อใช้แป้งที่มีความเข้มข้น 10% พบว่า ค่าการกลับคืนสู่สภาพเดิม (Setback) สามารถใช้ในการคาดคะเนคุณภาพของข้าวสุกได้

การหาค่าความคงตัวของแป้งสุกอาศัยหลักการทำให้แป้งใส โดยการต้มในสารละลายด่างแล้ว ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และวัดระยะทางที่แป้งสุกไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute : IRRI) ได้จัดแบ่งประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก ดังตารางที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แสดงการแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล
แข็ง	ต่ำกว่า 35 มม.
ค่อนข้างแข็ง	36-40 มม.
ปานกลาง	41-60 มม.
อ่อน	มากกว่า 50 มม.

ที่มา :วิลัศนา และคณะ , 2540

1.5.1.3 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งระหว่างให้ความร้อนและเย็น

การศึกษาคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน นอกจากจะศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังสามารถศึกษาถึงลักษณะความข้น (Pasting Behavior) ของข้าวด้วย โดยใช้เครื่อง Brabender Amylograph ซึ่งเป็นการศึกษาถึงคุณลักษณะของน้ำแป้ง โดยให้ความเข้มข้นของน้ำแป้งคงที่ ดูการเปลี่ยนแปลงความหนืดข้นของน้ำแป้ง โดยการให้ความร้อนระดับต่างๆ ค่าที่น่าสนใจคือ

- อุณหภูมิที่แป้งข้นใส (Pasting หรือ Gelatinization Temperature) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ความหนืดข้นของน้ำแป้งเริ่มเพิ่มขึ้น
- ความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity)
- ความหนืดข้นลดลง (Breakdown) เป็นค่าความแตกต่างของค่าความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity) กับความหนืดต่ำสุดหลังจากจุดความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity)
- ความคงตัว (Consistency) เป็นค่าความแตกต่างของความหนืดที่ 50 °C กับความหนืดต่ำสุดของน้ำแป้งหลังจากจุดความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity)
- การกลับคืนสู่สภาพเดิม (Setback) เป็นค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดที่ 50 °C กับค่าความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity)

<u>ความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่าง ๆ จากอะไมโลกราฟ</u>

ค่าความหนืดสูงสุด (Peak Viscosity) มีความสัมพันธ์กับค่าความหนืดข้นลดลง (Breakdown) ของแป้งข้าวทุกชนิด โดยไม่คำนึงถึงความเข้มข้นของน้ำแป้ง พันธุ์ข้าว และปีที่ปลูก ค่าอะไมโลสและค่าการกลับคืนสู่สภาพเดิม (Setback) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าการกลับคืนสู่สภาพเดิม (Setback) และความคงตัว (Consistency) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความหนืดข้นของน้ำแป้ง แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความหนืดข้นลดลง (Breakdown) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณอะไมโลสมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับค่าการกลับคืนสู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพเดิม ที่ความหนืดที่ 94 °C หลังจากให้ความร้อนนาน 20 นาที และค่าความหนืดเมื่อทำให้เย็นที่ 50 °C และปริมาณอะไมโลสยังมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความหนืดลดลง (Breakdown) ที่อุณหภูมิ 90 °C

1.6 ข้าวแต๋น

ข้าวแต๋นเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักของทางภาคเหนือของประเทศไทยโดยมีองค์ประกอบของข้าวเหนียวและส่วนประกอบอื่นๆ ผ่านกรรมวิธีต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการทำให้แห้งและนำไปทอด ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเกิดการพองตัวขึ้น ซึ่งพันธุ์ของข้าวเหนียวที่ใช้ทั่วไปและให้คุณภาพของข้าวที่ดีคือ ข้าวเหนียวเขี้ยวงู ข้าวเหนียว (glutinous rice) เป็นข้าวที่มีเนื้อเมล็ดหรือเอนโดสเปิร์ม (endosperm) มีสีขาวขุ่นเปราะหักง่าย เมื่อผ่านการหุงต้มแล้วเมล็ดจะใส เหนียวเกาะตัวกันดี ข้าวเหนียวใช้เป็นอาหารว่างและขนมหวานหลายๆ ชนิด เช่น ข้าวแต๋นข้าวเหนียวมูล บ๊ะจ่าง และนำไปโม่แป้งข้าวเหนียวใช้ทำขนมได้หลายอย่าง เช่น ขนมเข่ง

1.7 การพอง (puffing)

เกิดจากการขยายตัวของไอน้ำอย่างฉับพลันภายในช่องว่างของเมล็ด (Matz,1991) กระบวนการการพอง (puffing process) อาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ

1.7.1 กระบวนการที่เกิดภายใต้ความดันบรรยากาศ ซึ่งเกิดจากให้ความร้อนอย่างฉับพลันทำให้น้ำระเหยไปอย่างรวดเร็ว

1.7.2 กระบวนการที่เกิดจากการลดความดัน ซึ่งเกี่ยวกับการพาความร้อนสูง (superheat) อนุภาคความชื้น (moist particles) ไปยังช่องว่างที่มีความดันต่ำกว่า (Matz, 1991)

อาหารประเภทพองกรอบ (expanded product)

มีอาหารพองกรอบหลายประเภทที่สามารถใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบ ที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกัน เช่น

1. การพองด้วยการย่างบนความร้อน (baking) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อะราเร่ (arare) ที่ทำจากข้าวเหนียว และเซมเบ่ (senbei) ที่ทำจากข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ เทคโนโลยีการทำผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดนี้ นำมาจากชาวญี่ปุ่น ในการทำผลิตภัณฑ์อะราเร่ ข้าวเหนียวพันธุ์ที่นิยมใช้ คือ กข 6 สำหรับผลิตภัณฑ์เซมเบ่ ข้าวที่เหมาะสม คือข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ

2. การพองที่เกิดจากแรงอัดที่อุณหภูมิสูง (extrusion) ในปัจจุบันมีการนำ extrusion technology มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย การพองตัวของแป้งเกิดจากการที่แป้งได้รับความร้อนจากขดลวดและความดันสูงจากการขับเคลื่อนของแท่งเกลียว ทำให้แป้งและองค์ประกอบอาหารเกิดการหลอมตัว เมื่อแป้งเหลวนี้เคลื่อนตัวออกสู่บรรยากาศ ความดันจะลดลงกระทันหัน ไอน้ำที่อยู่ในก้อนแป้งเหลวจะกระจายระเหยออกทันทีและดันก้อนแป้งเกิดรูพรุนกระจายทั่ว เมื่อเย็นลงจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คงความกรอบของผลิตภัณฑ์ไว้ เครื่อง extrusion นี้ มีทั้งชนิด single screw และ twin screws เทคโนโลยีนี้สามารถทำผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ
และยังเอื้ออำนวยต่อการเติมสารอาหารเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย

3. การพองตัวที่เกิดจากแผ่นความร้อน (puffing machine) หลักการของเทคโนโลยีนี้เกิดขึ้นในทำนองเดียวกันกับ extrusion แต่ความดันที่ได้รับเกิดจากแรงกดและการเคลื่อนกลับของแผ่นให้ความร้อน 2 แผ่นประกบกัน ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ได้แก่ rice cake

4. การพองที่เกิดจากการอบหรือทอดในน้ำมันร้อน (Oven or deep fry puffing) เช่น ข้าวตอก ซึ่งทำจากข้าวเหนียว ข้าวตังทอด ขนมนางเล็ด จากการศึกษาการพองของข้าวที่ทอดในน้ำมันพบว่าข้าวที่เหมาะสมควรเป็นข้าวสุกอบแห้ง ข้าวอมิโลสต่ำและข้าวเหนียวจะมีการพองตัวได้ดีกว่าข้าวชนิดอื่น ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้หากได้รับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จะช่วยให้มีมูลค่าสูงขึ้น

1.8 การทอด (Matz, 1991)

การทำให้เกิดการพองตัวของแป้งซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ การทอดแตกต่างจากกระบวนการใช้ความร้อนวิธีอื่น ดังนี้

1.8.1 การปรุงสุกถูกทำให้สำเร็จในเวลาสั้น ปกติใช้เวลา 5 วินาที เนื่องจาก

2.5.1.1 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแหล่งความร้อนและอาหารมีมาก

2.5.1.2 ขนาดของอาหารแต่ละชิ้นปกติมีขนาดเล็ก

1.8.2 น้ำมันที่ทอดจะกลายเป็นองค์ประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์ด้วย ทั้งนี้ปริมาณน้ำมันจะแปรผันตามประเภทอาหาร เช่น มีร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ในปลาแท่งชุปขนมปัง (breaded fish stick) ถึงร้อยละ 40 หรือมากกว่าในมันฝรั่งทอด

1.8.3 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีผิวนอกกรอบกว่าวิธีอื่น

1.8.4 ตัวกลางในการพาความร้อน คือ น้ำมันที่ใช้ทอดให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบและคุณสมบัติในการเก็บรักษา

1.8.5 ปัญหาทางกลอย่างเดียวที่เกี่ยวข้องในการควบคุมการทอดทางการค้า

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการทอดมีดังนี้ คือ สภาพพื้นที่ผิว ลักษณะ และโครงสร้างของอาหาร ความชื้นเริ่มต้น เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ทอด การทอดบางครั้งอาหารจะอมน้ำมัน ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่มาจากอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด หากใช้อุณหภูมิต่ำไป การอมน้ำมันจะมาก การทอดนานเกินไปจนเกิดการสุกเกินไปเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์เช่นกัน (Thorner, 1970) นอกจากนี้อัตราส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพคตินก็เป็นผลทางอ้อมของการดูดซับน้ำมันของอาหารระหว่างการทอด การดูดซับน้ำมันของอาหารสามารถควบคุมได้โดยการทำให้ผิวหน้าของอาหารแห้งก่อนนำไปทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 การคืนตัวของแป้งด้วยวิธี DSC (นิศา และสุภาพร , 2538)

หลักการทำงานของเครื่อง DSC เป็นวิธีที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความร้อนเมื่อแป้งเกิดการคืนตัวที่เกิดขึ้นในตัวอย่างเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยแสดงผลเป็นกราฟที่มีแกน y เป็นการไหลของความร้อน (heat flow) และแกน x เป็นค่าอุณหภูมิ สามารถศึกษา glass transition และความร้อนแฝงได้ นิยมใช้ในพวกโพลีเมอร์ต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ศึกษาการเกิดเจลของแป้งหรือสตาร์ชได้ หลักการก็คือ ใช้พลังงานความร้อน (heat flow) กับอาหารตัวอย่างที่บรรจุอยู่ในจานอลูมิเนียมเปรียบเทียบกับจานอลูมิเนียมเปล่า (thermogram) หรือ DSC endotherm peak การคำนวณพลังงานหรือความร้อนที่ใช้จะคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟของ DSC endotherm peak ได้ค่า เอนทาลปี (enthalpy) มีหน่วยเป็น จูล/กรัม (J/g)

ใน DSC Thermogram มีอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องด้วย 3 อุณหภูมิ คือ T_0 : onset temperature, คือ T_p: peak temperature, T_c : conclusion temperature ค่าเอนทาลปี (ΔH) คือ พลังงานที่ใช้ในการหลอมเหลวผลึกแป้งคำนวณได้จาก DSC endotherm peak ค่าเอนทาลปีนี้ใช้เป็นดัชนีบอกค่าความแข็งแรงของพันธะแป้ง พบว่าแป้งข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะมีค่าเอนทาลปีสูงเพราะต้องใช้พลังงานมากในการทำลายพันธะไฮโดรเจนของผลึกอะมิโลสที่มีความแข็งแรง ในขณะที่แป้งข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำจะมีค่าเอนทาลปีต่ำด้วย

1.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธงชัย (2535) กล่าวว่า ปัจจัยที่ต้องคำนึงในการทอดคือ สภาพพื้นที่ผิวของอาหาร ลักษณะโครงสร้างของอาหาร ความชื้นเริ่มต้น เวลาที่ใช้ในการทอด อุณหภูมิที่ใช้ในการทอด สาเหตุการอมน้ำมันส่วนใหญ่มาจากอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด หากใช้อุณหภูมิต่ำไปการอมน้ำมันจะมาก การทอดนานเกินไปจนเกิดการสุกเกินไป (overcook) เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ ความชื้นของผลิตภัณฑ์ก่อนทอด ถ้ามีปริมาณสูงการอมน้ำมันก็จะเพิ่มตามไปด้วย สำหรับสภาวะในการทอดจะมีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่จะได้มาก โดยการทอดจะทำให้เกิดการพองตัวของแป้ง (starch gel) ขึ้น จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การพองตัวขึ้นกับปัจจัย 2 อย่างคือ ความดันและความต้านทาน เมื่อให้พลังงานพอเหมาะความดันเท่ากับความต้านทาน การพองตัวที่ได้จะมีการพองตัวที่ไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นอาหาร ความชื้นที่เหลืออยู่พอเหมาะทำให้มีความกรอบที่พอเหมาะมีโครงสร้างเนื้อสัมผัสที่ดีไปด้วย ถ้าความดันน้อยกว่าความต้านทานเนื้อสัมผัสจะไม่ดีรูพรุนไม่สม่ำเสมอ

ลินดา (2537) ทำการศึกษา การผลิตข้าวเคลือบกลิ่นหอม พบว่า อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) หมายถึงอุณหภูมิที่เม็ดสตาร์ชเริ่มพองตัวในน้ำร้อนและเปลี่ยนลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งแสง อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้ม ถ้าข้าวมีอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งสุกสูงจะหุงสุกช้ากว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ และความกว้างและหนาของเมล็ดข้าวก็มีผลต่อเวลาหุงต้ม สำหรับข้าวเหนียวหรือข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ ที่มีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลางถึงสูงจะใช้เวลาหุงต้มนานกว่า เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากกว่าทำให้ข้าวมีลักษณะแฉะ ดังนั้นข้าวเหนียวหรือข้าวที่มีอะมิโลสต่ำควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำจึงจะมีคุณภาพดี

นิศา และสุภาพร (2538) ทำการศึกษา คุณสมบัติของข้าวเจ้า และข้าวเหนียว เพื่อใช้ในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์แบบสกรูคู่ พบว่า อุณหภูมิแป้งสุก หมายถึง อุณหภูมิซึ่งเม็ดแป้ง (starch granule) เริ่มพองในน้ำร้อน ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวมีอุณหภูมิแป้งสุก 55-79°C ค่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์เซชั่นสามารถแบ่งได้เป็นช่วงต่ำ คือ 69.5°C หรือต่ำกว่า ช่วงปานกลาง 70 - 74°C และสูงคือมากกว่า 74°C สามารถวัดได้จากระดับการแตกตัวของเมล็ดข้าว 6 เมล็ดใน 1.7 % KOH 10 มล. นาน 23 ชั่วโมง ที่ 30°C โดยให้คะแนนเป็น 1-7 ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลาง จากค่าการสลายตัวในด่างแสดงให้เห็นว่า ข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอมมีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลาง ข้าวหอมและข้าวเหนียวมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ

รุ่งนภา (2543) ทำการศึกษา การวิเคราะห์กระบวนการเจลาติไนซ์และรีโทรกราเดชันที่มีผลต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าว พบว่า ระยะเวลาและอุณหภูมิในการแช่ข้าว ที่ใช้อุณหภูมิ 15 และ 30 องศาเซลเซียส หลังการแช่ข้าวในน้ำนาน 3-7 ชั่วโมง แม้ปริมาณการดูดซับน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 33-35 ก็ตาม แต่พบว่าตัวอย่างข้าวที่สุ่มขึ้นมาหลังจากการแช่ข้าวหลังชั่วโมงที่ 10 (ประมาณ 16 ชั่วโมง) เป็นต้นไป ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่ามีกลิ่นหมักเกิดขึ้น ในขณะที่การแช่ข้าว ณ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสจะให้การดูดซับน้ำที่สูงกว่าการแช่ที่อุณหภูมิ 15 และ 30 องศาเซลเซียส โดยที่ระยะเวลาที่ใช้แช่ข้าวตั้งแต่ชั่วโมงที่ 7 เป็นต้นไป จะเกิดกลิ่นหมักเกิดขึ้น ถึงแม้จะมีอัตราการดูดซึมน้ำที่สูงก็ตาม การแช่ข้าวเป็นเวลา 23 ชั่วโมง ให้ข้าวที่มีลักษณะที่เละแตกหักง่าย และมีกลิ่นหมักรุนแรง

อัจฉรา (2544) ทำการศึกษา การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งมันเทศเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส พบว่า จากการศึกษาอุณหภูมิการทอด 2 ระดับ คือ 190°C และ 200°C ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งมันเทศเคลือบปรุงแต่งรสกลิ่น ระยะเวลาการทอดคือ 25 และ 20วินาที ตามลำดับ วิเคราะห์ผลจากค่า a_w ค่าความหนาแน่น การพองตัว และการทดสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่าไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในเรื่องค่า a_w ค่าความหนาแน่น การพองตัว และการทดสอบด้านประสาทสัมผัสเรื่องสี ความกรอบ การอมน้ำมัน ความชอบโดยรวม การทอดที่190°C นาน 25 วินาที มีคะแนนเฉลี่ยความชอบระดับปานกลาง ซึ่งสูงกว่าการทอด 200°C ที่มีคะแนนเฉลี่ยความชอบระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง การทอดที่อุณหภูมิต่ำสามารถช่วยควบคุมลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้ง่ายกว่าการทอดที่อุณหภูมิสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Riva และคณะ (2000) ทำการศึกษา การเกิดรีโทรกราเดชั่นของแป้งในพาสต้าและข้าว พบว่า การเกิด รีโทรกราเดชันของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ที่ผ่านการเจลาติไนซ์แล้ว และเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดการจัดเรียงตัวเป็นโครงร่างแหสามมิติขึ้นใหม่ การเกิดรีโทรกราเดชันขึ้นกับโมเลกุลของสตาร์ชและโครงสร้างของสตาร์ชที่ผ่านการทำให้เกิดเจลาติไนซ์ ซึ่งขึ้นกับปริมาณความชื้น อุณหภูมิในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนของรีโทรกราเดชันของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียว กข 6 ณ ความเข้มข้นเดียวกัน พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้ค่าอัตราส่วนของรีโทรกราเดชันที่สูงกว่าข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บที่ 4 $^{\circ}C$ เท่ากัน เนื่องจากปริมาณ อะไมโลสในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีค่าสูงกว่าของข้าวเหนียว กข 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความแตกต่างของพันธุ์ข้าวเหนียวไทยต่อคุณภาพของข้าวแต๋น
Varietal Differences of Thai Glutinous Rice in Relation to Qualities of Traditional Thai Fried Rice Cracker (Khao-Tan)

2.1 บทนำ

ข้าว *(Oryza sativa)* เป็นพืชทางเศรษฐกิจ ปลูกเพื่อเป็นอาหารหลักในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะประเทศไทย ซึ่งผลผลิตข้าว 2 ใน 3 ส่วนที่ผลิตได้จะใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศ การทำพันธุ์และกิจการอื่น ๆ อีก 1 ส่วนที่เหลือ เป็นสินค้าส่งออก ซึ่งประเทศไทยมีสัดส่วนการส่งข้าวออกในตลาดโลกเป็นอันดับหนึ่งของโลกมาหลายปี รวมทั้งข้าวเหนียว ที่มีสัดส่วนการส่งออก 4% ของปริมาณการส่งออกข้าวทั้งหมด จะเห็นได้ว่าข้าวเหนียวนับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถนำรายได้เข้าสู่ประเทศได้เช่นเดียวกันกับข้าวเจ้า ถึงแม้ในสัดส่วนที่น้อยกว่า อีกทั้งเมื่อนำมาแปรรูปจะมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างจากการแปรรูปจากข้าวเจ้า ดังนั้น จึงมีความสนใจที่จะศึกษาการนำข้าวเหนียวมาใช้ประโยชน์

ข้าวเหนียว เป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสในองค์ประกอบของแป้งอยู่ประมาณ 0 – 2% (Juliano, 1992) ดังนั้น เมล็ดข้าวที่หุงสุกจึงมีลักษณะที่นุ่มเหนียวติดกัน และมีความเงาใสมากกว่าข้าวเจ้าหุงสุก ซึ่งงานวิจัยของ Juliano และคณะ (1965) พบว่า ปริมาณอะมิโลสจะผกผันกับค่าความนุ่มเหนียวและความเงาใสของข้าวหุงสุก ข้าวเหนียวจะมีเม็ดแป้งที่เปราะบางแตกง่าย (Sandhya Rani และ Bhattachaya, 1995) ซึ่งจะส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าว กล่าวคือ ข้าวเหนียวจะมีค่าความหนืดสูงสุด และค่า breakdown สูงกว่าข้าวเจ้า แต่อุณหภูมิการสุก (gelatinization temperature) และ ค่า setback ต่ำกว่า เนื่องจากเม็ดแป้งไม่ทนต่อความร้อนและแรงกวน (Halick และ Kelly, 1959 ; Barber, 1971) อีกทั้งค่าการดูดซับน้ำของข้าวเหนียวยังมีค่าที่ต่ำกว่าในข้าวเจ้า (Juliano และ Perez, 1983 ; Sowbhagya และคณะ, 1994) ดังนั้น ข้าวเหนียวจำเป็นต้องใช้การแช่ข้าวก่อนการหุงนานกว่าข้าวเจ้า

ความแตกต่างที่เป็นพื้นฐานระหว่างข้าวเจ้าและข้าวเหนียวดังกล่าว ทำให้การนำข้าวทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารที่แตกต่างกัน เช่น ข้าวเจ้าเหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์เส้น เช่น ขนมจีน ก๋วยเตี๋ยว เพราะต้องการการคงรูปหลังการทำให้สุกแล้ว ทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น ขนมปัง (Noomhorm และคณะ, 1994) และยังสามารถนำไปใช้ทำขนมขบเคี้ยว, ขนมอบกรอบ เช่น อาหารเช้าสำเร็จรูป, ขนมเซนเบะ (senbei) ซึ่งเป็นขนมอบกรอบของญี่ปุ่น ที่จะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งและกระด้าง สำหรับในข้าวเหนียวสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของซอสในผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง เนื่องจากข้าวเหนียวมี freeze-thaw stability ที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ เมื่อนำข้าวเหนียวมาแปรรูปเป็นขนมหวาน อาหารว่าง เช่น ข้าวเหนียวมูล ขนมเทียน ขนมเข่ง ขนมบัวลอย เป็นต้น ยังให้ลักษณะของขนมที่มีความนุ่มเหนียวไม่แข็งกระด้าง สำหรับในกลุ่มของขนมขบเคี้ยว ขนมอบกรอบ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบอะราเร่ (arare) ซึ่งเป็นขนมอบกรอบของญี่ปุ่น ข้าวเกรียบว่าว ข้าวแต๋น เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เหล่านี้ จะมีการพองตัวดี มีเนื้อสัมผัสที่กรอบเบา และละลายในปาก

ขนมข้าวแต๋นหรือขนมนางเล็ด เป็นขนมพื้นเมืองของไทยทางภาคเหนือ โดยเฉพาะข้าวแต๋นน้ำแตงโม ที่มีชื่อเสียงมากของจังหวัดลำปาง มีกรรมวิธีการผลิตแบบพื้นบ้าน คือ นำข้าวเหนียวแช่น้ำ 1 คืน นำไปนึ่งให้สุก ผสมส่วนผสมของน้ำแตงโมแล้วขึ้นรูปในพิมพ์ นำไปตากแดดให้แห้ง แล้วนำไปทอดให้มีลักษณะพองกรอบ ลักษณะคุณภาพที่ดีของข้าวแต๋นน้ำแตงโม คือ มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่พองกรอบเบา เมื่อรับประทานจะมีลักษณะละลายในปาก มีความหอมของส่วนผสมน้ำแตงโม มีความสม่ำเสมอของการพองตัวของเมล็ดข้าว กลไกการพองตัวนับเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องเข้าใจเพื่อให้ได้ขนมข้าวแต๋นคุณภาพดี Fondevila, และคณะ (1988) รายงานว่า สัดส่วนของอะมิโลส/อะมิโลเพคตินของวัตถุดิบ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืด และความชื้น เป็นตัวแปรสำคัญต่อคุณภาพการพองตัวของขนมจากข้าว สรุปโดยรวมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ สมบัติของวัตถุดิบ และตัวแปรในกระบวนการผลิต สำหรับข้าวเหนียว ถึงแม้เป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลส 0 – 2% แต่ในพันธุ์ที่ต่างกันอาจจะให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน เช่น ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 4 มีค่าอุณหภูมิแป้งสุก อยู่ในช่วง 74.5 – 77.0°C ซึ่งเป็นข้าวเหนียวในกลุ่มอุณหภูมิแป้งสุกสูง (> 70 °C.) เมื่อเป็นข้าวเหนียวหุงสุกจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้างมากกว่าพันธุ์สันป่าตอง และ กข 6 ซึ่งเป็นข้าวในกลุ่มอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (< 70 °C) (Perez และคณะ, 1979 ; Merca และ Juliano, 1981) ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาผลของพันธุ์ข้าวเหนียวที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียว และคุณภาพของข้าวแต๋นน้ำแตงโม รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวกับคุณภาพของข้าวแต๋นน้ำแตงโม เพื่อกำหนดสมบัติทางเคมีกายภาพที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวแต๋น และกำหนดพันธุ์ข้าวเหนียวที่เหมาะสมสำหรับข้าวแต๋นน้ำแตงโมคุณภาพดี

2.2 วัสดุและวิธีการทดลอง

วัสดุ

ข้าวเหนียว 6 พันธุ์ คือ พันธุ์เขี้ยวงู กข 6 กข 10 หางยี 71 สกลนคร 1 และเหนียวอุบล 2 นำข้าวเปลือกมาเข้าเครื่องกะเทาะ (Satake) แล้วเข้าเครื่องสีข้าว (McGill No.3) เครื่องขัดรำข้าว ตามลำดับ ข้าวสารเหนียวที่ได้ส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพในบางวิธีวิเคราะห์และนำไปทำข้าวแต๋น อีกส่วนหนึ่งนำไปโม่เป็นแป้ง โดยนำไปผ่านเครื่องบดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Retsch Ultra Centrifugal Mill ZM) โดยใช้ตะแกรงวงแหวนรูเปิด ขนาด 2 1 และ 0.12 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความเร็วรอบที่ 10,000 rpm เก็บตัวอย่างขนาด 2 1 และ 0.12 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความเร็วรอบที่ 10,000 rpm เก็บตัวอย่างแป้งเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพหลังจากที่บดผ่านตะแกรงวงแหวนรูเปิด ขนาด 0.12 มิลลิเมตร

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียว

1. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวเหนียว (protein content)

โดยใช้ Kjeldahl method คำนวณหาปริมาณโปรตีน (% น้ำหนักแห้ง) คูณด้วย factor 5.95 (ดัดแปลงจากวิธี AACC Method 46-12, 1995)

2. วิเคราะห์สมบัติ gel consistency ของแป้งข้าวเหนียว

นำตัวอย่างแป้งข้าวเหนียวทั้ง 100 และ 120 มิลลิกรัม ปิเปต ethanol 95% ที่มี bromthymol blue ละลายอยู่ 0.025% w/v ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 13 x 100 มม. ความด้วยสารละลาย KOH 0.2 นอร์มัล 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปต้มให้เดือด 8 นาที จนส่วนผสมสูงขึ้น 2/3 ของหลอด ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที นำไปแช่เย็นในน้ำผสมน้ำแข็ง 20 นาที วางนอนบนกระดาษกราฟ 60 นาที อ่านระยะทางของแป้งสุกที่ไหลไป ตามวิธีของ Cagampang และคณะ (1973)

3. วิเคราะห์สมบัติทางด้านค่า alkali digestibility ของเมล็ดข้าวเหนียว

แช่เมล็ดข้าว 10 เมล็ด ในสารละลาย KOH ทั้งที่ความเข้มข้น 1.3 1.4 และ 1.7% (w/v) เป็นเวลา 23 ชั่วโมง ประเมินค่าด้วยระดับตัวเลข 1 – 7 ตามวิธีของ Little และคณะ (1958)

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียวด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ วิสโคอะมิโลกราฟ (Barbender Viscoamylograph)

เตรียมความเข้มข้นของ slurry แป้งข้าวเหนียว 10% (น้ำหนักแห้ง) โดยใช้แบบแผนการให้ความร้อนและการทำให้เย็นตามวิธีใน AACC Method 61 – 01 (1995)

การทำผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นและวิธีวิเคราะห์คุณภาพ

วิธีทำข้าวแต๋น

แช่ข้าวเหนียว 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำไปนึ่งด้วยซึ้งนึ่งอะลูมิเนียมเป็นเวลา 30 นาที แล้วผสมกับส่วนผสมน้ำแดงโม พักไว้ประมาณ 10 นาที และขึ้นรูปโดยใช้พิมพ์วงแหวน นำไปอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60°C 6 ชั่วโมง แล้วนำไปทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 230 °C จะได้ข้าวแต๋น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์คุณภาพข้าวแต๋น

1. ค่าการขยายตัวของปริมาตร (volume expansion)

โดยใช้วิธีการแทนที่ปริมาตรด้วยเมล็ดงาดำ

$$\text{การขยายตัวของปริมาตร (\%)} = \frac{\text{ปริมาตรข้าวแต๋นหลังทอด}}{\text{ปริมาตรข้าวแต๋นก่อนทอด}} \times 100$$

2.การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 40 คน ทำการทดสอบข้าวแต๋น ที่ทำจากข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ ทางด้านลักษณะการพองตัวของเมล็ดข้าว ความกรอบพอง และความชอบรวม ด้วย Ranking Test โดยมีการเรียงลำดับคะแนน 1 – 6 (1 = คะแนนน้อยที่สุด, 6 = คะแนนมากที่สุด)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลจากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ และค่าการขยายตัวของปริมาตรของข้าวแต๋นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 7.5 ใช้การวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ตัวแปรที่ศึกษาคือพันธุ์ของข้าวเหนียว 6 พันธุ์ ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range test สำหรับข้อมูลทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 7.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range test

การหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเคมีกายภาพของข้าวเหนียวและระหว่างสมบัติเคมีกายภาพของข้าวเหนียวกับคุณภาพของขนมอบกรอบ

นำค่าสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ และสมบัติคุณภาพของข้าวแต๋น ทั้งค่าการขยายตัวของปริมาตรและคุณภาพทางประสาทสัมผัส หาระดับความสัมพันธ์หรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเปียร์สัน (r) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 7.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียว

ตารางที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์ข้าวเหนียว	ปริมาณโปรตีน[ns] (% น้ำหนักแห้ง)	ค่า alkali digestibility			ค่า gel consistency	
		1.3% KOH	1.4% KOH	1.7% KOH	แป้ง 100 มก.	แป้ง 120 มก.
เขี้ยวงู	6.41 ± 0.12	$5.0^{b} \pm 0$	$5.5^{c} \pm 0.20$	$6.0^{b} \pm 0.50$	$99.2^{a} \pm 2.04$	$99.5^{a} \pm 1.22$
กข 6	6.42 ± 0.09	$6.0^{a} \pm 0$	$6.0^{b} \pm 0.32$	$6.0^{b} \pm 0$	$98.3^{a} \pm 4.08$	$96.1^{a} \pm 9.38$
กข 10	7.28 ± 0.06	$4.6^{c} \pm 0.03$	$5.2^{c} \pm 0.25$	$5.6^{bc} \pm 0.34$	$83.8^{b} \pm 13.12$	$72.6^{b} \pm 11.09$
หางยี 71	5.82 ± 2.83	$5.0^{b} \pm 0.03$	$5.5^{c} \pm 0.20$	$6.0^{b} \pm 0$	$81.0^{b} \pm 11.45$	$68.5^{b} \pm 8.16$
สกลนคร 1	7.32 ± 0.15	$5.9^{a} \pm 0.03$	$6.2^{b} \pm 0.28$	$7.0^{a} \pm 0$	$93.5^{a} \pm 11.45$	$70.6^{b} \pm 5.88$
เหนียวอุบล 2	7.43 ± 0.02	$6.0^{a} \pm 0$	$6.6^{a} \pm 0.20$	$7.0^{a} \pm 0$	$100.0^{a} \pm 0$	$90.8^{a} \pm 10.92$

ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำของแต่ละสมบัติที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปริมาณโปรตีนของข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ อยู่ในช่วง 5.82 – 7.43% (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งเป็นปริมาณโปรตีนเฉลี่ยปกติในเมล็ดข้าว และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังเช่นในงานวิจัยของ Juliano และ Villareal (1987) พบว่า ปริมาณข้าวเหนียวของ กข 6 มีอยู่ 7.8% ปริมาณโปรตีนเป็นปัจจัยที่สองรองจากสัดส่วนของอะมิโลสต่ออะมิโลเพคตินที่มีความสำคัญต่อคุณภาพการหุงต้มและการบริโภคของข้าวทางด้านความแข็งและความเหนียวของข้าวหุงสุกที่จะทำให้มีค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นแต่ความเหนียวลดลงเมื่อปริมาณโปรตีนสูงขึ้น (Juliano และคณะ, 1965) นอกจากนั้นยังจำกัดการพองตัวของเม็ดแป้งจะทำให้ค่าความหนืดสูงสุด ของ amylogram ต่ำลง (Shibuya และ Iwasaki, 1982) และโปรตีนจะเป็นตัวขัดขวางการซึมผ่านของน้ำเข้าไปในเมล็ดข้าว ดังนั้นถ้าข้าวที่มีโปรตีนสูงจะต้องใช้เวลาในการหุงต้มนานขึ้น (Hamaker, 1994)

ค่า alkali digestibility ได้จากการแช่เมล็ดข้าวในสารละลาย KOH ความเข้มข้น 1.3 1.4 และ 1.7% (w/v) แช่ทิ้งไว้ 23 ชม. ที่อุณหภูมิห้อง ระดับคะแนน 6 – 7 หมายถึงเมล็ดข้าวถูกย่อยด้วยด่างเกือบจะมีลักษณะเป็นวงใส ๆ ระดับคะแนน 4 – 5 หมายถึง เมล็ดข้าวถูกย่อยปานกลาง ระดับคะแนน 1 – 3 หมายถึง เมล็ดข้าวเกือบจะไม่ถูกย่อยด้วยด่างเลยตามลำดับ สำหรับในข้าวเหนียวการใช้ความเข้มข้น KOH ที่ 1.7% (w/v) อาจจะไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของพันธุ์ข้าวเหนียวได้ จึงต้องลดความเข้มข้นของ KOH ลงเหลือ 1.3 หรือ 1.4% ค่า alkali

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

58919

digestibility ที่ความเข้มข้น KOH 1.7% (w/v) จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิแป้งสุกเป็นอุณหภูมิที่เม็ดแป้งเริ่มพองตัวอย่างผันกลับไม่ได้ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ณ จุดนี้เม็ดแป้งจะสูญเสียความเป็นผลึกหรือความเป็นระเบียบของโมเลกุล ในกลุ่มข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกัน เช่นในข้าวเหนียว แต่มีคุณภาพการหุงต้ม บริโภค และแปรรูปต่างกัน อาจจะมีอุณหภูมิแป้งสุกต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็นตัวแปรบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเหนียวนั้น ๆ ได้ (Perez และ Juliano, 1981) ดังเช่น ในงานวิจัยของ Antonio และคณะ (1975) พบว่า ขนม suman ซึ่งเป็นขนมพื้นเมืองของฟิลิปปินส์ หากทำจากข้าวเหนียวกลุ่มอุณหภูมิแป้งสุกสูง จะได้ขนมมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บขนมนั้นไว้ ค่า alkali digestibility สามารถใช้ประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสุกได้ดังนี้ ค่า alkali digestibility เท่ากับ 6 – 7 4 – 5 1 – 3 จะมีอุณหภูมิแป้งสุก < 70 °C 70 – 74 °C และ > 74 °C. ตามลำดับ จากผลในตารางที่ 2.1 ค่า alkali digestibility ที่ความเข้มข้น KOH 1.7% (w/v) ข้าวเหนียวในการทดลองทุกพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 5.6 – 7.0 ซึ่งจัดอยู่ในข้าวเหนียวกลุ่มอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (< 70°C) เมื่อประกอบกับผลในตารางที่ 2.2 พบค่าอุณหภูมิแป้งสุกอยู่ในช่วงประมาณ 60.2 – 63.4 °C. แสดงว่าข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ จัดอยู่ในช่วงอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ซึ่งในงานวิจัยที่ผ่านมาของ Perez และคณะ (1979) พบว่า ข้าวเหนียว กข 6 ค่า alkali digestibility ความเข้มข้น KOH 1.7% (w/v) มีค่าเท่ากับ 7.0 ที่ความเข้มข้น KOH 1.3% มีค่าเท่ากับ 5.0 สำหรับค่า alkali digestibility ที่ความเข้มข้น KOH 1.3 และ 1.4 (w/v) จะมีค่าต่ำกว่า ค่า alkali digestibility เมื่อใช้ความเข้มข้น KOH 1.7% (w/v) เนื่องจาก KOH มีความเข้มข้นต่ำกว่า เมล็ดข้าวจะถูกย่อยสลายได้น้อยกว่า เพื่อจะทำให้สามารถแยกความแตกต่างของข้าวเหนียวได้มากกว่า จากผลในตารางที่ 2.1 พบว่า ข้าวเหนียว กข 6 สกลนคร 1 และเหนียวอุบล 2 มีค่า alkali digestibility ความเข้มข้น KOH 1.3 และ 1.4% (w/v) สูงกว่าพันธุ์เขี้ยวงู กข 10 และ หางยี 71 ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะพันธุ์ กข 10 จะมีค่านี้ต่ำที่สุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ที่ใช้ศึกษาถึงแม้จะอยู่ในกลุ่มอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (< 70 °C) ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 10 จะมีลักษณะที่แตกต่างโดดเด่นจากพันธุ์อื่น ๆ ซึ่งความแตกต่างนี้อาจเกิดจากความแตกต่างของขนาดโมเลกุลอะมิโลเพคติน และการกระจายน้ำหนักโมเลกุลอะมิโลเพคติน (Palmiano และ Juliano, 1972 ; Juliano และ Villareal, 1987)

ค่า gel consistency วัดเป็นระยะทางที่ไหลของแป้งสุกที่เย็นตัว เป็นวิธีทางอ้อมที่ใช้บอกค่าความหนืดของแป้งสุกเมื่อเย็นตัวแล้ว เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก ไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีเทคโนโลยีซับซ้อน มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าความหนืดของแป้ง (gel viscosity) นั่นคือ ถ้าความหนืดของแป้งสุกเมื่อเย็นตัวแล้วมีความหนืดสูง ค่า gel consistency จะต่ำ (ระยะทางที่แป้งสุกไหลจะน้อย) ในทางตรงกันข้าม ความหนืดของแป้งสุกเมื่อเย็นตัวมีค่าต่ำ ค่า gel consistency จะสูง (ระยะทางที่แป้งสุกไหลจะมาก) ระยะทางที่แป้งสุกไหล สามารถแบ่งคุณภาพของเนื้อสัมผัสของแป้งสุกได้เป็น 3 ระดับ คือ ระยะที่แป้งไหล (มม.) เท่ากับ 26 – 40 41 – 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

61 – 100 แป้งสุกจะมีคุณภาพในลักษณะแป้งสุกแข็ง แป้งสุกนุ่มปานกลาง และแป้งสุกอ่อนหรือนุ่ม ตามลำดับ วิธีมาตรฐานทั่วไปที่ใช้คือ alkali gel consistency โดยใช้ตัวอย่างแป้ง 100 มิลลิกรัม แต่ตัวอย่างแป้งข้าวเหนียวถ้าใช้ตัวอย่างแป้ง 100 มิลลิกรัม ดังกล่าว อาจจะทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ เพราะในบางครั้งจะมีระยะทางการไหลอยู่ในระดับ 100 มิลลิเมตร เท่า ๆ กัน ดังนั้นในการทดลองจึงเพิ่มปริมาณแป้งที่ใช้เป็น 120 มิลลิกรัม อีก 1 วิธี เพื่อทำให้แป้งสุกแข็งขึ้น ระยะทางการไหลจะลดลง และยังเป็นการทดสอบดูว่า ตัวอย่างแป้งปริมาณใดที่มีความเหมาะสมและไวพอที่จะแยกแยะความแตกต่างของตัวอย่างพันธุ์ข้าวเหนียวที่ใช้ในการศึกษา จากผลการทดลองในตารางที่ 1 พบว่า ข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ จัดว่ามีเนื้อสัมผัสของแป้งสุกที่เย็นตัวแล้วอยู่ในระดับแป้งอ่อนนุ่ม (ระยะทางที่แป้งสุกไหล 61 – 100 มม.) แต่ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู กข 6 และเหนียวอุบล 2 จะมีลักษณะที่แตกต่างโดยเด่นเฉพาะตัวกว่าพันธุ์ กข 10 หางยี 71 และสกลนคร 1 ในลักษณะที่มีความอ่อนนุ่มมากกว่า ($p \leq 0.05$) ทั้งวิธีที่ใช้ตัวอย่างแป้ง 100 และ 120 มิลลิกรัม ซึ่งอาจจะเป็นเพราะการจัดเรียงตัวโครงสร้างของโมเลกุลอะมิโลเพคตินภายในที่แตกต่างกันออกไป จึงส่งผลต่อค่าความหนืดของแป้งสุกที่เย็นตัวแล้วแตกต่างกัน

ตารางที่ 2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องบราเบนเดอร์วิสโคอะมิโลกราฟของแป้งข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์

พันธุ์ข้าวเหนียว	อุณหภูมิแป้งสุก ($^{\circ}$C)	ความหนืด (B.U.)					
		สูงสุด (P)	ที่ 95°C สุดท้าย (95°C)	ที่ 50°C (50°C)	Breakdown*	Setback*	Consistency*
เขี้ยวงู	60.2	730	340	390	390	- 340	50
กข 6	60.8	1025	440	490	585	- 535	50
กข 10	63.4	1150	640	670	510	- 480	30
หางยี 71	60.7	1010	670	690	340	- 320	20
สกลนคร 1	63.4	1240	910	950	330	- 290	40
เหนียวอุบล 2	60.7	1010	440	480	570	- 530	40

ค่าในตารางได้จากการทดลอง 1 ซ้ำ

* breakdown = ความหนืดที่ P – ความหนืดที่ 95 $^{\circ}$C., setback = ความหนืดที่ 50 $^{\circ}$C. – ความหนืดที่ P, consistency = ความหนืดที่ 50 $^{\circ}$C – ความหนืดที่ 95°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลในตารางที่ 2.2 พบว่า ข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ มีอุณหภูมิแป้งสุก 60.2 – 63.4 °C ซึ่งจัดอยู่ในข้าวเหนียวกลุ่มอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (< 70 °C) ทางด้านค่าความหนืดสูงสุดเป็นค่าที่แสดงถึงระดับการพองตัวเต็มที่ของเม็ดแป้ง ซึ่งพบว่า ข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ อยู่ในช่วง 730 – 1240 B.U. โดยพันธุ์เขี้ยวงูมีค่านี้ต่ำที่สุด เท่ากับ 730 B.U. ส่วนพันธุ์อื่น ๆ อีก 5 พันธุ์ จะมีค่าความหนืดสูงสุดมากกว่า 1,000 B.U. ค่า breakdown เป็นค่าที่แสดงระดับการแตกสลายของเม็ดแป้ง ถ้ามีค่าสูงแสดงว่า เม็ดแป้งนั้นมีความต้านทานต่อความร้อนและแรงกวนน้อย พบว่า ข้าว กข 6 กข 10 และเหนียวอุบล 2 มีค่า breakdown สูงกว่าพันธุ์เขี้ยวงู หางยี 71 และสกลนคร 1 สำหรับค่า setback เป็นค่าที่บอกถึงการเกิดรีโทรเกรเดชั่นในแป้ง (การคืนตัว) สำหรับค่า setback นี้ ในข้าวเหนียวจะมีค่าติดลบ ถ้าติดลบมาก แสดงว่า การเกิดรีโทรเกรเดชั่นมีน้อย เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะมีความนุ่ม พบว่า ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 กข 10 และเหนียวอุบล 2 จะมีค่า setback ต่ำกว่าพันธุ์เขี้ยวงู หางยี 71 และสกลนคร 1 อาจจะส่งผลต่อคุณภาพของข้าวแต๋นที่แตกต่างกัน

การประเมินคุณภาพข้าวแต๋น

ตารางที่ 2.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติของข้าวแต๋นทางด้านการพองตัวและการทดสอบทางประสาทสัมผัส

พันธุ์ข้าวเหนียว	ค่าการขยายตัวของปริมาตร (%)	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส		
		ลักษณะการพองตัวของเมล็ดข้าว	ความกรอบพอง	ความชอบรวม
เขี้ยวงู	$420.0^{a} \pm 25.5$	$5.5^{a} \pm 0.21$	$4.8^{a} \pm 1.58$	$4.6^{a} \pm 1.78$
กข 6	$338.0^{b} \pm 4.24$	$2.6^{c} \pm 1.25$	$3.0^{c} \pm 1.43$	$2.9^{c} \pm 1.23$
กข 10	$300.0^{c} \pm 14.14$	$1.8^{d} \pm 0.16$	$1.7^{d} \pm 1.71$	$2.0^{d} \pm 1.34$
หางยี 71	$311.3^{bc} \pm 1.84$	$2.9^{c} \pm 1.30$	$3.7^{b} \pm 1.35$	$3.9^{ab} \pm 1.60$
สกลนคร 1	$315.9^{bc} \pm 2.69$	$3.0^{c} \pm 1.29$	$3.7^{b} \pm 1.42$	$4.0^{ab} \pm 1.49$
เหนียวอุบล 2	$325.5^{bc} \pm 7.78$	$5.0^{b} \pm 0.24$	$3.9^{b} \pm 1.47$	$3.4^{bc} \pm 1.46$

ค่าเฉลี่ยของแต่ละสมบัติที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2.3 ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู มีค่าการขยายตัวของปริมาตรหรือการพองตัวที่วัดด้วยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงาดำสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) รวมทั้งผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะการพองตัวของเมล็ดข้าว ความกรอบพอง และความชอบรวม สูงที่สุดเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

($p \leq 0.05$) ข้าวแต๋นที่ทำจากข้าวเหนียวพันธุ์หางยี และสกลนคร 1 ได้รับคะแนนความชอบรวมจากผู้บริโภครองลงมาจากข้าวแต๋นที่ทำจากพันธุ์เขี้ยวงู เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพของแผนภูมิความข้นหนืด ในตารางที่ 2.2 พบว่า ข้าวเหนี่ยวพันธุ์เขี้ยวงู หางยี 71 และสกลนคร 1 มีค่า breakdown ที่ต่ำกว่า และค่า setback ที่มากกว่าข้าวเหนียวอีก 3 พันธุ์ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า ค่า breakdown และค่า setback อาจจะใช้เป็นตัวบ่งชี้พันธุ์ข้าวเหนียวที่เหมาะสมต่อคุณภาพของข้าวแต๋น สำหรับสมบัติทางเคมีในตารางที่ 2.1 ทั้งปริมาณโปรตีน ค่า alkali digestibility มีค่าไม่สอดคล้องกับสมบัติคุณภาพข้าวแต๋น ยกเว้น ค่า gel consistency ซึ่งพันธุ์หางยี 71 และสกลนคร 1 มีค่าที่ต่ำ แสดงว่าแป้งมีรีโทรเกรเดชั่นที่สูง สอดคล้องกับค่า setback ในตารางที่ 2 ซึ่งมีค่าที่สูง แสดงการเกิดรีโทรเกรเดชั่นที่สูงเช่นเดียวกัน ยกเว้นพันธุ์เขี้ยวงู ที่ไม่สอดคล้องกันระหว่าง 2 ค่านี้ อย่างไรก็ตาม ตัวแปรใดจะมีความสัมพันธ์กับสมบัติคุณภาพของข้าวแต๋นนั้น จะต้องนำตัวแปรต่าง ๆ มาหาความสัมพันธ์กันในหัวข้อต่อไป

<u>ความสัมพันธ์ของตัวแปร</u>

ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของคุณภาพข้าวแต๋น

	ค่าการขยายตัวของปริมาตร	ลักษณะการพองตัวของเมล็ด	ความกรอบพอง	ความชอบรวม
ค่าการขยายตัวของปริมาตร	1.0000			
ลักษณะการพองตัวของเมล็ด	0.7544	1.0000		
ความกรอบพอง	0.6991	0.8452*	1.0000	
ความชอบรวม	0.6091	0.6930	0.9642*	1.0000

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเปียร์สัน (r)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของสมบัติทางเคมีกายภาพกับสมบัติของข้าวแต๋น

สมบัติของข้าว	สมบัติข้าวแต๋น			
	ค่าการขยายตัวของปริมาตร	ลักษณะการพองตัวของเมล็ด	ความกรอบพอง	ความชอบรวม
สมบัติเคมีกายภาพ				
ปริมาณโปรตีน	- 0.3065	0.0028	- 0.2948	- 0.3505
alkali digestibility (1.7% KOH)	- 0.4685	- 0.4591	- 0.0187	0.1099
alkali digestibility (1.4% KOH)	- 0.2504	- 0.2621	0.2482	0.4031
alkali digestibility (1.3% KOH)	- 0.1885	- 0.2970	0.1985	0.3310
alkali gel consistency (แป้ง 100 มก.)	0.5935	0.6700	0.5022	0.3275
alkali gel consistency (แป้ง 120 มก.)	0.7590	0.6449	0.4056	0.1961
ความหนืดสูงสุด	- 0.8790*	- 0.7409	- 0.6228	- 0.4904
ค่า breakdown	- 0.1212	- 0.0467	- 0.4474	- 0.6573
setback	0.1955	0.0972	0.4982	0.7015
Amylograph consistency	0.6701	0.4683	0.3456	0.2178

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตัวเลขในตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเปียร์สัน (r)

ตารางที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียว

	gel 100	gel 120	alkali 1.3	alkali 1.4	alkali 1.7	Protein	PV	BD	SB	CC
gel 100	1.0000									
gel 120	0.8460*	1.0000								
alkali 1.3	-0.0818	-0.2152	1.0000							
alkali 1.4	-0.3203	-0.4047	0.9344*	1.0000						
alkali 1.7	-0.1752	-0.3703	0.9508*	0.8901*	1.0000					
Protein	0.2780	-0.0799	-0.5008	-0.6038	-0.3059	1.0000				
PV	-03883	-0.7216	0.2471	0.1994	0.4934	0.5159	1.0000			
BD	0.4004	0.5201	-0.3434	-0.5215	-0.2101	0.3242	-0.0082	1.0000		
SB	-0.3174	-0.4483	0.3485	0.5014	0.1963	-0.3159	-0.0318	-0.9952*	1.0000	
CC	0.9152*	0.8456*	-0.0573	-0.3527	-0.1963	0.1799	-03837	0.3555	-0.2622	1.0000

PV = peak viscosity, BD = breakdown, SB = setback, CC = Amylograph consistency

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตัวเลขในตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเปียร์สัน (r)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลในตารางที่ 2.4 พบว่า ผู้บริโภคจะตัดสินความชอบข้าวแต๋นจากคุณภาพทางด้านความกรอบพอง ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก 2 ค่านี้มีความสัมพันธ์กันอย่างสูงในเชิงบวก ($r = 0.9642$) ซึ่งมากกว่าตัวแปรทางด้านลักษณะการพองตัวของเมล็ดข้าว ($r = 0.6930$) แต่อย่างไรก็ตามลักษณะการพองตัวของเมล็ดข้าวก็มีความสัมพันธ์กับค่าความกรอบข้าวแต๋นในลักษณะไปในทางเดียวกัน ($r = 0.8452$)เมื่อพิจารณาผลในตารางที่ 2.5 จะพบความสัมพันธ์ของค่าความชอบรวมไม่มีความสัมพันธ์กันกับตัวแปรทางสมบัติเคมีกายภาพของข้าวเหนียวค่าใด ๆ เลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ถ้าพิจารณาระดับความสัมพันธ์ พบว่า ค่า setback มีค่าความสัมพันธ์สูงกว่าค่าอื่น ๆ ($r = 0.7015$) ถึงแม้ทางสถิติไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยสัมพันธ์กันในเชิงบวก นอกจากนี้ค่าการขยายตัวของปริมาตรมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับค่าความหนืดสูงสุดในเชิงลบ ($r = -0.8790$) ในตารางที่ 2.6 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเคมีกายภาพของข้าวเหนียว ค่า setback ที่สามารถบ่งชี้ค่าความชอบรวมของผู้บริโภคต่อข้าวแต๋นได้นั้น จะสัมพันธ์อย่างสูง ($p \leq 0.05$) กับค่า breakdown ในเชิงลบ ($r = -0.9952$) ทางด้านค่า gel consistency (แป้ง 100 มิลลิกรัม) มีความสัมพันธ์กับค่า gel consistency (แป้ง 120 มิลลิกรัม) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05, r = 0.8460$) แสดงว่า การวิเคราะห์สมบัติของข้าวเหนียวโดยวิธีนี้ การใช้ตัวอย่างแป้งในการทดสอบ 100 มิลลิกรัม จะให้ผลไปในทำนองเดียวกันกับการใช้ตัวอย่างแป้ง 120 มิลลิกรัม และทั้ง 2 วิธีวิเคราะห์นี้ ยังให้ผลไปในทำนองเดียวกันกับค่า Amylograph consistency เช่นเดียวกัน ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.9152 และ 0.8456 ตามลำดับ ในกลุ่มของ alkali digestibility ก็เช่นเดียวกัน การใช้ความเข้มข้น KOH 1.3%, 1.4% และ 1.7% (w/v) ให้ผลไปในทำนองเดียวกัน โดยการใช้ความเข้มข้น KOH ที่ 1.7% จะให้ค่าการวิเคราะห์ที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมากที่สุดกับการใช้ความเข้มข้น KOH ที่ 1.3% ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.9508 ดังนั้น เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการวิเคราะห์ จึงอาจเลือกวิธีที่ใช้ความเข้มข้น KOH ที่ 1.7% หรือ 1.3% วิธีใดวิธีหนึ่งร่วมกับการใช้ KOH ความเข้มข้น 1.4% อีก 1 วิธี

2.4 <u>สรุปผลการทดลอง</u>

ข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ ในการทดลองนี้ล้วนเป็นข้าวเหนียวกลุ่มอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (< 70°ซ.) แต่มีผลต่อคุณภาพข้าวแต๋นแตกต่างกัน ในการทดลองของ Palmiano และ Juliano (1972) พบว่า ความแตกต่างกันของค่า alkali digestibility ความเข้มข้น KOH 1.3% (w/v) ค่าความหนืดสูงสุด และค่า setback ใช้แยกความแตกต่างของคุณภาพข้าวเหนียวสำหรับ rice cake ได้ แต่ในการทดลองนี้ความแตกต่างกันทางด้าน alkali digestibility ความเข้มข้น KOH 1.3% (w/v) ไม่สามารถนำมาบ่งชี้คุณภาพของข้าวแต๋นได้ ยกเว้น ค่าความหนืดสูงสุด และค่า setback โดยข้าวแต๋นจะมีความกรอบพองที่ดี ซึ่งเป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้เป็นตัวเลือกสำหรับค่าความชอบรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของข้าวแต๋นนั้น จะต้องมีค่า setback ที่สูง แต่ค่าความหนืดสูงสุดที่ต่ำ และค่า breakdown ที่ต่ำ หมายความว่า ข้าวเหนียวควรมีค่าการคืนตัวของแป้งสุกเมื่อเย็นตัวแล้วที่สูง แต่การพองตัวของเม็ดแป้งต่ำ และเม็ดแป้งควรมีความคงทนต่อความร้อนและแรงกวน ไม่แตกสลายง่าย โดยลักษณะพันธุ์ข้าวเหนียวในการทดลองนี้ที่มีลักษณะ setback ที่สูง แต่ค่าความหนืดสูงสุด และค่า breakdown ที่ต่ำ คือ พันธุ์เขี้ยวงู ซึ่งน่าจะเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการทำข้าวแต๋นมากที่สุด พันธุ์ที่เหมาะสมรองลงมา คือ หางยี 71 และสกลนคร 1 เนื่องจากมีค่า setback ที่สูง ส่วน กข 10 เป็นพันธุ์ที่ไม่เหมาะสมสำหรับการทำข้าวแต๋นมากที่สุด จะทำให้ข้าวแต๋นมีการพองตัวไม่ดี ค่าความกรอบพองต่ำ ดังนั้น กข 10 จะต้องมีความแตกต่างทางด้านโครงสร้างของโมเลกุลอะมิโลเพคตินกันพันธุ์อื่น ๆ อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ผลของปัจจัยกระบวนการผลิตข้าวแต๋นต่อคุณภาพข้าวแต๋นน้ำแตงโม
(Effect of Processsing Factors on the Qualities of Thai Traditional Rice Cracker (Khao Tan))

3.1 บทนำ

จากข้อมูล สถิติการส่งออก ในปี พ.ศ. 2541 ไทยส่งออกข้าวปริมาณมาก แต่ในการส่งออกผลิตภัณฑ์ข้าวนั้นกลับมีเพียงเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ข้าวส่งออกได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวอื่นๆ และผลิตภัณฑ์เส้น เช่น เส้นหมี่และก๋วยเตี๋ยว แม้ว่าปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์ที่จะมีเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการส่งออกข้าว แต่เมื่อคำนวณเป็นราคาต่อตันพบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวมีราคาสูงกว่าข้าวอย่างเด่นชัด โดยมีราคา 22,460 บาท/ตัน ในขณะที่ราคาข้าวมี 13,270 บาท/ตัน แม้ในกลุ่มข้าวคุณภาพดีก็ยังคงมีราคาต่ำกว่าราคาผลิตภัณฑ์

ดังนั้นหากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ย่อมเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวให้สูงขึ้น และหากผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้รับการส่งเสริมเพื่อการส่งออก ย่อมจะช่วยในการนำเข้าเงินตราต่างประเทศ ด้วยเหตุนี้การพัฒนาการเกษตรของประเทศจึงมีทิศทางหนึ่งในการสนับสนุนการพัฒนาเกษตรอุตสาหกรรมแปรรูปสินค้าเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้น

ผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่มีการใช้การข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบและเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในระดับท้องถิ่นคือข้าวแต๋นน้ำแตงโม เนื่องจากรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ จึงน่าสนใจที่จะศึกษาถึงปัจจัยกระบวนการผลิตที่มีผลกระทบต่อคุณภาพข้าวแต๋นน้ำแตงโม

3.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนต่อคุณภาพข้าวแต๋นน้ำแตงโม
2. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิตข้าวแต๋น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วัตถุดิบและอุปกรณ์

- **วัตถุดิบ**

ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

น้ำแตงโม

น้ำตาลอ้อย

น้ำ

น้ำมันปาล์ม

งาดำ

- **อุปกรณ์**

ถังแช่ข้าวเหนียว

ผ้าขาวบาง

ซึ้งอลูมิเนียม

เตาแก๊ส

ทัพพี

กะละมัง

เครื่องชั่ง

แม่พิมพ์พลาสติก เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ½ นิ้ว

เครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อน (Tray dryer)

กระทะ

ตะเกียบ

ถุงพลาสติก

กระบอกตวงขนาด 100 , 1000 ml.

กรวย

เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Halogen Moisture Analyzer)รุ่น HR73

Dessicator

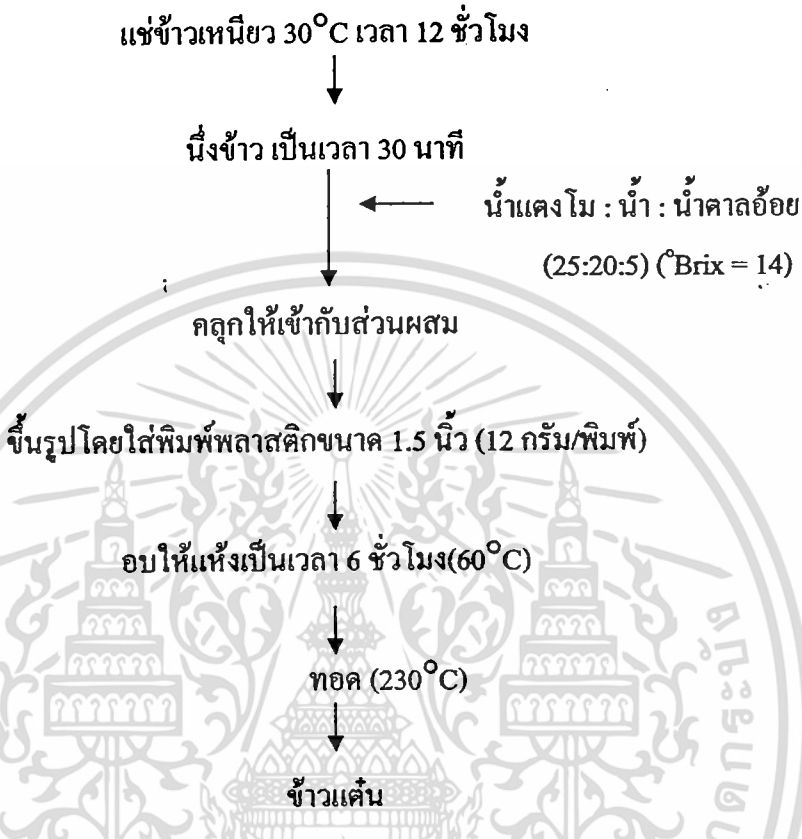
Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i

Thermometer รุ่น testo 915-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 กระบวนการผลิตข้าวแต๋นน้ำแตงโม ที่ใช้ศึกษาในการวิจัยนี้ แสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตข้าวแต๋นน้ำแตงโม

3.4.2 ศึกษาระยะเวลาการอบแห้งต่อคุณภาพข้าวแต๋นน้ำแตงโม

ผลิตข้าวแต๋นน้ำแตงโมตามภาพที่ 1 โดยทำการอบที่ 60±2°C แล้วแบ่งเป็นสองส่วนเพื่อใช้วิเคราะห์ทางกายภาพและอีกส่วนใช้วิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส โดยทำการแปรเวลาการอบแห้งที่ 1.30, 3.00, 4.30, 6.00 และ 7.30 ชั่วโมงตามลำดับ

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโมที่ได้ ไปทำการประเมินคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส

<u>ทางกายภาพ</u>

- หาปริมาณความชื้น (moisture analysis) โดยเครื่อง Halogen Moisture Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การหาความแข็งรวมและความกรอบโดยใช้ Texture Analyzer ใช้หัววัด HDP/KF
- เปอร์เซนต์การพองตัว โดยใช้วิธีการหาปริมาตรด้วยการแทนที่ของเมล็ดธัญพืช

ทางประสาทสัมผัส

ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 40 คน ใช้การประเมินผลแบบ Scoring Test 9 ระดับ ทางด้านการพองตัวและความกรอบ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโมก่อนทอดและหลังทอด ใช้การวางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) ส่วนข้อมูลทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Rang Test (DMRT) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.0

3.4.3 ศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิการแช่ข้าวเหนียวที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม

3.4.3.1 ทำการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 30°C (อุณหภูมิห้อง) โดยทำการแปรเวลาการแช่เป็น 1/2, 1, 2, 4, 6, 8 ,10 , 12, 14 และ16 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนหนึ่งวัดความชื้นโดยใช้เครื่อง Halogen moisture Analyzer และเปอร์เซนต์การดูดน้ำและอีกส่วนหนึ่งผลิตตามกระบวนการผลิตข้าวแต๋นน้ำแตงโมดังภาพ 3.1 แล้วทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามข้อ 3.4.2 โดยคิดแยกแต่ละอุณหภูมิมีปัจจัยเวลาเพื่อเป็นสิ่งทดลอง

3.4.3.2 ศึกษาการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40°C และ 50 °C โดยทำการแปรเวลาการแช่เป็น 1/2, 1, 2, 4, 6, 8 ,10 , 12, 14 และ16 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนหนึ่งวัดความชื้นโดยใช้เครื่อง Halogen Analyzer และเปอร์เซนต์การดูดน้ำและอีกส่วนหนึ่งผลิตตามกระบวนการผลิตข้าวแต๋นน้ำแตงโมดังภาพ 3.1 แล้วทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามข้อ 3.4.2 โดยคิดแยกแต่ละอุณหภูมิมีปัจจัยเวลาเพื่อเป็นสิ่งทดลอง

3.4.4 ศึกษาระยะเวลาการนึ่งข้าวเหนียวที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม

ทำการนึ่งข้าวเหนียวโดยทำการแปรเวลาการนึ่งเป็น 10 , 20 , 30 และ 40 นาทีตามลำดับ ส่วนหนึ่งนำมาวิเคราะห์ค่า Onset Temperature และค่าเอนทาลปี โดยใช้เครื่อง DSC (Differential Scanning Calorimeter) อีกส่วนหนึ่งนำมาผลิตเป็นข้าวแต๋นน้ำแตงโมตามกระบวนการผลิตข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่นน้ำแตงโมดังภาพที่ 3.1 แล้วทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามข้อ 3.4.2

3.4.5 ศึกษาอัตราส่วนของส่วนผสมน้ำแตงโม ต่อข้าวเหนียว ที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต่นน้ำแตงโม

ทำการผลิตข้าวแต่นน้ำแตงโมตามกระบวนการผลิตข้าวแต่นน้ำแตงโมดังภาพ 3.1 โดยใช้อัตราส่วนของส่วนผสมน้ำแตงโม:ข้าวเหนียว (โดยน้ำหนัก) เป็น 40:125 50:125 และ 60:125 ตามลำดับ แล้วนำไปทำผลิตภัณฑ์แล้วทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามข้อ 3.4.2

3.4.6 ศึกษาปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียวต่อพิมพ์ที่มีผลต่อคุณภาพข้าวแต่นน้ำแตงโม

ทำการผลิตข้าวแต่นน้ำแตงโมตามกระบวนการผลิตข้าวแต่นน้ำแตงโมดังภาพที่ 3.1 โดยกำหนดน้ำหนักระหว่างบรรจุข้าวแต่นลงในพิมพ์ ให้มีน้ำหนักที่แตกต่างที่ 10 กรัม 12 กรัม และ 14 กรัม ตามลำดับ แล้วทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามข้อ 3.4.2

3.4.7 ศึกษาอุณหภูมิการทอดที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต่นน้ำแตงโม

ทำการผลิตข้าวแต่นน้ำแตงโมตามกระบวนการผลิตข้าวแต่นน้ำแตงโมดังภาพที่ 3.1 โดยกำหนดอุณหภูมิที่ทำการทอดข้าวแต่นที่อุณหภูมิ 210°C 230 °C และ 250 °C ตามลำดับ แล้วทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามข้อ 3.4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ผลการทดลองและวิจารณ์

3.5.1 การศึกษาระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโมโดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 60±2 °C

ตารางที่ 3.1 ผลการศึกษาระยะเวลาการอบแห้งข้าวแต๋นน้ำแตงโมที่ 60±2 °C

เวลาในการอบ (ชั่วโมง)	ความชื้น (%) ก่อนทอด	ความชื้น (%) หลังทอด	การพองตัว (%)	ค่าความแข็ง(kg) (hardness)	ความกรอบ (crunchiness)
1½	28.9±1.6^{a}	19.6±2.7^{a}	14.6±1.2^{e}	3.80±0.63^{ab}	43.7±13.2^{a}
3.0	21.2±0.2^{b}	8.1±1.2^{b}	41.02±2.1^{d}	4.08±1.11^{a}	40.4±12.0^{a}
4½	17.6±1.9^{c}	4.2±0.7^{c}	239.8±2.6^{b}	3.43±0.69^{b}	33.1±5.3^{b}
6.0	4.2±0.1^{d}	2.2±0.2^{c}	351.8±6.4^{a}	2.59±0.89^{c}	44.9 ±10.5^{a}
7½	2.8±0.1^{d}	1.2±0.3^{c}	223.9±2.8^{c}	2.89±0.61^{bc}	43.9±9.1^{a}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3.1 ความชื้นของข้าวแต๋นก่อนทอดและหลังทอดที่แปรเวลาการอบแห้งมีปริมาณลดลงตามการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาในการอบแห้ง เมื่อเทียบกับอัตราการพองตัวของข้าวแต๋นที่มีการพองตัวดีที่สุดอยู่ที่การแปรเวลาในการอบที่ 6.0 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าความแข็งต่ำ ความกรอบสูง ทำให้ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นที่ดี ความชื้นของข้าวแต๋นเมื่อผ่านการอบแห้งจะมีความชื้นก่อนทอดอยู่ที่ประมาณ 2.8-4.2 % และปริมาณความชื้นหลังทอดอยู่ที่ประมาณ 1.2 - 2.2 % โดยใช้เวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60±2 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นอบแห้งที่แตกต่างกัน โดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ

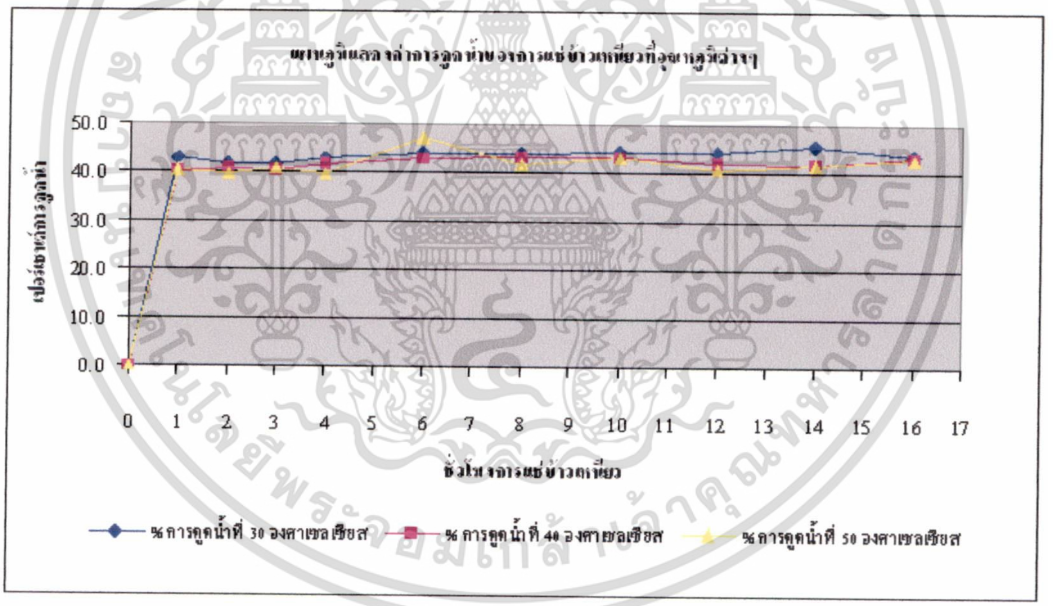
เวลาในการอบ (ชั่วโมง)	ความกรอบ^{ns}	ความพองตัว^{ns}
6.0	6.4 ±1.5	6.4 ±1.6
7 ½	6.4 ±1.9	5.9 ±1.4

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 เป็นการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 40 คน ด้วยการประเมินแบบ Scoring Test 9 ระดับ ข้าวแต๋นน้ำแตงโมที่นำมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะใช้ข้าวแต๋น ที่มีการแปรเวลาการอบแห้งที่ 6.0 ชั่วโมง และ 7.30 ชั่วโมงเนื่องจากการแปรเวลาการอบที่เวลาน้อยจะทำให้ข้าวแต๋นสุกได้ไม่เท่ากันและมีความแข็งมากไม่สามารถนำมาทำการทดสอบได้ และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของข้าวแต๋นที่ผ่านการแปรเวลาการอบที่ 6.0 ชั่วโมง และ 7.30 ชั่วโมงได้จึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ดังนั้นการอบแห้งควรใช้เวลาในการอบที่ 6.0 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60±2 °C เพราะจะได้ข้าวแต๋นที่มีระดับความชื้นก่อนทอดอยู่ที่ประมาณ 4.2 % และปริมาณความชื้นหลังทอดอยู่ที่ประมาณ 2.2 % เป็นการประหยัดพลังงานหากใช้เวลา 7.30 ชั่วโมงจะสูญเสียพลังงานมากเกินไป

3.5.3 การศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิการแช่ข้าวเหนียวที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม



ภาพที่ 3.2 แสดงอัตราการดูดน้ำที่อุณหภูมิแช่ข้าวเหนียวต่างกัน

พบว่า ระยะเริ่มต้นของการแช่ข้าวเหนียว ที่เวลา 0 ชั่วโมง จนถึง 1 ชั่วโมง จะมีการดูดน้ำในปริมาณที่มากที่สุด และหลังจากชั่วโมงที่ 1 เป็นต้นไป ปริมาณการดูดน้ำจะค่อนข้างคงที่ในทุกช่วงอุณหภูมิในการแช่ข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ผลการศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 30 °C ที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม

เวลาการแช่ข้าว (ชั่วโมง)	ความชื้น (%) ก่อนทอด[ns]	ความชื้น (%) หลังทอด	การพองตัว (%)	ค่าความแข็ง(kg) (hardness)	ความกรอบ (crunchiness)
½	4.3±0.2	1.5±0.1[ab]	337.5±10.6[c]	1.42±0.43[b]	24.3±7.8[b]
2	4.5±0.3	1.6±0.1[a]	358.1±1.3[b]	2.41±0.75[a]	28.0±11.9[b]
8	3.9±0.3	1.3±0.0[b]	396.6±7.6[a]	1.38±0.46[b]	27.5±8.9[b]
16	4.2±0.2	1.4±0.1[b]	328.6±0.6[c]	2.46±0.90[a]	36.9±9.7[a]

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3.3 ปริมาณความชื้นก่อนทอดของข้าวแต๋นที่มีการแปรเวลาการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 30 °C ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ปริมาณความชื้นหลังทอดข้าวแต๋นที่มีการแปรเวลาการแช่ข้าว 8 ชั่วโมง จะพบว่ามีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าความแข็งและความกรอบแล้วพบว่าความแข็งของข้าวแต๋นที่มีการแปรเวลาการแช่ข้าวที่ 8 ชั่วโมง มีความแข็งน้อยที่สุด จึงน่าจะเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม

ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่ผ่านการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 30 °C โดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ

เวลาการแช่ข้าว(ชั่วโมง)	ความกรอบ[ns]	ความพองตัว
½	6.3±1.6	5.5±1.6[b]
2	6.8±1.3	6.8±1.5[a]
8	6.9±1.5	6.8±1.2[a]
16	6.5±1.5	5.8±1.5[b]

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 40 คน ด้วยการประเมินแบบ Scoring Test 9 ระดับ ด้านความกรอบไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ไม่สามารถใช้ความกรอบมาเป็นปัจจัยในการเลือกเวลาในการแช่ข้าวเหนียว จึงต้องใช้คะแนนความพองตัวที่มีการยอมรับจากผู้ทดสอบคือที่เวลาการแช่ข้าว ที่ 2 และ 8 ชั่วโมง แต่เมื่อสังเกตพบว่าการแช่ข้าวที่ 2 ชั่วโมงข้าวที่ให้สัมผัสเวลาเคี้ยวจะให้ความรู้สึกมีเนื้อข้าวน้อยกว่าการแช่ข้าวที่เวลา 8 ชั่วโมง

จากผลการประเมินทั้งทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่มีอุณหภูมิการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 30 °C ในเวลาต่างๆกัน พบว่าข้าวแต๋นที่มีการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 30 °C ที่ 8 ชั่วโมง ที่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุด

ตารางที่ 3.5 ผลการศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40 °C ที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม

เวลาการแช่ข้าว(ชั่วโมง)	ความชื้น (%)		การพองตัว (%)	ค่าความแข็ง(kg)^{ns} (hardness)	ความกรอบ^{ns} (crunchiness)
	ก่อนทอด	หลังทอด			
½	4.6±0.3^{b}	1.6±0.1^{b}	178.4±1.4^{c}	1.82±0.61	32.1±11.9
1	5.8±0.1^{a}	1.4±0.1^{b}	317.3±9.0^{b}	1.65±0.47	32.2±11.6
3	5.1±0.4^{ab}	2.9±0.2^{a}	377.4±2.8^{a}	1.56±0.59	30.0±14.1
6	4.6±0.1^{b}	1.7±0.1^{b}	320.2±7.8^{b}	1.69±0.58	30.3±11.7

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (%) พบว่าข้าวแต๋นที่มีการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40°C ทั้งก่อนและหลังทอดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 แต่ข้าวแต๋นที่มีปริมาณการพองตัวมากที่สุดอยู่ที่การแปรเวลาแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพราะให้ค่าความแข็งน้อย และความกรอบอยู่ในระดับที่ต้องการ เหตุที่ข้าวที่ผ่านการแปรเวลาการแช่ที่ 40°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงมีการพองตัวดีอาจเกิดจากการขยายตัวของพันธะโมเลกุลของแป้งที่ถูกทำลายด้วยความร้อนของน้ำที่ทำการแช่ ส่วนข้าวที่ทำการแปรเวลาการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีการพองตัวของข้าวแต๋นน้อยกว่าและมีความแข็งมากกว่าการแปรเวลาการแช่ที่ 40°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง อาจเกิดจากความร้อนเข้าไปทำลายโครงสร้างโมเลกุลของแป้งที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวทำให้ข้าวแต๋นมีค่าความแข็งมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่ผ่านการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40 °C โดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ

เวลาการแช่ข้าว(ชั่วโมง)	ความกรอบ	ความพองตัว
½	6.6 ± 1.4^{a}	5.2 ± 1.2^{b}
1	6.4 ± 1.5^{ab}	6.8 ± 1.1^{a}
3	6.1 ± 1.4^{ab}	6.3 ± 1.4^{a}
6	5.6 ± 1.6^{bc}	4.9 ± 1.5^{b}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 40 คน ด้วยการประเมินแบบ Scoring Test 9 ระดับ พบว่าความกรอบและความพองตัวมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ข้าวแต๋นที่มีการแปรเวลาการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40°C 3ชั่วโมง มีความกรอบและการพองตัวใกล้เคียงกับการแปรเวลาการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40°C 1 ชั่วโมง แต่เนื่องด้วยการแปรเวลาการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40°C 3ชั่วโมง ให้รสชาติในระหว่างการเคี้ยวที่มีเนื้อสัมผัสจึงเลือกการแปรเวลาการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40 °C 3 ชั่วโมงเป็นผลิตภัณฑ์

ผลการประเมินทั้งทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่มีการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40 °C ที่ ชั่วโมงต่างๆกัน พบว่าข้าวแต๋นที่มีการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40 °C ที่ 3 ชั่วโมง เหมาะที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุด เนื่องจากให้ความรู้สึกถึงเนื้อข้าวในระหว่างการเคี้ยวดีกว่าข้าวแต๋นที่มีการแปรเวลาการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 40°C 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 ผลการศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 50 °C ที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม

เวลาการแช่ข้าว (ชั่วโมง)	ความชื้น (%) ก่อนทอด	ความชื้น (%) หลังทอด	การพองตัว (%)	ค่าความแข็ง(kg) (hardness)	ความกรอบ (crunchiness)
½	4.6±0.1^{c}	3.1±0.2^{b}	331.8±3.5^{c}	2.06±0.59^{b}	40.4 ±11.8^{ab}
1	8.9±0.1^{a}	3.9±0.1^{a}	293.9±2.5^{d}	1.89 ±0.43^{b}	36.3± 10.0^{b}
5	4.3±0.4^{c}	1.6±0.0^{c}	379.3±0.0^{a}	2.26±0.65^{ab}	40.8 ±8.5^{ab}
10	6.0±0.3^{b}	2.8±0.0^{b}	347.5±2.2^{b}	2.59±0.87^{a}	44.9 ±10.5^{a}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3.7 ปริมาณความชื้น ของข้าวแต๋นที่มีการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 50°C มีปริมาณความชื้นก่อนและหลังทอดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ข้าวแต๋นที่มีการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 50°C 5 ชั่วโมง ก่อนทอดมีปริมาณความชื้นสูงกว่าปริมาณความชื้นหลังทอดมาก ซึ่งเกิดจากความร้อนที่ได้รับจากการแปรเวลาการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 50°C ทำให้ข้าวมีการสุกเกิดขึ้นจึงมีน้ำอยู่ในเซลล์มาก เมื่อผ่านการทอดแล้วน้ำที่มีอยู่ระเหยออกทำให้ปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่มีมากด้วย แต่จากตารางพบว่าที่เวลาการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 50°C 5 ชั่วโมงมีการพองตัวมากที่สุด และมีปริมาณความชื้นหลังทอดอยู่ใกล้เคียงกับตัวอย่างอื่นๆ อีกทั้งค่าความแข็งและค่าความกรอบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้จึงเลือกเวลาการแปรเวลาการแช่ข้าวอุณหภูมิ 50°C 5 ชั่วโมง เป็นผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่ผ่านการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 50°C โดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ

เวลาการแช่ข้าว(ชั่วโมง)	ความกรอบ	ความพองตัว^{ns}
½	6.8±1.3^{a}	6.3 ±1.6
1	5.9 ±1.5^{b}	6.1± 1.3
5	6.8 ±1.3^{a}	6.6± 1.5
10	6.4±1.4^{ab}	6.8±1.1

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 40 คน ด้วยการประเมินแบบ Scoring Test 9 ระดับ ด้านความกรอบมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ข้าวแต๋นที่มีอุณหภูมิการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 50°C 5 ชั่วโมง มีค่าความกรอบสูงที่สุดคือ 6.8±1.3 และความพองตัวไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ข้าวแต๋นที่มีอุณหภูมิการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 50°C 5 ชั่วโมง มีค่าความพองตัว 6.6±1.5 เหมาะที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์

ผลการประเมินทั้งทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่มีการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 50 °C ที่ ชั่วโมงต่างๆกัน พบว่าข้าวแต๋นที่มีการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 50 °C ที่ 5 ชั่วโมง ที่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุด

จากผลการประเมินทั้งทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่มีการแช่ข้าวเหนียวที่อุณหภูมิต่างๆกัน พบว่า ถ้าใช้อุณหภูมิการแช่ข้าวที่ 30 40 50 °C ต้องทำการแปรเวลาการแช่ข้าวที่ 8 3 5 ชั่วโมง ตามลำดับจะทำให้ได้ข้าวแต๋นน้ำแดงโมที่มีคุณภาพ มีการพองตัวดี จึงเลือกสภาวะที่เหมาะสม ในการทำการแปรเวลาการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 40°C 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การศึกษาระยะเวลาในการนึ่งข้าวเหนียวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนโดยใช้เครื่อง DSC (Differential Scanning Calorimeter)

ตารางที่ 3.9 การศึกษาระยะเวลาในการนึ่งข้าวเหนียวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนโดยใช้เครื่อง DSC (Differential Scanning Calorimeter)

ระยะเวลาที่ใช้นึ่ง	Onset Temperature(^{o}C)	ค่าพลังงานเอนทาลปี(KJg^{-1})^{ns}
0	64.0±12.4^{ab}	164.32±203.52
10	59.6±2.9^{b}	75.80±81.36
20	79.0±2.8^{a}	72.75±57.69
30	68.1±4.0^{ab}	197.59±239.62
40	59.5±0.7^{b}	370.62±90.96

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

จากตารางที่ 3.9 พบว่าค่า Onset Temperature มีแนวโน้มที่ไม่แน่นอนโดยที่ค่า Onset Temperature สูงสุดอยู่ที่ระยะเวลาการนึ่งที่ 20 นาที ซึ่งข้าวเหนียวยังไม่สุกดี และเมล็ดข้าวมีความแข็ง จึงใช้ระยะการนึ่งที่ 30 นาที ซึ่งข้าวเหนียวสุกพอดี เหมาะที่จะทำผลิตภัณฑ์ ส่วนข้าวเหนียวที่ใช้ระยะเวลาการนึ่ง 40 นาที ข้าวเหนียวมีลักษณะแฉะเนื่องจากมีการดูดซับน้ำในขณะนึ่ง

ตารางที่ 3.10 ผลการศึกษาเวลาในการนึ่งที่มีผลต่อข้าวแต๋นน้ำแตงโม

เวลาที่ใช้นึ่งข้าว (นาที)	ความชื้น (%)		การพองตัว (%)	ค่าความแข็ง(kg) (hardness)	ความกรอบ (crunchiness)
	ก่อนทอด^{ns}	หลังทอด			
20	4.2±0.1	2.4±0.2^{b}	128.8±1.1^{a}	3.88±0.35^{b}	15.3±9.0^{b}
30	4.4±0.3	2.4±0.2^{b}	118.5±2.1^{b}	2.72±0.89^{a}	35.1±5.3^{a}
40	4.8±0.3	3.5±0.1^{a}	99.5±0.7^{c}	2.15±0.88^{a}	31.5±7.6^{a}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การศึกษาระยะเวลาในการนึ่งข้าวเหนียวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนโดยใช้เครื่อง DSC (Differential Scanning Calorimeter)

ตารางที่ 3.9 การศึกษาระยะเวลาในการนึ่งข้าวเหนียวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนโดยใช้เครื่อง DSC (Differential Scanning Calorimeter)

ระยะเวลาที่ใช้นึ่ง	Onset Temperature(°C)	ค่าพลังงานเอนทาลปี(KJg^{-1})^{ns}
0	64.0 ± 12.4^{ab}	164.32 ± 203.52
10	59.6 ± 2.9^{b}	75.80 ± 81.36
20	79.0 ± 2.8^{a}	72.75 ± 57.69
30	68.1 ± 4.0^{ab}	197.59 ± 239.62
40	59.5 ± 0.7^{b}	370.62 ± 90.96

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

จากตารางที่ 3.9 พบว่าค่า Onset Temperature มีแนวโน้มที่ไม่แน่นอนโดยที่ค่า Onset Temperature สูงสุดอยู่ที่ระยะเวลาการนึ่งที่ 20 นาที ซึ่งข้าวเหนียวยังไม่สุกดี และเมล็ดข้าวมีความแข็ง จึงใช้ระยะการนึ่งที่ 30 นาที ซึ่งข้าวเหนียวสุกพอดี เหมาะที่จะทำผลิตภัณฑ์ ส่วนข้าวเหนียวที่ใช้ระยะเวลาการนึ่ง 40 นาที ข้าวเหนียวมีลักษณะแฉะเนื่องจากมีการดูดซับน้ำในขณะนึ่ง

ตารางที่ 3.10 ผลการศึกษาเวลาในการนึ่งที่มีผลต่อข้าวแต๋นน้ำแตงโม

เวลาที่ใช้นึ่งข้าว (นาที)	ความชื้น (%)		การพองตัว (%)	ค่าความแข็ง(kg) (hardness)	ความกรอบ (crunchiness)
	ก่อนทอด^{ns}	หลังทอด			
20	4.2 ± 0.1	2.4 ± 0.2^{b}	128.8 ± 1.1^{a}	3.88 ± 0.35^{b}	15.3 ± 9.0^{b}
30	4.4 ± 0.3	2.4 ± 0.2^{b}	118.5 ± 2.1^{b}	2.72 ± 0.89^{a}	35.1 ± 5.3^{a}
40	4.8 ± 0.3	3.5 ± 0.1^{a}	99.5 ± 0.7^{c}	2.15 ± 0.88^{a}	31.5 ± 7.6^{a}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น(%)ของข้าวแต๋นก่อนทอดมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 พบว่าข้าวแต๋นหลังทอดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 จากการวิเคราะห์ข้าวแต๋นที่นึ่งด้วยเวลา 40 นาที มีปริมาณความชื้นสูงกว่าข้าวแต๋นหลังทอดที่ใช้เวลานึ่ง 20 นาที และ 30 นาที แต่ที่เวลานึ่ง 20 นาที มีการพองตัว(%)มากกว่าข้าวแต๋นหลังทอดที่ใช้เวลานึ่ง 30 นาที และ 40 นาที และผลการวิเคราะห์ด้วย Texture พบว่าข้าวแต๋นที่ใช้เวลานึ่ง30 นาที และ 40 นาที มีความแข็งไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 ส่วนความกรอบพบว่าข้าวแต๋นที่ใช้เวลานึ่ง 30 นาที และ 40 นาที ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95

ตารางที่ 3.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่มีการเปลี่ยนแปลงเวลาในการนึ่งข้าว โดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ

เวลาที่ใช้นึ่ง(นาที)	ความกรอบ	ความพองตัว
20	6.5 ± 1.3^{a}	7.1 ± 1.3^{a}
30	6.5 ± 1.3^{a}	6.1 ± 1.6^{b}
40	5.3 ± 1.3^{b}	4.2 ± 1.2^{c}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

20 นาที **30 นาที** **40 นาที**

ภาพที่ 3.3 ข้าวแต๋นน้ำแตงโมที่ระยะเวลาการนึ่งแตกต่างกัน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้การประเมินผลแบบ Scoring Test 9 ระดับ ทางด้านการพองตัวและความกรอบมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 95 พบว่าข้าวแต๋นที่ใช้เวลาในการนึ่ง 20 นาที และ 30 นาที มีความกรอบไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ข้าวเหนียวที่ผ่านการใช้เวลาในการนึ่ง 20 นาที ลักษณะของเมล็ดข้าวจะยังไม่มีการพองตัวเต็มที่จะยังคงมีความแข็งและเวลาปั้นจะไม่มีการติดกันจึงทำให้ขึ้นรูปยาก และไม่เป็นทรง ข้าวเหนียวที่ผ่านการใช้เวลาในการนึ่ง 30 นาทีข้าวเหนียวมีความนุ่มและเหนียว สามารถขึ้นรูปได้เป็นทรงและมีเนื้อสัมผัสนุ่นเมื่อเคี้ยว และข้าวเหนียวที่ผ่านการใช้เวลาในการนึ่ง 40 นาที ข้าวมีลักษณะแฉะมีปริมาณน้ำอยู่มาก เมื่อทำการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์จะสามารถขึ้นรูปได้ง่าย แต่เมื่อทอดเป็นผลิตภัณฑ์แล้วน้ำที่อยู่ในข้าวจะหายไปทำให้การพองตัวน้อยลง และเนื้อสัมผัสกระด้างไม่นุ่มเวลาเคี้ยว ด้วยเหตุผลข้างต้นทำให้สามารถเลือกปัจจัยการนึ่งที่ 30 นาทีเป็นปัจจัยการผลิตต่อไป

3.5.5 การศึกษาอัตราส่วนของน้ำแตงโมต่อข้าวเหนียว(โดยน้ำหนัก)ที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม

ตารางที่ 3.12 ผลการศึกษาอัตราส่วนของน้ำแตงโมต่อข้าวเหนียวต่อสมบัติทางกายภาพของข้าวแต๋นน้ำแตงโม

อัตราส่วนน้ำแตงโม	ความชื้น (%)		การพองตัว	ค่าความแข็ง(kg)	ความกรอบ[ns]
ต่อ ข้าวเหนียว	ก่อนทอด	หลังทอด	(%)	(hardness)	(crunchiness)
40:125	3.9 ± 0.1^{a}	1.7 ± 0.0^{ab}	277.0 ± 5.1^{c}	3.15 ± 0.77^{b}	45.2 ± 8.6
50:125	4.0 ± 0.2^{a}	1.8 ± 0.1^{a}	366.2 ± 1.9^{a}	4.18 ± 1.04^{a}	42.8 ± 10.4
60:125	2.9 ± 0.1^{b}	1.6 ± 0.0^{b}	307.8 ± 6.5^{b}	2.89 ± 0.61^{b}	43.9 ± 9.1

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

จากตารางที่ 3.12 ปริมาณความชื้นพบว่าข้าวแต๋นก่อนและหลังทอดของข้าวแต๋นน้ำแตงโมที่มีการแปรอัตราส่วน น้ำแตงโมต่อข้าวเหนียว มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 โดยที่ข้าวแต๋นที่มีอัตราส่วนน้ำแตงโมต่อข้าวเหนียว 40 : 125 และ 50 : 125 มีความชื้นก่อนทอดมากกว่าข้าวแต๋นที่มีอัตราส่วนน้ำแตงโมต่อข้าวเหนียว 60 : 125 แต่ข้าวแต๋นที่มีอัตราส่วนน้ำแตงโมต่อข้าวเหนียว 50 : 125 มีอัตราการพองตัวของเมล็ดข้าวมากที่สุด แต่ค่าความแข็งของข้าวแต๋นที่มีอัตราส่วนน้ำแตงโมต่อข้าวเหนียว 50 : 125 มีค่าสูงเมื่อเทียบกับลักษณะที่ต้องการ ส่วนความกรอบของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋น ที่มีการแปรอัตราส่วนน้ำแตงโม : ข้าวเหนียว

อัตราส่วน	ความกรอบ^{ns}	ความพองตัว^{ns}
40:125	6.3 ±1.5	6.3 ±1.4
50:125	6.2 ±1.5	5.7 ±1.3
60:125	6.5± 1.4	5.9± 1.5

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 30 คน ใช้การประเมินผลแบบ Scoring Test 9 ระดับ ทางด้านการพองตัวและความกรอบไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าข้าวแต๋นที่มีอัตราส่วนของน้ำแตงโมต่อข้าวเหนียว 60:125 แต่เนื่องจากลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ยาก เนื่องจากตอนที่ผสมน้ำแตงโมที่ในอัตราส่วนมากที่สุดลงไปแล้ว ทำให้ข้าวเหนียวเกาะติดกันได้ยาก ส่วนข้าวแต๋นที่มีอัตราส่วนของน้ำแตงโมต่อข้าวเหนียว 50:125 จะมีการขึ้นรูปได้ง่ายกว่า ข้าวเหนียวเกาะติดกันดีหลังจากผสมน้ำแตงโมลงไป และมีลักษณะการพองตัวที่ดีที่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์

ผลการประเมินทั้งทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่มีอัตราส่วนของน้ำแตงโมต่อข้าวเหนียวต่างๆ กัน พบว่าข้าวแต๋นที่มีอัตราส่วนของน้ำแตงโมต่อข้าวเหนียว 50:125 ที่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.6 การศึกษาปริมาณน้ำหนักของข้าวเหนียวที่มีผลผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม

ตารางที่ 3.14 การศึกษาปริมาณน้ำหนักของข้าวเหนียวที่มีผลผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม

น้ำหนัก	ความชื้น (%)		การพองตัว	ค่าความแข็ง(kg)	ความกรอบ
(กรัม)	ก่อนทอด	หลังทอด	(%)	(hardness)	(crunchiness)
10	3.6±0.3^{b}	1.8±0.1^{b}	384.9±0.1^{a}	2.46±0.64^{b}	26.2±12.6^{b}
12	4.3±0.1^{a}	1.6±0.2^{b}	275.8±18.1^{b}	3.86±1.40^{a}	31.5±11.6^{b}
14	5.0±0.2^{a}	2.4±0.0^{a}	270.3±1.7^{b}	3.08±1.26^{b}	40.1±12.1^{a}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3.14 ข้าวแต๋นที่มีปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียวต่างๆ มีปริมาณความชื้นของข้าวแต๋นก่อนและหลังทอดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ข้าวแต๋นที่มีปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียว 12 กรัม มีปริมาณความชื้นของข้าวแต๋นก่อนทอดหลังการทำแห้งใกล้เคียงกลับข้าวแต๋นที่มีปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียว 14 กรัม แต่เมื่อผ่านการทอดปริมาณความชื้นของข้าวแต๋นที่มีปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียว 12 กรัม จะเหลือน้อยกว่า 14 กรัม แต่เมื่อสังเกตุลักษณะของข้าวแต๋นด้านความกรอบของเมล็ดข้าวและการเกาะตัว รวมทั้งความกรอบพบว่าข้าวแต๋นที่มีปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียว 12 กรัม จะให้ลักษณะการสัมผัสด้านการเคี้ยวที่ดี จึงใช้น้ำหนักข้าวเหนียว 12 กรัม เป็นมาตรฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่แปรน้ำหนัก/พิมพ์ โดยใช้การทดสอบแบบ scoring test 9 ระดับ

น้ำหนัก	ความกรอบ^{ns}	ความพองตัว
10	6.8± 1.2	6.2 ±1.6^{b}
12	6.9±1.4	7.1 ±1.4^{a}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

จากตารางที่ 3.15 การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 40 คน ใช้การประเมินผลแบบ Scoring Test 9 ระดับ ความกรอบไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ได้นำข้าวแต๋นที่มีปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียว 14 กรัม มาทดสอบเนื่องจากการทอดข้าวแต๋นที่มีปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียว 14 กรัม ต้องใช้เวลาในการทอดมากขึ้น เพราะเมล็ดข้าวที่อัดแน่นในพิมพ์ทำให้เมล็ดข้าวด้านในไม่โดนน้ำมันที่ทำการทอดจึงทำให้ไม่พองตัวจึงมีลักษณะแข็งเมื่อกัด ลักษณะปรากฏของข้าวแต๋นที่มีปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียว 12 กรัม จะมีความหนาที่เหมาะสม ข้าวแต๋นที่มีปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียว 10 กรัม ซึ่งมีความบางมาก แตกหักได้ง่าย

จากผลการประเมินทั้งทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่มีปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียวต่างๆ กัน พบว่าข้าวแต๋นที่มีปริมาณน้ำหนักข้าวเหนียว 12 กรัม เหมาะที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.7 ศึกษาอุณหภูมิการทอดที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม

ตารางที่ 3.16 อุณหภูมิการทอดที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม

อุณหภูมิการทอด (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (%) ก่อนทอด^{ns}	ความชื้น (%) หลังทอด	การพองตัว (%)	ค่าความแข็ง(kg) (hardness)	ความกรอบ^{ns} (crunchiness)
210	4.4±0.1	1.6±0.0^{a}	270.1±1.8^{c}	3.12±1.24^{b}	37.2±15.2
230	4.4±0.1	1.2±0.1^{b}	328.7±5.7^{b}	3.71±0.70^{ab}	37.1±7.9
250	4.4±0.1	1.7±0.1^{a}	353.6±2.4^{a}	4.02±1.17^{a}	39.9±9.4

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

จากตารางที่ 3.16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นพบว่าข้าวแต๋นก่อนทอดมีค่าปริมาณความชื้นเท่ากันคือ 4.4 ±0.1 เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตพร้อมกัน ส่วนข้าวแต๋นหลังทอดพบว่า มีค่าปริมาณความชื้นที่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 1.2 ถึง 1.7

ข้าวแต๋นที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 250°C มีปริมาณการพองตัวที่สูงที่สุดคือ 353.6±2.4 ค่าความแข็งที่สูงที่สุดคือ 4.02±1.17 และค่าความกรอบที่สูงที่สุดคือ 39.9±9.4 แต่ลักษณะสีที่เข้มเกินไป มีกลิ่นไหม้ปนอยู่จนไม่ได้กลิ่นของน้ำแตงโมซึ่งเกิดจากการทอดที่ใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไป และควบคุมอุณหภูมิและเวลาการทอดได้ยากเนื่องจากมีการคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิและเวลาการทอดมาก จึงไม่เหมาะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์

ส่วนข้าวแต๋นที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 230°C มีปริมาณการพองตัวที่รองลงมาคือ 328.7±5.6 และให้ค่าความแข็งและค่าความกรอบรองลงมาเช่นกันคือ 3.71±0.70 และ 37.1±7.9 ตามลำดับ แต่ในการควบคุมอุณหภูมิและเวลาการทอดได้ง่ายกว่าข้าวแต๋นที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 250°C ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นน้ำแตงโม และให้รสหวานของข้าวเหนียว จึงเหมาะที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์

ส่วนข้าวแต๋นที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 210°C มีปริมาณการพองตัวที่น้อยที่สุด ให้ค่าความแข็งและความกรอบใกล้เคียงกลับการใช้อุณหภูมิการทอดที่อุณหภูมิ 230°C แต่เวลาที่ใช้ทำการทอดนานกว่าจึงเกิดการอมน้ำมันทำให้มีน้ำมันอยู่ในผลิตภัณฑ์มาก ทำให้เสียรสชาติของข้าวแต๋นไปส่วนหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.17 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋น อุณหภูมิการทอดที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์

อุณหภูมิ	ความกรอบ[ns]	ความพองตัว[ns]
210	6.6 ± 1.2	6.6 ±1.7
230	6.8 ±1.4	6.6 ±1.2
250	6.2 ± 1.5	6.3 ±1.6

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

จากตารางการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 40 คนใช้การประเมินผลแบบ Scoring Test 9 ระดับ ทางด้านการพองตัวและความกรอบพบว่าข้าวแต๋นที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 210°C 230°C และ 250°C ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ95 จากการสังเกตลักษณะปรากฏพบว่าข้าวแต๋นที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 230°C มีลักษณะการพองตัวของเมล็ดข้าวที่ดี มีความกรอบร่วน สีสวย ได้กลิ่นของน้ำแดงโมอางๆ และมีความหวานของข้าวเหนียว ส่วนข้าวแต๋นที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 250°C จะมีความกรอบเช่นกัน แต่ไม่มีความหวานของข้าวเหลืออยู่ และกลิ่นของน้ำแดงโมก็ไม่มีเช่นกัน สีจะเข้ม เป็นผลมาจากการใช้อุณหภูมิที่สูงมาก ส่วนข้าวแต๋นที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 210°C จะมีความกรอบเช่นกัน แต่เนื่องจากภายในเมล็ดข้าวมีส่วนที่ไม่สัมผัสกับน้ำมันเวลาทอดจึงมีลักษณะที่แข็งอยู่ข้างในและเกิดการอมน้ำมัน

จากผลการประเมินทั้งทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นที่อุณหภูมิการทอดต่างๆกัน สามารถสรุปได้ว่าข้าวแต๋นที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 230°C มีคุณสมบัติทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีที่สุด จึงเหมาะสมที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.8 ศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นที่สภาวะเหมาะสม เปรียบเทียบกับข้าวแต๋นจังหวัดลำปาง

ตารางที่ 3.18 ผลของสมบัติทางกายภาพของข้าวแต๋นที่สภาวะเหมาะสมเปรียบเทียบกับข้าวแต๋นจังหวัดลำปาง

ผลิตภัณฑ์	ความชื้น (%)		การพองตัว	ค่าความแข็ง(kg)	ความกรอบ
	ก่อนทอด^{ns}	หลังทอด	(%)	(hardness)	(crunchiness)
จ. ลำปาง	2.8±0.1	2.3±0.2^{a}	327.6±1.5^{b}	1.19±0.45^{b}	23.2±12.2^{b}
ข้าวแต๋นงานวิจัย	3.0±0.1	1.6±0.0^{b}	351.3±2.8^{a}	2.86±0.97^{a}	41.7±12.4^{a}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากผลการทดลองทั้งหมด ทำให้สามารถคัดสินใจเลือกผลที่ดีที่สุดของแต่ละการทดลองมาผลิตเป็นข้าวแต๋นตามสภาวะที่เหมาะสมจากการทดลอง ใช้เวลาการแช่ข้าวที่ 40°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นึ่ง 30 นาที ใช้อัตราส่วนส่วนผสมน้ำแตงโม:น้ำหนักข้าวเหนียวเป็น 50:125 กำหนดน้ำหนักข้าวเหนียวต่อ 1 พิมพ์เป็น 12 กรัม นำไปอบแห้งเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และผ่านการทอดที่อุณหภูมิน้ำมัน 230 °C แล้วนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้ผลดังนี้

ข้าวแต๋นน้ำแตงโมที่นำมาเป็นตัวเปรียบเทียบนำมาจาก ผลิตภัณฑ์สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ของอำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง จากผลการทดลองวิเคราะห์ปริมาณความชื้น(%) พบว่าของข้าวแต๋นก่อนทอดทั้งของข้าวแต๋น จ.ลำปาง และข้าวแต๋นที่ที่ทำจากสภาวะที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 2.8 ถึง 3.0 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนข้าวแต๋นหลังทอดพบว่า มีค่าปริมาณความชื้นที่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการหาปริมาณการพองตัวของข้าวแต๋นที่ทำจากสภาวะที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ คือ 351.3 % มีลักษณะการพองตัวที่ดีกว่าข้าวแต๋น จ.ลำปาง มีค่าที่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการวัดเนื้อสัมผัสซึ่งได้ค่าความแข็งและความกรอบของข้าวแต๋นที่เป็นงานวิจัยคือ 2862.3±970.2 และ 41.6±12.4 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.19 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวแต๋นจากสภาวะที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้เทียบกับข้าวแต๋น จ.ลำปาง

ผลิตภัณฑ์	ความชอบ
จ. ลำปาง	5.2 ± 2.6^{b}
ข้าวแต๋นงานวิจัย	6.7 ± 1.4^{a}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ชิมจำนวน 40 คน ข้าวแต๋นในงานวิจัย มีค่าความชอบที่มากกว่าข้าวแต๋นที่เป็นตัวเปรียบเทียบ คือ 6.7 ± 1.4 แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความแตกต่างร้อยละ 95

3.6 สรุปผลการทดลอง

- การแช่ข้าวเหนียวสามารถแช่ได้ทั้ง 3 อุณหภูมิ คือ 30°C, 40°C และ 50°C ซึ่งแต่ละอุณหภูมิใช้เวลาในการแช่ข้าวเหนียวแตกต่างกัน พบว่า ที่อุณหภูมิ 30°C ควรแช่ข้าวเหนียว 8 ชั่วโมงจึงจะให้ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิ 40°C ควรแช่ข้าวเหนียว 3 ชั่วโมงจึงจะให้ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด และที่อุณหภูมิ 50°C ควรแช่ข้าวเหนียว 5 ชั่วโมงจึงจะให้ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด ทั้งนี้ในการเลือกใช้แต่ละสูตรขึ้นกับความสะดวกในการควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวเหนียว

- การนึ่งข้าวเหนียวควรใช้เวลาในการนึ่ง 30 นาที จึงจะทำให้ข้าวเหนียวสุกพอดี ขึ้นรูปได้ง่าย

- อัตราส่วนผสมน้ำแตงโม:ข้าวเหนียว ที่ 50:125 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดต่อผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นน้ำแตงโม ให้กลิ่นน้ำแตงโมและช่วยให้การขึ้นรูปง่าย ไม่เหนียวหรือร่วนจนเกินไป

- ชั่วโมงในการอบแห้งข้าวแต๋นน้ำแตงโมที่เหมาะสมคือ 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 ± 2 °C ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวที่ดีเมื่อนำมาทอด ให้ความกรอบที่ดีและลักษณะเมล็ดพองตัวดีไม่แกรนจนเกินไป

- น้ำหนักข้าวแต๋นต่อ 1 พิมพ์ควรใช้ 12 กรัม เพราะช่วยให้ขึ้นรูปได้ง่าย เมล็ดข้าวเหนียวเกาะตัวกันดี และไม่หนาหรือบางจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ชาญ มงคล. 2536. ข้าว. ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 63 ภาคพัฒนาตำราและเอกสาร หน่วยศึกษานิเทศน์ กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพฯ. 149 น.

ธงชัย สุวรรณสิชฌน์ .2535. การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำผสมแป้งมันสำปะหลังชนิดพรีเจลาติไนซ์ .วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิศา ตรีภัทรชยากร และ สุภาพร จิตรประภาภรณ์ .2538. การศึกษาคุณสมบัติของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวเพื่อใช้ในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์แบบสกรูคู่. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต.2543. การวิเคราะห์กระบวนการเจลาติไนเซชันและรีโทรกราเดชันที่มีผลต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าว. รายงานผลการวิจัย โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลินดา พงศ์ผาสุก.2537. การผลิตข้าวเคลือบกลิ่นหอม .วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิลัศนา โพธิ์ศรี. 2540. คุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมีของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวจากแหล่งปลูกที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 34 น.

สุขเกษม สิทธิพจน์ .2526. ผลของปริมาณอะมิโลสและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการแช่เมล็ดต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีบางประการของข้าวนึ่ง . วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัจฉรา คลวิทยาคุณ .2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งมันเทศเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส . วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

American Association of Cereal Chemists. 1995. Approved methods of the AACC. (9th ed.). Methods 46-12, 61-01. The Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

Antonio, A.A, Juliano, B.O. and del Mundo, A.M. 1975. Physicochemical Properties of Glutinous Rice in Relation of Suman Quality. *Phil. Agric.* 58, 351-355.

Barber, S. 1971. Rice Starch and Rice Starch Derivatives. *In Interregional Seminar for the Industrial Processing of Rice.* Valencia : Institute de Agroquimica y Technologia de Alimemtos.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cagampang, G.B., Perez, C.M. and Juliano, B.O. 1973. A Gel Consistency Test for Eating Quality of Rices. *J. Sci Food Agric.* 24, 1589-1594.

Fondevila, M.P., Liuzzo, J.A. and Rao, R.M. 1988. Development and Characterization of A Snack Food Product using Broken Rice Flour. *J. Food Sci.* 53 (2) , 488-490.

Halick, J.V., and Kelly, V.J. 1959. Gelatinization and Pasting Characteristics of Rice Varieties as Related to Cooking Behavior. *Cereal Chem.* 36, 91-98.

Hamaker, B.R. 1994. The Influence of Rice Protein on Rice Quality. In W.E. Mayshall and J.I. Wadsworth (eds.), *Rice Science and Technology.* pp. 177-181 New York : Marcel Dekkar.

Juliano, B.O. 1992. Structure, Chemistry and Function of the Rice Grain and Its Fractions. *Cereal Foods World.* 37 (10), 772-779.

Juliano, B.O., Onate, L.U., and del Mundo, A.M. 1965. Relation of Starch Composition, Protein Content and Gelatinization Temperature to Cooking and Eating Qualities of Milled Rice. *Food Technology.* 19, 1006-1011.

Juliano, B.O., and Perez, C.M. 1983. Major Factors Affecting Cooked Milled Rice Hardness and Cooking Time. *J .Texture Studies.* 14, 235-243.

Juliano, B.O. and Villareal, R.M. 1987. Varietal Difference in Physicochemical Properties of Waxy Rice Starch. *Starch/Staerke.* 39, 298-301.

Little, R.R., Hilder, G.B. and Dawson, E.H. 1958. Differential Effect of Dilute Alkali on 25 Varieties of Milled White Rice. *Cereal Chem.* 35, 111-126.

Matz,S.A. 1991. *The Chemical and Technology of Cereal as food and feed. 2nd ed.*,Van Nostrand Reinhold, New York.751p.

Merca, F.E., and JulianoB.O. 1981. Physicochemical Properties of Starch of Intermediate-Amylose and Waxy Rices Differing in Grain Quality. *Starch/ Staerke. 33*:253-260.

Noomhorm, A., Bandola, D.C., and Kongseree, N. 1994. Effect of Rice Variety, Rice Flour Concentration and Enzyme Levels on Composite Bread Quality. *J. Sci Food Agric.* 64, 433-440.

Palmiano, E.P., and Juliano, B.O. 1972. Physiochemical Properties of Niigata Waxy Rices. *Agric. Biol. Chem.* 36 (1), 157-159.

Perez, C.M. and Juliano, B.O. 1981. Texture Changes and Storage of Rice. *J. Texture Studies.* 12, 321-333.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Perez, C.M., Pascaul, C.G., and Juliano, B.O. 1979. Eating Quality Indicators for Waxy Rices. *Food Chem.* 45, 179-184.

Riva, M., Fessas D. and Schiraldi A. . 2000. Starch retrogradation in cooked pasta and rice. *Cereal Chem.* 77(4): 433-438

Sandhya Rani, M.R. and Bhattacharya, K.R. 1995. Microscopy of Rice Starch Granules During Cooking. *Starch/Staerke.* 47, 334-337.

Shibuya, N. and Iwasaki, T. 1982. Effect of Enzymatic Removal of Endosperm Cell Wall on the Gelatinized Properties of Aged and Unaged Rice Flour. *Starch/Staerke.* 34,300-303.

Sowbhagya, C.M., Ramesh, B.S. and Ali, S.Z. 1994. Hydration, Swelling and Solubility Behavior of Rice in Relation to Other Physicochemical Properties. *J. Sci Food Agric.* 64, 1-7.

Thorner, M.E. 1970. *Deep Frying in Convenience and Fats Food Handbook.* The AVI Publishing Co.,Inc.,Westport, Connecticut. 358 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้