19719

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษากระบวนการผลิตข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป

(Study on Instant Japonica Rice Processing)

T096826

นางสาวจุฑามาศ สื่อมงคลวงศ์

นางสาวพิชญ์สิณี ศรีสำราญ

ปพ.
จ628ก
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....36826
วัน,เดือน,ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษากระบวนการผลิตข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป

(Study on Instant Japonica Rice Processing)

โดย

นางสาวจุฑามาศ สื่อมงคลวงศ์

นางสาวพิชญ์สิณี ศรีสำราญ

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../...../..... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตข้าวข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป เป็นทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของข้าวจาปอนนิก้า โดยนำข้าวมาหุงสุกในอัตราส่วนระหว่างข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำที่ 1:1.1, 1:1.3 และ 1:1.5 นำใส่ในถุงพลาสติก PE และนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทำแห้งในอุโมงค์ไมโครเวฟเป็นเวลา 20 นาที ด้วยความเร็วของสายพาน 1.5 เมตร/นาที พบว่าข้าว จาปอนนิก้าที่หุงในอัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำเท่ากับ 1:1.1 มีความเหมาะสมเพราะมีลักษณะที่ปรากฏที่ดีที่สุดคือ สามารถแยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยวๆได้ง่ายและเมล็ดที่ได้เป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ เมื่อนำไปศึกษาการคืนรูปที่ระยะเวลา 5 นาที ด้วยไมโครเวฟและวิธีการคืนรูปด้วยน้ำร้อน โดยการคืนโดยใช้ข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:0.8, 1:1.1, 1:1.2 และ 1:1.4 พบว่าการคืนรูปโดยใช้อัตราส่วนของจาปอนนิก้าต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:1.4 ได้ข้าวที่มีลักษณะเหมือนกับข้าวที่หุงสุกใหม่มากที่สุดและไม่มีลักษณะที่เป็นไตเหลืออยู่ ข้าวเหนียวนุ่ม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จุฑามาศ สื่อมงคลวงศ์ พิชญนุศณี ศรีสำราญ		
ลายมือนักศึกษา	ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษเรื่องการศึกษากระบวนการผลิตข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป (Study on Instant Japonica Rice Proceesing) สำเร็จด้วยดีด้วยการอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน ซึ่งต้องขอขอบพระคุณไว้ในโอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษสำหรับความเมตตา ความช่วยเหลือ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่ใช้ในการทดลองตลอดจนข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ ของข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป ทำให้ปัญหาพิเศษครั้งนี้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ และ อ.กิตติชัย บรรจง กรรมการปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำแนะนำพร้อมทั้งช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ให้ จึงทำให้ปัญหาพิเศษสำเร็จได้ด้วยดี

ขอบขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ห้องธุรการทุกท่านที่ให้ให้ความช่วยเหลือเอื้อเฟื้อความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

และสุดท้ายขอขอบคุณเพื่อ ๆ ในภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรที่เป็นกำลังใจและคอยให้ความช่วยเหลือทุกคนที่มีส่วนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์

หากปัญหาพิเศษฉบับนี้พอมีประโยชน์สำหรับผู้อ่าน ขอยกคุณความดีนี้ให้แกบิดา มารดา ครู อาจารย์ ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ ให้การศึกษาและความหวังดีตลอดมา

จุฑามาศ สื่อมงคลวงศ์
พิชญ์สิณี ศรีสำราญ
มีนาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		ก
กิตติกรรมประกาศ		ข
สารบัญ		ค
สารบัญตาราง		ง
สารบัญตารางภาคผนวก		จ
สารบัญรูปภาพ		ฉ
สารบัญรูปภาพผนวก		ช
บทที่	1. บทนำ	1
	2. วารสารปริทรรศน์	3
	2.1 ข้าวจาปอนนิก้าในประเทศไทย	3
	2.2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	4
	2.3 คุณลักษณะทางเคมี กายภาพ ของข้าวจาปอนนิก้า	5
	2.5 คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว	6
	2.6 การเกิดรีโทรกราเดชัน (Retrogradation)	9
	2.7 ไมโครเวฟ (Microwave)	9
	2.8 กระบวนการผลิตข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป	10
	3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	16
	3.1 วัสดุและอุปกรณ์	16
	3.2 วิธีการทดลอง	18
	4. ผลการทดลอง	20
	4.1 ผลการตรวจสอบความชื้น	20
	4.2 ผลการตรวจสอบการเจลลาติไนส์	21
	4.3 ตรวจสอบอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์	22
	4.4 เปรียบเทียบคุณลักษณะของข้าว	22
	4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส ของการคืนรูปของข้าวจาปอนนิก้า	24
	5. สรุปผลการทดลอง	26
	5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	26
ข้อเสนอแนะ		28
เอกสารอ้างอิง		29
ภาคผนวก		32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	แสดงการจำแนกลักษณะของข้าวสุกตามปริมาณอะไมโลส	7
2.	แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก	8
3.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิแป้งสุก	8
4.	ผลการทดลองหาปริมาณความชื้น	20
5.	ผลการวิเคราะห์ตรวจสอบการเจลลาติไนส์	21
6.	ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ระหว่างเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ	22
7.	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูปด้วยไมโครเวฟ	24
8.	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูปด้วยน้ำร้อน	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่	หน้า
1. โครงสร้างพื้นฐานภายในของเมล็ดข้าว	4
2. โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเปกติน	5
3. การเรียงตัวของประจุในอาหารตามธรรมชาติ	15
4. การเรียงตัวของประจุในอาหารเมื่อได้รับความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ	15
5. เปรียบเทียบข้าวจาปอนนิก้าที่ไม่ได้ผ่านการหุงและข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ค.1 ข้อมูลผลการทดลองการหาปริมาณความชื้น	35
ค.2 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยไมโครเวฟ ผู้ทดสอบคนที่ 1	37
ค.3 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยไมโครเวฟ ผู้ทดสอบคนที่ 2	37
ค.4 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยไมโครเวฟ ผู้ทดสอบคนที่ 3	38
ค.5 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยไมโครเวฟ ผู้ทดสอบคนที่ 4	38
ค.6 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยน้ำร้อน ผู้ทดสอบคนที่ 1	39
ค.7 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยน้ำร้อน ผู้ทดสอบคนที่ 2	39
ค.8 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยน้ำร้อน ผู้ทดสอบคนที่ 3	40
ค.9 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยน้ำร้อน ผู้ทดสอบคนที่ 4	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพภาคผนวก

รูปภาพภาคผนวกที่		หน้า
ง.1 -2	การวิเคราะห์การเจลลาติไนส์	41
ง.3 -4	เครื่อง centrifuge	41
ง.5	ข้าวจาปอนนิก้า ตราช้าง พันธ์ซาซานิชิกิ	41
ง.6	ถาดพลาสติกโพลีโพพีลีน	42
ง.7	อุโมงค์ไมโครเวฟ	42
ง.8-10	การคืนรูปด้วยไมโครเวฟ	43
ง.11	ข้าวจาปอนนิก้าคืนรูปจากไมโครเวฟ	43
ง.12	ข้าวจาปอนนิก้าคืนรูปจากน้ำร้อน	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ข้าวจัดเป็นพืชที่เป็นอาหารหลักของประชากรมากกว่าร้อยละ 50 ในทวีปและประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก โดยชนิดของข้าวที่ใช้เป็นอาหารได้ถูกจำแนกออกเป็นชนิดสำคัญ ๆ ตามถิ่นกำเนิด โดยข้าวญี่ปุ่นนั้นจะจัดอยู่ในกลุ่มจาปอนนิก้า (Japonica) มีลักษณะเด่นโดยทั่วไปได้แก่ เมล็ดสั้นป้อม หุงแล้วมีความเหนียวมาก และให้ผลผลิตสูง (อาจอง 2537: 22-25) และเป็นกลุ่มที่ได้รับความสนใจมากขึ้นในขณะนี้

ปัจจุบันในประเทศไทยข้าวจาปอนนิก้า (Japonica) กำลังได้รับความสนใจทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ข้าวจาปอนนิก้า (Japonica) มีต้นกำเนิดในประเทศญี่ปุ่นซึ่งอยู่ในโซนอบอุ่น จะมีฤดูปลูกข้าวของญี่ปุ่นอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ในสภาพที่หนาวเย็นคล้ายฤดูหนาวทางภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยทำให้สามารถปลูกข้าวจาปอนนิก้า (Japonica) ได้เหมือนประเทศญี่ปุ่น ข้าวจาปอนนิก้า (Japonica) ที่ปลูกในประเทศไทยนั้นมีคุณภาพไม่แตกต่างไปจากข้าวญี่ปุ่น โดยมีการยืนยันจากการค้นคว้าวิจัยและพัฒนาข้าวจาปอนนิก้า (Japonica) โดยสถานีทดลองและศูนย์วิจัยข้าวต่าง ๆ ในประเทศไทยและข้าวจาปอนนิก้า (Japonica)ที่ปลูกในประเทศไทยนั้นสามารถผลิตและจำหน่ายให้กับชาวญี่ปุ่นและผู้บริโภคที่บริโภคข้าวจาปอนนิก้า (Japonica) ซึ่งที่บริโภคที่เคยชินกับรสชาติของข้างชนิดนี้ก็ให้การยอมรับในคุณภาพเป็นอย่างดี นอกจากนี้ข้าวจาปอนนิก้าสามารถส่งขายตลาดข้าวของประเทศญี่ปุ่นในอนาคตหรือนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่าง ๆ จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าข้าวจาปอนนิก้าในประเทศไทยสามารถที่จะปลูกและจำหน่ายเพื่อบริโภคให้กับชาวญี่ปุ่นที่เข้ามาท่องเที่ยวและลงทุนในประเทศไทยและเพื่อต้องการส่งออกในประเทศที่นิยมบริโภคข้าวจาปอนนิก้า (ธวัช 2534: 10-14)

จากสาเหตุข้างต้น จึงมีการทำผลิตภัณฑ์ข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป ด้วยการนำข้าวมาทำให้สุก (gelatinization) แช่เย็น ทำให้แห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ แล้วนำข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้มาบรรจุเก็บรักษาเอาไว้ในภาชนะปิดสนิท เมื่อต้องการรับประทานก็สามรถนำข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้มาเติมน้ำร้อนหรือใช้ไมโครเวฟในการคืนรูปได้ทันที ข้าวที่ได้ก็จะเหมือนข้าวตอนหุงสุกใหม่ ๆ การทำผลิตภัณฑ์ข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปนั้นสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน อีกทั้งเป็นการเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้บริโภคในสภาพดำรงชีวิตในปัจจุบัน การทำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยเพิ่มมูลค่าของข้าวจาปอนนิก้าในการส่งออกในประเทศและต่างประเทศและยังเป็นการนำข้าวจาปอนนิก้าที่ปลูกได้ในประเทศไทย มาใช้ประโยชน์โดยการนำมาแปรรูปในระดับอุตสาหกรรมในอนาคตได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป ในสภาวะที่เหมาะสม
2. เพื่อศึกษาการคืนรูปของข้าวจาปอนนิก้าและการยอมรับของผู้บริโภคด้วยการทดสอบโดยการชิมแล้วให้คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทรรศน์

2.1 ข้าวจาปอนนิก้าในประเทศไทย

ในปี พ.ศ.2507 สถานีทดลองข้าวพาน โดยนายจำรง พูลสวัสดิ์ ได้นำข้าวพันธุ์จาปอนนิก้า ชื่อนอรินมาทดลองปลูกในฤดูนาปรัง ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ปรากฏว่าให้ผลผลิตสูงถึง 600 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกทดลองได้ทำต่อ ๆ มาถึงปี พ.ศ.2528 สถานีทดลองข้าวพานได้ฟื้นฟูงานวิจัยและพัฒนาขึ้นมา โดยรวบรวมพันธุ์ข้าวที่มีอยู่ในสถานีและจากศูนย์วิจัยและสถานีทดลองข้าวต่าง ๆ รวมทั้งที่นำเข้ามาใหม่ จากประเทศญี่ปุ่นโดยความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญของทั้งสองประเทศ ในปี 2531 สถานีทดลองข้าวสันป่าตองยังได้ร่วมมือกับภาคเอกชนคือบริษัท ที ซี ซี การเกษตร จำกัด ดำเนินการวิจัยและพัฒนาข้าวจาปอนนิก้าทั้งด้านการปรับปรุงพันธุ์และด้านเทคโนโลยีการผลิต สำหรับภาคอื่นๆ โดยเฉพาะภาคเหนือตอนล่างและภาคกลาง ได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับข้าวจาปอนนิก้าอย่างกว้างขวางที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สถานีทดลองข้าวชัยนาท สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี นอกจากนี้ ในปี 2535 สถานีทดลองข้าวพานได้ร่วมมือกับมูลนิธิแม่ฟ้าหลวง นำข้าวจาปอนนิก้า เข้าทดสอบและพัฒนาในเขตพื้นที่โครงการพัฒนาดอยตุง กิ่งอำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจและเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรชาวไทยภูเขาได้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 500-700 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตที่ได้จากการผลิตในโครงการ ได้มีภาคเอกชนสนับสนุนโดยรับซื้อเพื่อแปรรูปด้วยการขัดสีจำหน่ายในตลาดกรุงเทพ และส่งขายต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น(บริบูรณ์2537 : 9-17) และนอกจากนี้ยังนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ และปัจจุบันนี้มีภาคเอกชนหลายแห่งในเขตภาคเหนือตอนบน ได้ให้ความสนใจในการผลิตข้าวจาปอนนิก้าเช่น บริษัทไชยวิวัฒน์อุตสาหกรรมจำกัด ได้ทำการศึกษาทดลองปลูกข้าวจาปอนนิก้า เพื่อปูพื้นฐานการผลิตต่อไป และบริษัท สยามจาโปนิก้าฟลาวร์จำกัด มีเป้าหมายการผลิตข้าวเพื่อการบริโภค และเพื่อการแปรรูปแป้งส่งไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น (สุรีย์ และสำลี 2538:1-61)

จะเห็นได้ว่าแหล่งผลิตข้าวจาปอนนิก้าในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ภาคเหนือซึ่งมีอากาศหนาวเย็น แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน พะเยา และพิษณุโลก นอกจากภาคเหนือแล้วยังมีปลูกทางภาคกลางบางจังหวัด ได้แก่ จังหวัดอยุธยา ปทุมธานี ฉะเชิงเทรา และกาญจนบุรี (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2536: 1-4)

ในปัจจุบันได้มีการทดลองปลูกข้าวจาปอนนิก้าแบบนาปรังที่จังหวัดหนองคาย พันธุ์ที่ทดลองปลูก คือ พันธุ์ซูบุ ปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ (ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์) (เกตุอร 2539 :11) ซึ่งนอกจากพันธุ์ซูบุแล้วยังมีพันธุ์จาปอนนิก้าที่สามารถปลูกได้ผลผลิตสูงอีกหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์ ซาซานิชิกิ หรือพันธุ์ ก.วก.1 และพันโคชิฮิการิ ทั้งสองพันธุ์มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพการหุงต้มดี ส่วนพันธุ์อกิตะโกมาชิ หรือ พันธุ์ ก.วก.2 เป็นพันธุ์ที่มีรสชาติ เหมือนพันธุ์ซาซานิชิกิ ให้ผลผลิตสูง พันธุ์ข้าวเหล่านี้เป็นพันธุ์ข้าวที่ใช้เพื่อการบริโภคโดยตรงโดยสามารถปลูกได้ดีในเขตภาคเหนือ (สุรีย์ และสำลี 2538 :1-61)

2.2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ เปลือกหุ้มเมล็ด (Hull or Husk) และส่วนของผล (Caryopsis) ซึ่งเมื่อขัดสีเอาส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดออกแล้วจะเหลือส่วนผล ซึ่งส่วนผลนี้จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

2.2.1เยื่อหุ้มเมล็ด (Pericarp) เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากเปลือกหุ้มเมล็ด ทำหน้าที่ห่อหุ้มเมล็ดไว้ประกอบด้วยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสสูง

2.2.2เปลือกหุ้มผล (Seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้าไป เป็นเนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกัน ประกอบด้วยไขมันสูง

2.2.3ชั้นอัลลูโรน (Aleurone layer) เป็นเซลที่มีผนังหนาเรียงต่อกันประมาณ 1 – 7 ชั้น หุ้มทั้งเมล็ด ประกอบด้วยโปรตตีนและไขมันสูง

2.2.4เอนโดสเปอร์ม (Endosperm) เป็นส่วนที่มีแป้งอยู่สูงถึงร้อยละ 90 ในรูปของเม็ดแป้ง (Starch granule) ที่อัดตัวกันแน่นรวมเป็นสารประกอบแป้ง (Starch compound) และในส่วนนี้ยังมีโปรตีน (Protein body) แทรกอยู่ระหว่างเม็ดแป้งประมาณร้อยละ 8 – 10

2.2.5คัพภะหรือเอมบริโอ (Embryo) จะอยู่ด่านล่างของเมล็ด เป็นแหล่งของสารอาหารจำพวก โปรตีน ไขมัน และวิตามินต่างๆ

รูปที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานภายในของเมล็ดข้าว

ที่มา : คณะอาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร (2539)

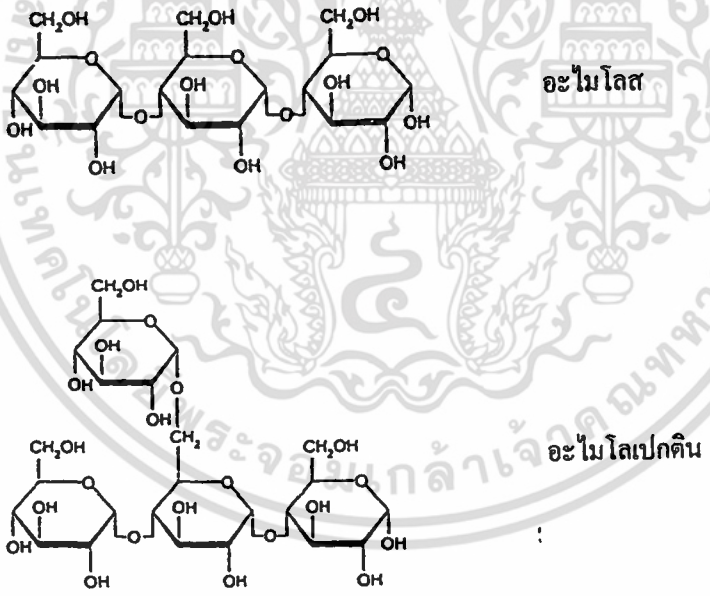
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คุณลักษณะทางเคมี กายภาพ ของข้าวจาปอนนิก้า

ข้าวจาปอนนิก้ามีลักษณะแตกต่างจากข้าวไทย หรือข้าวในกลุ่มอินดิก้าหลายประการ โดยเมล็ดข้าวจาปอนนิก้า มีลักษณะพิเศษคือ มีรูปร่างเมล็ดป้อมสั้น น้ำหนักเมล็ด 1000 เมล็ดประมาณ 20-25 กรัม หุงสุกได้ในอุณหภูมิ ประมาณ65-85 องศาเซลเซียส มีปริมาณอะไมโลสในแป้งต่ำ ประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ข้าวสุกจะนุ่มมีความหยุ่นและเหนียว เมล็ดข้าวสุกจึงเกาะติดกัน (บริบูรณ์ 2537 : 9-17)

2.4 การเกิดเจลลาติไนส์ของแป้ง

คาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดข้าวจะอยู่ในรูปของเม็ดแป้งซึ่งประกอบด้วยโพลีเมอร์ 2 ชนิด คือ อะไมโลส และอะไมโลเปกติน โดยอะไมโลสจะเป็นโพลีเมอร์ชนิดที่มีโครงสร้างเป็นสายโซ่ตรง ประกอบด้วยกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา1 ,4 ไกลโคซิดิค ส่วนอะไมโลเปกตินจะมีโครงสร้างเป็นแบบกิ่งหรือสาขา ประกอบด้วยกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา1 ,4 ไกลโคซิดิคในช่วงที่เป็นสายตรง และแอลฟา1 ,6 ไกลโคซิดิคในช่วงที่เป็นกิ่งหรือสาขา (วุฒิชัย นาครักษา. 2536)



รูปที่ 2 โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเปกติน

ที่มา : Oatces (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติเด่นของเม็ดแป้งในน้ำในระหว่างการให้ความร้อนนั้น พบว่าแต่เดิมเม็ดแป้งจะไม่ละลายน้ำ แต่เมื่อได้รับความร้อน เม็ดแป้งจะค่อยๆ ดูดซับน้ำมากขึ้น และเกิดการพองตัวยอมให้แทรกเข้าไปในภายใน ซึ่งส่วนที่เป็นอะไมโลสและอะไมโลเปกตินจะเกิดการเคลื่อนที่และไหลออกมาภายนอกรวมอยู่กับน้ำ จึงทำให้ได้ของผสมที่มีความหนืดและใสมากขึ้น และส่วนที่เป็นไบรีฟริงเจน (Birefringence) จะค่อยๆ จางหายไปหมดเมื่อถึงอุณหภูมิหนึ่งซึ่งเม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ และของผสมมีความหนืดสูงสุด เรียกอุณหภูมินี้ว่า อุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization temperature) และเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดเจลลาติไนส์เซชั่น (Gelatinization)

2.5 คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ มีความสำคัญต่อการทดสอบและประเมินคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (eating and cooking quality) เนื่องจากความนิยมในการรับประทานของผู้บริโภคในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน ดังเช่น ชาวญี่ปุ่น และเกาหลี นิยมข้าวนุ่มและเหนียวจับกันเป็นก้อน (วุฒิชัย 2535 :22-31) คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานมีดังนี้

2.5.1 ปริมาณอะไมโลส (Amylose content) สตาร์ทในเมล็ดข้าวมีอะไมโลเพกตินเป็นองค์ประกอบหลักและอะไมโลสเป็นองค์ประกอบรอง ในสภาวะธรรมชาติในเม็ดแป้ง มีการจับกันของโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ส่วนที่เป็นผลึก (Crystalline) จะเป็นบริเวณโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพกตินจัดเรียงตัวกันอย่างหนาแน่นเป็นระเบียบ พองตัวยาก ซึ่งทำให้เม็ดแป้งไม่ละลายในน้ำเย็น แต่ในส่วนที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) ของเม็ดแป้งเป็นส่วนที่โมเลกุลจัดเรียงตัวกันไม่หนาแน่น และมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระอยู่มาก จึงพองตัวง่าย และโดยทั่วไปนักวิจัยนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยใช้ปริมาณอะไมโลสเป็นหลัก ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้เมื่อเอ่ยถึงปริมาณอะไมโลสมีความหมายว่าส่วนที่เหลือของสตาร์ชเป็นอะไมโลเพกติน เม็ดแป้งในน้ำเมื่อถูกทำให้ร้อนขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิ หรือเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน ความร้อนจะทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลในบริเวณที่เป็นผลึก ทำให้เม็ดแป้งสามารถรับน้ำเข้าไปในบริเวณอสัณฐาน ทำให้บริเวณอสัณฐานมีโมเลกุลของน้ำมาเกาะมากขึ้น ในขณะเดียวกันพันธะไฮโดรเจนในบริเวณผลึกจะเริ่มถูกทำลายและเม็ดแป้งก็จะขยายทำให้เกิดการพองตัวขึ้น จนในที่สุดเม็ดแป้งจะพองตัวเต็มที่เรียกว่า การเจลาติไนส์เซชัน(Swinkle 1985 :15-46) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงเม็ดแป้งจะพองตัวได้ยากต้องใช้พลังงานความร้อนมากเม็ดแป้งถึงจะพองตัวทำให้ข้าวที่มีปริมาณ อะไมโลสสูงหุงสุกยาก และข้าวสุกที่ได้จะร่วนแข็ง (Luh and Liu 1980:592-594) เมื่ออุณหภูมิลดลงอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันก็จะเคลื่อนที่มาจับตัวกันใหม่เรียกว่า การคืนตัวกลับของแป้ง(Retrogradation)ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสมากก็จะมีการคืนตัวของแป้งมากทำให้เมล็ดข้าวสุกที่ได้แข็ง เนื่องจากน้ำที่อะไมโลสดูดซึมไว้ถูกปล่อยออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงการจำแนกลักษณะของข้าวสุกตามปริมาณอะไมโลส

ปริมาณอะไมโลส	ชนิดข้าว	ลักษณะข้าวสุก
1-2	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
1-2	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก	เหนียวนุ่ม
9-20	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	เหนียวนุ่ม
20-25	ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	นุ่มค่อนข้าวเหนียว
25-35	ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	ร่วนแข็ง

ที่มา:Juliano(1985: 774p.)

คุณภาพของข้าวสุกนอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลส ดังกล่าวข้างต้นแล้ว วิธีการหุงต้มยังมีส่วนทำให้ลักษณะข้าวสุกแตกต่างกันได้อีกด้วย โดยวิธีการหุงข้าวเพื่อให้ได้ข้าวสุกที่มีเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด จะต้องใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำกับข้าวให้ได้สัดส่วนตามปริมาณ อะไมโลสที่เป็นองค์ประกอบของข้าว (Juliano 1982: 305-317) เช่นการหุงต้มข้าวอะไมโลสสูง หากใส่น้ำน้อยจะแข็งกระด้างมาก แต่เมื่อใส่น้ำมากขึ้นจะช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้นและทำให้การขยายปริมาตรมากขึ้นด้วย การหุงข้าวโดยรินน้ำทิ้งหรือเช็ดน้ำ เป็นการทำให้เมล็ดข้าวมีโอกาสดูดน้ำมากขึ้น และทำให้ข้าวแข็งน้อยลงแต่ระหว่างดงข้าวเพื่อไล่ความชื้นที่มีมากเกินไป ข้าวยังได้รับความร้อนสูง ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดสุกได้ หากการรินน้ำกระทำเมื่อข้าวค่อนข้างสุกก็อาจทำให้ข้าวแฉะได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวอะไมโลสต่ำ (งามชื่น 2532 :11)

2.5.2 ปริมาณโปรตีน (Protein content) ปริมาณโปรตีนมีผลต่อการดูดน้ำของข้าวในระหว่างการหุงต้ม ข้าวที่มีโปรตีนสูงต้องใช้เวลาในการหุงต้มนาน เนื่องจากร่างแหโปรตีนที่อยู่รอบเม็ดสตาร์ชจะเป็นตัวกั้นการดูดซึมน้ำของเม็ดสตาร์ช ข้าวที่มีโปรตีนต่ำ เมื่อหุงสุกจะมีความนุ่มและเกาะตัวกันมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูง

2.5.3 ความคงตัวของเจล (Gel consistency) แม้ว่าปริมาณอะไมโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพการหุงต้มและรับประทานแตกต่างกัน ในข้าวบางพันธุ์ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสใกล้เคียงกันแต่ข้าวสุกอาจมีคุณภาพแตกต่างกันบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสุกเมื่อเย็นแล้วมีความแข็งหรือความคงตัวแตกต่างกัน มีการแบ่งประเภทข้าวจากค่าความคงตัวเป็น 3 ชนิด ดังตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก

ประเภทแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล(มม.) (แป้ง 100 มก.ใน KOH0.2N 2มล.)
แป้งสุกแข็ง	26-40
แป้งสุกปานกลาง	41-60
แป้งสุกอ่อน	61-100

ที่มา: Juliano et al.(1980 : 233-237)

โดยข้าวที่มีค่าความคงตัวของเจลต่ำกว่า จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่มกว่าข้าวที่มีความคงตัวของเจลสูง เมื่อมีปริมาณอไมโลสเท่ากัน (Juliano 1982: 305-317)

2.5.4 อุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization temperature) เป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจลและเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมิของแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้ม โดยทั่วไปต้องใช้เวลา 14-24 นาที เพื่อต้มเมล็ดข้าวให้สุกข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ อุณหภูมิแป้งสุกนั้นสามารถคาดคะเนได้โดยดูจากการทดสอบค่าการสลายเมล็ดด่าง (alkali test) ของข้าว โดยสามารถแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภท ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิแป้งสุก

อุณหภูมิแป้งสุก($^{\circ}$C)	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง
55-69	ต่ำ	6-7
70-74	ปานกลาง	4-5
74.5-79	สูง	2-3

ที่มา : Juliano et al.(1980:233-237)

2.5.5 อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก(Elongation ratio) ในระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบ โดยเฉพาะในด้านยาว ในข้าวบางพันธุ์เมล็ดสามารถยืดตัวได้มากซึ่งเป็นลักษณะพิเศษที่เป็นที่นิยม การที่เมล็ดยืดตัวได้มากทำให้เมล็ดข้าวสุกไม่เหนียวติดกัน คุณสมบัตินี้ช่วยเสริมให้ข้าวนั้นขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น (Juliano and Perez 1984:231-292)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 กลิ่นหอม (Aroma) เป็นลักษณะพิเศษที่เป็นที่นิยมของคนไทยและผู้บริโภคบางกลุ่มมีรายงานว่า ข้าวที่มีกลิ่นหอมมีสาร 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2-acetyi-1-pyrroline) มากกว่าข้าวทั่วไป ซึ่งสารดังกล่าวนี้พบในข้าวสารหอมพันธุ์ต่าง ๆ ปริมาณ 0.04-0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม และในข้าวกล้องประมาณ 0.1-0.2 ไมโครกรัมต่อกรัม สารหอมชนิดนี้ยังพบปริมาณสูงในพืชตระกูลใบเตยในการทดสอบข้าวหอมนั้นกระทำโดยแช่เมล็ดข้าวในน้ำเกลือเข้มข้น 10 % ปิดฝาให้สนิทเพื่อให้สารหอมระเหยออกมาแล้วจึงดมแยกข้าวหอมออกจากข้าวที่ไม่มีกลิ่น

2.5.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บ หลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดข้าวมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ (Juliano1985 :774p.) ได้รวบรวมรายงานของนักวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ซึ่งสรุปได้ดังนี้ คือ คุณภาพในการขัดสีข้าวเมล็ดยาวที่เป็นข้าวเก่าจะมีเมล็ดแกร่งกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ ๆ นอกจากนี้การดูดซึมน้ำ (Water absorption)และการขยายปริมาตร (Volumn expantion) ของข้าวเก่าในระหว่างการหุงต้มก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่น้ำข้าวจะมีของแข็งแขวนลอย (Total soluble solid) อยู่น้อยลง หรือใสขึ้น ในขณะที่ข้าวเมล็ดสั้นหรือข้าวจาปอนนิก้าเมื่อนำข้าวเก่าที่เก็บไว้นานมาหุงจนสุก จะมีความเหนียว ความนุ่มและเลื่อมมันต่ำกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวได้ใหม่ ๆ

2.6 การเกิดรีโทรกราเดชัน (Retrogradation)

การเกิดรีโทรกราเดชัน(Retrogradation) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อของผสมของคาร์โบไฮเดรตในรูปเพสท์ (paste) ที่ร้อน หลังจากถูกปล่อยให้เย็นตัวลงหรือทำให้เย็น (Cooling) ซึ่งที่จะทำให้เกิดการพยายามรวมตัวกัน เกิดความข้นหนืดเพิ่มมากขึ้น และละลายได้น้อยลง

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ปริมาณอะไมโลส อะไมโลเพกติน โครงสร้าง ความเข้มข้นของคาร์โบไฮเดรตและปริมาณของสารอื่น ๆ ในของผสม เช่น สารลดแรงตึงผิว (surfactant) และเกลือ (salt)

2.7 ไมโครเวฟ (Microwave)

ไมโครเวฟ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่สูงอยู่ในช่วง 108 – 1011 Hz มีแหล่งกำเนิดจากหลอดแมกนิตรอนเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง สามารถทะลุผ่านสสารต่าง ๆ ยกเว้นโลหะ ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟที่อนุญาตให้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบันคือ 915 และ 2450 MHz (Copson, 1975)

2.7.1 คุณลักษณะของไมโครเวฟ แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะคือ

2.7.1.1 สามารถทะลุผ่านวัตถุบางอย่างได้ (Transmittance) คลื่นไมโครเวฟสามารผ่านทะลุวัตถุบางชนิดได้โดยไม่มีการดูดกลับเข้าไป เช่น ภาชนะ ประเภท แก้ว กระเบื้อง เครื่องปั้นดินเผา พลาสติก กระดาษ

2.7.1.2 สามารถสะท้อนกลับได้ (Reflection) คลื่นไมโครเวฟจะสะท้อนกลับเพื่อมุ่งไปกระทบวัตถุประเภทโลหะในตู้อบไมโครเวฟ คลื่นจะสะท้อนจากด้านข้าง และด้านล่างของตู้ทำให้อาหารได้รับคลื่นไมโครเวฟทุกด้าน เวลาเอาอาหารเข้าไปอบจึงไม่จำเป็นต้องกลับด้านอาหารจะสุกเท่า ๆ กัน ในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.3 ความสามารถในการดูดซับ (Absorbtion) คลื่นไมโครเวฟสามารถดูดกลืนเข้าไปในอาหารได้ทำให้เกิดการสั่นสะเทือน ของโมเลกุลที่มีขั้วในอาหารจนเกิดความร้อน โดยน้ำเป็นส่วนที่คลื่นไมโครเวฟถูกดูดซับได้ง่ายที่สุด จากคุณสมบัติข้อนี้จึงทำให้อาหารสุก

2.7.2 หลักการให้พลังงานความร้อนด้วยไมโครเวฟ

หลอดแมกนิตรอนเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง แมกนิตรอนที่อยู่ภายในตู้อบจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้อยู่ในรูปคลื่นไมโครเวฟที่มีกำลัง 600-700 วัตต์ ในการทำให้สสารเกิดความร้อน จะต้องมีสสารดูดกลืนคลื่นเป็นพวกโพลาร์ โมเลกุล เช่น น้ำ หรือสารที่มีประจุอื่น ๆ เมื่อโมเลกุลของสสารพวกนี้อยู่ในสภาพแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟจะพยายามจัดเรียงตัวตามแนวขั้วบวก ขั้วลบ ทำให้โมเลกุลเกิดการเคลื่อนที่ มีการผลักกันระหว่างขั้วที่เหมือนกัน เกิดการเสียดสีระหว่างโมเลกุลเป็นผลทำให้เกิดความร้อน (Copson, 1975)

2.8 กระบวนการผลิตข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป

ในปัจจุบันได้มีการนำผลิตภัณฑ์ข้าวกึ่งสำเร็จรูป (Quick Cooking Rice)จากข้าวเจ้าออกจำหน่ายแล้วในต่างประเทศ โดยมีผู้ที่ทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับการทำผลิตภัณฑ์ข้าวเจ้ากึ่งสำเร็จรูปดังนี้

Atallah และ Durani(1948) ได้ศึกษากระบวนการผลิตข้าวขาวกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้ข้าวขาว (White Rice) เป็นวัตถุดิบ หลักในการผลิตสรุปได้ดังนี้คือ การทำให้เม็ดสตาร์ช (Starch Granules) ในเมล็ดข้าวเกิดการเจลาติไนซ์ (Gelatinization) ด้วยการต้ม เพื่อเพิ่มความชื้นในเมล็ดข้าวจนถึง 65-70% ซึ่งไม่เกินระดับที่จะทำลายโครงสร้างของเมล็ดจากนั้นจึงทำแห้ง

Bhattacharya และ Sowbhagya(1971) ศึกษาการดูดซับ (Water Uptake) ของข้าวที่มีอัตราความยาวต่อความกว้าง (L/W ratio) ต่างกันโดยการต้มข้าวที่อุณหภูมิ 96 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่อทำให้เย็น และทิ้งให้สะเด็ดน้ำ เมื่อเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำปรากฏว่าข้าวที่มีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างสูง จะมีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่า ข้าวที่มีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างต่ำนอกจากนี้ Bhattacharya et al.(1972) ยังได้ศึกษาทางเคมีกายภาพ (Physicochemical Properties) ของข้าวเพิ่มเติมอีกพบว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้สูงกว่าและเกิดการเจลาติไนส์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง

Prabhakara Bhat et.al. (1973)ได้ศึกษาสภาวะที่จะสามารถลดระยะเวลาในการคืนรูป (reconstition) ข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้จากกระบวนการให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 2.5-3 นาทีแล้วเอามาแช่น้ำต่อจากนั้นจึงทำให้สุกบางส่วนในหม้อนึ่งความดันไอที่ 5 ปอนด์ต่อตารางนิ้วนาน 5 นาที จึงนำไปทำแห้งจนเหลือความชื้น 5 % พบว่าการคืนรูปของเมล็ดข้าวจะใช้เวลาประมาณ 4-5 นาที

Cox และCox(1975) ได้พัฒนากระบวนการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนที่สำคัญคือ การเพิ่มปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับเข้าไปภายในเมล็ดโดยการให้ความร้อน ด้วยไอน้ำ (Steam) จนถึงอุณหภูมิ 185-280 องศาฟาเรนไฮต์ ที่ความดันบรรยากาศเป็นเวลา 2-10 นาที และแช่ข้าวใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายที่ประกอบด้วย ฟอสเฟตและไตรโซเดียมฟอสเฟต ความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 0.001-7% จากนั้นนำไปทำแห้ง

Chakrabarthy และ Dwarakanath (1980) ทดลองกระบวนการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป ด้วยกระบวนการแปรรูปต่างๆ เพื่อที่จะลดระยะเวลาในการคืนรูป กระบวนการผลิตที่ศึกษามีดังนี้ การนำมาอบที่อุณหภูมิสูง (Roasting) ตามด้วยการหุงสุกบางส่วน (Precooking of Pregelatinization) แล้วจึงทำแห้งโดยการทำให้แป้งค่อย ๆ สุก(Step-Wise Gelatinization) การเติมสารเคมีร่วมกับการค่อยๆทำให้แป้งสุก(Chemical Pretreatment and Step – Wise Gelatinization) และการระเหยน้ำที่อุณหภูมิสูงแบบลมดูด(High Temperature Pnuematic Dehydration) พบว่าวิธีการที่ค่อยๆทำให้แป้งสุกสามารถลดระยะเวลาในการคืนรูป ให้เหลือเพียง 4-5 นาที ส่วนการเติมสารเคมีในรูปของกลีเซอรอล (Glycerol) และเกลือ สเตียเรต (Stearate salt) ร่วมกับสารเคมีอื่นๆไม่ได้ช่วยลดระยะเวลาในการคืนรูป

ในปี ค.ศ.1976 Mc.Cabe ได้เสนอวิธีการทำให้ข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป (Quick Cooking Brown Rice) ด้วยวิธีการแช่ข้าว(Soaking) ในน้ำที่เป็นอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง แล้วนำมาอบแห้ง(baking) ในตู้อบทรงกระบอกแบบหมุน (Rotary – type Cylinder Oven) ที่อุณหภูมิ 300-350 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลา 40 นาที โดยทำหมุนเวียนกันไป 2 รอบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถต้มโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 5 นาที ซึ่งเร็วกว่าการต้มข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการที่ต้องใช้ระยะเวลาในการต้มสุกนาน 30-40 นาที

Welbye (1983) ได้เสนอวิธีการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปในรูปของข้าวหุงสุกเร็ว (Quick Cooking Rice) ด้วยกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง(Continuous Process) ด้วยการนำข้าวขาวมาทำให้เกิดการเจลาติไนส์ด้วยน้ำร้อน และฉีดพ่นไอน้ำสลับกันลงบนเมล็ดข้าวบนสายพาน เพื่อให้เม็ดแป้งในเม็ดข้าวเกิดการเจลาติไนส์สมบูรณ์ และมีปริมาณความชื้นสูงขึ้นประมาณ 70 % หลังจากนั้นจึงนำมาทำแห้งด้วยอุโมงค์ลมร้อนที่ความเร็วลม 90-125 เมตร/นาที เพื่อลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้ให้เหลืออยู่ระหว่าง 10-14% ข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้สามารถใช้เวลาประมาณ 5 นาทีในการคืนรูปด้วยน้ำร้อน

Smith et.al.(1985) ทดลองแช่ข้าวในสารละลาย 1% ของเกลือโซเดียมซิเตรท และเกลือโซเดียมคลอไรด์(50:50) เพื่อให้การดูดซึมน้ำในระหว่างการคืนรูปดีขึ้นโดยใช้ระยะเวลาในการคืนรูปประมาณ 5-10 นาที นอกจากนี้ยังพบว่าการแช่น้ำในลักษณะนี้จะทำให้ข้าวมีสีขาวมากขึ้น มีการแตกหักของเมล็ดหลังจากการทำให้สุกต่ำ แต่ทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวกึ่งสำเร็จรูปสั้นลงซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง Bhaskar et.al.(1989) ที่ได้ทดลองต้มข้าวในสารละลายของเกลือโซเดียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.3% และสารละลายเกลือแคลเซียมซิเตรทความเข้มข้น 0.2% จะทำให้ข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้มีสีขาวมากขึ้น และไม่แตกหักในระหว่างการคืนรูป

Hirokawa et.al. (1986)ได้เสนอวิธีการในการให้ความร้อนแก่ข้าวกล้องด้วยการเป่า (Blowing) ลมร้อน อุณหภูมิ 90-170 องศาเซลเซียส ให้กับข้าวกล้องด้วยอุปกรณ์ให้ลมร้อนแบบฟลูอิดเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 5 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีด้วยการเป่าลมเย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อควบคุมปริมาณความร้อนที่ข้าวกล้องดูดซับเอาไว้ให้เหมาะสม จากการทดลองพบว่าปริมาณความร้อนที่ข้าวกล้องควรจะได้รับอย่างน้อย 60-130 กิโลแคลอรีต่อข้าวกล้องหนัก 1 กิโลกรัมซึ่งจะทำให้สามารถใช้ระยะเวลาในการหุงข้าวกล้องให้สุกใกล้เคียงกับข้าวที่ผ่านการขัดสีใช้เวลาหุงสุกข้าวกล้องได้เช่นกัน โดย Hirokawa และคณะได้กล่าวว่าในการที่ข้าวกล้องสามารถลดระยะเวลาในการหุงต้มได้เนื่องจากในระหว่างที่เปาด้วยลมร้อนบริเวณผิวของเมล็ดข้าวกล้องเกิดรอยแยกหรือปริออก (Fissures) ทำให้เอนโดสเปอร์มซึ่งเป็นที่เก็บสะสมแป้งสามารถดูดซับน้ำเอาไว้ได้และทำให้แป้งที่เมล็ดข้าวเกิดการสุกได้เร็วขึ้น 10-12 นาที และ 9-10 นาทีตามลำดับ ทั้งยังคงมีวิตามิน บี1และบี2 เหลืออยู่ในปริมาณที่มากกว่า อย่างไรก็ตามการทำแห้งภายใต้จุดเยือกแข็งจะทำให้ข้าวมีการพองตัวสูงที่สุด ใช้ระยะเวลาในการคืนรูปอยู่ในช่วง 7-8 นาที และมีปริมาณวิตามินบี 1 และบี 2 เหลืออยู่มากที่สุด

Ghosh and Mukherjee(1988) ได้ศึกษากระบวนการทำให้ข้าวสุกด้วยความร้อนในรูปต่างๆ คือ การต้มเพียงอย่างเดียว การต้ม 10 นาทีแล้วนึ่งต่ออีก 5 นาที และการนึ่งเพียงอย่างเดียว 10 นาที ซึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำในเมล็ดภายหลังจากการให้ความร้อนของแต่ละวิธีเพิ่มขึ้นเป็น 7.3 %, 60.2% และ 51.8 % ตามลำดับ จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้ การอบแห้งบนถาด(Tray Drying) การทำแห้งด้วยอินฟาเรด (Infared Drying) การทำแห้งแบบใช้ลมร้อน(Air Diffusion Drying) และการทำแห้งภายใต้จุดเยือกแข็ง (Freez Drying)จากผลการทดลองพบว่าการอบแห้งข้าวที่ผ่านกระบวนการทำให้ข้าวสุกบนถาดจะทำให้ได้ข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่มีการพองตัวต่ำ ใช้เวลาในการคืนรูปนาน 10-15 นาที ทั้งยังทำให้วิตามิน บี1 และบี2 เหลืออยู่ต่ำที่สุดในขณะที่การทำแห้งด้วยอินฟาเรด, ลมร้อนจะทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวได้ดีกว่า ข้าวที่ได้สามารถคืนรูปได้เร็ว

Bhaska et.al.(1989) ได้ศึกษาผลของเกลือฟอสเฟตและเกลือซิเตรทที่มีผลต่อการทำให้ข้าวสาร (Raw Rice)และข้าวนึ่ง (Parboiled Rice) จากข้าวสายพันธุ์ Pankaj โดยการนำวัตถุดิบมาต้มสารละลายที่มีเกลือไดโซเดียมฟอสเฟต (Disodium Phosphate) และเกลือแคลเซียมซิเตรท(Calcium Citrate) แล้วจึงนำมาทำแห้งในตู้อบแบบ Carbinat (Carbinet Dryer) ผลการทดลองที่ได้พบว่าข้าวสารและข้าวนึ่งที่ผ่านกระบวนการหุงสุกเร็วกว่าข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการ 3.7 และ 1.2 เท่าตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการสูญเสียโครงสร้าง โปรตีน และการเพิ่มอัตราการดูดซึมน้ำ (Water UpTake)

สำหรับในประเทศไทยมีการศึกษากระบวนการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปเช่นกันโดยภาครัฐบาลและเอกชนดังนี้

วุฒิชัย(2535) ได้ศึกษากระบวนการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนากระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ผู้บริโภคสามารถลดระยะเวลาในการแช่ข้าวเหนียวค้างคืนและประหยัดพลังงานในการทำให้สุกด้วยวิธีการนำข้าวเหนียวมาต้มในน้ำที่เติมกรดซิตริกลงไป 0.002 กรัมต่อกรัมของข้าวเหนียวเป็นเวลา 10 นาทีเพื่อทำให้เกิดการดูดน้ำและทำให้เม็ดแป้งที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวเหนียวเกิดการพองตัวหรือสุกบางส่วนหลังจากนั้นจึงนำมาอบในตู้อบลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส นาน 80 นาที จะได้ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่เต็มเมล็ดมีความชื้น 7.8% และนำมาคืนรูปโดยการเติมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดือดในอัตราส่วนข้าวเหนียวต่อน้ำ 1:1 เป็นเวลา 10 นาทีจะได้ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ยังคงมีความเหนียวและสุกทั่วถึงกันทั้งเมล็ด

นอกจากนี้ วุฒิชัย(2536) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปเสริมไอโอดีนเพื่อแก้ปัญหาโรคเอ๋อที่เกิดจากร่างกายขาดสารไอโอดีนโดยเฉพาะคนไทยในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผู้หญิงมีครรภ์และเด็กก่อนวัยเรียนในการเสริมไอโอดีนจะเสริมอยู่ในรูปของเกลือโปตัสเซียมไอโอไดด์ (KIO_3) ในปริมาณที่มากพอที่ผู้บริโภคควรจะได้รับในแต่ละวัน

Sanikornkiat (1995) ได้ศึกษาวิธีการให้ความร้อนแห้ง (Dry HeatTreatment) แก่ข้าวก่อนการเตรียมผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป(Quick Cooking Rice) จากข้าวขาวดอกมะลิ105,สุพรรณบุรี, กข87 และรวงแก้วที่ผ่านการขัดสีจนขาวพบว่า ข้าวขาวที่ผ่านการให้ความร้อนแห้งที่ 80 องศาเซลเซียสในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ก่อนแล้วนำมาต้มในน้ำ (ข้าว:น้ำเท่ากับ1:9) หลังจากนั้นจึงล้างข้าวด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องแล้วนำมาทำแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ130 องศาเซลเซียสนาน 10 นาที ก่อนที่จะอบต่อที่อุณหภูมิ 70 องสาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง จะให้คุณลักษณะของข้าวกึ่งสำเร็จรูป และการยอมรับจากผู้ชิมมากกว่า

ในส่วนของภาคเอกชนในประเทศไทย บริษัท เทพทิพ จำกัด ได้พัฒนากระบวนการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป ข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมวิตามินบี (ยี่ห้อ B-top) ออกจำหน่ายทั้งในตลาดภายในและภายนอกประเทศ(สหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย)ในส่วนของข้าวกึ่งสำเร็จรูป และข้าวกึ่งสำเร็จรูปจะอยู่ในรูปของไรซ์เค็ก (Rice Cake) และ Ready-to-Eat-Rice โดยใช้ข้าวขาวเป็นวัตถุดิบในการผลิต (เทอดศักดิ์, 2536)

ในการเก็บรักษาข้าว Dhaliwal et.al.(1990)ศึกษาผลของการทำแห้งและเก็บรักษาข้าวเปลือกพบว่าการทำแห้งก่อนการเก็บรักษาจะไม่ทำให้ข้าวเปลือกเกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในส่วนที่เป็นกรดไขมันยกเว้นกรดพาลมิติก(Palmitic Acid) จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นส่วนการรักาาที่ระยะเวลานานๆ จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันโดยที่ปริมาณของกรดพาลมิติก กรดพาลมิโตเลอิค (Palmitoleic Acid) และกรดสเตียริก (Stearic Acid)ลดลง ในขณะที่ปริมาณของกรดโอเลอิก(Oleic Acid) เพิ่มมากขึ้น

แม้ว่าข้าวกล้องจะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวที่ผ่านการขัดสีก็ตาม แต่อายุการเก็บรักษาโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 3-4 เดือน ทั้งนี้การเสื่อมเสียของข้าวกล้องเกิดขึ้นเนื่องจากในข้าวกล้องมีปริมาณไขมันสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดกลิ่นหืน และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายไขมัน (Lipolytic Hydrolysis) กลายเป็นกรดไขมันอิสระ(Free Fatty Acid,FFA) โดยมีเอนไซ์ไลเปส(Lipases) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและปฏิกิริยาออกซิเดส (Autoxidation Photo-oxidation) ซึ่งทำให้ไขมันย่อยสลายและกรดไขมันอิสระกลายเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide) โดยการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันอิสระในการถูกออกซิไดส์ช่วงที่มีเอนไซม์ไลปอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

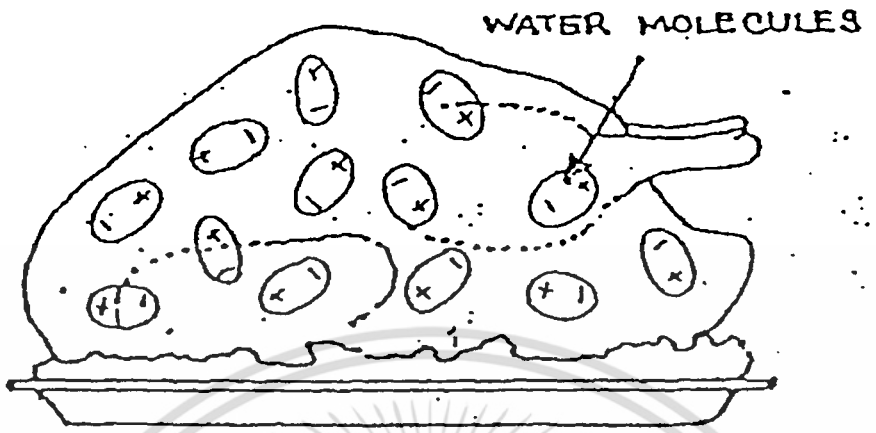
ซีจีเนส (Lipoxygenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาหลังจากนั้นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นสารที่มีกลิ่นหืน (Champange,1994)

การยับยั้งการเสื่อมเสียของข้าวกล้องที่เกิดขึ้นมีผู้ศึกษาโดยการใช้ความร้อนในลักษณะเป็นลมร้อนและการต้มข้าวกล้องจะทำให้เสียสภาพธรรมชาติ(Denature) แต่วิธีการนี้ทำให้ข้าวกล้องเกิดการพองตัวเพราะมีกลิ่นไหม้ได้ ในกรณีที่ใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ และเกิดการสูญเสียวิตามินรวมทั้งแร่ธาตุที่สามารถละลายไปกับน้ำในระหว่างการต้มได้ (Alexander et.al.,1954)

นอกจากนี้ยังมีการใช้สารละลายอินทรีย์เช่นปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petrolium Ether) (Champagne et al.1991) ในการสกัดแยกเอาส่วนที่เป็นกรดไขมันด้วยการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลเปส โดยที่เม็ดแป้งในข้าวกล้องไม่เกิดการเจลาติไนส์ แต่อย่างไรก็ตามก็ยังเกิดการสูญเสียไทอามีน (Thiamin) และยังทำให้ข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการมีกลิ่นของสารเคมีที่ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

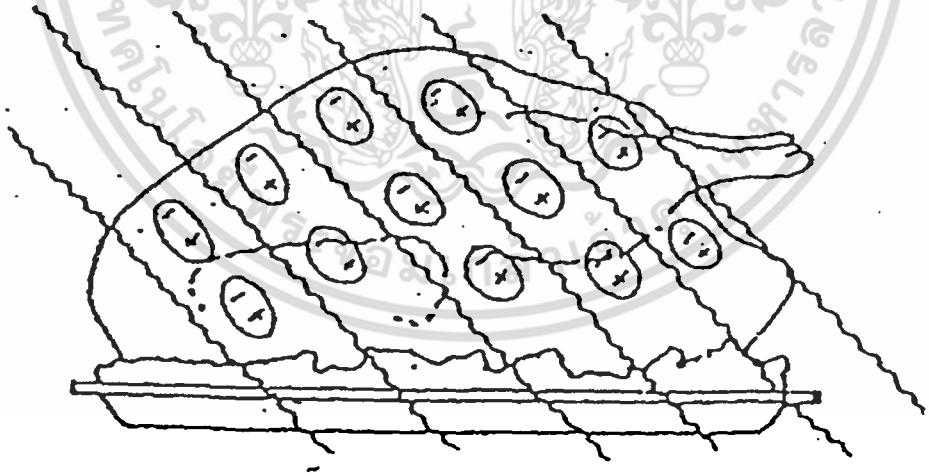
ต่อมา Champange และ Horn (1992) และ Champange et .al. (1993) ได้เสนอวิธีการที่จะยืดอายุการเก็บรักษาข้าวกล้องโดยการให้ใช้ไอแอลกอฮอล์ ในการยับยั้งการไฮโดรไลส์ไขมันหรือย่อยสลายไขมันดังกล่าวแล้วข้างต้นไม่มีปัญหาการสูญเสียไทอามีนและโทโคฟีนอล (Tocophenol) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ไอแอลกอฮอล์ไม่ทำให้เม็ดแป้งที่อยู่ในเมล็ดข้าวเกิดการเจลาติไนส์และสามารถลดปริมาณของจุลินทรีย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 การเรียงตัวของประจุในอาหารตามธรรมชาติ

ที่มา : Copson, 1975



รูปที่ 4 การเรียงตัวของประจุในอาหารเมื่อได้รับความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ

ที่มา : Copson, 1975

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

1. ข้าวจาปอนนิก้า พันธุ์ซาซานิชิกิ (ข้าวญี่ปุ่นตราช้าง) แท้ 100% ซึ่งเมล็ดพันธุ์ได้มาจากประเทศญี่ปุ่น และนำมาปลูกในประเทศไทย มีการควบคุมคุณภาพตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูกเก็บเกี่ยว ขัดสีเมล็ด และทำความสะอาดอย่างถูกวิธีจนกระทั่งถึงขั้นตอนการบรรจุสุดท้าย

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์

1 อุโมงค์ไมโครเวฟ	สจล.สกว.1	ไทย
2 ตู้เย็น		
3 หม้อหุงข้าว	National	ญี่ปุ่น
4 เครื่องชั่งชนิดหยาบ		
5 ถาดพลาสติกโพลีโพพีลีน 7 x 10 x 0.5 นิ้ว		
6 ถุงพลาสติก		
8 อินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์	CHINO	ญี่ปุ่น
9 เทอร์โมมิเตอร์		
10 ไมโครเวฟระดับครัวเรือน	Goldstar ER-46 1 0 D	เกาหลี
11 หม้อต้มน้ำร้อน		

สถานที่ดำเนินงาน

1. ห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหาร 1 (Proceesing plant 1) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ (Analytical laboratory) โครงการอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาดำเนินงาน

เดือนตุลาคม 2546 - เดือนมีนาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง	ระยะเวลา					
	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
1. หาข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูล	←	—	—	—	—	→
2. ทดสอบหาแนวทางการทดลองและเสนอโครงร่าง	←	—	→			
3. ทำการทดลอง		←	—	—	→	
4. ประเมินผลการทดลอง				←	—	→
5. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง					←	→
6. รวบรวมข้อมูล จัดพิมพ์เสนอปัญหาพิเศษ					←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96826

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ศึกษากระบวนการผลิตข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป

3.2.1.1 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำที่เหมาะสมสำหรับการหุงข้าวจาปอนนิก้า โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลด้วยแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) โดยมีอัตราส่วนระหว่างข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำที่ทำการศึกษา 3 ระดับดังต่อไปนี้คือ 1:1.1, 1:1.3 และ 1:1.5 จากนั้นนำข้าวที่หุงสุกแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาแบ่งใส่ถุงพลาสติก PE จากนั้นนำไปแช่เย็น (chillling) ที่อุณหภูมิ 4° ซ แช่เย็นทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากการแช่เย็นนำข้าวใส่ถุงพลาสติกมาทำการแยกออกให้เป็นเม็ด ๆ แล้วใส่ถาดพลาสติก โพลีโพพีลีนถาดละ 70 กรัม แล้วนำเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟเป็นเวลาประมาณ 20 นาที โดยมี ความเร็วสายพาน 1.5 เมตร/นาที จนได้ข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

3.2.1.2 ทำการตรวจสอบกระบวนการผลิตข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป

- ตรวจสอบความชื้น (moisture content) (AOAC. 1995) ของข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป
- ตรวจสอบการเจลลาติไนส์ (Degree of Gelatinization) (Birch and Priestley. 1973) ของข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุกและข้าวจาปอนนิก้าที่ได้หลังจากเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ
- ตรวจสอบอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ระหว่างเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ โดยใช้อินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ สุ่มตรวจ 5 จุด บนผลิตภัณฑ์ในถาดพลาสติกโพลีโพพีลีน
- เปรียบเทียบคุณลักษณะที่ได้ของข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลด้วยแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD)

3.2.2 ศึกษาวิธีที่ใช้ในการคืนรูปข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป

3.2.2.1 ศึกษาวิธีการคืนรูปโดยใช้ไมโครเวฟ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปที่ดีที่สุดจากข้อ 1 ต่อน้ำที่ใช้ในการคืนรูป คือ 1:0.8, 1:1, 1:1.2, 1:1.4 (ในที่นี้ใช้ข้าวกึ่งสำเร็จรูปในการศึกษาการคืนรูป 50 กรัม) โดยใช้ระยะเวลาในการคืนรูป 5 นาที แล้วเปรียบเทียบข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปในแต่ละอัตรส่วนกับข้าวที่หุงสุกใหม่

3.2.2.2 ศึกษาวิธีการคืนรูปโดยใช้น้ำร้อน โดยใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปที่ดีที่สุดจากข้อ 1 ต่อน้ำร้อนที่ใช้ในการคืนรูป คือ 1:0.8, 1:1, 1:1.2, 1:1.4 (ในที่นี้ใช้ข้าวกึ่งสำเร็จรูปในการศึกษาการคืนรูป 50 กรัม) โดยใช้ระยะเวลาในการคืนรูป 5 นาที แล้วเปรียบเทียบข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปในแต่ละอัตราส่วนกับข้าวที่หุงสุกใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 นำข้าวจาปอนนิก้าที่คืนรูปในแต่ละอัตราส่วนในข้อ 2.1 และ 2.2 มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการยอมรับรวมเปรียบเทียบความแตกต่างกับข้าวที่หุงสุกใหม่ด้วยวิธี Hedonic Scale 1- 7 โดยทดสอบ สี, ความสมบูรณ์ของเมล็ด, การเกาะตัวของเมล็ด, กลิ่น, รสชาติ, การยอมรับรวม,เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม เหนียว โดยใช้ผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้างกึ่งสำเร็จรูป 4 คนและ วิเคราะห์ความแตกต่างทางด้านสถิติ โดยใช้แผนการทดลองวิธี Complete Blocks Design (CBD)

ในการวิเคราะห์ความแตกต่างทางด้านสถิติข้อ 1 และ 2 ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 7.5 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการตรวจสอบความชื้น (moisture content)

ผลการตรวจสอบความชื้น ของข้าวจาปอนนิก้าและข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป

ตารางที่ 4 ผลการทดลองหาปริมาณความชื้น (Moisture content)

ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
1. ข้าวจาปอนนิก้าที่ไม่ได้หุงสุก	14.75 ± 0.005^{a}
2. ข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.1	14.25 ± 0.012^{a}
3. ข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.3	15.25 ± 0.090^{a}
4. ข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปที่ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.5	15.25 ± 0.050^{a}

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษ Superscript ที่เหมือนกันในแนวนอนอย่างน้อย 1 ตัวอักษร หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของข้าวจาปอนนิก้าและข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป (ข้าวที่ได้หลังจากเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ) จะเห็นได้ว่าไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การตรวจสอบการเจลลาติไนส์ (Degree of Gelatinization)

การตรวจสอบการเจลลาติไนส์ของข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุกและข้าวจาปอนนิก้าที่ได้หลังจากเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ตรวจสอบการเจลลาติไนส์ (Degree of Gelatinization)

อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำ	การเจลลาติไนส์ (ร้อยละ)	
	ข้าวจาปอนนิก้าหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าว	ข้าวจาปอนนิก้าหลังจากเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ
1:1.1	83.90 ± 0.36^{a}	89.10 ± 0.10^{a}
1: 1.3	85.40 ± 0.40^{b}	89.21 ± 0.07^{a}
1:1.5	86.17 ± 0.05^{c}	89.87 ± 0.15^{b}

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษ Superscript ที่เหมือนกันในแนวนอนอย่างน้อย 1 ตัวอักษร หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากกราฟมาตรฐาน (ภาคผนวก ข) ที่ระหว่างอัตราการเกิดเจลาติไนส์กับค่าการดูดกลืนแสงของข้าวจาปอนนิก้าและผลการดูดกลืนแสงของตัวอย่างข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวในอัตราส่วนต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าทุกอัตราส่วนของข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำที่ใช้ในการหุงนั้นมีความต่างของค่าการเจลลาติไนส์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางด้านสถิติของข้าวจาปอนนิก้าคึ่งสำเร็จรูป (หลังจากผ่านการเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ) ผลที่ได้จะเห็นว่าที่อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:1.1 และอัตราส่วนที่ 1:1.3 นั้น ค่าการเจลลาติไนส์ที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความต่างของค่าการ เจลลาติไนส์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 แต่อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:1.5 นั้นมีความต่างกับอัตราส่วนที่ 1:1.1 และอัตราส่วนที่ 1:1.3 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

4.3 ตรวจสอบอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ระหว่างเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ

โดยใช้อินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ สุ่มตรวจ 5 จุด บนผลิตภัณฑ์ในถาดพลาสติกโพลีโพพีลีนแล้วนำผลมาทำการวิเคราะห์ความแตกต่าง

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ระหว่างเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ

เวลาทำให้ด้วยไมโครเวฟ	อุณหภูมิที่ผิวหน้า (° ซ)
3	84.14 ± 1.76 [a]
6	84.53 ± 4.75 [a]
9	102.08 ± 1.05 [bc]
12	97.52 ± 4.25 [abc]
16	105.77 ± 1.15 [bc]
18	93.15 ± 5.04 [ab]
21	97.78 ± 2.85 [bc]

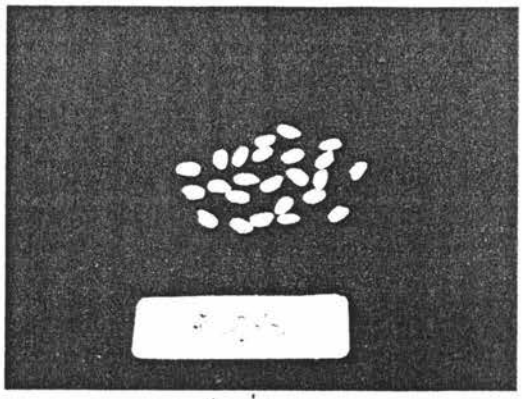
หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษ Superscript ที่เหมือนกันในแนวนอนอย่างน้อย 1 ตัวอักษร หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.4 เปรียบเทียบคุณลักษณะที่ได้ของข้าวจาปอนนิก้าก่ึงสำเร็จรูป

จากภาพจะเห็นได้ว่าข้าวที่อัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำที่ 1:1.3 และ 1:1.5 นั้นมีลักษณะไม่สามารถแยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยว ๆ ได้ ส่วนอัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำที่ 1:1.1 นั้นมีลักษณะที่แยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยวที่สมบรูณ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

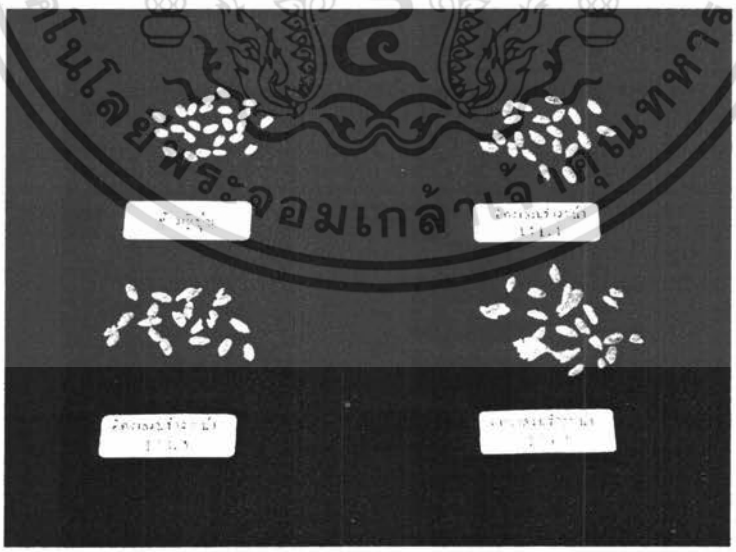


(ก) ข้าวญี่ปุ่น

(ข) อัตราส่วนระหว่างข้าว
จาปอนนิก้าต่อน้ำที่ 1:1.1

(ค) อัตราส่วนระหว่างข้าว
จาปอนนิก้าต่อน้ำที่

(ง) อัตราส่วนระหว่างข้าว
จาปอนนิก้าต่อน้ำที่ 1:1.5



<u>รูปที่ 5</u> เปรียบเทียบข้าวจาปอนนิก้าที่ไม่ได้ผ่านการหุงและข้าวจาปอนนิก้าที่สำเร็จรูปที่ได้ในอัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำที่ใช้ที่อัตราส่วน 1:1.1 1:1.3 และ 1:1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากข้อ 1-3 นั้นนำมาใช้ในการตัดสินใจในการเลือกข้าวที่ดีที่สุดแล้วนำไปศึกษาการคืนรูป โดยวิเคราะห์เลือกจากอัตราส่วนที่มีปริมาณความต่ำ มีการเจลลาติไนซ์สูง ๆ และสามารถแยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยว ๆ ที่สมบรูณ์ได้ ในผลการทดสอบการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นจะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์ได้นั้นไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ ส่วนการวิเคราะห์การเจลลาติไนส์นั้นข้าวกึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ใช้ 1 :1.1 และ 1:1.3 นั้นไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ แต่อัตราส่วนที่ 1:1.5 นั้นมีความแตกต่างทางนัยสำคัญ คือ มีการเจลลาติไนส์ที่ดีที่สุด แต่ที่อัตราส่วน 1:1.5 นั้นไม่สามารถแยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยว ๆ ได้ จึงเลือกอัตราส่วนที่ 1: 1.1 ซึ่งมีการเจลลาติไนส์ไม่แตกต่างกับที่ 1:1.5 มากนัดและสามารถแยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยว ๆ ที่สมบรูณ์ได้ดีที่สุด เพื่อนำไปศึกษาการคืนรูปต่อไป

4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของการคืนรูปของข้าวจาปอนนิก้า

4.5.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของการคืนรูปของข้าวจาปอนนิก้าด้วยไมโครเวฟ โดยใช้อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำที่ใช้ในการคืนรูปที่อัตราส่วน 1:0.8 1:1.1 1:1.2 และ 1:1.4 ใช้เวลาในการคืนรูป 5 นาที โดยการให้คะแนนแบบ Hedonic scale 1-7 ใช้ผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้าวกึ่งสำเร็จรูป 4 คน

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูปด้วยไมโครเวฟ

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง			
	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:0.8	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.0	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.2	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.4
1. สี	5.50 ± 0.58^{a}	5.75 ± 0.50^{a}	5.75 ± 0.50^{a}	6.00 ± 0.00^{a}
2. ความสมบูรณ์ของเมล็ด	5.50 ± 0.58^{a}	5.50 ± 0.58^{a}	5.50 ± 0.58^{a}	6.00 ± 0.00^{a}
3. การเกาะตัวของเมล็ด	5.50 ± 0.58^{a}	5.75 ± 0.50^{a}	6.00 ± 0.00^{a}	5.75 ± 0.50^{a}
4. กลิ่น	5.25 ± 0.50^{a}	5.25 ± 0.50^{a}	5.25 ± 0.50^{a}	5.50 ± 0.50^{a}
5. รสชาติ	3.25 ± 0.50^{a}	4.00 ± 0.82^{ab}	4.25 ± 0.50^{b}	5.50 ± 0.58^{c}
6. เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม ความเหนียว	2.25 ± 0.50^{a}	3.50 ± 0.58^{b}	5.00 ± 0.82^{c}	5.75 ± 0.50^{c}
7. การยอมรับรวม	2.75 ± 0.50^{a}	3.25 ± 0.50^{a}	4.25 ± 0.50^{b}	5.75 ± 0.05^{c}

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษ Superscript ที่เหมือนกันในแนวนอนอย่างน้อย 1 ตัวอักษร หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าข้าวจาปอนนิก้าที่ผู้ชิมให้คะแนนดีที่สุด คืออัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ใช้ในการคืนรูปที่อัตราส่วน 1:1.4

4.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของการคืนรูปของข้าวจาปอนนิก้าด้วยน้ำร้อน โดยใช้อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำที่ใช้ในการคืนรูปที่อัตราส่วน 1:0.8 1:1.1 1:1.2 และ 1:1.4 ใช้เวลาในการคืนรูป 5 นาที โดยการให้คะแนนแบบ Hedonic scale 1-7 ใช้ผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้าวกึ่งสำเร็จรูป 4 คน

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูปด้วยน้ำร้อน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง			
	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:0.8	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.0	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.2	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.4
1. สี	5.25 ± 0.50^{a}	5.00 ± 0.00^{a}	5.50 ± 0.58^{a}	5.75 ± 0.50^{a}
2. ความสมบูรณ์ของเมล็ด	4.50 ± 0.58^{a}	5.25 ± 0.50^{ab}	5.50 ± 0.58^{b}	5.75 ± 0.50^{b}
3. การเกาะตัวของเมล็ด	3.50 ± 0.58^{a}	3.00 ± 0.82^{ab}	2.50 ± 0.58^{ab}	3.00 ± 0.00^{b}
4. กลิ่น	2.50 ± 0.58^{a}	2.75 ± 0.50^{ab}	2.75 ± 0.50^{ab}	3.50 ± 0.58^{a}
5. รสชาติ	2.50 ± 0.58^{a}	3.00 ± 0.82^{ab}	3.00 ± 0.82^{b}	4.00 ± 0.82^{c}
6. เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม ความเหนียว	2.25 ± 0.05^{a}	2.75 ± 0.05^{a}	3.75 ± 0.05^{b}	4.25 ± 0.05^{b}
7. การยอมรับรวม	2.25 ± 0.50^{a}	2.50 ± 0.58^{a}	3.75 ± 0.50^{b}	5.00 ± 0.00^{c}

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษ Superscript ที่เหมือนกันในแนวนอนอย่างน้อย 1 ตัวอักษร หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าข้าวจาปอนนิก้าที่ผู้ชิมให้คะแนนดีที่สุด คืออัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ใช้ในการคืนรูปที่อัตราส่วน 1:1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทำการทดลองการผลิตข้าวจาปอนนิก้าที่ใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำที่ 1:1.1 1:1.3และ 1:1.5 นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟที่มีความเร็วสายพาน 1.5 เมตร/วินาที

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ผลการตรวจสอบความชื้น ของข้าวจาปอนนิก้าและข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป มีปริมาณความชื้น 14.25 – 15.25 จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของข้าวจาปอนนิก้าและข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป (ข้าวที่ได้หลังจากเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ) จะเห็นได้ว่าไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95

2. การวิเคราะห์การเจลลาติไนส์ จากผลการวิเคราะห์พบว่าทุกอัตราส่วนของข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำที่ใช้ในการหุงนั้นมีความต่างของค่าการเจลลาติไนส์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางด้านสถิติของข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป (หลังจากผ่านการเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ) ผลที่ได้จะเห็นว่าที่อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:1.1 และอัตราส่วนที่ 1:1.3 นั้น ค่าการเจลลาติไนส์ที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความต่างทางด้านสถิติ แต่อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้าต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:1.5 นั้นมีความต่างทางด้านสถิติกับอัตราส่วนที่ 1:1.1 และอัตราส่วนที่ 1:1.3 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95

3. ตรวจสอบอุณหภูมิตรวจสอบอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ระหว่างเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ โดยใช้อินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ สุ่มตรวจ 5 จุด บนผลิตภัณฑ์ในถาดพลาสติกโพลีโพพีลีนแล้วนำผลมาทำการวิเคราะห์ความแตกต่างนั้นแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่ระหว่างเข้าไมโครเวฟแต่ละช่วงเวลานั้นอุณหภูมิของไมโครเวฟไม่คงที่จะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 84.14 -105.77

4. การแยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยว ๆ และความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวได้ จากการวิเคราะห์ข้าวที่อัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำที่ 1:1.3 และ 1:1.5 นั้นมีลักษณะไม่สามารถแยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยว ๆ ได้ ส่วนอัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำที่ 1:1.1 นั้นมีลักษณะที่แยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยวที่สมบรูณ์ได้นั้น

ข้อมูลที่ได้นำมาใช้ในการตัดสินใจในการเลือกข้าวที่ดีที่สุดแล้วนำไปศึกษาการคืนรูป โดยวิเคราะห์เลือกจากอัตราส่วนที่มีปริมาณความต่ำ มีการเจลลาติไนซ์สูง ๆ และสามารถแยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยว ๆ ที่สมบรูณ์ได้ ในผลการทดสอบการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นจะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์ได้นั้นไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ ส่วนการวิเคราะห์การเจลลาติไนส์นั้นข้าวกึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ใช้ 1 :1.1 และ 1:1.3 นั้นไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ แต่อัตราส่วนที่ 1:1.5 นั้นมีความแตกต่างทางนัยสำคัญ คือ มีการเจลลาติไนส์ที่ดีที่สุด แต่ที่อัตราส่วน 1:1.5 นั้นไม่สามารถแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกเป็นเมล็ดเดี่ยว ๆ ได้ จึงเลือกอัตราส่วนที่ 1: 1.1 ซึ่งมีการเจลลาติไนส์ไม่แตกต่างกับที่ 1:1.5 มากนัดและสามารถแยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยว ๆ ที่สมบรูณ์ได้ดีที่สุด เพื่อนำไปศึกษาการคืนรูปต่อไป

6. การคืนรูปข้าวจาปอนนิก้านั้นศึกษา 2 วิธี คือ การคืนรูปด้วยไมโครเวฟ และการคืนรูปด้วยน้ำร้อน เวลา 5 นาที โดยทั้ง 2 วิธีนั้นใช้ข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป ต่อน้ำในอัตราส่วน 1:0.8 1:1.2 1:1.0และ 1:1.4 จากนั้นทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของการคืนรูปของข้าวจาปอนนิก้า โดยการให้คะแนนแบบ Hedonic scale 1-7 ใช้ผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้าวกึ่งสำเร็จรูป 4 คน จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยเปรียบเทียบกับข้าวหุงสุกใหม่ พบว่าการคืนรูปทั้ง 2 วิธี อัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำที่ดีที่สุดคืออัตราส่วนที่ 1:1.4 และผลิตภัณฑ์ข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปที่ได้สามารถเก็บได้นานมากกว่า 3 เดือน ในภาชนะปิดสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป เพื่อทำให้ทราบถึงอายุการเก็บรักษาว่าเก็บได้นานเท่าใด
2. ควรศึกษาวิธีการแยกข้าวให้เป็นเมล็ดหลังจากการแช่เย็น 24 ชั้วโมงเพื่อให้ง่ายและใช้เวลาน้อยกว่าเทคนิคที่ทำโดยการใช้มือแยกออกเป็นเมล็ด
3. ควรทำการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เย็น เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการเกิด Retrogradation ของข้าวเพื่อแยกเมล็ดของข้าวออกมาเป็นเมล็ดเดี่ยวๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

นิตยา พุทธโกษา. 2537 "ก้าวใหม่ของข้าวไทย." หน้า 11-19 ใน **การประชุมวิชาการข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าวแห่งชาติ ครั้งที่ 1.** กรุงเทพฯ : คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาข้าวและผลิตภัณฑ์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. **เทคโนโลยีธัญพืช.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วุฒิชัย นาครักษา. 2536. **คาร์โบไฮเดรตในอาหาร.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

AOAC. Official Method of Analysis. 1995. 16th^{cd}. **The Association of Analysis Chemists.** Arlington, Virginia.

Copson. D.A. 1975. **Microwave Heating. Connecticut** : AVI Publishing Co.

ชุติมา เลิศลักษมี. 2540. "การศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จบรรจุกระป๋อง" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นาฏยา บาลี. 2543. "การศึกษากระบวนการผลิตข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุภาภรณ์ ธัญญะวานิช. 2545. "การปรับปรุงคุณภาพข้าวหุงสุกเร็วโดยใช้วิธีการแช่เยือกแข็งร่วมกับการใช้ไมโครเวฟในการผลิต" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กมลทิพย์ มั่นภักดี. 2533. "ปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็ว" ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2537. กระบวนการแปรรูปอาหาร.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2539 . วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งามชื่น คงเสรี. 2536. เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. ฝ่ายฝึกอบรม สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งามชื่น คงเสรี. 2540. "คุณภาพข้าวสุก" วารสารจาร์พา 38: 41-44.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ **การศึกษาเบื้องต้นการผลิตข้าวญี่ปุ่นในประเทศไทย** กรุงเทพ : กองวิจัยเศรษฐกิจ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2536 : หน้า 1-4

อาจอง เลี้ยงล่ำ. **ผลงานการวิจัยข้าวญี่ปุ่นในสถานีทดลองข้าวพาน.** หนังสือพิเศษ . วันสถานีเกษตร สถานีทดลองข้าวพาน (วันข้าวญี่ปุ่น และ 40 ปี สถานีทดลองข้าวพาน) 10 สิงหาคม, 2537 : หน้า 22-25.

Ando,M., Minami, J., Takata, M. and Ohnishi, F. **Process for Producing instant-Cooking Rice.** US Patent no.4233327 , Nov 1980

Birch, G.G. and Priestly,R.J. 1973. "Degree of Gelatinization of Cooked Rice." **Die Starke.** 25(3) : 98-100.

Decareau, R.V. 1985. **Microwaves in the food Processing Industry.** Florida : Academic Press.

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

Juliano, B.O. 1971. "A Simplified Assay for Milled-rice Amylose." **Cereal Scince Today.** 16(10) :334-360

Oates, C.G. 1997. "Towards an Understanding of Starch Granule Structure and Hydrolysis." **Trends in Food Scince and Technology.** 8 : 375-383.

Robert, L.R. 1972. "Quick-Cooking Rice." 381-399. In Houston, D.F. **Rice Chemitry and Technology.** USA. : American Association of Cereal Chemists.

Rice Chemistry and Technology 2nd ed . American Association of Cereal Chemists. Paul Minnesota, 1985 : 774p

Brich, G. G. and Priestley, R. J. 1973. **Degree of Gelatinization of Cooked Rice.** Die Starke. 25(3): 98-100.

Chakrebrathy, T. K. and Dwarakanath, K. R. 1980. **Studies on Some Aspects of Intstantization of Rice.** Journal of Food Science and Technology. 17(4): 159-161

Champange, E. T. et. al. 1991. **Stabilizing Brown Rice Products by Aqueous Ethanol Extraction.** Cereal Chem. 68 (3): 267-271.

Champange, E. T. and Horn, R. J. 1992. **Stabilizing Brown Rice to Lipolytic Hydrolysis by Ethanol Vapours.** Cereal Chem. 69(2): 152-156.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Champage, E. T. et. ai. 1993. **Stabilizing Unmilled Brown Rice by Ethanol Vapours.** US-Patent. 5,209,940.

Champange, E. T. 1994. **Brown Rice Stabilizing.** In. Rice Science and Technology. Ed. By Mashall, W. E. and J. I. Wadsworth. Mercel Dekker, Inc., New York, p 17-43.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การหาปริมาณความชื้น)AOAC.Method no.32.1.03.1995(

.1ชั่งน้ำหนักอลูมิเนียมแคนพร้อมฝา ซึ่งอบที่อุณหภูมิ130±3°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักนำไปอบต่อจนกว่าได้น้ำหนักคงที่

.2 ตัวอย่าง 2 กรัมใส่ในอลูมิเนียมแคนที่ชั่งไว้แล้ว เปิดฝานำไปอบในตู้อบลมร้อนที่ที่อุณหภูมิ 130±3°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักนำไปอบต่อจนกว่าได้น้ำหนักคงที่

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไปในการอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

การวิเคราะห์หาอัตราการเกิดเจลาติไนส์)Birch and Priestley.1973)

การเตรียมตัวอย่างเพื่อทำกราฟมาตรฐาน

.1 เตรียมตัวอย่างข้าวที่ระดับการเกิดเจลาติไนส์ %0โดยการบดข้าวแล้ว ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 เมส

.2 เตรียมตัวอย่างข้าวที่ระดับการเกิดเจลาติไนส์ %100โดยการนำตัวอย่างข้าวมาเติมน้ำในอัตราส่วนข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ2 ส่วน ทำให้สุกโดยใช้หม้อนึ่งความดัน(Autoclave)ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างข้าวสุกไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 58 ° องศาเซลเซียล บดตัวอย่างข้าวร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 เมส

.3 เตรียมตัวอย่างข้าวที่ระดับการเกิดเจลาติไนส์ต่างๆ โดยการนำแป้งข้าวในข้อ 1 และข้อ 2 มาผสมกันตามอัตราการเกิดเจลาติไนส์ดังนี้0 ,10,20,30,40,50,60,70,80,90 และ% 100

การทำกราฟมาตรฐาน(Standard curve).

1.ชั่งตัวอย่างแป้งข้าว 0.2 กรัมเติมน้ำกลั่น 98 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 10 โมลต่อลิตร จำนวน 2 มิลลิลิตรคนเบาๆ 5 นาที

.2นำไปเหวี่ยง) Centrifuge)ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที ปิเปตแยกส่วนใส มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

.3เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร จำนวน 0.4 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 10 มิลลิลิตร

.4เติมสารละลายไอโอดีน)ไอโอดีน 1 กรัมและโปตัสเซียมไอโอไดด์ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 10 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.5นำสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตรแล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับระดับการเกิดเจลาติไนส์ในสารละลายมาตรฐาน

วิธีการทดลอง

นำตัวอย่างข้าวมาทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 58 °ซ บดตัวอย่างข้าวร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 เมส จากนั้นทำตามวิธีการทำกราฟมาตรฐานในข้อ 4-1นำสารละลายท่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เพื่อหาร้อยละของอัตราการเกิดเจลาติไนส์เทียบกับกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ..... เพศ..... อายุ.....

วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ .....ข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป....

.....

กรุณาทดสอบตัวอย่างข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป 3 ตัวอย่าง โดยในระหว่างการเปลี่ยนตัวอย่างควรดื่มน้ำเพื่อล้างปากก่อนชิมตัวอย่างต่อไป แล้วให้คะแนนระดับความชอบจาก 1-7 ดังนี้

1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด

2 คือ ไม่ชอบมากปานกลาง

3 คือ ไม่ชอบเล็กน้อย

4 คือ เฉย ๆ

5 คือ ชอบเล็กน้อย

6 คือ ชอบปานกลาง

7 คือ ชอบมากที่สุด

ลักษณะทางประสามสัมผัส	ตัวอย่าง			
	1	2	3	4
1. สี				
2. ความสมบูรณ์ของเมล็ด				
3. การเกาะตัวของเมล็ด				
4. กลิ่น				
5. รสชาติ				
6. เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม เหนียว				
7. การยอมรับรวม				

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

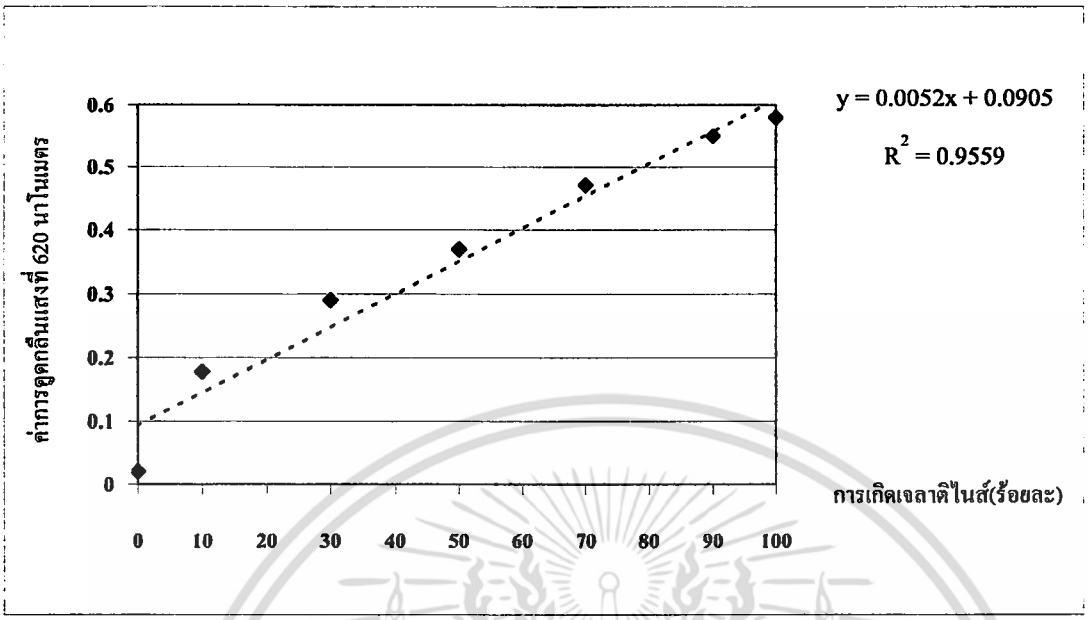
ภาคผนวก ค
ข้อมูลผลการทดลอง

1. ข้อมูลผลการทดลองของการหาปริมาณความชื้น (Moisture content)

ตารางภาพผนวก ค.1 ข้อมูลผลการทดลองการหาปริมาณความชื้น

ตัวอย่าง	น้ำหนัก Can	น้ำหนัก Can + ตัวอย่าง หลังอบ	น้ำหนัก Can + ตัวอย่าง ก่อนอบ	น้ำหนักที่หายไป
1. ข้าวจาปอนนิก้าที่ไม่ได้หุงสุก	16.55	18.55	18.40	0.15
2. ข้าวจาปอนนิก้าที่ไม่ได้หุงสุก	17.54	19.54	19.40	0.14
3. ข้าวจาปอนนิก้าที่ไม่ได้หุงสุก	15.92	17.93	17.78	0.15
4. ข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุก อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.1	15.79	17.79	17.65	0.14
5. ข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุก อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.1	16.88	17.88	17.75	0.13
6. ข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุก อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.1	17.8	19.80	19.66	0.14
7. ข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุก อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.3	15.59	17.59	17.43	0.16
8. ข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุก อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.3	18.1	20.11	19.96	0.15
9. ข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุก อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.3	17.84	19.84	19.68	0.16
10. ข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุก อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.5	17.37	19.37	19.22	0.15
11. ข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุก อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.5	16.24	18.25	18.10	0.15
12. ข้าวจาปอนนิก้าที่หุงสุก อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 1:1.5	16.95	18.97	18.81	0.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>กราฟผนวก ค.1</u> มาตรฐานระหว่างอัตราการเกิดเจลาติไนส์กับค่าการดูดกลืนแสงของข้าวจาปอนนิก้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาพผนวก ค.2 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยไมโครเวฟให้คะแนนแบบ Hedonic scale 1-7 ของผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้าวกึ่งสำเร็จรูป คนที่ 1

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง			
	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:0.8	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.0	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.2	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.4
1. สี	5	5	6	6
2. ความสมบูรณ์ของเมล็ด	6	6	6	6
3. การเกาะตัวของเมล็ด	5	6	6	6
4. กลิ่น	5	3	5	6
5. รสชาติ	4	3	4	6
6. เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม ความเหนียว	2	4	4	5
7. การยอมรับรวม	3	3	5	6

ตารางภาพผนวก ค.3 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยไมโครเวฟให้คะแนนแบบ Hedonic scale 1-7 ของผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้าวกึ่งสำเร็จรูป คนที่ 2

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง			
	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:0.8	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.0	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.2	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.4
1. สี	6	5	6	6
2. ความสมบูรณ์ของเมล็ด	6	6	6	6
3. การเกาะตัวของเมล็ด	3	2	2	3
4. กลิ่น	6	3	6	6
5. รสชาติ	3	3	4	6
6. เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม ความเหนียว	2	2	5	6
7. การยอมรับรวม	3	3	4	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาพผนวก ค.4 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยไมโครเวฟให้คะแนนแบบ Hedonic scale 1-7 ของผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้าวกึ่งสำเร็จรูป คนที่ 3

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง			
	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:0.8	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.0	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.2	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.4
1. สี	6	5	5	6
2. ความสมบูรณ์ของเมล็ด	5	6	6	5
3. การเกาะตัวของเมล็ด	6	6	6	6
4. กลิ่น	5	5	5	5
5. รสชาติ	3	5	5	5
6. เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม ความเหนียว	3	3	5	6
7. การยอมรับรวม	3	4	4	6

ตารางภาพผนวก ค.5 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยไมโครเวฟให้คะแนนแบบ Hedonic scale 1-7 ของผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้าวกึ่งสำเร็จรูป คนที่ 4

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง			
	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:0.8	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.0	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.2	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.4
1. สี	5	6	6	6
2. ความสมบูรณ์ของเมล็ด	5	5	5	6
3. การเกาะตัวของเมล็ด	4	3	2	2
4. กลิ่น	5	5	5	5
5. รสชาติ	2	2	4	5
6. เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม ความเหนียว	2	4	6	6
7. การยอมรับรวม	2	3	4	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาพผนวก ค.6 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยน้ำร้อนให้คะแนนแบบ Hedonic scale 1-7 ของผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้าวกึ่งสำเร็จรูป คนที่ 1

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง			
	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:0.8	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.0	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.2	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.4
1. สี	5	6	5	6
2. ความสมบูรณ์ของเมล็ด	5	5	6	6
3. การเกาะตัวของเมล็ด	3	3	3	3
4. กลิ่น	3	4	3	3
5. รสชาติ	2	4	4	4
6. เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม ความเหนียว	2	2	4	5
7. การยอมรับรวม	3	2	4	5

ตารางภาพผนวก ค.7 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยน้ำร้อนให้คะแนนแบบ Hedonic scale 1-7 ของผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้าวกึ่งสำเร็จรูป คนที่ 2

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง			
	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:0.8	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.0	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.2	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.4
1. สี	6	5	5	5
2. ความสมบูรณ์ของเมล็ด	4	6	6	6
3. การเกาะตัวของเมล็ด	4	4	3	3
4. กลิ่น	3	3	3	4
5. รสชาติ	3	3	3	4
6. เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม ความเหนียว	2	3	4	4
7. การยอมรับรวม	2	3	3	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาพผนวก ค.8 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยน้ำร้อนให้คะแนนแบบ Hedonic scale 1-7 ของผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้าวกึ่งสำเร็จรูปคนที่ 3

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง			
	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:0.8	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.0	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.2	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.4
1. สี	5	5	6	6
2. ความสมบูรณ์ของเมล็ด	5	5	5	6
3. การเกาะตัวของเมล็ด	2	2	2	4
4. กลิ่น	2	4	2	3
5. รสชาติ	3	4	3	5
6. เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม ความเหนียว	4	3	4	4
7. การยอมรับรวม	2	3	4	5

ตารางภาพผนวก ค.9 แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการคืนรูปด้วยน้ำร้อนให้คะแนนแบบ Hedonic scale 1-7 ของผู้ทดสอบที่มีความรู้เรื่องข้าวกึ่งสำเร็จรูป คนที่ 4

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง			
	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:0.8	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.0	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.2	อัตราส่วนข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ 1:1.4
1. สี	5	5	6	6
2. ความสมบูรณ์ของเมล็ด	4	5	5	5
3. การเกาะตัวของเมล็ด	2	2	2	3
4. กลิ่น	2	2	3	4
5. รสชาติ	4	3	2	3
6. เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม ความเหนียว	3	3	3	4
7. การยอมรับรวม	2	2	4	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

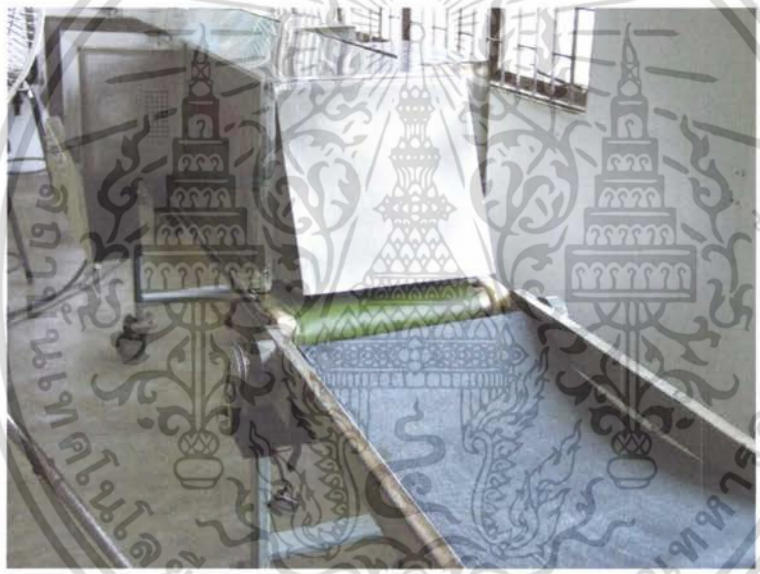
รูปภาพผนวก ง.1 -2 การวิเคราะห์การเจลลาติไนส์

รูปภาพผนวก ง.3 -4 เครื่อง centrifuge

รูปภาพผนวก ง.5 ข้าวจาปอนนิก้า ตราช้าง พันธ์ซาซานิชิกิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6)



(7)

รูปภาพผนวก ง.6 ถาดพลาสติกโพลีโพพีลีน

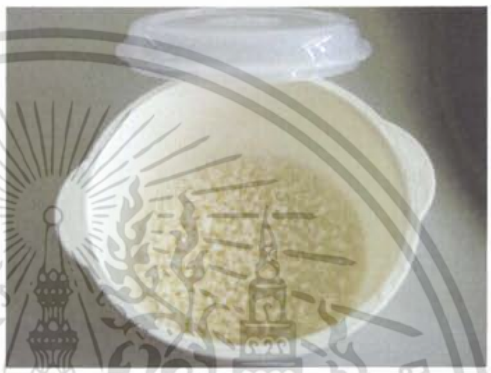
รูปภาพผนวก ง.7 อุโมงค์ไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8)

(9)

(10)



(11)

(12)

รูปภาพผนวก ง.8-10 การคืนรูปด้วยไมโครเวฟ

รูปภาพผนวก ง.11 ข้าวจาปอนนิก้าคืนรูปจากไมโครเวฟ

รูปภาพผนวก ง.12 ข้าวจาปอนนิก้าคืนรูปจากน้ำร้อน

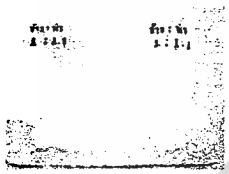
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการศึกษาการผลิตข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จ

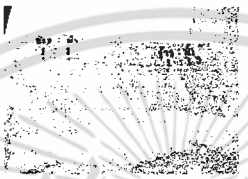
หุงข้าวจาปอ นนิก้า โดยมีอัตราส่วน 3 ระดับ

และตรวจสอบการเจลลาติไนส์ (Degree of Gelatinization)(Birch and Priestley. 1973)

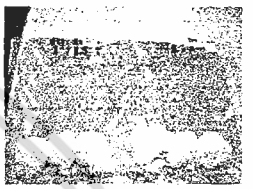
หุงข้าว อัตราส่วนข้าวน้ำ 1:1.1แล้วใส่ถุงพลาสติก



หุงข้าว อัตราส่วนข้าว:น้ำ 1:1.3แล้วใส่ถุงพลาสติก



หุงข้าว อัตราส่วนข้าว:น้ำ 1:1.5แล้วใส่ถุงพลาสติก



นำไปแช่เย็น 24ชั่วโมง

เมื่อครบ 24 ชั่วโมงนำข้าวที่ได้ในแต่ละอัตราส่วนมาใส่ถาดโพลีโพพีลีน

นำเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟเป็นเวลา 20 นาที

โดยอุโมงค์มีความเร็วรอบ 1.5 เมตร/นาที

ตรวจสอบอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ระหว่างเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ

โดยใช้อินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ สุ่มตรวจ 5 จุด บนผลิตภัณฑ์ในถาดพลาสติก

โพลีโพพีลีนและตรวจสอบการเจลลาติไนส์ (Degree of Gelatinization)

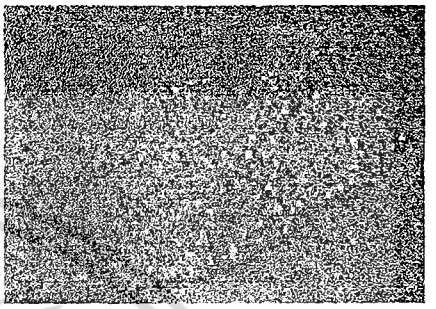
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

↓

ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำใส่ภาชนะปิดสนิท

ตรวจสอบความชื้น (moisture content)

)AOAC. 1995) ของข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จรูป



↓

นาข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลด้วยแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 7.5เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาวิธีการคืนรูปโดยใช้ไมโครเวฟและน้ำร้อน

เลือกใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวจาปอนนิก้ากึ่งสำเร็จ
รูปที่ดีที่สุดจากข้อ 1 ต่อน้ำที่ใช้ในการคืนรูป
คือ 1:0.8,1:1 ,1:1.2 , 1:1.4

↓

เปรียบเทียบการคืนรูปของข้าวจาปอนนิก้า
ให้ได้ข้าวที่มีลักษณะเหมือนกับข้าวที่หุงสุกใหม่

↓

นำข้าวที่ในการคืนรูปในข้อ 2.1 และ 2.2 มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการยอมรับรวม เปรียบเทียบความแตกต่างกับข้าวที่หุงสุกใหม่ด้วยวิธี Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ศึกษาเรื่องข้าว จำนวน 4 คน

↓

วิเคราะห์ความแตกต่างทางด้านสถิติ โดยใช้แผนการทดลองวิธี Complete Blocks Design (CBD)ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 7.5 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้