ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้เทคนิคการแช่เย็นและไมโครเวฟในการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

(Quick Cooking Waxy Rice Production by Using Chilling and Microwave Technique)

โดย

นางสาวดวงกมล ปรางศรีทอง รหัส 43040172

นางสาวสร้อยแสนรัก เฉลิมวงศ์วิจิตร รหัส 43040201

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19761

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้เทคนิคการแช่เย็นและไมโครเวฟในการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

(Quick Cooking Waxy Rice Production by Using Chilling and Microwave Technique)

T096904

นางสาวดวงกมล ปรางศรีทอง รหัสนักศึกษา 43040172
นางสาวสร้อยแสนรัก เฉลิมวงศ์วิจิตร รหัสนักศึกษา 43040201

ปพ.
ด 153 ก
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96904
วัน เดือน ปี.....- 5 JUN 2003.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การใช้เทคนิคการแช่เย็นและไมโครเวฟในการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป ที่ใช้ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูเป็นวัตถุดิบ โดยขั้นตอนในการผลิตแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกได้แก่ ขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกโดยการหุงโดยนึ่งด้วยหวดเป็นเวลา 15 นาที ลักษณะเม็ดข้าวเหนียวที่สุก จะไม่มีสีขาวขุ่น ขั้นที่สองเป็นการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ขั้นสุดท้ายเป็นการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (2450 เมกกะเฮิร์ต) ในอุโมงค์ไมโครเวฟเป็นเวลา 15 นาที ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ผลิตได้จะมีปริมาณความชื้นร้อยละ 13.44 $\pm$ 0.38 อุณหภูมิที่ผิวหน้าเม็ดข้าวเท่ากับ 74.97 $\pm$ 3.06 องศาเซลเซียสและมีน้ำหนักที่สูญหาย ร้อยละ 29.21 $\pm$ 0.32 เมื่อมาคืนรูปด้วยเตาไมโครเวฟระดับครัวเรือน โดยศึกษาระยะเวลาการคืนรูป และอัตราส่วนปริมาณข้าวต่อน้ำที่ใช้ในการคืนรูปพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการคืนรูปคือ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 1.25 ข้าวเหนียวจะคืนรูปในเวลา 5 นาที จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ชิม ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่นำมาคืนรูปกับข้าวเหนียวที่นึ่งสุกตามปกติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย นาครักษา ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าตลอดมา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระติพร หาเรือนกิจ และดร. กิตติชัย บรรจง ที่ช่วยแก้ไขและกรุณาให้คำแนะนำงานบางส่วนจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษา

ขอขอบคุณพี่ๆ นักศึกษาปริญญาโทและเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาตรีที่ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และยังให้กำลังใจต่อข้าพเจ้าตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณและขอรำลึกถึงพระคุณของบิดามารดาพี่น้องและญาติมิตรที่ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และยังให้กำลังใจต่อข้าพเจ้ามาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปัญหาพิเศษฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ดวงกมล ปรางศรีทอง

สร้อยแสนรัก เฉลิมวงศ์วิจิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
2.1 ข้าวเหนียว	2
2.2 การแช่เย็น	4
2.3 ไมโครเวฟ	5
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3 วัตถุดิบ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	12
3.1 วัตถุดิบ	12
3.2 อุปกรณ์ที่สำคัญ	12
3.3 วิธีการทดลอง	12
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	15
4.1 ศึกษาคุณสมบัติของข้าวเหนียวนึ่งสุก	15
4.2 ศึกษาคุณสมบัติของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป	15
4.3 ศึกษาการคืนรูปข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป	16
4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบการเรียงลำดับ(Ranking test)	18
4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบการเสนอตัวอย่างคี่สามตัวอย่าง(TriangleTest)	18
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	20
ข้อเสนอแนะ	21
เอกสารอ้างอิง	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

ภาคผนวก 25
ภาคผนวก ก แผนผังขั้นตอนการทดลอง 25
ภาคผนวก ข การหาปริมาณความชื้น 27
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 28
ภาคผนวก ง ตารางการทดสอบทางประสาทสัมผัส 30
ภาคผนวก จ ภาพจากการทดลอง 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ปริมาณความชื้น น้ำหนักที่สูญหาย(Weight loss) และอุณหภูมิที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่เวลาในการทำแห้งระดับต่างๆ 15

2. ค่าสหสัมพนธ์ระหว่างปัจจัยในการทดลองในขั้นตอนการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟกับปริมาณความชื้น น้ำหนักที่สูญหาย(Weight loss) และอุณหภูมิที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปหลังผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ 16

3. เวลาที่ใช้ในการคืนรูปข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่เวลาในการทำแห้งและอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ระดับต่างๆ 17

4. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบการเรียงลำดับ(Ranking test) 18

ง1 ผลรวมของตัวเลขที่เรียงลำดับแสดงนัยสำคัญที่ระดับ 5 %($\alpha \leq 0.05$)ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบเรียงลำดับ (Ranking test) 30

ง2 ตัวเลขต่ำสุดของการตัดสินความถูกต้องที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบการเสนอตัวอย่างคี่สามตัวอย่าง(Triangle test) 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ก1 แผนผังขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปและสภาวะที่เหมาะสมในการคืนรูป	25
จ1 อุปกรณ์การผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป	33
จ2 ขั้นตอนการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ	34
จ3 ตัวอย่างข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูเปรียบเทียบกับข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป	35
จ4 ตัวอย่างเมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป	36
จ5 ขั้นตอนการคืนรูปข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปด้วยเตาไมโครเวฟระดับครัวเรือน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ข้าวเหนียวเป็นอาหารหลักที่สำคัญของประชาชน ทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อาจกล่าวได้ว่า 50 % ของประชาชนในประเทศไทยบริโภคข้าวเหนียวเป็นอาหารหลัก ในประเทศไทยได้มีการนำข้าวเหนียวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น แป้งแผ่นกรอบ (glutinious rice flakes).(รายงานกิจกรรมของกรมวิทยาศาสตร์,2514) การใช้แป้งข้าวเหนียวทำแป้งชุบทอดสำเร็จรูป(seasonied cooking mix) .(รายงานกิจกรรมของกรมวิทยาศาสตร์,2514) การใช้ข้าวเหนียวทำอาหารว่าง เช่น อาราเร่ (arare).(Juliano ,1985) เป็นต้น ตามปกติการนึ่งข้าวเหนียวเพื่อบริโภคเป็นอาหารหลักนั้น จะใช้เวลาในการหุงต้มนานโดยจะต้องแช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน และนึ่งประมาณ 30 – 40 นาที จึงได้มีการวิจัยคิดค้นผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปเพื่อประหยัดเวลาในการนึ่ง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้วิธีการแช่เย็นร่วมกับการใช้ไมโครเวฟในการผลิต เพื่อลดระยะเวลาในการนึ่งข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 ข้าวเหนียว

ชื่อทางวิทยาศาสตร์	Oryza sativa (L.)
ชื่อสามัญ	Brown Glutinous Rice
ชื่อวงศ์	Gramineae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

รากเป็นแบบระบบรากฝอย (Fibrous root system) มีลำต้น (culms) ความสูงแล้วแต่พันธุ์ มีความสูงตั้งแต่ 30-40 เซนติเมตรและอาจสูงถึง 7 เมตรในข้าวน้ำขึ้น ต้นข้างเมื่อแตกหลาย ๆ ต้น เรียกว่า กอ แต่ละกอประกอบไปด้วยต้นเดิม (main axis) และต้นแตกใหม่ (Tiller) ใบมีลักษณะยาว เรียวจะมีทุกข้อในต้นเดิมประกอบด้วย กาบใบ (leaf sheat) เยื่อกันฝน (ligule) เขี้ยวกันแมลง (auricle) และตัวใบ (leaf blade) มีใบพิเศษอีกใบหนึ่ง คือ ใบธง มีลักษณะโตและสั้นกว่าใบอื่นๆ ใบนี้เกิดก่อนที่ข้าวจะออกดอกเล็กน้อย ช่อดอก (inflorescence) ข้าวมีช่อ ดอกแบน (ranicle) เกิด จากปล้องท้ายบนสุดของลำต้น (uppermest internode) ดอก (spikelet) ดอกประกอบด้วย เกสรตัวผู้ 6 อัน เกสรตัวเมีย ประกอบด้วยรังไข่ คอเกสรและส่วนปลายของเกสรตัวเมียจะแยกออกเป็นแฉก เมล็ด (grain of fruit) เมล็ดข้าวที่แท้ก็คือผลของข้าวนั่นเอง ซึ่งเรียกว่า ryopis ส่วนกลีบของดอกที่เรียกว่า lemma และ palea รวมเรียกว่า เปลือก (hull) (เยื่อสีส่วนนี้เรียกว่าแกลบ) เมื่อแกะเปลือกออกจะพบส่วนจมูกข้าว (embryo) ส่วนสีของเมล็ด ที่มีสีขุ่นขาวอยู่ทางด้านท้องของเมล็ด เรียกว่า ท้องปลาซิว (abdominal white)

ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว ประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่ห่อหุ้ม เรียกว่า แกลบหรือเปลือกข้าว มีลักษณะเป็นเยื่อไม้หยาบๆ หุ้มรอบ เมล็ดข้าวกล้อง ประกอบด้วย เปลือก 2 ผ่า ประกบกันคนละข้างของเมล็ดตามแนวยาว เปลือกใหญ่ เรียกว่า lemma เปลือกเล็กเรียกว่า palea ข้าวบางพันธุ์ที่ปลายของเปลือกใหญ่ อาจมีขนแข็งยื่นยาว ออกไป เรียกว่า หาง เมื่อวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า แกลบประกอบด้วย เยื่อใย 31-55% เถ้า 13-29% โปรตีน 3% ไขมันไม่เกิน 1% และคาร์โบไฮเดรท 24-39% ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส

2. ส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง ประกอบด้วย

- เยื่อหุ้มผล (pericarp) ซึ่งอยู่ส่วนนอกสุด
- เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) อยู่ถัดจากชั้นเยื่อหุ้มผล
- เยื่ออาลูโรน (aleurone layer) ถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดและห่อหุ้มเอนโดสเปิร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(หรือส่วนที่เป็นแป้ง) และคัพภะ (หรือเชื้อพันธุ์ หรือ embryo) ความหนาของเยื่อนี้แตกต่างกันไปตามพันธุ์ข้าวโปรตีนและไขมันสูง ข้าวเมล็ดสั้นป้อมมักมีเยื่อที่หนากว่าข้าวเมล็ดยาวเรียว

- คัพภะ หรือ เชื้อพันธุ์ (embryo) เป็นส่วนที่เจริญเป็นตัวอ่อน
- เอนโดสเปิร์ม (endosperm) คือ ส่วนที่เป็นข้าวสารหรือแป้ง อยู่ชั้นในสุดของเมล็ด ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ มีโปรตีนปะปนอยู่บ้าง ซึ่งแทรกอยู่ระหว่างผลึกกลุ่มแป้ง ลักษณะบางประการของข้าว

เมล็ดข้าวที่ใช้บริโภคเป็นอาหารนั้นจะเป็นแป้งประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์แป้งประกอบกันเป็นเมล็ดข้าวนั้น มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ อะไมโลส (amylose) ซึ่งเป็น polymer ของ D-glucose ที่ มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง และอะไมโลเปคติน (amylopectin ซึ่งเป็น polymer ของ D-glucose ที่มีโครงสร้างต่อกันเป็นแขนง ซึ่งความมากน้อยของแป้งสองชนิดดังกล่าว ทำให้ข้าวมีลักษณะแตกต่าง กันมี 2 ประเภทคือ

1. ข้าวเจ้า (non-glutinous rice , non-sticky rice , non-waxy rice) ประกอบด้วยแป้ง อะไมโลส 15-31 เปอร์เซ็นต์ จะมากน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว แป้งที่เหลือจะเป็นอะไมโลเปคติน ปริมาณอะไมโลสในข้าวเจ้าทำให้ข้าว เมื่อหุงสุกมีลักษณะอ่อนนุ่มหรือแป้งกระด้างไปเรียกว่า มีคุณภาพหุงต้ม (Cooking quality) ต่างกัน

2. ข้าวเหนียว (glutinous rice, sticky rice, waxy rice) ข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งประเภทอะไมโลเปคตินประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ มีแป้งประเภทอะมิโลสน้อยมากหรือบางพันธุ์ไม่มีเลยแต่แป้งอะมิโลเปคตินล้วนๆ เมื่อนึ่งจึงสุกง่ายและอ่อนนุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การแช่เย็น

การแช่เย็นเป็นกระบวนการเพื่อเก็บรักษาอาหารไว้ในระยะเวลาสั้นที่อุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็งของอาหารนั้นๆ แต่ต้องต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ในทางปฏิบัตินิยมที่ –1 ถึง 8 องศาเซลเซียส การแช่เย็นสามารถทำให้มีผลดีด้านการเก็บรักษา คือ

1) ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้งพวกที่ชอบอุณหภูมิสูง พวกที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และพวกที่ชอบอุณหภูมิต่ำ

2) ลดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเนื้อเยื่อพืชและสัตว์ หลังการเก็บเกี่ยวหรือการฆ่า

3) ลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล การออกซิเดชั่นของไขมัน การเปลี่ยนแปลงสีของรงควัตถุ และการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ

การแช่เย็นยังให้ผลดีด้านอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการเก็บรักษา คือ

1) สามารถเก็บอาหารให้อยู่ในสภาพดีระหว่างการขนส่ง

2) สามารถยืดอายุการเก็บของวัตถุดิบระหว่างการรอเข้าสายผลิตหรือในกรณีสายการผลิตมีปัญหา

3) ช่วยปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบก่อนนำไปผลิต เช่น รอให้ผลไม้สุกพร้อมกันก่อนเข้าสู่สายการผลิต

4) ช่วยให้กระบวนการแปรรูปอาหารอื่นๆ สะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น ช่วยในการตกผลึก การเก็บบ่มเนื้อวัวให้นุ่ม การบ่มไวน์และเนยแข็ง การหั่นเนื้อ ขนมปังหรือคุกกี้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ไมโครเวฟ

ไมโครเวฟ คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง อยู่ในช่วง 300 – 300,000 เมกกะเฮิร์ต มีแหล่งกำเนิดมาจากหลอดเมกนิตรอน สามารถเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง แล้วสามารถทะลุผ่านสสารซึ่งมีคุณลักษณะโปร่งใสได้ สำหรับความถี่ของคลื่นไมโครเวฟที่อนุญาตให้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและในระดับครัวเรือนคือ 915 และ 2450 เมกกะเฮิร์ต ตามลำดับ(Lambert.1980)

คุณสมบัติที่สำคัญของไมโครเวฟคือ

Harlfinger(1992)ได้อธิบายถึงคุณสมบัติสำคัญของคลื่นไมโครเวฟไว้ดังนี้

1) การส่งผ่าน (Transmission)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีคุณสมบัติที่สามารถทะลุผ่านวัสดุ หรือภาชนะที่เป็นแก้ว กระเบื้องเซรามิก กระดาษ ไม้ และพลาสติกบางชนิดได้ โดยไม่มีการดูดซับพลังงานจึงไม่ทำให้เกิดความร้อนขึ้น จากคุณสมบัตินี้จึงสามารถนำวัสดุเหล่านี้มาใช้บรรจุอาหารเพื่อใช้ในเตาไมโครเวฟได้

2) การสะท้อน (Reflection)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะไม่สามารถทะลุผ่านวัสดุหรือภาชนะที่เป็นโลหะ เช่น เหล็ก และอลูมิเนียม แต่จะสะท้อนกลับ ด้วยเหตุนี้โลหะจึงไม่ควรนำมาใช้ในการประกอบอาหารในเตาไมโครเวฟ แต่ประโยชน์ของการสะท้อนของโลหะได้ถูกนำมาใช้ทำผนังของเตาอบไมโครเวฟเพื่อป้องการการรั่วไหลของคลื่นออกสู่ภายนอก และยังทำให้เกิดการสะท้อนจากด้านข้างและด้านล่างจึงทำให้ชิ้นอาหารได้รับคลื่นทั่วทุกด้าน

3) การดูดกลืน (Absorption)

คลื่นไมโครเวฟดูดกลืนได้ดีในโมเลกุลของน้ำ น้ำมัน และน้ำตาลซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารทุกชนิด ทำให้เกิดการขัดสีกันเนื่องจากการชนและการสั่นสะเทือนของโมเลกุลในอาหารจนเกิดความร้อนขึ้น จึงทำให้ชิ้นอาหารสุก และพลังงานที่ใช้จะหมดไปหลังจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุล จึงไม่หลงเหลือคลื่นอยู่ภายในชิ้นอาหารและไม่มีสิ่งตกค้างที่เป็นอันตรายเหมือนการใช้รังสีทั่วไป

หลักการให้พลังงานความร้อนด้วยไมโครเวฟ

หลอดเมกนิตรอน เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง หลอดเมกนิตรอน ที่อยู่ภายในตู้อบจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของคลื่นไมโครเวฟที่มีกำลัง 600 – 700 วัตต์ ซึ่งในการทำชิ้นอาหารเกิดความร้อนได้นั้นจะต้องมีสสารที่สามารถดูดกลืนคลื่นได้ เช่น น้ำ หรือโมเลกุลที่มีขั้ว โดยโครงสร้างโมเลกุลของน้ำจะประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนที่มีประจุลบซึ่งแยกตัวออกจากอะตอมของไฮโดรเจนที่มีประจุบวก ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ไดโพลทางไฟฟ้า (electricaldipole) ประจุไฟฟ้าบวกและลบของโมเลกุลน้ำจะวางตัวอยู่ในตำแหน่งที่สมมาตรกัน ดังนั้นเมื่อให้รังสีไมโครเวฟหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละครั้ง สนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะเปลี่ยนแปลงหลายล้านครั้งต่อวินาที ทำให้น้ำหรือโมเลกุลที่มีขั้วต่างๆหมุน เพื่อรักษาการจัดเรียงตัวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนขั้วอย่างรวดเร็ว ซึ่งการหมุนของโมเลกุลต่างๆเหล่านี้ทำให้เกิดแรงเสียดทานกับตัวกลางที่อยู่รอบๆ ละเกิดความร้อนขึ้น(Copson.1975)

การใช้ไมโครเวฟในการทำแห้ง

เนื่องจากการใช้ลมร้อนโดยทั่วไปมีข้อบกพร่องหลายประการ เช่น อัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำ ทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสและสมบัติทางโภชนาการเสื่อมเสียเนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานเกินไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุและวิตามิน และอาจทำให้เกิดลักษณะแข้งที่ผิวหุ้มความชื้นไว้ในชิ้นอาหาร(Case hardening) จึงทำให้อาหารแห้งช้าลง แต่ในการใช้ไมโครเวฟ ความร้อนจะเกิดจากภายในชิ้นอาหาร โดยการใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งอาหารนั้นนิยมใช้ในช่วงท้ายของกระบวนการ ซึ่งจะช่วยให้ไม่ต้องใช้อากาศร้อนจำนวนมากและลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากออกซิเจนในอากาศร้อน(กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2537) นอกจากนี้แล้วการใช้ไมโครเวฟยังช่วยประหยัดพลังงานได้มากถึงร้อยละ 75 เมื่อเทียบกับการให้ความร้อนด้วยวิธีอื่น(Baldwin. 1983) และการอบแห้งธัญชาตินั้นการใช้ไมโครเวฟจะทำให้มีต้นทุนต่ำประสิทธิภาพทางด้านการใช้พลังงานมากกว่า และมีเสียงดังน้อยกว่าการทำแห้งแบบเก่าและยังไม่ก่อให้เกิดมลภาวะในเรื่องฝุ่นอีกด้วย(รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2539)

Wadsworth และ Koltun(1986) ศึกษาผลของการใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งข้าวเปลือกต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพในการหุงต้มข้าว พบว่าการใช้ไมโครเวฟไม่ทำให้ค่าความหนืด(Viscosity) แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม(ตัวอย่างที่ทำแห้งแบบใช้อุณหภูมิต่ำที่อุณหภูมิ 22 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60) ส่วนค่าการดูดซับน้ำ(Water uptake copacities)จะสูงขึ้นเล็กน้อย และเมื่อนำข้าวที่ได้มาขัดสี และหุงสุกแล้ว พบว่าผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่ทำแห้งโดยใช้ไมโครเวฟกับตัวอย่างควบคุมได้

Wadsworth (1990) พบว่าการใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งข้าวนึ่งก่อนสีนั้น ข้าวที่ได้จะมีคุณภาพเทียบเท่ากับข้าวที่ทำแห้งโดยการใช้ลมร้อนทั่วไป โดยพบว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟนั้นจะไม่ทำให้ความหนาแน่นภายในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น ในขณะที่วิธีการใช้ลมร้อนในการทำแห้งนั้นจะทำให้เมล็ดข้าวมีแนวโน้มเกิดการหดตัวขึ้นเมื่อทำแห้งเป็นระยะเวลานาน เพราะการใช้ลมร้อนยังมีข้อจำกัดตรงความสามารถในการแพร่กระจายของน้ำ ภาพในเมล็ดสู่บริเวณผิวหน้า และนอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ไมโครเวฟจะช่วยทำให้เมล็ดข้าวเมื่อนำไปขัดสีแล้วจะมีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดสูงขึ้น

Zain และ Barkar(1992) ศึกษาผลของการใช้ไมโครเวฟต่อคุณสมบัติทางกายภาพของข้าว โดยการนำเมล็ดข้าวมาผ่านไมโครเวฟเป็นเวลา 4-20 นาที แล้วจึงนำไปต้มในน้ำเดือด พบว่าไมโครเวฟจะทำให้ความสามารถในการดูดซับ(Water absorption)ของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น และมีผลต่อเนื้อสัมผัสโดยการใช้ไมโครเวฟจะทำให้โครงสร้างของแป้งเปลี่ยนแปลงและการเกิดการเจลาติไนส์มากขึ้น เป็นผลให้โครงสร้างของเมล็ดข้าวเกิดรูพรุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Atallah และ Durani(1948) ได้ศึกษากระบวนผลิตข้าวขาวกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้ข้าวขาว(White Rice)เป็นวัตถุดิบ หลักการในการผลิตสรุปได้ดังนี้คือ การทำให้เม็ดสตาร์ช(Starch Granules)ในเมล็ดข้าวเกิดการเจลาติไนส์(Gelatinization) ด้วยการต้ม เพื่อเพิ่มความชื้นในเมล็ดข้าวจนถึง 65 – 70 % ซึ่งไม่เกินระดับที่จะทำลายโครงสร้างของเมล็ดจากนั้นจึงทำแห้ง

Bhattacharya และ Sowbhagya(1971) ศึกษาการดูดซับ(Water Uptake) ของข้าวที่มีอัตราความยาวต่อความกว้าง (L/W ratio) ต่างกัน โดยการต้มข้าวที่อุณหภูมิ 96 องศาเซลเซียสจากนั้นทำให้เย็นและทิ้งให้สะเด็ดน้ำ เมื่อเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำปรากฏว่าข้าวที่มีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างสูง จะมีอัตราการดูดซึมน้ำมากกว่าข้าวที่มีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างต่ำ นอกจากนี้ Bhattacharya et al.(1972) ยังได้ศึกษาทางเคมีกายภาพ (Physicochemical Properties) ของข้าวเพิ่มเติมอีกพบว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้สูงกว่าและเกิดการเจลาติไนส์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง

Prabhakara Bhat et.al.(1973) ได้ศึกษาสภาวะที่จะสามารถลดระยะเวลาในการคืนรูป(reconstitution)ข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้จากกระบวนการให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียสนาน 2.5 – 3 นาที แล้วนำมาแช่น้ำ ต่อจากนั้นจึงทำให้สุกบางส่วนในหม้อนึ่งความดันไอที่ 5 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว นาน 5 นาที จึงนำไปทำแห้งจนเหลือความชื้น 5% พบว่า การคืนรูปของเมล็ดจะใช้เวลาประมาณ 4 – 5 นาที

รัชนี และคณะ (2536) ศึกษาการทำข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป โดยต้มข้าวสารเหนียวในสารละลายกรดซิตริก 0.002 กรัม/กรัม ของปริมาณข้าวสารเหนียวเป็นเวลา 10 นาที เวลาในการทำแห้งในตู้อบลมร้อนที่ 110°ซ. นาน 80 นาที โดยมีความชื้นเหลืออยู่ 7 – 8% และใช้เวลาในการคืนรูปโดยการเติมน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°ซ. นาน 10 นาที

สุภาวรรณ และ ศิริพร (2537) ศึกษาการทำข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปเสริมไอโอดีน โดยนำข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูมาแช่ในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°ซ. ที่เติม สารละลายกรดซิตริก 0.002 กรัม/กรัมของน้ำหนักข้าว เป็นเวลา 13 นาที แล้วนำข้าวเหนียวไปอบในตู้อบลมร้อนที่ 110°ซ. นาน 80 นาที จากนั้นนำข้าวเหนียวมาเสริมไอโอดีน โดยใช้สารละลาย KIO_3 (โดยการเติมสารละลาย KIO_3 ทำโดยการชั่ง KIO_3 0.12647 มิลลิกรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร) โดยการแช่ข้าวเหนียวในน้ำปริมาณ 50 มิลลิลิตร ที่เติมสารละลาย KIO_3 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำข้าวเหนียวไปอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน ที่ 100°ซ. นาน 80 นาที แล้วนำมาเคลือบเจลาติน 1% , 2% และ 3%แล้วนำมาอบแห้งที่ 50 °C 100นาที โดยจะมีปริมาณความชื้นเหลืออยู่ 9.376 % ระยะเวลาใช้ในการคืนรูปคือนำข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปใส่ลงในผ้าขาวบางแช่น้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°ซ. นาน 4 นาที ทำให้สะเด็ดน้ำ 15 นาที จะมี I_2 เหลือ 17.05 % สูญเสีย I_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82.55% จากการเติม I_2 เริ่มต้น 151.81 X 10^{-6} ต่อข้าว 100 กรัม จะมีปริมาณ I_2 เหลืออยู่ 25.88 x10^{-6} กรัม

ภัทรชนก (2541) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวอบกุ้งปรุงรสกึ่งสำเร็จรูป เริ่มด้วยการศึกษาความต้องการของผู้บริโภค เพื่อหาเค้าโครงผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์เป็นข้าวปรุงรสกึ่งสำเร็จรูป มีรูปแบบเป็นข้าวอบกุ้ง มีหน่อไม้ฝรั่งและข้าวโพดเป็นวัตถุดิบประกอบ ผลิตภัณฑ์ควรมีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสม และใช้เวลาในการเตรียม 5-10 นาที โดยการแช่ในน้ำร้อน จากการคัดเลือกพันธุ์ข้าวและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม พบว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำได้แก่ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกข21 เป็นข้าวที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป โดยมีกระบวนการผลิตคือ แช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที จากนั้นละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง และทำแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง การนำข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้มาพัฒนาเป็นข้าวอบกุ้งปรุงรสกึ่งสำเร็จรูปที่มีคุณค่าทางโภชณาการ ร้อยละ 25 ของคุณค่าทางโภชนาการที่ผู้บริโภคควรจะได้รับใน 1 วัน สูตรที่ได้ประกอบด้วยข้าวกึ่งสำเร็จรูปร้อยละ 52.46 วัตถุดิบประกอบใช้ผลิตภัณฑ์เยื่อกแข็งกุ้งร้อยละ 10.01 หน่อไม้ฝรั่งร้อยละ 3.5 ข้าวโพดเมล็ดร้อยละ 4.02 รวมทั้งงาขาวร้อยละ 6 น้ำมันร้อยละ 15 และเครื่องปรุงรสร้อยละ 9 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอัตราการดูดน้ำกลับ 3.03 เท่า เมื่อทำการคืนรูปผลิตภัณฑ์ในน้ำร้อนในอัตราส่วนข้าว : น้ำ เป็น 1 : 2.03 มีอัตราการขยายปริมาตร 1.85 เท่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีระยะเวลาในการคืนรูป 7 นาที ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการดังนี้ พลังงาน 844 กิโลแคลอรี โปรตีน 14.7 กรัม ไขมัน 18.8 กรัม วิตามินซี 7.65 มิลลิกรัม วิตามินบี1 0.26 มิลลิกรัม เมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนท แล้วนำไปทดสอบอายุการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้นานกว่า 2 เดือนที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส โดยได้รับการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภคในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก และผลิตภัณฑ์ยังคงมีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์

นาฏยา (2543) การศึกษากระบวนการผลิตข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูปภายหลังการผลิต ด้วยการวิเคราะห์ความชื้น ปริมาณกรดไขมันอิสระ วิตามินบี 1 ร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส แล้วให้คะแนนโดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน กระบวนการผลิตของข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูปมีปัจจัยที่ศึกษาในกระบวนการแปรรูปนี้ ได้แก่ ผลของไอน้ำที่อุณหภูมิ 95 , 100 และ 150 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลต่อการเจลาติไนส์ของข้าวกล้อง ผลของการรมไอแอลกอฮอล์ที่มีต่อข้าวกล้องที่ระยะเวลา 5 , 10 และ 15 นาที ระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูปด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ นอกจากนี้ยังศึกษาอัตราส่วนของน้ำและเวลาที่ใช้ในการคืนรูปข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส แล้วให้คะแนนแบบฮีโดนิค (Hedonic Scale Method) โดยชิมข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูปที่ได้ผ่านการคืนรูป แล้วให้คะแนนลักษณะปรากฏ การเกาะตัว ความนุ่ม กลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รสชาติ และการยอมรับรวม คะแนนที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ร่วมกับการทดสอบด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

จรัสพรรณ (2544) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องผสมกึ่งสำเร็จรูป โดยการอบแห้งแครอทและฟักทองโดยตู้อบลมร้อน อบแครอทที่อุณหภูมิ 60 ซ 4 ชั่วโมง อบฟักทองที่อุณหภูมิ 70 ซ 3 ชั่วโมง อบแห้งถั่วแดงและถั่วเขียวโดยใช้ตู้อบอินฟราเรด ใช้เวลาในการอบถั่วเขียว 2 ชั่วโมง และ ถั่วแดง 1.5 ชั่วโมง ส่วนข้าวกล้องผสมลูกเดือยทำการอบแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก ที่อุณหภูมิ 130 ซ ความดันไอ 40 ปอนด์/นิ้ว^3 ระยะห่างลูกกลิ้ง 0.4 มม. ความเร็วรอบ 0.65 รอบ/นาที การศึกษาสูตรที่เหมาะสมเพื่อให้ได้โจ๊กที่มี โปรตีน 12.5 กรัม ใยอาหาร 6.25 กรัมต่อการบริโภค 1 ครั้ง โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง พบว่าสูตรโจ๊กข้าวกล้องผสมกึ่งสำเร็จรูปประกอบด้วยวัตถุดิบที่แห้งแล้วดังนี้ ข้าวกล้องผสมลูกเดือย ถั่วแดง ถั่วเขียว แครอท ฟักทอง ซุปผงรสหมูและเกลือร้อยละ 31 , 14 , 30 , 8 , 8 , 7 และ 2 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องผสมกึ่งสำเร็จรูป 1 ถ้วยหนัก 70 กรัม เติมน้ำเดือด 300 มล. รอ 3-5 นาที จะได้โจ๊กที่พร้อมจะบริโภค ผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องผสมกึ่งสำเร็จรูปมีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยอาหารร้อยละ 7.93 , 17.94 , 2.20 , 4.26 , 8.39 , 67.70 และ 11.93 ตามลำดับ ค่า a_w = 0.39 ผลิตภัณฑ์นี้มีจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบจุลินทรีย์ให้โทษ ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 50 คน โดยทำการทดสอบแบบ Home use test พบว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลาง จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พบว่าสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 2 เดือน โดยเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในถ้วยพลาสติก บรรจุ 70 กรัม

ณิชยาและคณะ (2544) ได้ศึกษาปัจจัยในการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจากข้าว 3 ชนิด คือ ข้าวสารพันธุ์ชัยนาท 1 ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ร้อยละการเกิดเจลาติไนส์ของข้าวก่อนทำแห้ง วิธีการแช่เยือกแข็งก่อนการทำแห้ง เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง และวิธีคืนรูปข้าวแห้ง จากการทดลองพบว่าข้าวที่มีร้อยละการเกิดเจลาติไนส์เท่ากับ 80% เหมาะสมที่จะนำมาทำการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปมากที่สุด สำหรับขั้นตอนการแช่เยือกแข็งพบว่าวิธีการแช่เยือกแข็งในตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ –18 ^{0}ซ เป็นเวลา 17 ชั่วโมง เมื่อนำไปทำแห้งจะได้ข้าวแห้งที่มีลักษณะดีและสามารถคืนรูปได้ดีกว่าวิธีแช่เยือกแข็งโดยใช้ไนโตรเจนเหลวที่ –50 ^{0}ซ เป็นเวลา 1 นาที เวลาที่ใช้ในการทำแห้งเพื่อลดความชื้นของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวสารพันธุ์ชัยนาท 1 ให้อยู่ในช่วง 9-10% มีค่าเท่ากับ 6 , 9 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับการคืนรูปข้าวแห้งซึ่งใช้วิธีการต้มข้าวแห้งในน้ำเดือด และการใช้ไมโครเวฟ พบว่าการต้มข้าวแห้งในน้ำเดือดจะให้ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับข้าวสวยมากที่สุด โดยเวลาที่เหมาะสมในการต้มข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ชัยนาท 1 และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คือ 3 นาที ส่วนข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ใช้เวลา 5 นาที

วงศิริและคณะ (2545) ได้ศึกษาสภาวะการทำแห้งของโจ๊กข้าวกล้องด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่(Double Drum Dryer) และศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวกล้องและโปรตีนเกษตร เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น โดยเริ่มจาก ต้มข้าวกล้องที่อัตราส่วนข้าวกล้อง : น้ำ เป็น 1 : 10 จากนั้นเติมแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วน ข้าวกล้อง : แป้งข้าวเจ้า เป็น 13 : 1 เพื่อเพิ่มความหนืดและความสามารถในการดูดซับน้ำ แล้วนำไปทำแห้งด้วย Drum Dryer ที่สภาวะต่างๆ ผลการทดลองพบว่าการใช้สภาวะความดันไอน้ำ 56 , 58 , 59 และ 60 ปอนด์/ตารางนิ้ว ที่ความเร็วในการหมุน 0.3 รอบ/นาที สำหรับการศึกษาอัตราส่วนสูตรผสมระหว่างข้าวกล้องและโปรตีนเกษตร ทำโดยคำนวณหาค่า Chemical Score เพื่อคัดเลือกสูตรที่มีคุณค่าโปรตีนสูง จากสูตรผสมของข้าวกล้อง : โปรตีนเกษตร 5 สูตรที่ 50 : 50 , 60 :40 , 70 : 30 , 80 : 20 และ 90 : 10 ซึ่งมีค่า Chemical Score เท่ากับ 93 , 90 , 87 , 84 และ 81 ตามลำดับ พบว่าสูตรผสม 50 : 50 ซึ่งมีค่า Chemical Score สูงสุด ไม่เป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัส ส่วนสูตรผสม 90 : 10 มีค่า Chemical Score ต่ำสุด ดังนั้นจึงเลือกสูตรผสม 60 : 40 มาวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ผลปรากฏว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 27 ไขมัน ร้อยละ 0.76 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 64 เถ้า ร้อยละ1 และความชื้นร้อยละ 4.34 จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและจุลชีววิทยาพบว่ามี ความหนืด 745 เซนติพอยส์ และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) 8.5×10^4 โคโลนี / กรัมตัวอย่าง

สุภาภรณ์ (2545) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพข้าวหุงสุกเร็วโดยวิธีการแช่แข็งร่วมกับ การใช้ไมโครเวฟในการผลิตโดยวัตถุดิบที่ใช้ วัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นตัวแทนของข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 15.75) และข้าวขาวตาแห้ง ซึ่งเป็นตัวแทนของข้าวที่มีอะไมโลสสูง (ร้อยละ 33.59) โดยขั้นตอนในกระบวนการผลิต จะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการทำให้ข้าวสุก โดยการทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนส์ ด้วยอุโมงค์ไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C เป็นเวลา 30 นาที สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 และที่อุณหภูมิ 105 ^{0}C เป็นเวลา 30 นาที สำหรับข้าวขาวตาแห้ง จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการแช่เยือกแข็ง ที่อุณหภูมิ –20 ^{0}C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ร่วมกับการเพิ่มระดับการเกิดเจลาติไนส์และการทำแห้งโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ (2450 เมกะเฮิร์ต) ในอุโมงค์ไมโครเวฟเป็นเวลา 32 นาที แล้วนำมาทำแห้งครั้งสุดท้าย ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 ^{0}C เป็นเวลา 30 นาที เพื่อลดระดับความชื้น ผลิตภัณฑ์ข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตได้ จะมีระดับการเกิดเจลาติไนส์ร้อยละ 99.32 $\pm$ 1.30 และปริมาณความชื้นร้อยละ 8.72 $\pm$ 0.55 สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีระดับการเกิดเจลาติไนส์ ร้อยละ 94.14 $\pm$ 2.35 และปริมาณความชื้นร้อยละ 9.53 $\pm$ 1.48 สำหรับข้าวขาวตาแห้ง เมื่อผลิตภัณฑ์ข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตได้ นำมาศึกษาหาระยะเวลาที่ใช้ในการคืนรูปโดยวิธีการใช้เตาไมโครเวฟระดับครัวเรือน และการคืนรูปโดยการเติมน้ำต้มเดือด พบว่าใช้ระยะเวลาในการคืนรูปสั้น กว่าข้าวหุงสุกเร็วที่มีจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ โดยการคืนรูปข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยวิธีการใช้เตาไมโครเวฟและการต้มน้ำเดือดจะใช้เวลา 3 และ 4 นาที ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวหุงสุกเร็ว ที่ผลิตจากข้าวขาวตาแห้งใช้ระยะเวลา 5 และ 8 นาทีตามลำดับ จากนั้น นำมาตรวจสอบคุณภาพข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตได้ ก่อนและหลังการคืนรูป โดยเปรียบเทียบกับข้าวหุงสุกเร็วที่มีจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ พบว่า ข้าวหุงสุกเร็ว ที่ผลิตจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากข้าวขาวตาแห้ง มีค่า Bulk Density สูงกว่าข้าวหุงสุกเร็วที่มีจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ ส่วนการตรวจสอบคุณภาพในการหุงต้มพบว่า ข้าวหุงสุกเร็ว ที่ผลิตจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีการพองตัวและมีการดูดซับน้ำสูง ในขณะข้าวหุงสุกเร็วที่มีจำหน่ายในตลาดต่างประเทศมีปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดอยู่สูง และเมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ชิมให้การยอมรับข้าวหุงสุกเร็ว ที่ผลิตจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 มากกว่าข้าวหุงสุกเร็วที่มีจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ และข้าวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากข้าวขาวตาแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัตถุดิบ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู ยี่ห้อ เกษตร

3.2 อุปกรณ์ที่สำคัญ

1. ตู้แช่เย็น
2. อุโมงค์ไมโครเวฟ
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.3 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาสภาวะในการลดอุณหภูมิของข้าวเหนียว ผู้ทำการทดลองได้นำข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูมาแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมงและนึ่งให้สุกด้วยหวดที่ทำจากไม้ไผ่ หลังจากนั้นใช้สภาวะในการลดอุณหภูมิของข้าวเหนียว 3 สภาวะดังนี้คือ วิธีการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง และการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด นำข้าวเหนียวมาแยกเป็นเม็ดเดี่ยวให้มากที่สุด หลังจากนั้นนำข้าวเหนียวไปทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟก็จะได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

จากผลการทดลองการทำการทดลองเบื้องต้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป คือการนำข้าวเหนียวที่ผ่านการนึ่งให้สุกแล้ว และนำมาแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้จากสภาวะนี้ จะให้ลักษณะของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่มีเม็ดเดี่ยวแยกออกมาเป็นเม็ดๆเดี่ยว โดยไม่มีการจับตัวกันเป็นก้อนของข้าวเหนียว และเมื่อทำการคืนรูปจะมีลักษณะเนื้อสัมผัส ที่คล้ายคลึงกับข้าวเหนียวหุงสุกตามปกติทั่วไป ในขณะที่ข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่แข็งทั้งที่เวลา 1ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง การแยกข้าวเหนียวให้หลุดออกมาเป็นเม็ดเดี่ยวจะทำได้ยากมาก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้ติดกันเป็นก้อน ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปมีลักษณะไม่สวยงามเท่ากับข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการแช่เย็น 24 ชั่วโมง

ดังนั้นผู้ทำการทดลองจึงเลือกสภาวะการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาทำการศึกษากระบวนการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลองผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปโดยการใช้สภาวะการแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ร่วมกับการใช้คลื่นไมโครเวฟ

ขั้นตอนในการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

1) นำข้าวเหนียวพันธุ์เชี้ยวงู มาล้างทำความสะอาด 2-3 ครั้ง แล้วแช่น้ำให้ท่วมข้าวเหนียว ทิ้งไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

2) นำข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่แล้วจากข้อ 1 เทใส่ตะแกรง ตั้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ แล้วนึ่งด้วยหวดที่ทำจากไม้ไผ่ โดยใช้ปริมาณน้ำใส่ในหม้อนึ่งประมาณเศษหนึ่งส่วนสี่ พอน้ำเดือด เอาข้าวเหนียวใส่หวดแล้วยกขึ้นวางบนหม้อนึ่ง นึ่งไปประมาณ 10 นาที แล้วเขย่าหวดให้ข้าวที่อยู่ข้างล่างขึ้นข้างบน นึ่งต่อเป็นเวลา 5 นาที ลักษณะข้าวเหนียวที่สุกแล้วเม็ดจะไม่มีสีขาวขุ่นอยู่ในตัวข้าวเหนียวจะสุกนุ่มตลอดทั้งเม็ด ตรวจสอบด้วยวิธีของ Azeez and Shafi(1966)

3) นำข้าวเหนียวที่นึ่งสุกแล้วจาก ข้อ 2 มาทำการบรรจุใส่ถุงพลาสติกขนาดความกว้าง 6 นิ้ว ความยาว 9 นิ้ว โดยจะบรรจุข้าวเหนียวปริมาณ 100 กรัมต่อถุง แล้วนำไปแช่ในตู้แช่เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำข้าวเหนียวที่ได้บางส่วนมาวิเคราะห์หาความชื้นด้วยวิธีของ AOAC,Method No.925.10(1995) และหาค่า Water holding capacity ตามวิธีของอนงค์(2529)

4) เมื่อครบตามเวลาแช่เย็นที่กำหนด นำข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่เย็น มาแยกให้เม็ดข้าวเหนียวหลุดแยกออกมาเป็นเม็ดเดี่ยวๆ แล้วตักข้าวเหนียวจากถุงพลาสติกมาใส่ในถาดพลาสติกที่ทำจาก PP ซึ่งทนความร้อนสูง โดยใส่ข้าวเหนียวถาดละ 250 กรัม นำถาดพลาสติกที่ใส่ข้าวเหนียวผ่านเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟความถี่ 2450 เมกกะเฮิร์ต โดยใช้เวลาการทำแห้งต่างกัน 3 ระดับคือ 15 , 20 และ 25 นาที ก็จะได้ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปออกมา นำข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้ มาวิเคราะห์และตรวจสอบดังนี้

4.1) ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีของ AOAC,MethodNo.925.10 (1995) ที่ระยะเวลาในการทำแห้งต่างๆ (15 , 20 และ 25 นาที)

4.2) อุณหภูมิที่ผิวหน้าของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ระยะเวลาในการทำแห้งต่างๆ (15 , 20 และ 25 นาที) ด้วยเครื่องวัด-อ่านอุณหภูมิที่ใช้รังสีอินฟาเรด CHINO

4.3) น้ำหนักที่สูญหาย(weight loss) ของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ระยะเวลาในการทำแห้งต่างๆ (15 , 20 และ 25 นาที)

ซึ่งในขั้นตอนนี้ จะใช้แผนการทดลอง CRD

5) นำข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้ มาทดลองการคืนรูปโดยด้วยเตาไมโครเวฟระดับครัวเรือนโดยใช้อัตราส่วนข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป : น้ำ ที่ระดับต่างๆ ดังนี้ คือ 1 : 0.5 , 1 : 0.75 , 1 : 1 , 1 : 1.25 และ 1 : 1.5 เพื่อหาสภาวะการคืนรูปข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้ระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที โดยข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปต้องดูดซับน้ำได้หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) นำสภาวะในการคืนรูปข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่คัดเลือกได้จากข้อ 5 มาทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบรวมของผู้บริโภค โดยเลือกใช้ การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบเรียงลำดับ (Ranking test) เพื่อคัดเลือกหาอัตราส่วน ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป : น้ำ ที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด

7) นำข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่คืนรูปด้วยอัตราส่วนข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำ ที่คัดเลือกได้จากข้อ 6 มาทดสอบทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับข้าวเหนียวที่ผ่านการนึ่งตามปกติโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้การเสนอตัวอย่างคี่สามตัวอย่าง(Triangle test) เพื่อทดสอบว่าผู้บริโภคสามารถแยกความแตกต่างได้หรือไม่

8) นำผลการทดลองในข้อต่างๆ มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) Version 7.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4. 1 ศึกษาคุณสมบัติของข้าวเหนียวนึ่งสุกด้วยหวดนึ่งข้าวเหนียว

นำข้าวเหนียวที่นึ่งสุกแล้วมานับจำนวนเมล็ดข้าวสุกตามวิธีของ Azeez และ Shafi (1966) โดยข้าวที่สุกแล้วจะไม่มีจุดไตขาวเหลืออยู่ หาได้โดยการนับจำนวนเมล็ดข้าวสุกต้องมีมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 จากการทดลองพบว่า จากการสุ่มตรวจ 3 ครั้งข้าวเหนียวผ่านการหุงสุก 100 % มีความชื้นร้อยละ 37.93 $\pm$ 0.19 และดูดซับน้ำร้อยละ 45.66 $\pm$ 0.90

4.2 ศึกษาคุณสมบัติของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

เมื่อนำข้าวเหนียวที่ผ่านการนึ่งสุก และผ่านการแช่เย็น 24 ชั่วโมงแล้ว มาทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ โดยใช้ระยะเวลาในการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ เป็น 3 ระดับ คือ 15 , 20 และ 25 นาที แล้วหาปริมาณความชื้น , น้ำหนักที่สูญหาย(Weight loss) และอุณหภูมิที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้

<u>ตารางที่ 1</u> ปริมาณความชื้น น้ำหนักที่สูญหาย(Weight loss) และอุณหภูมิที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่เวลาในการทำแห้งระดับต่างๆ

เวลาในการทำแห้ง(นาที)	ข้าวเหนียวเขี้ยวงู		
	ความชื้น(ร้อยละ)	น้ำหนักที่สูญหาย (ร้อยละ)	อุณหภูมิที่ผิวหน้า (^{0}ซ)
15	13.44 $\pm$ 0.39 ^{a}	29.21 $\pm$ 0.32 ^{a}	74.97 $\pm$ 3.06 ^{a}
20	12.77 $\pm$ 0.11 ^{b}	29.81 $\pm$ 0.16 ^{b}	83.62 $\pm$ 3.95 ^{b}
25	11.17 $\pm$ 0.39 ^{c}	30.95 $\pm$ 0.27 ^{c}	94.15 $\pm$ 4.45 ^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ยกขึ้นในคอลัมภ์เดียวกัน ถ้าต่างกันหมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการทดลองในขั้นตอนการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟกับปริมาณความชื้น น้ำหนักที่สูญหาย(Weight loss) และอุณหภูมิที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปหลังผ่านอุโมงค์ไมโครเวฟ

ปัจจัยในการทดลอง	ความชื้น (ร้อยละ)	น้ำหนักที่สูญหาย (ร้อยละ)	อุณหภูมิที่ผิวหน้า (องศาเซลเซียส)
เวลาทำแห้งด้วยไมโครเวฟ	- 0.937**	0.945**	0.926**

หมายเหตุ : ns หมายถึงไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
* หมายถึงมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
** หมายถึงมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

จากตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งด้วยไมโครเวฟมากขึ้นพบว่าข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปจะมีปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเวลาในการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ 15 , 20 และ 25 นาที (ช่วงที่ศึกษา) มีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งด้วยไมโครเวฟมากขึ้น พบว่าข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปจะมีน้ำหนักที่สูญหาย (weight loss) และอุณหภูมิที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเวลาในการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ 15 , 20 และ 25 นาที (ช่วงที่ศึกษา) มีอิทธิพลต่อ น้ำหนักที่สูญหาย (weight loss) และอุณหภูมิที่ผิวหน้าของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.3 ศึกษาการคืนรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

โดยใช้เตาไมโครเวฟระดับครัวเรือน โดยจะคืนรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปในทุกระดับเวลาการทำแห้งโดยอัตราส่วนข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำที่ใช้คือ คือ 1 : 0.5 , 1 : 0.75 , 1 : 1 , 1 : 1.25 และ 1 : 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 เวลาที่ใช้ในการคืนรูปข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่เวลาในการทำแห้งและอัตราส่วนข้าว ต่อน้ำที่ระดับต่างๆ

เวลาในการทำแห้ง(นาที)	อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ	เวลาที่ใช้ในการคืนรูปด้วยไมโครเวฟ(นาที)
15	1 : 0.5	4
	1 : 0.75	4
	1 : 1	5
	1 : 1.25	5
	1: 1.5	7
20	1 : 0.5	4
	1 : 0.75	4
	1 : 1	5
	1 : 1.25	5
	1: 1.5	7
25	1 : 0.5	4
	1 : 0.75	4
	1 : 1	5
	1 : 1.25	5
	1: 1.5	7

ดังนั้นจึงสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปได้ดังนี้ ระยะเวลาการแช่เย็น 24 ชั่วโมงและใช้ระยะเวลาการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96904

4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบการเรียงลำดับ (Ranking test)

เพื่อเลือกอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ใช้ในการคืนรูปที่เหมาะสมที่สุดซึ่งการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้คือการเรียงลำดับ(Ranking test) โดยจะให้ผู้ทดสอบเรียงลำดับตัวอย่างตามความชอบจากชอบน้อยที่สุด = 1 และชอบมากที่สุด = 4

โดยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ ที่ศึกษามี 4 ระดับ คือ 1 : 0.5 , 1 : 0.75 , 1 : 1 และ 1 : 1.25 (ตัดอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 1.5 เนื่องจากใช้เวลาในการคืนรูปมากกว่า 5 นาที)
จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบการเรียงลำดับ(Ranking test)

S_1 (1 : 0.5)	S_2 (1 : 0.75)	S_3 (1 : 1)	S_4 (1 : 1.25)
20 คะแนน	45 คะแนน	58 คะแนน	77 คะแนน

เมื่อเปิดตารางที่ ง1 (ภาคผนวก ง)จำนวนซ้ำ = 20 จำนวนตัวอย่าง = 4 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จะได้ค่าจากตารางคือ 39 - 61

จะเห็นว่าอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 0.5 และ 1 : 1.25 มีค่าน้อยกว่า และมากกว่าช่วง 39 – 61 ตามลำดับ ในขณะที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 0.75 และ 1 : 1 มีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 39 – 61 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 0.5 และ 1 : 1.25 ผู้ทดสอบมีความชอบแตกต่างจากอีก 2 อัตราส่วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่ผู้ทดสอบจะชอบอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 0.5 น้อยที่สุด ในขณะที่ผู้ทดสอบจะชอบอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 1.25 มากที่สุด ดังนั้นสภาวะในการคืนรูปที่ได้คือ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำคือ 1 : 1.25 โดยใช้เวลาในการคืนรูปด้วยเตาไมโครเวฟระดับครัวเรือน 5 นาที

4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบการเสนอตัวอย่างคี่สามตัวอย่าง (TriangleTest)

เป็นขั้นตอนการเปรียบเทียบระหว่างข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูป กับ ข้าวเหนียวนึ่งสุกตามปกติ โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้คือการเสนอตัวอย่างคี่สามตัวอย่าง(Triangle Test)โดยจะใช้ผู้ทดสอบ 20 คน และให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง โดยจะมี 2 ตัวอย่างที่เหมือนกันและ 1 ตัวอย่างที่ต่างจากพวกและให้ผู้ทดสอบเลือกตัวอย่างที่ต่างจากพวก จากผู้ทดสอบ 20 คน ได้ผลว่า มีผู้ตอบถูกว่าตัวอย่างใดต่างจากพวก 9 คน นอกนั้นเป็นผู้ที่ตอบผิดจำนวน 11 คน

จากตารางที่ ง2 การเสนอตัวอย่างคี่สามตัวอย่าง(Triangle Test) (ภาคผนวก ง)ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ จำนวนซ้ำ (Number of trial(n)) = 20 จะได้ค่าจาก ตาราง = 11 กล่าวคือต้องมีผู้ตอบถูกอย่างน้อย 11 คน จาก 20 คน จึงจะถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบมีผู้ตอบถูก 9 คน ซึ่งน้อยกว่าค่าจากตารางคือ 11 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กล่าวคือ ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างไปจากข้าวเหนียวนึ่งสุกตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1) เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟมากขึ้น พบว่าข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปจะมีปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและจากค่าสหสัมพันธ์ที่ได้แสดงว่า เวลาในการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟที่ 15 , 20 และ 25 นาที (ช่วงที่ศึกษา) มีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในขณะที่เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟมากขึ้น พบว่าข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปจะมีน้ำหนักที่สูญหาย (weight loss) และอุณหภูมิที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและจากค่าสหสัมพันธ์ที่ได้แสดงว่าเวลาในการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟที่ 15 , 20 และ 25 นาที (ช่วงที่ศึกษา) มีอิทธิพลต่อ น้ำหนักที่สูญหาย (weight loss) และอุณหภูมิที่ผิวหน้าของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2) สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปคือ ใช้การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่เย็นจะมีความชื้นร้อยละ 37.93 $\pm$ 0.19 และใช้การทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟเป็นเวลา 15 นาที ซึ่งจะได้ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่มีความชื้นร้อยละ 13.44 $\pm$ 0.39 โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่ได้จะมีลักษณะเมล็ดข้าวเหนียวจะใส มีรอยแตกตามแนวขวางของเมล็ด

3) สภาวะที่เหมาะสมในการคืนรูปของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้เตาไมโครเวฟระดับครัวเรือนคือ ใช้อัตราส่วนข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำ เท่ากับ 1 ต่อ 1.25 โดยจะใช้เวลาในการคืนรูป 5 นาที โดยข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่คืนรูปแล้วจะมีลักษณะเหมือนกับข้าวเหนียวนึ่งสุกตามปกติคือ เมล็ดข้าวจะมีความเหนียวเกาะติดกันเป็นก้อน

4) การทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบ ระหว่างข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่คืนรูปกับข้าวเหนียวนึ่งสุกตามปกติ พบว่าข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่คืนรูปมีลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างไปจากข้าวเหนียวนึ่งสุกตามปกติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19761

ข้อเสนอแนะ

1. หากจะพัฒนาการผลิตให้เป็นไปในระดับอุตสาหกรรม อาจต้องมีการปรับปรุงวิธีการนึ่งข้าวเหนียวให้สุก จากการใช้หวดไม้ไผ่ไปใช้วิธีการอื่นที่เหมาะสมและให้ผลผลิตที่มากกว่า

2. การแยกข้าวเหนียวออกเป็นเมล็ดเดี่ยวในการทดลองนี้ใช้แรงงานคน เมื่อมีการพัฒนาไปในระดับอุตสาหกรรมอาจมีการใช้เครื่องมือมาทดแทนเพื่อประเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ทำให้ผลิตได้จำนวนมากขึ้นและใช้เวลาในการผลิตลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2537. **กระบวนการแปรรูปอาหาร.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จรัสพรรณ ตันหยง.2544. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป."วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณิชนา ศรีสุชาต,ศรัณย์ดา โลหิตานนท์และนิวัตน์ คุรุศาสตรา.2544."การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวกึ่งสำเร็จรูปด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง." ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

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

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา.2536.**การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.**ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์

ภัทรชนก ธีรธิติ. 2541. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวอบกุ้งปรุงรสกึ่งสำเร็จรูป." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัชนี ศรีวรรณวิทย์ , ภัทรชนก ธีรธิติ และสุวรรณี จิตตินรเศรษฐ์.2535. "ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป." ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .

รายงานกิจกรรมของกรมวิทยาศาสตร์.(31) ตค.2510-2515:174.

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2539.**เอกสารประกอบการสอนชุดการถนอมอาหารและการแปรรูปอาหาร.** สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วงศิริ จิรพรรณคุณากร, วรินทิพย์ ชุณหพาณิชย์และวิมล ปุณยาพงศ์แพทย์.2545."การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนเกษตร."ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุภาภรณ์ ธัญญะวานิช.2545. "การปรับปรุงคุณภาพข้าวหุงสุกเร็วโดยวิธีการแช่แข็งร่วมกับการใช้ไมโครเวฟ." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุภาวรรณ รัตนโชตินันท์ และสิริพร โตมา.2537. "ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปเสริมไอโอดีน." ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อนงค์ วรอุไร. 2529. **การศึกษาอัตราการทำแห้งและอัตราการดูดซึมน้ำอ้างโดยอนงค์ วรอุไร** ขบวนการแปรรูปอาหาร 2 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

AOAC. Official Method of Analysis. 1995. 16th ed. **The Association of Analysis Chemists.** Arlington, Virginia.

Atallah, K.and Durani,O.1948 **Quick-Cooking Rice and Procees.**US-Patent2, 438939.

Azeez,M.A. and Shafi, D.C. 1966. "Quality in rice." **Department Agriculture (W.Pakistan) Technology Bulletin**. 13:23.

Baldwin,R.E. 1983."Microwave Cooking : an Overview." **Journal of Food Protection**. 46(3) : 266-269.

Bhattacharya,K.R.and Sowbhagya,C.M.1971. "Water Uptake by Rice." **Cereal Science Today**.16(12) : 420-424.

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

Harlfinger,L. 1992. "Microwave Food Processing Equipment Throughout The World." **Journal Food Technology.** 6 : 99-105.

H. Stone and J.L.Sidel. **Sensory Evaluation Practices.**2nd ed. 1993. Academic Press.

Juliano, B.O. 1985. Rice chemistry and technology.Z edit.American Association of Cereal Chemists Inc.St. Paul Minnesota. 774PP.

Lambert,J.P. 1980. Bi"ological Hazards of Microwave Radiation." **Journal of Food Protection.** 43(8) : 625-628.

Prabhakara Bhat,B.et. al. 1973. **Studies on Development of Quick-Cooking Rice.**Indian Food Package.44-45.

Roger Daniels.1973. "Edible Coating and Soluble Packaging." **Food Technology Review**.53 : 178-247.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wadsworth,J.I. 1990. "Microwave-Vacuum Drying." 299-339. in Marshall,W.E. and Wadsworth,S.I. **Rice Science and Technology.** USA:Marcel Dekker.

Wadsworth,J.I. and Koltun,S.P. 1986. "Physicochemical Properties and Cooking Quality of Microwave-Dried Rice." **Cereal Chemitry.** 63(4) : 346-348.

Zain,A.M. and Bakar,N.A. 1992**. Effect of Microwave Heating on Physical Characteristic of Rice(Oryza sativa L.).**[CD-ROW].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
แผนผังขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปและสภาวะที่เหมาะสมในการคืนรูป

นำข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู มาล้างทำความสะอาด

↓

นึ่งข้าวเหนียวให้สุกด้วยหวดที่ทำจากไม้ไผ่ โดยใช้ปริมาณน้ำใส่ในหม้อนึ่งประมาณเศษหนึ่งส่วนสี่

↓

นำข้าวเหนียวไปแช่เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

↓

แยกข้าวเหนียวให้หลุดแยกออกมาเป็นเมล็ดเดี่ยวๆ และหาความชื้นของข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่เย็น

↓

ทำแห้งโดยการผ่านเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟที่เวลา 3 ระดับคือ 15 , 20 และ 25 นาที จะได้ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

↓

ทดลองหาปริมาณความชื้น , อุณหภูมิที่ผิวหน้าและน้ำหนักที่สูญหายของข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป ที่ระดับเวลาการทำแห้ง 15 , 20 และ 25 นาที โดยใช้แผนการทดลอง CRD

↓

คืนรูปข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้เตาไมโครเวฟระดับครัวเรือน โดยข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปแต่ละเวลาการทำแห้ง จะใช้อัตราส่วนข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำ 5 ระดับ คือ 1 : 0.5 , 1 : 0.75 , 1 : 1 , 1 : 1.25และ 1 : 1.5 (มีต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

↓

ทดลองหาเวลาที่ใช้ในการคืนรูปแล้วเลือกสภาวะที่เวลาในการคืนรูป
ไม่เกิน 5 นาทีและใช้ระยะเวลาในการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟน้อยที่สุด

↓

นำสภาวะที่คัดเลือกได้ มาทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาอัตราส่วน
ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป : น้ำ ที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด โดยใช้การทดสอบ
ทางประสาทสัมผัสแบบเรียงลำดับ (Ranking test)

↓

นำสภาวะการคืนรูปที่คัดเลือกได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบ
ทางประสาทสัมผัสโดยใช้การเสนอตัวอย่างคี่สามตัวอย่าง(Triangle test) เปรียบเทียบกับข้าว
เหนียวที่ผ่านการนึ่งตามปกติ เพื่อทดสอบว่าผู้บริโภคสามารถแยกความแตกต่างได้หรือไม่

↓

วิเคราะห์ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ภาพที่ ก1 แผนผังขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปและสภาวะที่เหมาะสมในการคืนรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การหาปริมาณความชื้น

การหาปริมาณความชื้น AOAC,Method No.925.10(1995)

1.1 ชั่งน้ำหนักอลูมิเนียมแคนพร้อมฝา ซึ่งอบที่อุณหภูมิ 130 $\pm$ 3^{0}ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก นำไปอบต่อจนกว่าได้น้ำหนักคงที่

1.2 ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่อลูมิเนียมแคนที่ชั่งไว้แล้ว เปิดฝา นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ130 $\pm$ 3^{0}ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก นำไปอบต่อจนกว่าได้น้ำหนักคงที่

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบเรียงลำดับ (Ranking test)

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....ผลิตภัณฑ์ ข้าวเหนียวถึ่งสำเร็จรูป

กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และเรียงลำดับตัวอย่างตามความชอบ จากชอบน้อยที่สุด = 1 และชอบมากที่สุด = 4 กรุณาบ้วนปากระหว่างเปลี่ยนตัวอย่างชิมด้วย

ตัวอย่าง	561	378	253	137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบการเสนอตัวอย่างคี่สามตัวอย่าง(Triangle test)

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่..... ผลิตภัณฑ์ ข้าวเหนียวถึงสำเร็จรูป

กรุณาชิมตัวอย่างแต่ละชุดตามลำดับจากซ้ายไปขวา ในแต่ละชุดมี 3 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างที่เหมือนกัน 2 ตัวอย่าง จงวงกลมล้อมรอบรหัสตัวอย่างที่แตกต่าง กรุณาบ้วนปากระหว่างเปลี่ยนตัวอย่างชิมด้วย

ตัวอย่าง	432	241	389

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ ง1 ผลรวมของตัวเลขที่เรียงลำดับแสดงนัยสำคัญที่ระดับ 5 %($\alpha \leq 0.05$) ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบเรียงลำดับ (Ranking test)

No. of reps.	Number of treatments or samples ranked								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	3–9	3–11	3–13	4–14	4–16	4–18
3	–	–	–	4–14	4–17	4–20	4–23	5–25	5–28
	–	4–8	4–11	5–13	6–15	6–18	7–20	8–22	8–25
4	–	5–11	5–15	6–18	6–22	7–25	7–29	8–32	8–36
	–	5–11	6–14	7–17	8–20	9–23	10–26	11–29	13–31
5	–	6–14	7–18	8–22	9–26	9–31	10–35	11–39	12–43
	6–9	7–13	8–17	10–20	11–24	13–27	14–31	15–35	17–38
6	7–11	8–16	9–21	10–26	11–31	12–36	13–41	14–46	15–51
	7–11	9–15	11–19	12–24	14–28	16–32	18–36	20–40	21–45
7	8–13	10–18	11–24	12–30	14–35	15–41	17–46	18–52	19–58
	8–13	10–18	13–22	15–27	17–32	19–37	22–41	24–46	26–51
8	9–15	11–21	13–27	15–33	17–39	18–46	20–52	22–58	24–64
	10–14	12–20	15–25	17–31	20–36	23–41	25–47	28–52	31–57
9	11–16	13–23	15–30	17–37	19–44	22–50	24–57	26–64	28–71
	11–16	14–22	17–28	20–34	23–40	26–46	29–52	32–58	35–64
10	12–18	15–25	17–33	20–40	22–48	25–55	27–63	30–70	32–78
	12–18	16–24	19–31	23–37	26–44	30–50	33–57	37–63	40–70
11	13–20	16–28	19–36	22–44	25–52	28–60	31–68	34–76	36–85
	14–19	18–26	21–34	25–41	29–48	33–55	37–62	41–69	45–76
12	15–21	18–30	21–39	25–47	28–56	31–65	34–74	38–82	41–91
	15–21	19–29	24–36	28–44	32–52	37–59	41–67	45–75	50–82
13	16–23	20–32	24–41	27–51	31–60	35–69	38–79	42–88	45–98
	17–22	21–31	26–39	31–47	35–56	40–64	45–72	50–80	54–89
14	17–25	22–34	26–44	30–54	34–64	38–74	42–84	46–94	50–104
	18–24	23–33	28–42	33–51	38–60	44–68	49–77	54–86	59–95
15	19–26	23–37	28–47	32–58	37–68	41–79	46–89	50–100	54–111
	19–26	25–35	30–45	36–54	42–63	47–73	53–82	59–91	64–101
16	20–28	25–39	30–50	35–61	40–72	45–83	49–95	54–106	59–117
	21–27	27–37	33–47	39–57	45–67	51–77	57–87	63–97	69–107
17	22–29	27–41	32–53	38–64	43–75	48–88	53–100	58–112	63–124
	22–29	28–40	35–50	41–61	48–71	54–82	61–92	67–103	74–113
18	23–31	29–43	34–56	40–68	46–80	51–93	57–105	62–118	68–130
	24–30	30–42	37–53	44–64	51–75	58–86	65–97	72–108	79–119
19	24–33	30–46	37–58	43–71	49–84	55–97	61–110	67–123	73–136
	25–32	32–44	39–56	47–67	54–79	62–90	69–102	76–114	84–125
20	26–34	32–48	39–61	45–75	52–88	58–102	65–115	71–129	77–143
	26–34	34–46	42–58	50–70	57–83	65–95	73–107	81–119	89–131

(มีต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No. of reps.	Number of treatments or samples ranked								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	27–36	34–50	41–64	48–78	55–92	62–106	68–121	75–135	82–149
	28–35	36–48	44–61	52–74	61–86	69–99	77–112	86–124	94–137
22	28–38	36–52	43–67	51–81	58–96	65–111	72–126	80–140	87–155
	29–37	38–50	46–64	55–77	64–90	73–103	81–117	90–130	99–143
23	30–39	38–54	46–69	53–85	61–100	69–115	76–131	84–146	91–162
	31–38	40–52	49–66	58–80	67–94	76–108	85–122	95–135	104–149
24	31–41	40–56	48–72	56–88	64–104	72–120	80–136	88–152	96–168
	32–40	41–55	51–69	61–83	70–98	80–112	90–126	99–141	109–155
25	33–42	41–59	50–75	59–91	67–108	76–124	84–141	92–158	101–174
	33–42	43–57	53–72	63–87	73–102	84–116	94–131	104–146	114–161
26	34–44	43–61	52–78	61–95	70–112	79–129	88–146	97–163	106–180
	35–43	45–59	56–74	66–90	77–105	87–121	98–136	108–152	119–167
27	35–46	45–63	55–80	64–98	73–116	83–133	92–151	101–169	110–187
	36–45	47–61	58–77	69–93	80–109	91–125	102–141	113–157	124–173
28	37–47	47–65	57–83	67–101	76–120	86–138	96–156	106–174	115–193
	38–46	49–63	60–80	72–96	83–113	95–129	106–146	118–162	129–179
29	38–49	49–67	59–86	69–105	80–123	90–142	100–161	110–180	120–199
	39–48	51–65	63–82	74–100	86–117	98–134	110–151	122–168	134–185
30	40–50	51–69	61–89	72–108	83–127	93–147	104–166	114–186	125–205
	41–49	53–67	65–85	77–103	90–120	102–138	114–156	127–173	139–191
31	41–52	52–72	64–91	75–111	86–131	97–151	108–171	119–191	130–211
	42–51	55–69	67–88	80–106	93–124	106–142	119–160	131–179	144–197
32	42–54	54–74	66–94	77–115	89–135	100–156	112–176	123–197	134–218
	43–53	56–72	70–90	83–109	96–128	109–147	123–165	136–184	149–203
33	44–55	56–76	68–97	80–118	92–139	104–160	116–181	128–202	139–224
	45–54	58–74	72–93	86–112	99–132	113–151	127–170	141–189	154–209
34	45–57	58–78	70–100	83–121	95–143	108–164	120–186	132–208	144–230
	46–56	60–76	74–96	88–116	103–135	117–155	131–175	145–195	159–215
35	47–58	60–80	73–102	86–124	98–147	111–169	124–191	136–214	149–236
	48–57	62–78	77–98	91–119	106–139	121–159	135–180	150–200	165–220
36	48–60	62–82	75–105	88–128	102–150	115–173	128–196	141–219	154–242
	49–59	64–80	79–101	94–122	109–143	124–164	139–185	155–205	170–226
37	50–61	63–85	77–108	91–131	105–154	118–178	132–201	145–225	159–248
	51–60	66–82	81–104	97–125	112–147	128–168	144–189	159–211	175–232
38	51–63	65–87	80–110	94–134	108–158	122–182	136–206	150–230	164–254
	52–62	68–84	84–106	100–128	116–150	132–172	148–194	164–216	180–238
39	52–65	67–89	82–113	97–137	111–162	126–186	140–211	154–236	169–260
	53–64	70–86	86–109	102–132	119–154	135–177	152–199	168–222	185–244
40	54–66	69–91	84–116	99–141	114–166	129–191	144–216	159–241	173–267
	55–65	72–88	88–112	105–135	122–158	139–181	156–204	173–227	190–250

ที่มา : เพ็ญขวัญ ชมปรีดา(2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง2 ตัวเลขต่ำสุดของการตัดสินความถูกต้องที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบการเสนอตัวอย่างคี่สามตัวอย่าง(Triangle test)

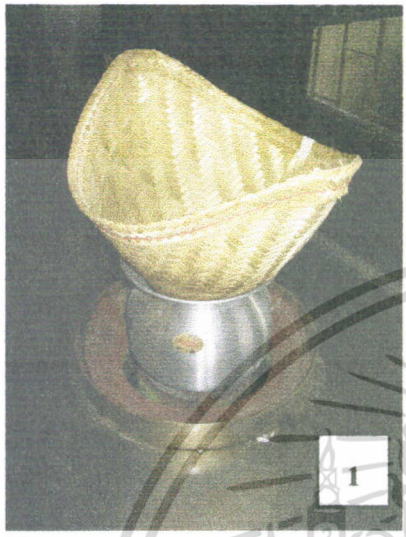
Number of trials (n)	Probability levels						
	.05	.04	.03	.02	.01	.005	.001
5	4	5	5	5	5	5	
6	5	5	5	5	6	6	
7	5	6	6	6	6	7	7
8	6	6	6	6	7	7	8
9	6	7	7	7	7	8	8
10	7	7	7	7	8	8	9
11	7	7	8	8	8	9	10
12	8	8	8	8	9	9	10
13	8	8	9	9	9	10	11
14	9	9	9	9	10	10	11
15	9	9	10	10	10	11	12
16	9	10	10	10	11	11	12
17	10	10	10	11	11	12	13
18	10	11	11	11	12	12	13
19	11	11	11	12	12	13	14
20	11	11	12	12	13	13	14
21	12	12	12	13	13	14	15
22	12	12	13	13	14	14	15
23	12	13	13	13	14	15	16
24	13	13	13	14	15	15	16
25	13	14	14	14	15	16	17
26	14	14	14	15	15	16	17
27	14	14	15	15	16	17	18
28	15	15	15	16	16	17	18
29	15	15	16	16	17	17	19
30	15	16	16	16	17	18	19
31	16	16	16	17	18	18	20
32	16	16	17	17	18	19	20
33	17	17	17	18	18	19	21
34	17	17	18	18	19	20	21
35	17	18	18	19	19	20	22
36	18	18	18	19	20	20	22
37	18	18	19	19	20	21	22
38	19	19	19	20	21	21	23
39	19	19	20	20	21	22	23
40	19	20	20	21	21	22	24
41	20	20	20	21	22	23	24
42	20	20	21	21	22	23	25
43	20	21	21	22	23	24	25

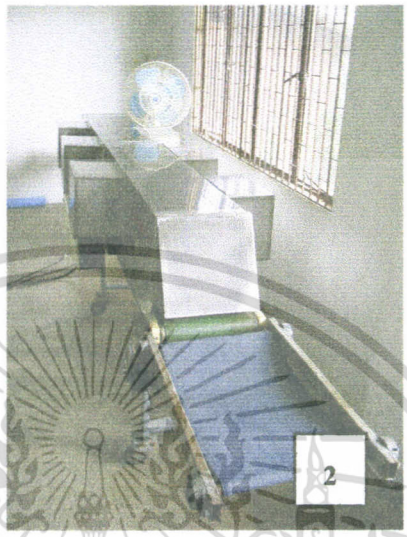
ที่มา : H. Stone and J.L.Sidel(1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ภาพจากการทดลอง



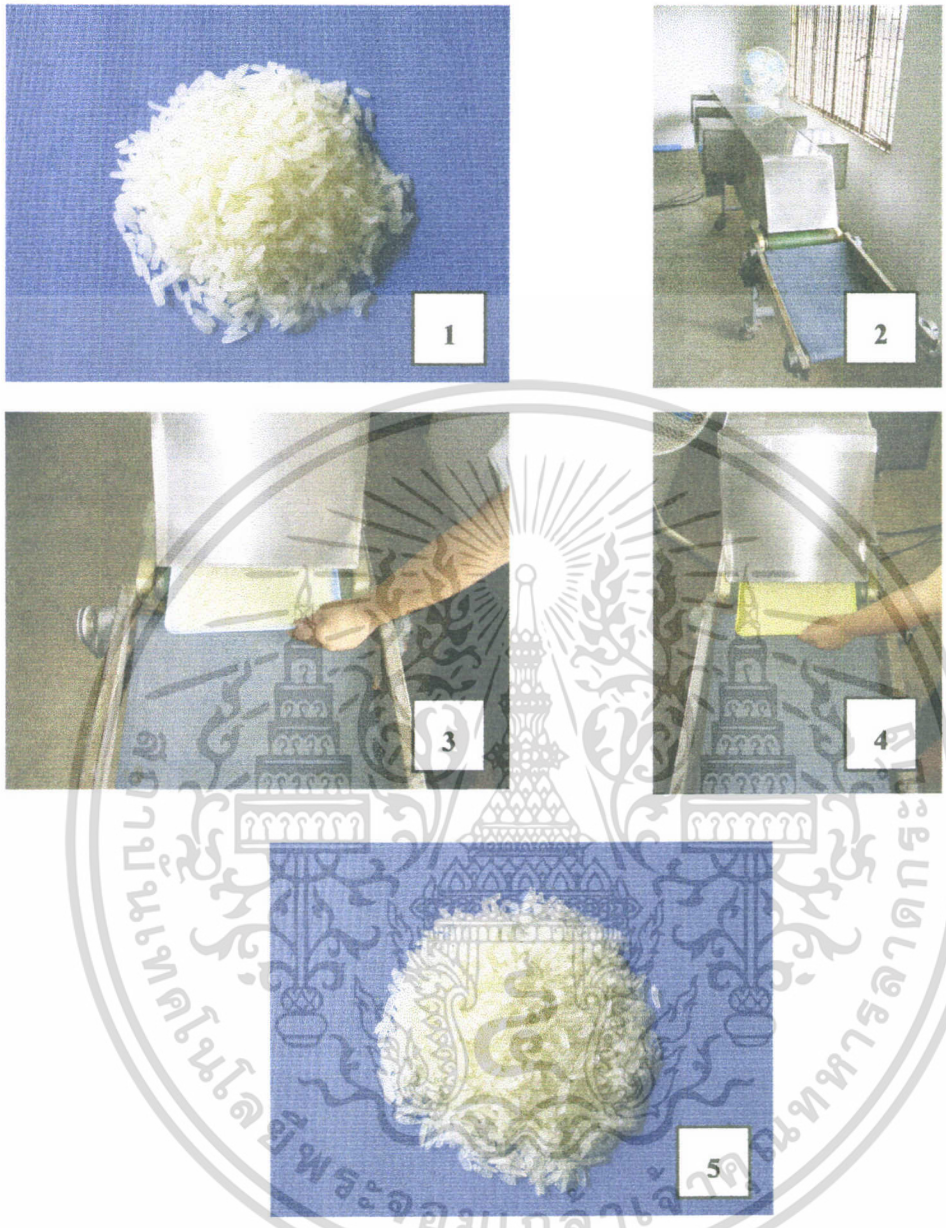


ภาพที่ จ1 อุปกรณ์การผลิตข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

1 คือ ชุดหวดนึ่งข้าวเหนียว

2 คือ อุโมงค์ไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ2 ขั้นตอนการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ

1 คือ ข้าวที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

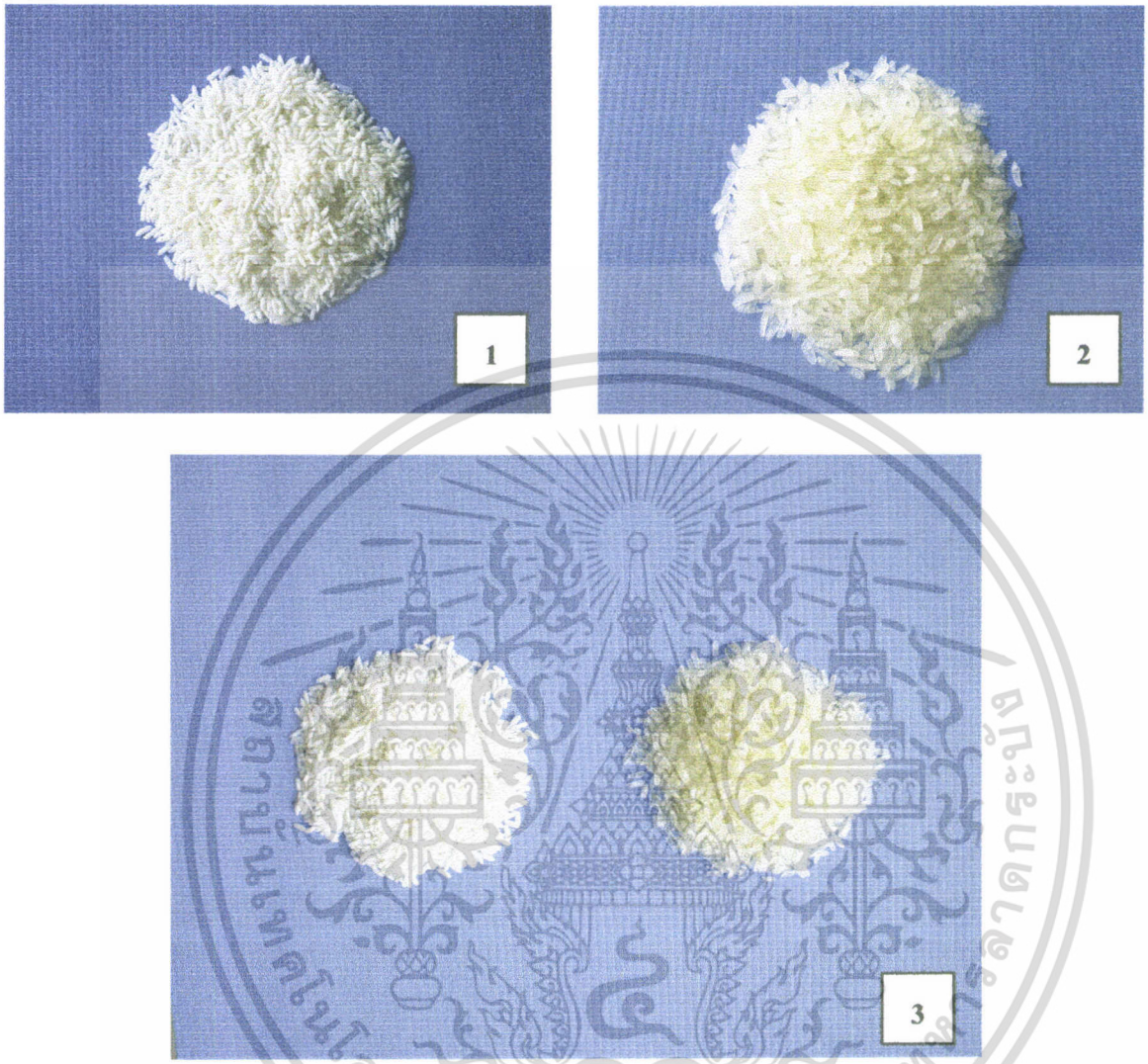
2 คือ อุโมงค์ไมโครเวฟ

3 คือ การนำข้าวเหนียวเข้าอุโมงค์ไมโครเวฟ

4 คือ การนำข้าวเหนียวออกจากอุโมงค์ไมโครเวฟ

5 คือ ข้าวเหนียวที่ผ่านการทำแห้งด้วยอุโมงค์ไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



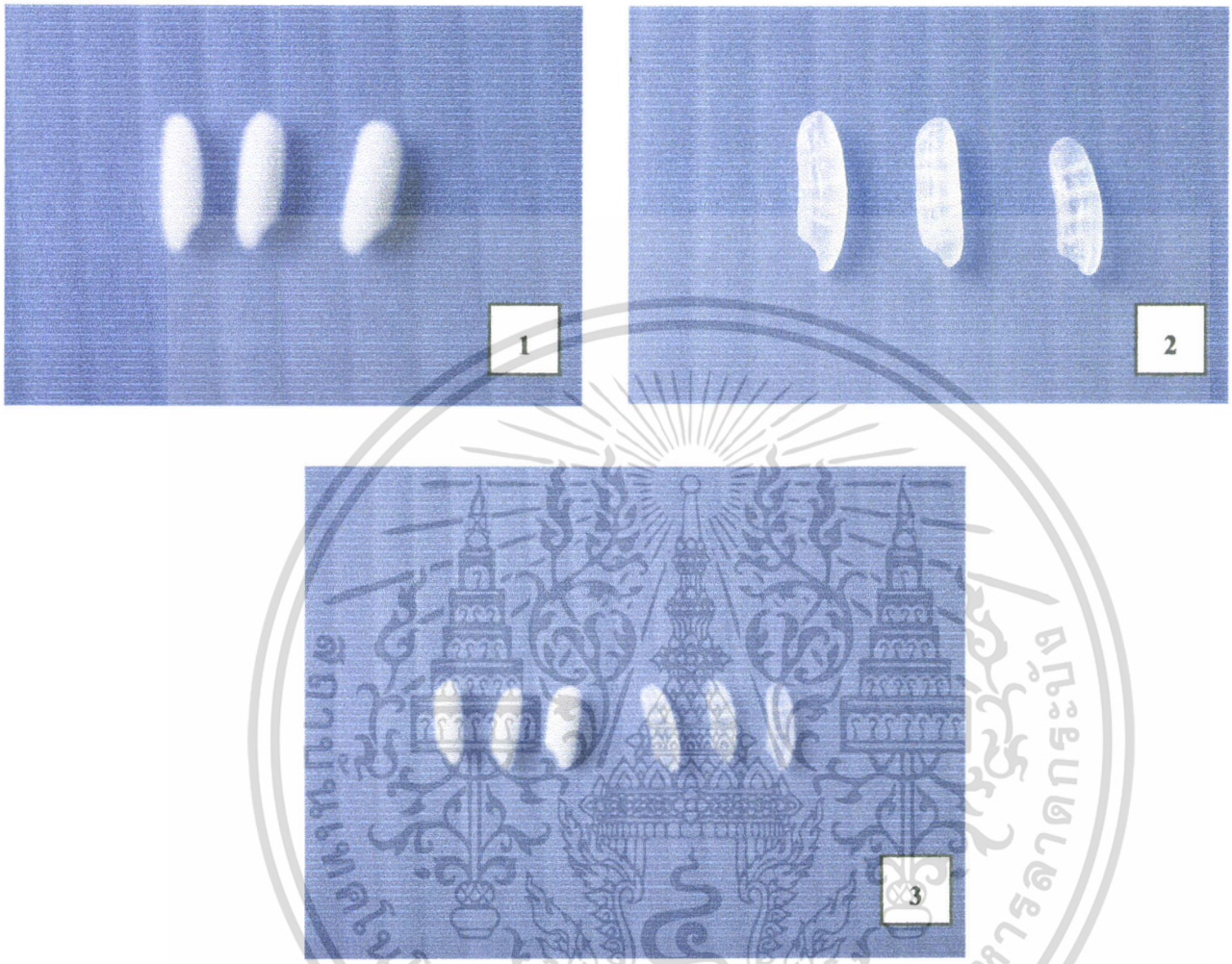
ภาพที่ จ3 ตัวอย่างข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูเปรียบเทียบกับข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

1 คือ ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู (ก่อนการแปรรูป)

2 คือ ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป(ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู หลังการแปรรูป)

3 คือ ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู(ก่อนการแปรรูป)เปรียบเทียบกับข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป(ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูหลังการแปรรูป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ4 ตัวอย่างเมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

1 คือ เมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

2 คือ เมล็ดข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

3 คือ เมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ จ5 ขั้นตอนการคืนรูปข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปด้วยเตาไมโครเวฟระดับครัวเรือน

1 คือ การเตรียมข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป และน้ำ

2 คือ เตาไมโครเวฟระดับครัวเรือน

3 คือ การนำข้าวเข้าเตาไมโครเวฟ

4 และ 5 คือ ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปที่คืนรูปด้วยเตาไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้