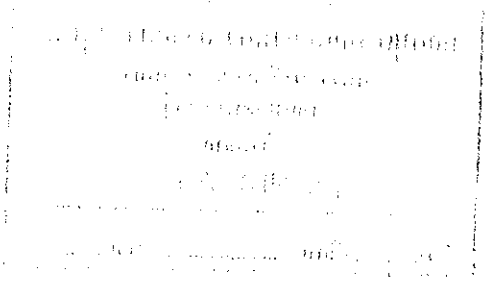
ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง

Factors Affecting the Quality of Frozen Fried Rice with Crab Meat

วิไลลักษณ์ กมลธรรม

Vilailak Kamondram



วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2538

เลขหมู่ TP949.3 I59 2538 ก.2

Bib Key 88602

ชื่อวิทยานิพนธ์ ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง
ผู้เขียน นางสาววิไลลักษณ์ กมลธรรม
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)

.....กรรมการ
(ดร.สุกัญญา จันทะชุม)

.....กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)

.....กรรมการ
(ดร.สุกัญญา จันทะชุม)

.....กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....
(ดร.ไพรัตน์ สงวนไทร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง
ผู้เขียน นางสาววิไลลักษณ์ กมลธรรม
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง โดยใช้ข้าวสารเจ้าจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, พันธุ์กข 7 และพันธุ์กข 13 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสต่างกัน คือ ปริมาณอะมิโลสต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ การผลิตข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง พบว่า ข้าวสารเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีความชื้นร้อยละ 12 1 ส่วน คลุกด้วยน้ำมันพืชร้อยละ 5 และหุงด้วยน้ำ 1.4 ส่วน และเติมเครื่องปรุง ซึ่งประกอบด้วย ซีอิ้วขาว 1.67 กรัม ซอสเปรี้ยว 1.55 กรัม เกลือ 1.50 กรัม และน้ำตาล 3.88 กรัม ต่อข้าวสาร 100 กรัม จะได้ข้าวผัดที่ต้องการ นำข้าวผัดที่ได้ร้อยละ 71.0 ผสมกับไข่ร้อยละ 6.2 เนื้อปูร้อยละ 6.8 และผักร้อยละ 16.0 เมื่อได้เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแล้วบรรจุในถุงพลาสติกฟิล์มประกบ 2 ชั้น ระหว่างโพลิแอไมด์และโพลิเอทิลีน (PA/PE) และถุงพลาสติกฟิล์มประกบ 3 ชั้น ระหว่างโพลิแอไมด์, โพลิเอทิลีน และโพลิเอทิลีน (PA/PE/PE) แช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสเป็นเวลา 50 นาที และ 60 นาที ตามลำดับ แล้วนำไปเก็บที่ -20 องศาเซลเซียส ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งที่บรรจุในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด เป็นระยะเวลา 2 เดือน ปรากฏว่า ปริมาณโปรตีน, ไขมัน และเถ้า ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ความชื้นและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บ 2 เดือน พบโคลิฟอร์มที่อายุการเก็บ 0 และ 1 เดือน แต่ไม่พบ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Vibrio paraheamolyticus, Salmonella spp., Bacillus cereus* และ *Listeria monocytogenes* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ค่าทีบีเอเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นหืน ซึ่งเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษาเช่นกัน ส่วนคุณภาพในด้านสี กลิ่นซอส ความร่วนซุย ความนุ่ม และความ

ชอบรวม มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษา แต่ผลิตภัณฑ์ยังได้รับการยอมรับในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE มีค่าทีบีเอ และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE ($P<0.05$) แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อคุณภาพด้านอื่นๆของผลิตภัณฑ์

Thesis Title	Factors Affecting the Quality of Frozen Fried Rice with Crab Meat
Author	Miss Vilailak Kamondram
Major Program	Food Technology
Academic Year	1995

Abstract

The ratio of water to rice varieties particularly Khao Dawk Mali-105, Ko Kho-7 and Ko Kho-13 was studied in ordor to yield high quality of cooked rice. The quality of cooked rice was improved by using vegetable oil. It was found that the optimal ratio of water to Khao Dawk Mali-105 was 1.4 : 1 with 5% of vegetable oil. Ratio profile method was used to determine the optimal amount of seasoning. Khao Dawk Mali-105 milled rice, water, vegetable oil and seasoning were mixed and cooked. The cooked fried rice (71.0%) which mixed with omelette (6.2%), crab meat (6.8%) and vegetable (16.0%) was packed in polyamide/polyethylene (PA/PE) and polyamide/polyethylene/polyethylene (PA/PE/PE) bags. The packages were freezed by contact plate freezer and air blast freezer. The packages were stored at -20 ° c for 2 months and evaluated. Protein, fat and ash content were slightly changed during storage. Moisture content and total viable count decreased during 2 months storage. Pathogenic microorganism e.g. *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Vibrio paraheamoliticus, Salmonella spp., Bacillus cereus* and *Listeria monocytogenes* were not found during storage, while Coliforms was found during 0 and 1 month. Sensory evaluation of the product e.g. color, sauce odor, flake, solfness and acceptance were significantly decreased as storage time increased. The rancidity increased which corelated to TBA value. However the acceptance was up to 2 months of storage. Total

viable count and TBA value of PA/PE bags were significantly increased more than of PA/PE/PE bags, but other quality was not different in 2 packages.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก ประธานกรรมการที่ปรึกษา ดร.สุกัญญา จันทะซุม อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม ที่กรุณาให้คำแนะนำในการค้นคว้าวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร กรรมการผู้แทนคณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ที่เป็นกำลังใจในการศึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงที่เอื้อเฟื้อข้าวสารพันธุ์ต่างๆ คุณวรวิทย์ อภิญญานันท์ ที่เอื้อเฟื้อบรรจุภัณฑ์ คุณรัฐพล กล่อมพงษ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการพิมพ์งาน คุณวาสนา มู่สา และคุณชุตินุช สุจริต ที่ช่วยถ่ายสไลด์ คุณสมศักดิ์ สุดจันทร์ ครูพรชัย ศรีไพบูลย์ คุณชัยรัตน์ ศรีประสม คุณจินตนา เพชรมณีโชติ คุณสุภาทินี โสบุญ และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทผู้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตลอดจนเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

วิไลลักษณ์ กมลธรรม

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ.....(3)
Abstract.....(5)
กิตติกรรมประกาศ.....(7)
สารบาญ.....(8)
รายการตาราง.....(9)
รายการภาพ.....(11)
บทที่
1. บทนำ.....1
บทนำต้นเรื่อง.....1
ตรวจเอกสาร.....3
วัตถุประสงค์.....21
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ.....22
3. ผล และวิจารณ์.....29
4. สรุป.....53
เอกสารอ้างอิง.....55
ภาคผนวก.....65
ประวัติผู้เขียน.....86

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

1. องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าว....5
2. การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส....8
3. การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก....9
4. การแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก....9
5. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวสารเมื่อเก็บที่ 28-30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 6 เดือน....11
6. อัตราส่วนระหว่างปริมาณ ไข่ เนื้อปู และ ผัก จากการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 1....26
7. ค่าส่วนประกอบทางเคมีของข้าวสาร....29
8. คะแนนเฉลี่ยจากผู้ประเมินคุณภาพของข้าวสุกที่มีปริมาณอะมิโลส และปริมาณน้ำต่างกัน....30
9. การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก....32
10. คะแนนเฉลี่ยจากผู้ประเมินคุณภาพของข้าวสุก ที่มีการใช้น้ำมันพืชและเนย....33
11. คะแนนรวมจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีเรียงลำดับความชอบของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่คลุกน้ำมันพืชและเนยร้อยละ 5....35
12. สูตรเครื่องปรุงรสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปู....37
13. ค่าอัตราส่วนเฉลี่ย (S/I) จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของข้าวผัดที่ทำการพัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสและผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ....37
14. คะแนนรวมจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูโดยวิธีเรียงลำดับความชอบ จากการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 1....40

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

15. คะแนนรวมจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส
ของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูโดยวิธีเรียงลำดับความชอบ
จากการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 2 41
16. ระยะเวลาการแช่เยือกแข็งและคะแนนจากการทดสอบคุณภาพ
ทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีเรียงลำดับความชอบของผลิตภัณฑ์
ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งและข้าวผัดปูที่ปรุงสุกใหม่.....43
17. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งที่บรรจุ
ในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE ในระยะเวลา 2 เดือน.....48

ตารางภาคผนวก

1. ผลของอะมิโลสและปริมาณน้ำต่อคุณภาพของข้าวสุก.....74
2.การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดข้าวสุกด้วยน้ำมันพืช.....76
3. การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดข้าวสุกด้วยเนย.....79
4. การประเมินคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส
ของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด
PA/PE และPA/PE/PE ระหว่างการเก็บเป็น เวลา 2 เดือน.....82

รายการภาพ

ภาพที่ หน้า

1. กรรมวิธีการผลิตข้าวผัดแช่เยือกแข็ง.....20
2. การวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1.....26
3. ผังการทดลองการแช่เยือกแข็งข้าวผัดปูและการยอมรับ.....27
4. เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัด (แผนภาพใยแมงมุม).....38
5. การวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 2.....40
6. กราฟแช่เยือกแข็งของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE โดยวิธีใช้อากาศเย็น.....44
7. กราฟแช่เยือกแข็งของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE โดยวิธีเพลทสัมผัส.....45
8. ผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE.....46
9. ผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE.....46
10. การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง . บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 เดือน.....50
11. การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 เดือน.....51

ภาพภาคผนวก 1 กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณอะมิโลสกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร.....66

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเกษตรได้ขยายตัวและพัฒนาอย่างรวดเร็ว เนื่องจากภาครัฐบาลได้ให้การสนับสนุนทั้งในด้านการลงทุน วิชาการตลอดจนการส่งเสริมการส่งออกอย่างจริงจัง เมื่อได้มีการผสมผสานระหว่างวัตถุดิบทางการเกษตรกับเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรม ทำให้ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตอาหารที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ซึ่งมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นทั้งในด้านการผลิตและการส่งออก ดังรายงานการส่งออกผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งมูลค่าการส่งออกของไทยเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี 2538 การส่งออกของไทยมีมูลค่า 102,883 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี 2537 ร้อยละ 13.01 (กองวิจัยสินค้าและการตลาด, 2538) เช่น การส่งออกกุ้งสดแช่เยือกแข็งในปี 2536 สามารถส่งออกได้ประมาณ 125,000 เมตริกตัน ตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และประชาคมยุโรป ซึ่งมีอัตราการส่งออกประมาณร้อยละ 80 ของการส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งทั้งหมด และส่วนแบ่งตลาดได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นดังจะเห็นได้จากปี 2535 ไทยมีส่วนแบ่งตลาดเพียงร้อยละ 16.7 ในปี 2536 มีส่วนแบ่งตลาดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 17.5 และคาดว่า ปี 2537 จะเพิ่มขึ้นอีก (กองวิจัยสินค้าและการตลาด, 2537)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีพื้นฐานเศรษฐกิจมาจากเกษตรกรรม เนื่องจากมีพื้นที่การเกษตรและแรงงานเพียงพอ ข้าว เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างสูงต่อประเทศไทยเพราะนอกจากจะเป็นอาหารหลักของประชากรภายในประเทศแล้ว ส่วนที่เหลือจากการบริโภคยังสามารถส่งไปจำหน่ายต่างประเทศได้อีกด้วย ข้าวทำรายได้เข้าประเทศสูงเป็นอันดับหนึ่งของสินค้าเกษตรส่งออก โดยนำรายได้เข้าประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท ซึ่งเคยส่งออกข้าวสูงสุดในปี 2532 โดยส่งออกมูลค่าถึง 45,462 ล้านบาท (รสดา เวชฎาพันธ์, 2536) แต่ในปี 2537 มูลค่าการส่งออกลดเหลือเพียง 39,188 ล้านบาท (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2538) และในปัจจุบันการส่งออกข้าวของไทยประสบกับการแข่งขันในตลาดโลกกับประเทศคู่แข่งที่สำคัญ เช่น สหรัฐอเมริกา และปากีสถาน ข้าวมีปริมาณ

มากจนล้นตลาด ทำให้การส่งออกข้าวของไทยมีปัญหามากยิ่งขึ้นในตลาดโลก ดังในปี พ.ศ. 2535 ราคาข้าวตกต่ำอย่างมาก ทำให้ตลาดข้าวภายในประเทศมีผลกระทบไปด้วย (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข และสัญชัย สัตตวัฒนานนท์, 2536)

จากการที่ประเทศไทยมีความพร้อมทางด้านวัตถุดิบ เทคโนโลยีการผลิต และด้านการตลาด ดังนั้นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแช่เยือกแข็งจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่พร้อมบริโภคได้รับความนิยมในหมู่ผู้บริโภคค่อนข้างมากเพราะสภาพความเป็นอยู่ในสังคมปัจจุบันได้เปลี่ยนไป โดยเฉพาะในสังคมของชาวตะวันตกซึ่งต้องทำงานแข่งกับเวลา ดังนั้นความสะดวกรวดเร็วในการเตรียมอาหารเพื่อการบริโภคจึงเป็นสิ่งที่ต้องการ ดังจะเห็นจากรายงานสภาวะการตลาดของสหราชอาณาจักรพบว่า อีก 10 ปีข้างหน้ามูลค่าของตลาดอาหารแช่เยือกแข็งจะเพิ่มจาก 3,800 ล้านปอนด์เป็น 7,000 ล้านปอนด์ และการบริโภคอาหารแช่เยือกแข็งในประเทศญี่ปุ่นก็เพิ่มขึ้นอย่างมากเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากการผลิตและการบริโภคอาหารแช่เยือกแข็งระหว่างปี คศ. 1987-1991 มีอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 6.1 ของปริมาณและร้อยละ 5.7 ของมูลค่าการผลิต (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก และคณะ, 2537) ซึ่งข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ข้าว ไข่ เนื้อปู และผัก เมื่อต้องการบริโภคสามารถนำผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งเข้าตู้อบไมโครเวฟประมาณ 3-5 นาที แล้วบริโภคได้ทันที ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสนองความต้องการของตลาด เพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ ก่อให้เกิดการพัฒนาทางเทคโนโลยี การลงทุน และการสร้างงานภายในประเทศ

ตรวจเอกสาร

1. ข้าวผัดแช่เยือกแข็ง

ข้าวผัดแช่เยือกแข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการแปรรูปข้าว คุณลักษณะที่ดีของข้าวผัดแช่เยือกแข็งภายหลังการอุ่น ได้แก่ มีกลิ่นหอม เมล็ดข้าวสมบูรณ์ไม่จับกันเป็นก้อน ปัจจัยที่สำคัญ คือ คุณภาพของข้าวสุก ลักษณะข้าวสุกที่ดีควรจะไม่เกาะกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ พันธุ์ข้าว อัตราส่วนของข้าวสารต่อน้ำที่ใช้ในการหุง และอายุหลังการเก็บเกี่ยวของข้าว (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก และคณะ, 2537) ซึ่งข้าวผัดแช่เยือกแข็งประกอบด้วย ข้าว เนื้อปู ผัก เครื่องปรุงรส และน้ำมันหรือไขมัน

2. ข้าว

ข้าว (*Oryza sativa*) อยู่ในตระกูล Graminae (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2530) แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามลักษณะภายนอกของต้น เมล็ด และจำนวนเมล็ดลีบของข้าวลูกผสมระหว่างข้าวทั้ง 3 ชนิดเป็นหลัก ได้แก่ ชนิดอินดิกา (indica) จาโปนิกา (japonica) และจาวานิกา (javanica) (ประพาส วีระแพทย์, 2531)

3. การจำแนกข้าว

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น (2530) กล่าวว่า มาตรการในการจำแนกข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัยและสิ่งแวดล้อมหลายประการ ซึ่งมีการจำแนกข้าวออกเป็นหลายรูปแบบ ดังนี้

3.1 จำแนกตามคุณสมบัติทางเคมีภายในเมล็ด

3.1.1 ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) ประกอบด้วยสตาร์ช (starch) ประมาณร้อยละ 90 ซึ่งสตาร์ชนี้มีส่วนประกอบใหญ่ๆ 2 ส่วนด้วยกันคือ อะมิโลเพคติน ประมาณร้อยละ 60-90 และอะมิโลส ประมาณร้อยละ 10-30

3.1.2 ข้าวเหนียว (glutinous rice) ประกอบด้วย อะมิโลเพคตินถึงร้อยละ 95 มีอะมิโลสน้อยมาก บางครั้งพบว่าไม่มีเลย

3.2 จำแนกตามรูปร่างของเมล็ดข้าวสาร

3.2.1 ข้าวเมล็ดสั้น (short grain) ความยาวของเมล็ดไม่เกิน 5.50 มิลลิเมตร

3.2.2 ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง (medium-long grain) ความยาวเมล็ดตั้งแต่ 5.51 ถึง 6.60 มิลลิเมตร

3.2.3 ข้าวเมล็ดยาว (long grain) ความยาวเมล็ดตั้งแต่ 6.61 ถึง 7.50 มิลลิเมตร

3.2.4 ข้าวเมล็ดยาวมาก (extra-long grain) ความยาวของเมล็ดตั้งแต่ 7.51 มิลลิเมตร ขึ้นไป

3.3 จำแนกตามปริมาณอะมิโลส

3.3.1 ข้าวอะมิโลสต่ำ คือ ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสน้อยกว่า ร้อยละ 19 ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ร้อยละ 12-16) ข้าวกข 15 (ร้อยละ14-17) และข้าวกข 21 (ร้อยละ 18-20)

3.3.2 ข้าวอะมิโลสปานกลาง คือ ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสระหว่างร้อยละ 20-25 ได้แก่ ข้าวนางมลเอส 4 (ร้อยละ 19-27) และข้าวขาวปากหม้อ 148 (ร้อยละ 24-25)

3.3.3 ข้าวอะมิโลสปานกลางค่อนข้างสูง คือ ข้าวที่มีปริมานอะมิโลส ระหว่าง ร้อยละ 25-29 ได้แก่ ข้าวเก้ารวง 88 (ร้อยละ 25-29) ข้าวกข 7 (ร้อยละ 24-29) ข้าวกข 23 (ร้อยละ 26-29) และ ข้าวกข 27 (ร้อยละ 25-29)

3.3.4 ข้าวอะมิโลสสูง คือ ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสระหว่างร้อยละ 29-34 ได้แก่ ข้าวกข 1 (ร้อยละ 28-31) ข้าวกข 5 (ร้อยละ 29) ข้าวกข 11 (ร้อยละ 29-32) ข้าวกข 13 (ร้อยละ 30-32) ข้าวกข17 (ร้อยละ 32) ข้าวกข 19 (ร้อยละ 32) ข้าวกข 25 (ร้อยละ 30-33) และ ข้าวกข 123 (ร้อยละ 28-32)

4. องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าว

องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าวประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน เยื่อใย แร่ธาตุ และคาร์โบไฮเดรต ดังแสดงในตารางที่ 1

5. คุณภาพของเมล็ดข้าว (grain quality)

5.1 คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข (2534) กล่าวว่า คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่างๆของเมล็ดข้าวที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา หรือชั่ง ตวง วัด ได้ เช่น น้ำหนักเมล็ด (grain weight) สีข้าวกล้อง (pericarp color) ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ลักษณะท้องไข่ (chalkiness) ความใสของเมล็ด (grain translucency) ความขาวของข้าวสาร (whiteness of milled rice) และคุณภาพการสี (milling quality)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าว

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
โปรตีน	9.8
ชนิดของโปรตีน	
- แอลบูมิน	2-5
- โกลบูลิน	2-8
- โปรลามิน	1.5
- กลูเตลิน	85-90
ปริมาณกรดอะมิโน	
- อาร์จินีน	7.7
- ซีสทีน+ซีสทิอีน	1.1
- ฮิสติดีน	2.3
- ไอโซลิวซีน	3.9
- ลิวซีน	8.0
- เมทิโอนีน	3.7
- เฟนีลอะลานีน	2.4
- ทริโอนีน	5.2
- ทริปโทแฟน	4.1
- ไทโรซิน	1.4
- วาลีน	5.7
- อะลานีน	6.0
- กรดแอสฟาร์ติก	10.4
- กรดกลูทาริก	20.4
- ไกลซีน	5.0
- โปรลีน	4.8

ที่มา : ดัดแปลงจาก อรอนงค์ นัยวิกุล (2532)

หมายเหตุ : ปริมาณของกรดอะมิโนมีหน่วยเป็น กรัมกรดอะมิโน/16 กรัมไนโตรเจน

ตารางที่ 1 (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
- เซอลีน	5.2
ไขมัน	0.5
กรดไขมันที่อิ่มตัว	
- ปัลมิติก+สเทียริก	17.6
กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว	
- โอเลอิก	47.6
- ลิโนเลอิก	34.0
- ลิโนเลนิก	0.8
เยื่อใย	0.3
แร่ธาตุ	0.6
คาร์โบไฮเดรต	88.9

ที่มา : ดัดแปลงจาก อรอนงค์ นัยวิกุล (2532)

หมายเหตุ : ปริมาณของกรดอะมิโนมีหน่วยเป็น กรัมกรดอะมิโน/16 กรัมไนโตรเจน

5.1.1 น้ำหนักเมล็ด เป็นลักษณะที่คงที่มากที่สุด ซึ่งจะแปรไปตามขนาดและรูปร่างของเมล็ด ความชื้น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย และสภาพภูมิอากาศ

5.1.2 สีข้าวกล้อง เกิดจากสารสีที่เยื่อหุ้มผล (pericarp) ส่วนเนื้อในเมล็ดของข้าวทุกชนิดมีสีขาวเสมอ ซึ่งข้าวกล้องแบ่งเป็น 4 สี คือ ขาว น้ำตาล แดง และดำ (ม่วง) ส่วนใหญ่มีสีขาว

5.1.3 ขนาดรูปร่างเมล็ด หมายถึง ความยาว ความกว้าง ความหนา และความป้อม หรือเรียวของเมล็ด (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข, 2534) เมล็ดข้าวที่ตลาดต้องการ และถือว่าเป็นเมล็ดได้มาตรฐานนั้น หน้าตัดของเมล็ดจะค่อนข้างกลม (ประพาส วีระแพทย์, 2531)

5.1.4 ลักษณะท้องไข่ หมายถึง จุดขาวขุ่นคล้ายชอล์กที่เกิดขึ้นในเนื้อของเมล็ด (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข, 2534) ในกรณีข้าวเจ้าเมล็ดต้องใส ไม่มีท้องไข่ การมีท้องไข่ของ

เมล็ดข้าวกล้องนั้นทำให้เมล็ดหักง่ายเมื่อนำไปสีเป็นข้าวสาร ซึ่งทำให้ได้เมล็ดข้าวสารหักมาก (ประพาส วีระแพทย์, 2531)

5.1.5 ความใสของเมล็ด ความใสหรือขุ่นของเมล็ด หมายถึง ความทึบแสง (opaque) หรือความใส (translucence) ของเนื้อเมล็ด ซึ่งจะสังเกตุความแตกต่างได้ในข้าวเจ้า ส่วนในเมล็ดข้าวเหนียวจะมีลักษณะขุ่นอย่างเดียว (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข, 2534)

5.1.6 ความขาวของข้าวสาร ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี (degree of milling) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเกรดของข้าว อายุการเก็บข้าว โดยข้าวที่เก็บไว้นานๆจะมีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ และข้าวสารที่มีโปรตีนสูงจะมีสีคล้ำกว่าข้าวโปรตีนต่ำ (เครือวัลย์ อัตตะวิริยสุข, 2534)

5.1.7 คุณภาพการสี สิ่งที่ได้จากการสีข้าว ได้แก่ แกลบประมาณร้อยละ 20-24 รำร้อยละ 8-10 และข้าวสารร้อยละ 68-70 ของข้าวเปลือก ข้าวสารที่ได้ทั้งหมดจะนำไปคัดแยกเป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว และข้าวหัก ซึ่งจะได้มากน้อยเพียงใดขึ้นกับคุณภาพข้าวเปลือกก่อนสี ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการสี ได้แก่ พันธุ์ข้าว ปริมาณอะมิโลส โดยข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูง ปริมาณข้าวหักจะมากกว่าข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ (Goodman and Rao, 1984) ความยาวของเมล็ดข้าว โดยข้าวเมล็ดยาวจะมีปริมาณข้าวหักมากกว่าข้าวเมล็ดสั้น สภาวะก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว (Prodtor and Goodman, 1985) ระยะเวลาและวิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การตากข้าวก่อนนวดและหลังนวด การนวดข้าว การเก็บรักษา กระบวนการสี (เครือวัลย์ อัตตะวิริยสุข, 2534)

5.2 คุณภาพของเมล็ดข้าวทางเคมี

งามชื่น คงเสรี (2531ก.) กล่าวว่า คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี หมายถึง สัดส่วนและองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุก โดยมีผลทำให้ข้าวสุกนั้นนุ่ม เหนียว หรือร่วนขึ้นหม้อ ซึ่งคุณภาพข้าวสุกนี้จะขึ้นกับคุณภาพเมล็ดทางเคมี ได้แก่

5.2.1 สัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน สตาร์ชข้าวมีอะมิโลเพคตินเป็นองค์ประกอบหลัก และอะมิโลสเป็นองค์ประกอบรอง (งามชื่น คงเสรี, 2531ก.) สัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน (Bhattacharya, *et al.*, 1982; Goodman and Rao, 1984; Hamaker and Griffin, 1993) ข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะมิโลสต่ำ (Goodman and Rao, 1984) ทำให้ข้าวสุกมีลักษณะไม่เลื่อมมัน ร่วนเป็นตัว และแข็ง ส่วนข้าวที่มีอะมิโลสต่ำเมื่อหุงสุกแล้วจะนุ่มและเหนียวกว่า (Juliano, 1971; Bhattacharya and

Sowbhagya, 1979; Bhattacharya *et al.*, 1982; Hamaker and Griffin, 1990; Perez *et al.*,1993; Villareal *et al.*, 1994) ดังแสดงในตารางที่ 2 อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวสุก ได้แก่ พันธุ์ข้าว คุณภาพของข้าวสาร อายุหลังการเก็บเกี่ยว สภาวะการหุง (อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำ, ระยะเวลา และอุณหภูมิในการหุง) (งามชื่น คงเสรี และ Takeshita, 2536; Metcalf and Lund, 1985; Lee and Peleg, 1988; Watanabe, 1990; Hammaker and Griffin, 1993) และความยาวของเมล็ดข้าว โดยข้าวเมล็ดสั้นจะดูดน้ำและขยายตัวได้สูงกว่าข้าวเมล็ดยาว (Chinnaswamy and Bhattacharya, 1983)

ตารางที่ 2 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอะมิโลส (ร้อยละ)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำมาก	2-9	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ	9-20	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง	20-25	นุ่ม ค่อนข้างเหนียว
ข้าวเจ้าอะมิโลสสูง	25-33	ร่วน แข็ง

ที่มา : Juliano (1985)

5.2.2 ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) จะเป็นตัวแสดงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสในการหุงข้าว ซึ่งได้แบ่งประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก ดังตารางที่ 3 ความคงตัวของแป้งสุกมีผลต่อความนุ่มและแข็งของข้าว นั่นคือ ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน จะนุ่มกว่าข้าวพันธุ์ที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง แม้ว่าจะมีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกันก็ตาม (งามชื่น คงเสรี, 2531ก.)

5.2.3 อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) หมายถึง อุณหภูมิที่เม็ดสตาร์ชเริ่มพองในน้ำร้อนและเปลี่ยนลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้ม ถ้าข้าวมีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะหุงสุกช้ากว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (งามชื่น คงเสรี, 2531ก.) ซึ่งแบ่งประเภทของข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.) (แป้ง 100 มก.ใน KOH 0.2 นอร์มาล 2 มล.)
แข็ง	น้อยกว่า 35
ค่อนข้างแข็ง	36-40
ปานกลาง	41-60
อ่อน	มากกว่า 60

ที่มา : IRRI (1972)

ตารางที่ 4 การแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก

อุณหภูมิแป้งสุก (องศาเซลเซียส)	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก
ต่ำกว่า 70	ต่ำ
70-74	ปานกลาง
สูงกว่า 75	สูง

ที่มา : Juliano (1972)

5.2.4 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation) ในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวจะขยายตัวออกรอบด้านโดยเฉพาะด้านยาว เช่นพันธุ์บาสมาติของอินเดียจะขยายตัวได้สูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิของไทย (Sharp, 1986) การที่เมล็ดขยายตัวได้มากทำให้เนื้อภายในโปร่งไม่อัดแน่น และช่วยให้ข้าวนุ่มขึ้น

5.2.5 โปรตีน ในเมล็ดข้าวมีโปรตีนอยู่น้อย ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ทำให้เวลาในการหุงต้มนานขึ้น เนื่องจากเมล็ดดูดซึมน้ำและขยายตัวได้น้อยลง (Chinnaswamy and Bhattacharya, 1983; Villareal and Juliano, 1987) ข้าวสุกมีความนุ่มและความเหนียวลดลง (Juliano, *et al.*, 1965; Hamaker and Griffin, 1990)

5.2.6 กลิ่นหอม ข้าวที่มีกลิ่นหอมจะได้รับความนิยมไปทั่วโลก เนื่องจากมีสาร 2-แอซิทิล-1-ไพโรลีน (2-Acetyl-1-Pyrroline) เป็นตัวให้กลิ่นหอม ซึ่งจะไม่พบในข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอม และความเข้มข้นของสารนี้จะลดลงเมื่อข้าวนั้นมีอายุการเก็บเพิ่มขึ้น (Juliano, 1971; Sharp, 1986; Lin *et al.*, 1990; Laksanalamai and Ilangantileke, 1993)

5.2.7 ความชื้น ความชื้นในเมล็ดข้าวจะมีผลต่อการที่ข้าวหุงขึ้นหม้อ และความร่วนของข้าว ข้าวที่มีความชื้นต่ำ เช่น ข้าวเก่าจะหุงขึ้นหม้อ และมีความร่วนมากกว่าข้าวที่มีความชื้นสูงหรือข้าวใหม่ (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข, 2534 ; Fellers *et al.*, 1983) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเก็บข้าวไว้อย่างน้อย 3-4 เดือน ก่อนการขาย (Juliano, 1971) นอกจากนี้ยังมีผลต่อความคงตัวของเจลและความหนืดข้น เมื่อทำการเก็บข้าวสารที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส ในเวลาต่างๆกัน (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) ดังตารางที่ 5 ในขณะที่งามชื่น คงเสรี และ Takeshita (2536) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการหุงต้มและรับประทานของข้าวกข 23 โดยทำการเก็บข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสารในกระป๋องโลหะปิดฝาและถุงผ้าดิบ แล้วเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องและห้องเย็นอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส แล้วทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของเมล็ดเมื่อเก็บไว้ 0, 2, 4 และ 6 เดือน พบว่าการเก็บข้าวในห้องเย็นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเด่นชัดกว่าข้าวสารในด้านเนื้อสัมผัสและความเหนียว ภาชนะบรรจุทั้งสองชนิดมีผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทำนองเดียวกัน ยกเว้นข้าวที่เก็บในถุงผ้าดิบมีกลิ่นสาบมากกว่าข้าวในกระป๋องปิดฝาเล็กน้อย ข้าวกล้องมีปริมาณกรดไขมันสูงกว่าข้าวสาร การเก็บข้าวกล้องทำให้กรดไขมันเพิ่มขึ้น แม้การขัดสีจะช่วยลดปริมาณกรดไขมัน แต่ข้าวสุกยังปรากฏกลิ่นเหม็นสาบชัดเจนหากเก็บข้าวในรูปข้าวกล้องในอุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน การเก็บข้าวให้มีคุณภาพข้าวสุกใกล้เคียงข้าวใหม่ควรเก็บในรูปข้าวสารที่ 15 องศาเซลเซียส

5.3 คุณภาพของเมล็ดข้าวทางจุลินทรีย์

เมล็ดข้าวที่เก็บเกี่ยวมามักมีจุลินทรีย์ปะปนมาด้วย โดยจุลินทรีย์จะอยู่ที่เปลือกของเมล็ด มีทั้งชนิดที่มีอยู่เดิมในขณะที่เจริญอยู่ในดินและชนิดที่ติดมากับดิน อากาศ แมลง และอื่นๆ แบคทีเรียที่พบมากมักอยู่ในวงศ์ *Bacillaceae, Pseudomonadaceae, Micrococcaceae* และ *Lactobacillaceae* และพบว่ามีราปะปนมาตั้งแต่น้อยมากจนถึง 10^5 เซลล์ต่อกรัม การทำความสะอาดข้าว การนึ่งข้าว การสีข้าว การขัดข้าวให้ขาว จะลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้มาก (ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต, 2536) นอกจากนี้การหุงข้าวก็สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากเช่นกัน (Chung and Sun, 1986) แต่ข้าวก็อาจได้รับการปนเปื้อน

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวสารเมื่อเก็บที่ 28-30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 6 เดือน

เวลาที่เก็บ (เดือน)	ข้าวสุกวัดความแข็งด้วยเครื่องอินสตรอน (กิโลกรัม)	ความคงตัวของเจล (มิลลิเมตร)	ความหนืดข้นจากเครื่องอะมิโลกราฟ (บี.ยู)		
			ความหนืดสูงสุด	จุดสุดท้ายที่ 94 (ซ)	ทำให้เย็นที่ 50 (ซ)
0	7.4	65	541	359	703
1	7.5	60	592	379	750
2	8.4	54	620	400	793
3	8.8	53	652	440	820
4	8.8	52	649	426	835
5	8.6	50	678	441	851
6	8.4	56	-	-	-

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2532)

ใหม่ เมื่อนำไปผ่านกรรมวิธีอื่นๆ (ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต, 2536)

6. การเสียของข้าว

ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต (2536) กล่าวว่า ข้าวมักจะไม่ค่อยเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ หากมีการเตรียมและการเก็บรักษาไว้อย่างเหมาะสม เนื่องจากความชื้นต่ำเกินกว่าที่จุลินทรีย์จะเจริญได้ แต่ถ้ามีความชื้นสูงขึ้นถึงระดับที่จุลินทรีย์เจริญได้ ก็จะเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ เช่น ราสามารถเจริญเติบโตได้เมื่อเพิ่มความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่การเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส จะสามารถยับยั้งการเจริญของราได้ และคุณภาพของข้าวเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (Reyes and Jindal, 1988) และถ้าความชื้นเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยยีสต์และแบคทีเรียจะสามารถเจริญได้ (ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต, 2536)

7. ปู

ปู ซึ่งรวมถึงปูน้ำเค็ม น้ำกร่อย น้ำจืด และปูชนิดอื่นๆ ปูที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมแปรรูปมีเพียงชนิดเดียว คือ ปูม้า (swimming crab, *Portunus pelagicus*) ส่วนปูในต่างประเทศที่นำมาแปรรูปได้แก่ King crab, horse hair crab และ dungeness crab ปูเหล่านี้เนื้อส่วนใหญ่จะอยู่ที่ก้ามและขา ต่างจากปูของไทย (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531)

นงลักษณ์ สุทธิวนิช(2531) ได้กล่าวว่า ลักษณะที่ดีของปูม้า ตัวผู้ควรมีสีเขียวสดใส (สีฟ้า) หนัก ไม่หลวมโพรก ตัวเมียมีสีแดงเรื่อ ตัวแบน ก้ามเล็กกว่าตัวผู้ ตัวที่ไข่แล้วจะมีไข่ออกมาอยู่ที่ตะปิ้งหน้าท้อง เมื่อใช้นิ้วกดระหว่างอก จะแน่นแข็ง ก้ามจะติดอยู่กับตัวไม่หลุดง่าย มีน้ำพ่นออกมาเป็นฟองอยู่ตลอดเวลาขณะยังมีชีวิต ลักษณะเนื้อปูสดเนื้อเป็นเงาสีใส เนื้อสัมผัสยืดหยุ่น เมื่อทำให้สุกเนื้อจะเกาะรวมตัวกันแน่น

8. องค์ประกอบทางเคมีของปู

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร (2529) ได้รายงานว่า องค์ประกอบของปูประกอบด้วย โปรตีนร้อยละ 17-18 สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนร้อยละ 5-6 ไขมันร้อยละ 0.1-2.1 เกลือแร่ร้อยละ 2.1 น้ำร้อยละ 70-78 และไกลโคเจน ไม่มีรายงาน ในขณะที่ Krzynowek และคณะ (1982) ได้ศึกษาถึงสเตียรอล (sterol) และกรดไขมันในเนื้อปู 3 ชนิด คือ *Geryon quinqurdens*, *Cancer irroratus* และ *Cancer borealis* พบว่าสเตียรอลตัวหลักของปูทั้ง 3 ชนิด คือ คลอเรสเตอรอล

9. คุณภาพทางจุลินทรีย์ของปู

ปูที่มีราคาแพงมักนิยมเก็บรักษาไว้ทั้งมีชีวิตอยู่ เมื่อปูตายจุลินทรีย์จะออกจากทางเดินอาหารเข้าคุกคามเนื้อปู จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ผิวนอกของปูซึ่งได้แก่ *Proteus*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium* ส่วน *Escherichia coli* มักพบในปูที่ไม่ได้เก็บไว้ในห้องเย็นหรือปูที่ปนเปื้อนมาจากการสัมผัสกับมือคนงานแกะปู น้ำแข็งและน้ำเกลือที่ใช้ในการทำปู ซึ่ง *Escherichia coli* นี้จะถูกกำจัดโดยการนำเนื้อปูไปให้ความร้อนประมาณ 62.7 องศาเซลเซียส 30 นาที หรือ 71.1 องศาเซลเซียส 10 นาที (วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2529) การติดเชื้อ *Staphylococcus aureus* ก็เนื่องมาจากการสัมผัสกับมือคนงานเช่นกัน นอกจากนี้ต้องระมัดระวังเกี่ยวกับ สปอร์ของ *Clostridium botulinum* ที่ปนเปื้อนมาจากดิน และในสภาวะแวดล้อมอาจพบ *Vibrio parahaemolyticus* (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531) ในขณะที่

Reily และ Hackney (1985) ได้ศึกษาถึงการรอดชีวิตของ *Vibrio cholerae* ที่ปนเปื้อนมากจากอาหารทะเลในระหว่างการเก็บรักษา โดยการใช้เนื้อของ กุ้ง ปู และหอยนางรมที่ผ่านการทำไร้เชื้อแล้ว มาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้ว เติมเชื้อ *Vibrio cholerae* 01 (สายพันธุ์ Louisiona 5875) ที่กำลังอยู่ในระยะ log phase แล้วเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็ง และเก็บในตู้เย็น พบว่าจำนวนของ *Vibrio cholerae* ลดลงเรื่อยๆเมื่อเวลาผ่านไป แต่เซลล์ที่รอดชีวิตยังคงเจริญได้ที่อุณหภูมิตู้เย็น และการแช่เยือกแข็งนานกว่า 3 สัปดาห์ จำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารทะเล สภาวะการเก็บในตู้เย็น และการแช่เยือกแข็ง Hollingworth และคณะ (1991) ได้ทำการทดสอบคุณภาพทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของปูเทียม โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 22 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปกรดที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile acid), ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base), คาดาเวอรีน, พิวทรีซีน, ฮีสตามีน จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และ proteolytic count เพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับการเน่าเสียของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่ 22 องศาเซลเซียส ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ค่าต่างๆจะสูงกว่าการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียสเพียงเล็กน้อย

10. ไข่

ไข่เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงบริบูรณ์ไปด้วยโปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และวิตามินที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และการดำรงชีวิตของมนุษย์ ประกอบด้วย เปลือกไข่ ไข่ขาว และไข่แดง (ดรุณี ชนะนันทกุล, 2522)

สำหรับคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไข่นั้น ไข่สดควรปราศจากจุลินทรีย์ โดยเฉพาะขณะที่อยู่ในแม่ไก่ แต่ทันทีที่ไข่ออกจากแม่ไก่ เปลือกไข่จะมีการปนเปื้อนอุจจาระของแม่ไก่ เล้าไก่ อาหารไก่ น้ำในเล้าไก่ น้ำที่ใช้ทำความสะอาดไข่ จากการเก็บไข่ ขนส่งและจากภาชนะที่ใช้บรรจุ จำนวนจุลินทรีย์บนเปลือกไข่จะมีตั้งแต่ 10^2 - 10^7 เซลล์ต่อกรัม โดยมากจะมีประมาณ 10^5 เซลล์ต่อกรัม ชนิดของจุลินทรีย์จะแตกต่างกันไป ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพวกแกรมบวก ส่วนไข่ที่เสียแล้วจุลินทรีย์จะเป็นพวกแกรมลบ ในไข่สดอาจพบ *Salmonella* ชนิดต่างๆ นอกจากนี้ยังพบ *Salmonella* ในไข่เยือกแข็งและไข่ผงที่เชื่อว่ามาจากการปนเปื้อนในระหว่างการผลิต (ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต, 2536)

11. การบรรจุภัณฑ์

การบรรจุภัณฑ์ หมายถึง ระบบการเตรียมสินค้าเพื่อการขนส่ง จัดจำหน่าย เก็บรักษา และการตลาด โดยมีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมให้สอดคล้องกับความต้องการของสินค้านั้นๆ และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว สินค้าต้องบรรจุภัณฑ์ตั้งแต่หนึ่งหรือหลายชนิด ซึ่งอมรรัตน์ สวัสดิทัต (2535ก.) ได้กล่าวถึงบทบาทของบรรจุภัณฑ์ไว้ดังนี้

1) เพื่อรองรับสินค้า สินค้าจะต้องมีบรรจุภัณฑ์รองรับ เพื่อให้การขนส่งเป็นไปได้อย่างสะดวก และคุ้มครองสินค้าได้

2) เพื่อช่วยถนอมและรักษาคุณภาพอาหาร Bhowmik และ Sebris (1988) ได้ทดลองห่อลูกพีชสดด้วยฟิล์มโพลิโอลิฟิน เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 วัน โดยเปรียบเทียบกับลูกพีชสดที่ไม่ได้ห่อ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปคุณภาพจะเปลี่ยนไปในทางที่ด้อยลงได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส แต่ลูกพีชที่ห่อจะมีคุณภาพดีกว่าไม่ห่อ และเก็บรักษาที่ 1 องศาเซลเซียส จะมีคุณภาพดีกว่าการเก็บที่ 10 องศาเซลเซียส

3) เพื่อป้องกันทางกายภาพที่อาจเกิดขึ้นได้ระหว่างการขนส่ง

4) เพื่อให้ความปลอดภัยแก่ผู้บริโภคที่จะใช้สินค้านั้นๆ

5) เพื่อสื่อข้อความ บรรจุภัณฑ์จะช่วยดึงดูดใจผู้ซื้อ แสดงถึงตราหรือเครื่องหมายของสินค้า และให้ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า เพื่อช่วยให้ผู้ซื้อตัดสินใจในการเลือกซื้อ

6) เพื่อความสะดวกแก่ผู้บริโภค

12. บรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปแช่เยือกแข็ง

อมรรัตน์ สวัสดิทัต (2535ข.) ได้กล่าวว่า อาหารสำเร็จรูปแช่เยือกแข็ง ควรจะเก็บได้นาน ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต้องสามารถรักษาคุณภาพของอาหารไว้ได้ ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติดังนี้

1) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ

2) อัตราการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ

3) สามารถป้องกันการสูญเสียกลิ่นและรสชาติ

4) ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำ

5) สามารถพิมพ์ได้สวยงาม

6) เรียงซ้อนได้

7) ทนทานต่อส่วนที่แหลมหรือแข็งซึ่งมักเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง

8) ต้องสะดวกในการบริโภค เช่น สามารถใช้กับเตาอบแบบธรรมดา และเตาอบแบบไมโครเวฟได้

13. ชนิดของบรรจุภัณฑ์

อมรรัตน์ สวัสดิทัต (2535ข) ได้สรุปชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในอาหารแช่เยือกแข็ง ประกอบด้วย ถาดอลูมิเนียมฟอยล์, ถาด paperboard/fiberboard, ถาดพลาสติกทนความร้อน และถุงพลาสติก ซึ่งบรรจุภัณฑ์เหล่านี้มีความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำมาก และสูงมากได้เป็นอย่างดี เช่น พลาสติกชนิดโพลิแอไมด์ และโพลิเอทิลีนสามารถใช้งานได้ดีในช่วงอุณหภูมิ -40 ถึง 160 และ -40 ถึง 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (มยุรี ภาคลำเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2533)

14. กรรมวิธีการแปรรูป

14.1 ข้าว

Julaino (1985) ได้กล่าวถึงกรรมวิธีการทำให้ข้าวสุกได้หลายวิธี ได้แก่ การทำให้สุกโดยใช้ตู้อบ (Oven cooking method), การทำให้สุกโดยใช้น้ำเพียงเล็กน้อย (Cooking in a small amout of water method), การทำให้สุกโดยใช้น้ำปริมาณมาก (Cooking in a large amout of water method), การใช้ไอน้ำ หรือการนึ่ง (Steam method), การใช้ไอน้ำร่วมกับการเติมน้ำในข้าวสาร (Steaming with small amount of water added method), การทำให้สุกโดยการเติมน้ำมัน (Steaming with oil added), การทำให้สุกในน้ำโดยการเติมน้ำมัน (Cooking in water with oil added) และการทำให้สุกโดยใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้า (Electric rice cooker method)

วิธีที่นิยมใช้มากที่สุด คือ การใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้า เพราะสามารถเตรียมได้ง่าย ก่อนการหุงข้าวถ้าข้าวสกปรก ควรเลือกเศษผงออกก่อน แล้วซาวข้าวเร็วๆให้ฝุ่นละอองออก หากแน่ใจว่าข้าวสะอาดแล้วอาจไม่ต้องซาวข้าวเลยก็ได้ แล้วหุงข้าว ซึ่งเป็นการยากที่จะกำหนดวิธีการหุงข้าวให้แน่นอนตายตัว ปริมาณน้ำที่เติมลงไปในข้าวจะมากน้อยเพียงไรขึ้นอยู่กับวิธีการหุงข้าว ปริมาณอะมิโลส (Julaino, 1971) ความเก่าใหม่ของข้าว และลักษณะข้าวสุกที่ต้องการ อัตราส่วนของน้ำต่อข้าวส่วนใหญ่จะไม่เกิน 2.25 ต่อ 1 อัตราส่วนของ

น้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวจะขึ้นกับปริมาณอะมิโลส โดยข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ เช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใช้อัตราส่วน น้ำ ต่อ ข้าว ที่เหมาะสมคือ 1.6-1.8 ต่อ 1 และข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสปานกลางค่อนข้างสูงเช่นข้าว กข 7 ใช้อัตราส่วนน้ำ ต่อ ข้าว ที่เหมาะสม คือ 1.9-2.0 ต่อ 1 (งามชื่น คงเสรี, 2531ข.) และใช้เวลาในการหุงประมาณ 20-30 นาที ลักษณะข้าวสุกที่ได้ควรจะนุ่มเป็นเมล็ด และไม่เกาะติดกันเป็นก้อน Mitsuda และคณะ (1983) ได้ทำการศึกษาการแช่เยือกแข็งข้าวสุก โดยวิธี Capsule Pack Freezing ซึ่งเป็นวิธีใหม่ เปรียบเทียบกับการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำมาก (-20 และ -50 องศาเซลเซียส), แช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ 0 องศาเซลเซียส พบว่าวิธีใหม่นี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจมาก เมื่อทำการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก ที่ละลายที่อุณหภูมิห้องด้วย Texture meter, glucoamylase digestion และ x-ray diffraction Smith และคณะ (1985) ได้ศึกษาถึงการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็ว (Quick-Cooking Rice) โดยแช่ข้าวสารเมล็ดยาวลงในสารละลายโซเดียมซิเตรทและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 1 ในอัตราส่วน 50 ต่อ 50 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปทำให้สุกโดยใช้หม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วทำแห้งแบบเยือกแข็ง ตามด้วย การทำแห้งด้วยลมร้อน ให้มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 12 เมื่อต้องการบริโภคจะเตรียมโดยต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 5 นาที และทำการทดสอบ พบว่า ได้รับการยอมรับสูง เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่ามีไทอะมีน 2.0 ไมโครกรัมต่อกรัม, ไนอะซีน 274 ไมโครกรัมต่อกรัม และเหล็ก 25.1 ไมโครกรัมต่อกรัม Lee และ Peleg (1988) ได้ศึกษาแรงดึงระหว่างเมล็ดข้าวสุก (Attractive Force) ของข้าวพันธุ์ที่มีลักษณะเหนียว การเกาะตัวดี และร่วน โดยใช้ surface tensionmeter พบว่า เมล็ดข้าวที่เกาะตัวดีจะมีแรงดึงอยู่ในช่วง 800-1700 dynes ส่วนเมล็ดข้าวที่ร่วนจะมีค่าอยู่ในช่วง 200-1000 dynes อัตราส่วนของน้ำต่อข้าวก็มีผลต่อแรงดึงระหว่างเมล็ดข้าวสุกเช่นกัน โดยที่เมื่อเพิ่มสัดส่วนของน้ำจะทำให้แรงดึงระหว่างเมล็ดข้าวสุกเพิ่มขึ้น

14.2 เนื้อปู

ปูเมื่อตายแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงที่นำไปสู่การเสื่อมเสีย วิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาปู คือ การแช่เยือกแข็ง ซึ่งในขั้นแรกนำปูที่ยังมีชีวิตมาล้างแล้วผ่าแยกส่วนและให้ความร้อนเพื่อแกะเนื้อแยกออกจากเปลือกได้ง่าย จากนั้นนำเนื้อที่ได้มาล้างและนึ่งแล้วคัดสิ่งแปลกปลอมและชิ้นส่วนที่ไม่ดีออก แล้วทำการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -38 ถึง -40 องศาเซลเซียส หรืออาจแช่เยือกแข็งทั้งเปลือก โดยจุ่มลงในน้ำเกลือเย็นอุณหภูมิ -18 ถึง

-20 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการบรรจุลงในกล่องกระดาษเคลือบไขมันหรือกระป๋อง หลังจากการเก็บรักษา พบว่า สามารถเก็บได้ในช่วงเวลา 2 เดือน ถึง 1 ปี ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ปูที่สามารถแช่เยือกแข็งได้ดีคือ King crab และ Dungeness crab ส่วน Blue crab ไม่นิยมแช่เยือกแข็ง (วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2529) ในขณะที่ Goleman และคณะ (1986) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของปู (*Callinectes sapidus*) แช่เยือกแข็งโดยวิธีการแช่เยือกแข็งด้วยอากาศเย็น (air blast) และการจุ่มในน้ำเกลือเข้มข้น ร้อยละ 23 พบว่าวิธีแช่เยือกแข็งแบบจุ่มในน้ำเกลือจะสามารถรักษาโครงสร้างของเนื้อปูได้ดีกว่าวิธีแช่เยือกแข็งด้วยอากาศเย็น

ในปี ค.ศ. 1975 Lee และ Pfeifer ได้ทำการแยกเชื้อจุลินทรีย์จาก Dungeness crab (*cancer magister*) ในรูปของปูสด, ปูสุก, ปูแปรรูป และเศษเนื้อปู จะพบพวก *Moraxella , Pseudomonas, Acinetobacter , Arthrobacter, Micrococcus, Flavobacterium-Cytophagea* ส่วน *Bacillus sp. , Proteus, Staphylococcus,* ยีสต์, *Vibrio* และ *Lactobacillus* จะพบน้อย จุลินทรีย์ที่พบในวัตถุดิบและเจริญในระหว่างการเก็บรักษาในห้องเย็นคือ *Moraxella, Pseudomonas, Acinetobater* และ *Flavobacterium-Cytophaga* ส่วน *Arthrobacter, Bacillus, Micrococcus, Staphylococcus* และ *Proteus sp.* จะปนเปื้อนมาจากกระบวนการแปรรูป ต่อมา Lopez และคณะ (1981) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบปริมาณของแร่ธาตุที่จำเป็นในเนื้อปูสด, ปูต้มในน้ำเดือด, ปูนึ่งไอน้ำ และเนื้อปูพลาสเจอไรซ์ และศึกษาผลของการต้ม, การนึ่งไอน้ำ และการพลาสเจอร์ไรซ์ต่อการรักษาแร่ธาตุนั้นไว้ โดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometry พบว่า เนื้อปูสด, ต้ม, นึ่งไอน้ำ และพลาสเจอไรซ์ เป็นแหล่งของ Cu, P, Na และ Zn ที่ดีมากและเป็นแหล่งของ Ca, Fe, Mg และ K ที่ดี Rayner และคณะ (1981) ได้ทำการวิเคราะห์สารระเหยของผลิตภัณฑ์อาหารทะเล ซึ่งได้แก่ ปลา ปู และหอยนางรม โดยวิธี direct gas chromatography และ mass spectrometry ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะสามารถบอกถึงคุณภาพความสด, การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งวิธีนี้สามารถวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ในขณะที่ Matiella และ Hsich (1990) ได้วิเคราะห์สารระเหยในเนื้อปู (*Callinectes sapidus*) โดยการต้มและพลาสเจอไรซ์เนื้อปูแล้ววิเคราะห์หาสารระเหย โดยใช้ dynamic headspace sampling, capillary column gas chromatography และ mass spectrometry พบสาร 53 ชนิด ซึ่งรวมถึง อัลดีไฮด์, คีโตน, แอลกอฮอล์, ฟูราน, สารประกอบซัลเฟอร์, เทอร์พีน และอัลเคน และพบว่าการต้มเนื้อปูจะมีสารระเหยอยู่สูงกว่าการพลาสเจอไรซ์เนื้อปู Himelbloom และ

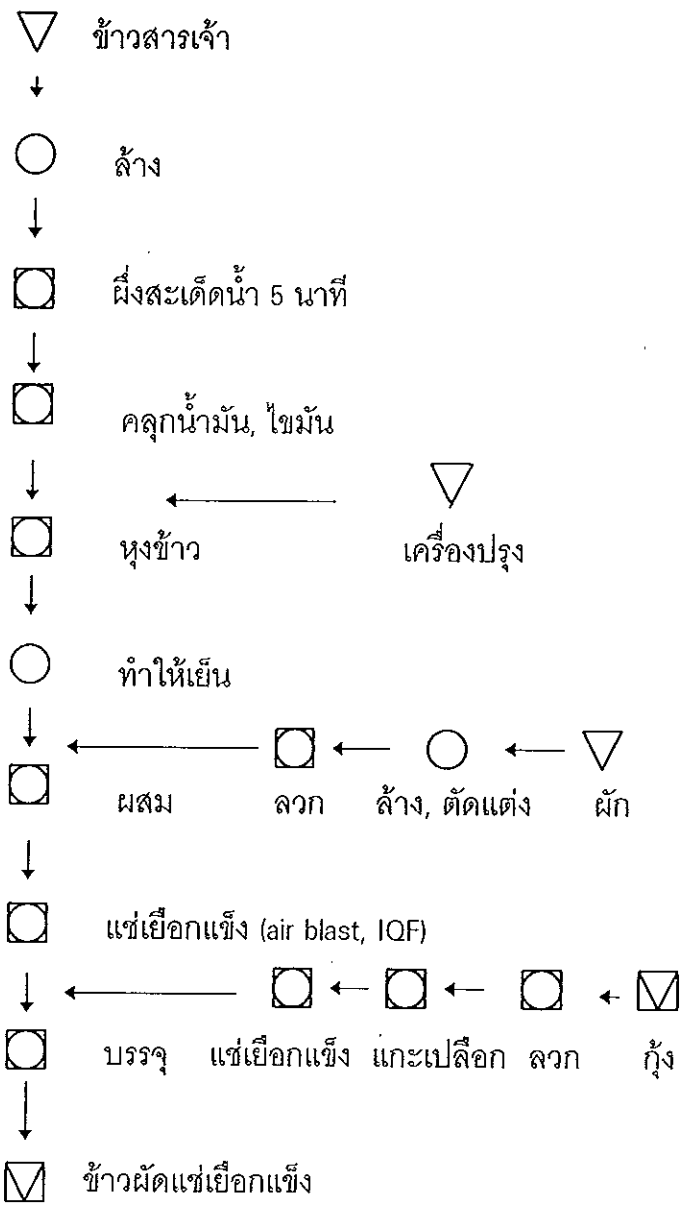
คณะ (1983) ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนสีของปู (*Callinectes sapidus*) ในระหว่างการทำให้สุก โดยใช้ Hunterlab Color Difference Meter ซึ่งสีของเนื้อปูจะเปลี่ยนจากสีเขียวน้ำเงินเป็นสีส้มแดง การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อปูมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเนื้อปู โดยที่การทำให้สุกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะให้สีส้มแดงสูงที่สุด ซึ่งสีจะเปลี่ยนแปลงหลังจากเวลาผ่านไป 30 วินาที และสีส้มแดงจะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำลง ผลของการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนสีของปูไม่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ของการทำให้สุกได้ Dowdie และคณะ (1983) ได้ศึกษาถึงการสูญเสียโปรตีนที่ละลายในน้ำ (Water-soluble protein) ในปู (Blue crabs) โดยใช้ SDS-PAGE ต่อกับ photodensitometer ซึ่งในการทดลองจะใช้น้ำอุณหภูมิ 70-100 องศาเซลเซียส ผลที่ได้คือ มีการลดลงของโปรตีนที่ละลายในน้ำอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น Jaswal (1990) ได้ทำการแยกกรดอะมิโนจากน้ำทิ้งจากกระบวนการแปรรูปปู โดยการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการทำอาหารสัตว์และอาหารอื่นๆ ซึ่งกรดอะมิโนที่ได้พบว่าเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นประมาณร้อยละ 42-44 กรดอะมิโนตัวหลักได้แก่ ลิวซีน, อาร์จินีน, วาลีน, ทริโอนีน ส่วนกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นตัวหลักได้แก่ กรดกลูตามิก, กรดแอสฟาร์ติก และไกลซีน Crapo และ Crawford (1991) ได้ศึกษาถึงผลของการจุ่มเนื้อปู (Dungeness Crab) ลงในสารละลายโพลิฟอสเฟตวิธีทำให้สุกที่จะมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่ได้ และความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในการเก็บรักษาที่สภาวะเยือกแข็ง พบว่าการจุ่มในสารละลายโพลิฟอสเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ช่วงเวลา 60-120 วินาที แล้วทำให้สุกโดยการนึ่งไอน้ำจะให้ผลดีที่สุด

14.3 ข้าวผัดแช่เยือกแข็ง

ในปัจจุบันได้มีการผลิตข้าวผัดแช่เยือกแข็งในระดับอุตสาหกรรมหลายชนิด โดยมีกระบวนการหลักตามลำดับดังนี้ การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดข้าวสารแล้วล้าง และทำให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำมาคลุกกับไขมันหรือน้ำมันแล้วหุงข้าวและเติมเครื่องปรุงต่างๆในช่วงนี้ด้วย เมื่อข้าวสุกรีบนำข้าวออกจากหม้อ ทำการลดอุณหภูมิให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง จากนั้นผสมกับส่วนผสมอื่นๆที่ผ่านการเตรียมที่เหมาะสมมาแล้ว ได้แก่ ผัก แล้วนำไปแช่เยือกแข็งแบบการแช่เยือกแข็งแต่ละหน่วย (individual quick frozen, IQF) หรือแบบใช้อากาศเย็น (air blast) ส่วนเนื้อที่ใช้เติมในข้าวจะแช่เยือกแข็งแยกต่างหาก จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกในลักษณะที่วางชิ้นเนื้อไว้บนข้าวแล้วปิดผนึกด้วยความร้อน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการส่งออกต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 1 (ไพบูลย์ ธรรมรัตนวาสิก และคณะ, 2537) จะเห็นว่าการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวผัดแช่

เยือกแข็งมีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอน Casimir (1970) จึงศึกษาการผลิตที่มีขั้นตอนการทำงานน้อยลง โดยใช้ข้าว Calrose กับเครื่อง Conical Dryer Blancher (CDB) ซึ่งสามารถผลิตข้าวผัดแช่เยือกแข็งหลายขั้นตอนในเครื่องเดียว ซึ่งได้แก่การเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดข้าว การผสมเครื่องปรุงต่างๆ การหุงข้าว การลวกโดยใช้ไอน้ำ และลดอุณหภูมิภายใต้ความดัน จากนั้นนำข้าวที่ได้ไปแช่เยือกแข็งแบบการแช่เยือกแข็งแต่ละหน่วย

ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร



ภาพที่ 1 กรรมวิธีการผลิตข้าวผัดแช่เยือกแข็ง

ที่มา : ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก และคณะ (2537)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าข้าวโดยการแปรรูปเป็นข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง
2. ศึกษาปัจจัยการผลิตข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการยอมรับที่มีต่อข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง
4. เพื่อได้ข้อมูลสำหรับผู้สนใจ

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

1. ข้าวสารเจ้าพันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ (ขาวดอกมะลิ 105, ข้าวเมล็ดยาว), อะมิโลสปานกลาง (กข 7, ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง) และอะมิโลสสูง (กข 13, ข้าวเมล็ดสั้น) เก็บเกี่ยววันที่ 2-7 มกราคม, 24-31 มกราคม และ 15 กุมภาพันธ์ 2538 ตามลำดับ จากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง อ. เมือง จ. พัทลุง
2. ผักต่างๆ ได้แก่ หอมใหญ่ แครอท ถั่วลันเตากระป๋อง จากตลาดกิมหยง อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา
3. เนื้อปูสุกที่ผ่านการแกะแล้ว จากตลาดกิมหยง อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา
4. ไข่ไก่ จากตลาดกิมหยง อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา
5. น้ำมันถั่วเหลืองยี่ห้อกุ๊ก และเนยออร์คิด จากห้างสรรพสินค้าโวคมินิมาร์ท
6. เครื่องปรุงที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ซีอิ้วขาว ตราภูเขาทอง ซอสเปรี้ยว (Worcestershir sauce) ตรา Lea & perrins เกลือ น้ำตาล จากห้างสรรพสินค้าโวคมินิมาร์ท
7. สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอะมิโลส โปรตีน ไขมัน ค่าทีบีเอ
8. อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Salmonella spp., Vibrio parahaemolyticus, Bacillus cereus* และ *Listeria monocytogenes*
9. บรรจุภัณฑ์ ชนิดถุงพลาสติกชนิดฟิล์มประกบ 2 ชั้น ระหว่างโพลิแอไมด์กับโพลิเอทิลีน (PA/PE) หนา 80 ไมครอน และชนิดฟิล์มประกบ 3 ชั้น ระหว่างโพลิแอไมด์ โพลิเอทิลีน กับโพลิเอทิลีน (PA/PE/PE) หนา 100 ไมครอน

อุปกรณ์

1. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส SAMIFI BABCOCK รุ่น PLATE JUNIOR MOD CAJ7-422
2. ห้องเก็บแช่เยือกแข็งด้วยอากาศเย็น อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส
3. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ HITACHI รุ่น U -2000
4. ตู้อบไฟฟ้า MEMMERT รุ่น ULM 50
5. ชุดเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน เถ้า และค่าทีบีเอ
6. หม้อนึ่งความดัน TOMY รุ่น SS-320
7. ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ KSL รุ่น V.220W. 1200PH1 Type1 B - H3
8. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ MEMMERT รุ่น W350
9. หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
10. เตาไมโครเวฟ National รุ่น 700W
11. เครื่องครัวต่างๆ
12. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีการ

1. วิเคราะห์ส่วนประกอบของข้าวสาร

วิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส โดยวิธีของ Juliano (1971) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก โปรตีน ความชื้น และไขมัน โดยวิธีของ AOAC.(1990)

2. ศึกษาผลของอะมิโลสและปริมาณน้ำต่อคุณภาพของข้าวสุก

วางแผนการทดลองแบบสปลิทพลอท ในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (จิราพร ชมพิกุล, 2532) เพื่อคัดเลือกปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวทั้ง 3 พันธุ์

2.1 ใช้ข้าวสารเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กข 7 และพันธุ์กข 13 กับน้ำในอัตราส่วนต่างๆดังนี้

- ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใช้ข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 1.4, 1.7 และ 2.0 ส่วน

- ข้าวกข 7 ใช้ข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 1.6, 1.9 และ 2.2 ส่วน
- ข้าวกข 13 ใช้ข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 1.8, 2.1 และ 2.4 ส่วน

2.2 นำข้าวสารใส่หม้อหุงข้าวไฟฟ้า คัดสิ่งแปลกปลอมออก แล้วเติมน้ำให้ได้ตามปริมาณที่กำหนดในข้อ 2.1 หุงให้สุก และทิ้งให้ระอุ

2.3 ตรวจคุณภาพของเมล็ดข้าวสุกด้วยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านความทึบแสง ความเลื่อมมัน ความหอม ความร่วนซุย ความแข็ง และความชอบรวม โดยวิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) ใช้แผนการทดสอบแบบบลอคไม่สมบูรณ์แบบสมดุลย์ (BIB) (สุรพล อุปดิสสกุล, 2526) โดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึก จำนวน 18 คน (แบบทดสอบชิมแสดงในภาคผนวก ค) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.4 ศึกษาการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก โดยวิธีของ Azeez และShafi (1966) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข

3. การปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดข้าวสุก

วางแผนการทดลองแบบสปลิทผลอท ในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (จิราพร ชมพิกุล, 2532) เพื่อคัดเลือกปริมาณและชนิดของน้ำมันที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัด

3.1 ใช้ข้าวสารเจ้าพันธุ์ต่างๆเช่นเดียวกับข้อ 2.1 กับน้ำมันพืชและเนยปริมาณต่างๆ ดังนี้

3.1.1 น้ำมันพืช ร้อยละ 0, 5, 7.5 และ 10

3.1.2 เนย ร้อยละ 0, 5, 7.5 และ 10

3.2 นำข้าวสารใส่หม้อหุงข้าวไฟฟ้า คัดสิ่งแปลกปลอมออก แล้วคลุกผสมน้ำมันพืชหรือเนยตามปริมาณที่กำหนดในข้อ 3.1 เติมน้ำให้ได้ตามปริมาณที่คัดเลือกได้ในข้อ 2 หุงให้สุก และทิ้งให้ระอุ

3.3 ตรวจคุณภาพของเมล็ดข้าวสุกในด้านความหอมของข้าว กลิ่นน้ำมันพืชหรือเนย ความร่วนซุย ความแข็ง และความชอบรวม เพื่อคัดเลือกตัวอย่างที่ดีที่สุดของการใช้น้ำมันพืชหรือเนย โดยวิธี QDA (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) ใช้แผนการทดสอบแบบ BIB (สุรพล อุปดิสสกุล, 2526) โดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึก จำนวน 13 คน (แบบทดสอบชิมแสดงในภาคผนวก ค) วิเคราะห์ข้อมูลด้วย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นนำตัวอย่างที่ดีที่สุดของการใช้น้ำมันพืชและเนยมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเรียงลำดับความชอบ (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) (แบบทดสอบชิมแสดงในภาคผนวก ค)

4. การพัฒนาสูตรข้าวผัด

4.1 เตรียมส่วนผสม

4.2.1 นำเนื้อปูสุก มาแช่ในสารละลายโพลิฟอสเฟตเข้มข้น ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 1-2 นาที นึ่งให้สุกด้วยไอน้ำ (Carpo and Crawford, 1991) แล้วนำมาตรวจสิ่งแปลกปลอม และจุลินทรีย์ ได้แก่ *Salmonella spp.* โดยวิธีของ A.O.A.C. (1990)

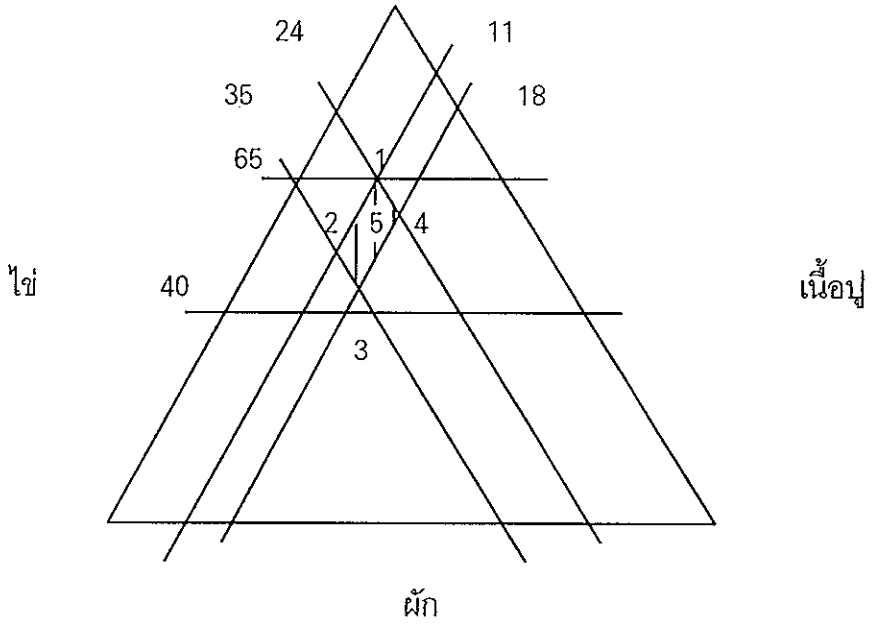
4.2.2 ผัก นำมาล้างทำความสะอาดและตัดแต่ง แล้วลวกในน้ำเดือด โดยลวกถั่วลันเตากระป๋อง 2-3 วินาที แครอท 2 นาที ส่วนหอมใหญ่ไม่ต้องลวก แล้วนำมาตรวจสอบเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส โดยวิธีของ Cruess (1958)

4.2 ทำการพัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสของข้าวผัด โดยเติมส่วนผสมอื่นๆตามสูตรต้นแบบ ซึ่งดัดแปลงจากสูตรของ ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก (2537) จากนั้นทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเรโซโพรไฟล์ (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2531) (แบบทดสอบชิมแสดงในภาคผนวก ค) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึก จำนวน 10 คน แล้วปรับสูตรมาตรฐานให้ใกล้เคียงความต้องการของผู้ทดสอบชิม อาจปรับ 2-3 ครั้งตามความเหมาะสม

สูตรต้นแบบ	ปริมาณ (กรัม)
ข้าวสาร	100
ซีอิ้วขาว	1.67
ซอสเปรี้ยว	1.53
เกลือ	1.40

4.3 ศึกษาอัตราส่วนของ ไข่ เนื้อปู และ ผัก โดยใช้แผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) ซึ่งกำหนดให้ปริมาณของไข่ เนื้อปู และผัก มีปริมาณร้อยละ 29 ของผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 2 ทำให้ได้อัตราส่วนต่างๆออกมา 5 สูตร

ดังตารางที่ 6 นำส่วนผสมทั้ง 5 สูตร ไปผสมกับข้าวผัดได้เป็นข้าวผัดปู จากนั้นนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเรียงลำดับความชอบ (ไพโรจน์ วิริยะจารี, 2535) (แบบทดสอบชิมแสดงในภาคผนวก ค) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึก จำนวน 10 คน อาจมีการปรับแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 2 ตามความเหมาะสม



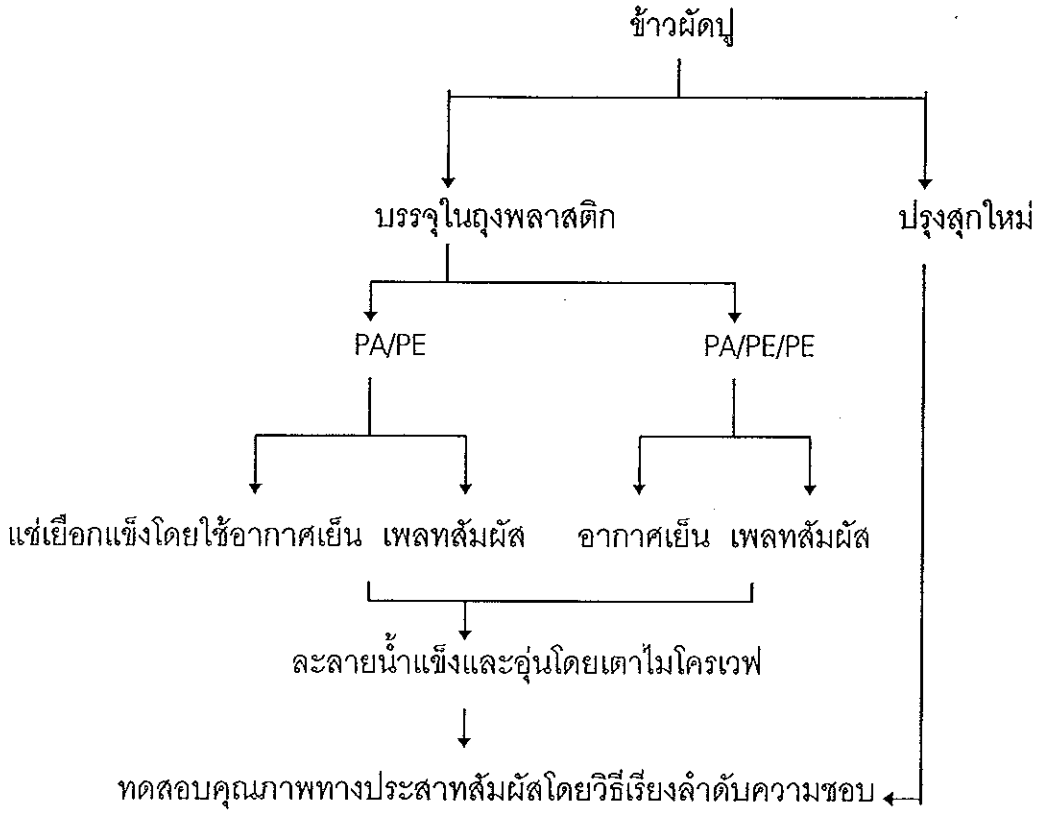
ภาพที่ 2 การวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1

ตารางที่ 6 อัตราส่วนระหว่างปริมาณของ ไข่ เนื้อปู และ ผัก จากการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1

สูตรที่	ปริมาณร้อยละ		
	ไข่	เนื้อปู	ผัก
1	11	24	65
2	11	35	54
3	18	35	47
4	18	24	58
5	15	29	56

5. ศึกษาวิธีการแช่เยือกแข็ง และการยอมรับของข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง

นำข้าวผัดปูสูตรที่ดีที่สุดจากข้อ 4 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE แล้วปิดผนึกด้วยความร้อน นำมาแช่เยือกแข็งโดยวิธีใช้อากาศเย็น และวิธีเพลทสัมผัส วัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงเป็น -20 องศาเซลเซียส จากนั้นนำข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งมาละลายน้ำแข็งโดยใช้เตาไมโครเวฟเป็นเวลา 5 นาที ตามข้อกำหนดของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ (200 กรัม) และอุ่นให้ร้อน 1 นาที โดยใช้ความร้อนระดับปานกลาง แล้วนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับข้าวผัดปูที่ปรุงสุกใหม่ เพื่อคัดเลือกวิธีการแช่เยือกแข็ง โดยวิธีเรียงลำดับความชอบ (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) (แบบทดสอบชิมแสดงในภาคผนวก ค) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึก จำนวน 10 คน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผังการทดลองการแช่เยือกแข็งข้าวผัดปู และการยอมรับ

6. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งที่ยอมรับไปเก็บที่ห้องอุณหภูมิ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยสุ่มตัวอย่างที่ 0, 1 และ 2 เดือน เพื่อตรวจวิเคราะห์

6.1 ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธีของ A.O.A.C. (1990)

6.2 ค่าทีบีเอ โดยวิธีของ Egan และคณะ (1981)

6.3 จุลินทรีย์ทั้งหมด, โคลิฟอร์ม และ *Escherichia coli* , *Staphylococcus aureus* , *Salmonella spp.*, *Vibrio parahaemolyticus* , *Bacillus . cereus* โดยวิธีของ A.O.A.C.(1990) และ *Listeria monocytogenes* โดยวิธีของ F.D.A. (1992)

6.4 ทดสอบการยอมรับ โดยวิธี QDA (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) (แบบทดสอบชิมแสดงในภาคผนวก ค) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึก จำนวน 10 คน

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. ส่วนประกอบของข้าวสารเจ้า

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าปริมาณอะมิโลสของข้าวพันธุ์กข 13 มีค่ามากกว่าพันธุ์กข 7 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวสอดคล้องกับการรายงานของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง (2538) ในขณะเดียวกันปริมาณโปรตีน และไขมันใกล้เคียงกับการรายงานของ อรอนงค์ นัยวิกุล (2532) และการทดลองของ งามชื่น คงเสรี และ Takeshita (2536) ส่วนปริมาณความชื้น มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Yasumasu และ Fujita (1961)

ตารางที่ 7 ค่าส่วนประกอบทางเคมีของข้าวสาร (ทดลอง 3 ซ้ำ)

พันธุ์ข้าว / องค์ประกอบ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	ขาวดอกมะลิ 105	กข 7	กข 13
อะมิโลส	14.98±0.02	20.56±0.62	27.49±0.00
โปรตีน	8.53±0.29	7.35±0.56	6.19±0.13
ความชื้น	12.76±0.00	12.65±0.01	12.74±0.01
ไขมัน	0.35±0.00	0.34±0.00	0.34±0.00

2. ผลของอะมิโลสและปริมาณน้ำต่อคุณภาพของข้าวสุก

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ปรากฏผลดังตารางที่ 8 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ แสดงในภาคผนวก ง (ตารางภาคผนวก 1)

2.1 ความทึบแสง ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำมีความทึบแสงมากกว่าข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสปานกลางและสูงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสปานกลาง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปริมาณอะมิโลสสูง สำหรับการใช้น้ำระดับต่ำในการหุง ข้าวสุกจะมีความทึบแสงมากกว่าการใช้น้ำในระดับปานกลางและสูงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากใช้ปริมาณน้ำมากในการหุง จะทำให้เมล็ดข้าวขยายตัวได้มาก

ตารางที่ 8 คะแนนเฉลี่ยจากผู้ประเมินคุณภาพของข้าวสุกที่มีปริมาณอะมิโลสและปริมาณน้ำต่างกัน

พันธุ์ข้าว (1 ส่วน)	ขาวดอกมะลิ 105 (อะมิโลสต่ำ)			กข 7 (อะมิโลสปานกลาง)			กข 13 (อะมิโลสสูง)		
น้ำ (ส่วน)	1.4	1.7	2.0	1.6	1.9	2.2	1.8	2.1	2.4
ความทึบแสง	5.60	4.71	4.63	4.77	4.03	4.06	5.32	4.75	3.99
ความเลื่อมมัน	4.70	5.62	6.33	5.53	6.48	6.23	5.38	5.59	6.30
ความหอม	5.37	5.55	5.04	5.42	5.18	5.11	5.21	4.86	5.34
ความร่วนซุย	6.61	5.54	4.71	4.96	3.84	3.93	5.65	4.48	4.02
ความแข็ง	4.82	3.74	3.40	4.59	4.28	3.45	5.86	4.79	3.75
ความชอบรวม	6.70	6.20	5.96	5.73	4.99	4.76	4.81	4.84	5.46

หมายเหตุ คะแนนเฉลี่ย (0-10 คะแนน) จากผู้ทดสอบชิม 18 คน

เนื้อภายในโปร่ง ไม่อัดแน่นเมล็ดข้าวจึงดูโปร่งแสงกว่า (งามชื่น คงเสรี, 2531ก.)

2.2 ความเลื่อมมัน ปริมาณอะมิโลสไม่มีผลต่อความเลื่อมมัน แต่เมื่อใช้น้ำระดับต่ำในการหุงข้าว ข้าวสุกจะมีความเลื่อมมันน้อยกว่าการใช้น้ำในระดับปานกลางและสูงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เนื่องจากน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้เมล็ดข้าวมีความชื้นเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีความเลื่อมมันเพิ่มขึ้น

2.3 ความหอมของข้าว ปริมาณอะมิโลสและระดับน้ำที่ใช้ในการหุง ไม่มีผลต่อความหอมของข้าว

2.4 ความร่วนซุย ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำมีความร่วนซุยมากกว่าข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ปริมาณอะมิโลสทั้งสองระดับดัง

กล่าวไม่แตกต่างกับปริมาณอะมิโลสสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำมีอายุหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่าอะมิโลสปานกลางและสูง ตามลำดับ จึงมีความชื้นต่ำกว่าทำให้ข้าวสุกมีลักษณะร่วนกว่า, ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวพันธุ์กข 13 มากกว่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวพันธุ์กข 7 และขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้แรงดึงระหว่างเมล็ด (attractive force) เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความร่วนซุยลดลง ประกอบกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวพันธุ์กข 7 และ กข 13 ตามลำดับ ซึ่งโปรตีนมีผลทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลง ดังนั้น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จึงมีความร่วนซุยสูงกว่าข้าวพันธุ์กข 7 และ กข 13 ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ความร่วนซุยไม่สัมพันธ์กับปริมาณอะมิโลส (Juliano, 1971; Fellers *et al.*,1983; Lee and Peleg, 1988; Watanabe *et al.*, 1990) เมื่อใช้น้ำระดับต่ำในการหุงข้าว ข้าวสุกจะมีความร่วนซุยมากกว่าการใช้น้ำระดับปานกลางและสูง ($P<0.05$) เนื่องจากการเพิ่มปริมาณน้ำในการหุงข้าวทำให้แรงดึงระหว่างเมล็ด (attractive force) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความร่วนซุยลดลง (Lee and Peleg, 1988; Watanabe *et al.*, 1990)

2.5 ความแข็ง ปริมาณอะมิโลสไม่มีผลต่อความแข็งของข้าวสุก เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน (Juliano, 1971) นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากความคงตัวของแป้งสุก ซึ่งข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน จะนุ่มกว่าข้าวพันธุ์ที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง แม้ว่าจะมีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกันก็ตาม (งามชื่น คงเสรี, 2531ก.) และจากการทดสอบทางสถิติ พบว่า เมื่อใช้น้ำระดับต่ำในการหุง ข้าวสุกจะมีความแข็งมากกว่าการใช้น้ำระดับปานกลางและสูง ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Watanabe และคณะ (1990) เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงมาก เมล็ดข้าวจะดูดน้ำและขยายตัวได้มาก ทำให้เนื้อภายในโปร่งไม่อัดแน่น และช่วยให้ข้าวนุ่มขึ้น (งามชื่น คงเสรี, 2531ก.)

2.6 ความชอบรวม ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสต่ำได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าข้าวพันธุ์กข 7 และกข 13 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสปานกลางและสูงตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำจะให้ข้าวเต็มเมล็ดมากกว่าข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงกว่า เนื่องจากข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะแข็งกว่าข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ ในขั้นตอนการสีข้าวจึงมีเมล็ดข้าวหักมากกว่า (Goodman and Rao, 1984) เมื่อหุงเป็นข้าวสุกจึงมีลักษณะที่ด้อยกว่า นอกจากนี้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ยังมีความร่วนซุยกว่า แต่ระดับน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวไม่มีผลต่อความชอบรวม จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสสามารถเลือกระดับของน้ำที่ใช้ในการหุงข้าว

เป็น 1.4, 1.6 และ 1.8 ส่วน สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, กข 7 และ กข 13 1 ส่วน ตามลำดับ

2.7 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงมีอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกสูงกว่าปริมาณอะมิโลสปานกลางและต่ำ ตามลำดับ เนื่องจากข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงสามารถดูดน้ำและขยายตัวได้มากกว่าปริมาณอะมิโลสต่ำ (Goodman and Rao, 1984; Metcalf and lund, 1985; Villareal and Juliano, 1987) และข้าวสารเมล็ดสั้นจะมีอัตราการยืดตัวสูงกว่าข้าวสารเมล็ดยาวเนื่องจากมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า จึงสามารถดูดน้ำและขยายตัวได้มากกว่า ซึ่งการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองของ Chinnaswamy และ Bhattacharya (1983)

ตารางที่ 9 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก

พันธุ์ข้าว	อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก
ขาวดอกมะลิ 105	1.83
กข 7	1.84
กข 13	1.94

3. การปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดข้าวสุก

เมื่อนำข้าวสารเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, กข 7 และ กข 13 มาทำการปรับปรุงโดยใช้น้ำมันพืชและเนย และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ปรากฏผลดังตารางที่ 10 สำหรับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ แสดงในภาคผนวก ง (ตารางภาคผนวก 2 และ 3)

3.1 ความหอมของข้าว เมื่อปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดข้าวสุกด้วยน้ำมันพืช พบว่าพันธุ์ข้าวไม่มีผลต่อความหอมของข้าวสุก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อใช้เนย พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หอมกว่าข้าวพันธุ์กข 7 และกข 13 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณน้ำมันพืชและเนยมีผลต่อความหอมของข้าว ($P<0.05$) กล่าวคือ เมื่อเติมน้ำมันพืชและเนยร้อยละ 0 ข้าวสุกมีความหอมของข้าวมากกว่าการเติมน้ำมันพืชและเนย ร้อยละ 5, 7.5 และ 10 เนื่องจากกลิ่นของน้ำมันพืชและเนยกลบกลิ่นหอมของข้าว

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ยจากผู้ประเมินคุณภาพของข้าวสุกที่มีการใช้น้ำมันพืชและเนย

พันธุ์ข้าว	ขาวดอกมะลิ 105				กข 7				กข 13			
น้ำมันพืช	ร้อยละ				ร้อยละ				ร้อยละ			
หรือเนย	0	5	7.5	10	0	5	7.5	10	0	5	7.5	10
น้ำมันพืช												
ความหอมของข้าว	6.81	4.28	5.02	4.44	6.26	5.24	5.48	4.68	6.50	5.97	5.65	4.36
กลิ่นน้ำมันพืช	2.43	6.49	6.87	6.53	2.26	5.03	6.00	6.33	2.02	5.54	4.36	7.12
ความร่วนซุย	5.53	6.64	7.30	7.69	5.98	5.64	6.64	4.98	4.61	5.12	5.37	5.94
ความแข็ง	5.57	5.51	4.47	5.04	6.38	5.43	5.59	4.96	5.70	4.74	5.93	5.50
ความชอบรวม	5.48	6.48	6.52	6.16	4.98	5.04	4.70	4.68	5.37	5.18	5.10	5.48
เนย												
ความหอมของข้าว	6.48	5.73	4.66	4.37	5.84	3.73	4.43	2.88	6.14	3.84	3.85	3.08
กลิ่นเนย	1.08	5.51	6.31	6.93	1.13	6.98	7.01	7.78	1.60	6.19	6.44	7.55
ความร่วนซุย	4.54	5.66	5.57	6.30	5.61	5.57	5.58	4.21	5.71	5.57	5.58	4.21
ความแข็ง	6.18	4.12	3.29	4.26	5.60	5.20	5.14	4.65	3.92	5.20	5.14	4.65
ความชอบรวม	6.18	7.39	6.05	6.70	4.72	5.05	4.70	4.68	5.37	5.05	5.04	4.24

หมายเหตุ คะแนนเฉลี่ย (0-10 คะแนน) จากผู้ทดสอบชิม 13 คน

3.2 กลิ่นน้ำมันพืชและกลิ่นเนย เมื่อปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดข้าวสุกด้วยน้ำมันพืช พบว่า กลิ่นน้ำมันพืชของข้าวทั้งสามพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่เมื่อใช้เนย พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีกลิ่นเนยน้อยกว่าข้าวพันธุ์ กข 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ข้าวทั้งสองพันธุ์ดังกล่าว ไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวพันธุ์กข 13 เมื่อไม่มีการเติมน้ำมันพืชและเนย พบว่า ข้าวสุกมีกลิ่นน้ำมันพืชและกลิ่นเนยน้อยกว่าข้าวที่เติมน้ำมันพืชและเนยร้อยละ 5, 7.5 และ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และการเติมน้ำมันพืชและเนยร้อยละ 5 มีกลิ่นน้ำมันพืชและเนยน้อยกว่าการเติมน้ำมันพืชและเนยร้อยละ 10 ($P<0.05$) ซึ่งปริมาณน้ำมันพืชและเนยที่ใช้จะมีผลเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกลิ่นน้ำมันพืชและเนยของข้าวสุก

3.3 ความร่วนซุย จากการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดข้าวสุกด้วยน้ำมันพืช พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความร่วนซุยมากกว่าข้าวพันธุ์กข 7 และกข 13 ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่าข้าวพันธุ์กข 7 และกข 13 จึงมีความชื้นต่ำกว่าทำให้ข้าวสุกมีลักษณะร่วนกว่า ประกอบกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวพันธุ์กข 13 มากกว่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวพันธุ์กข 7 และขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้แรงดึงระหว่างเมล็ด (attractive force) เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความร่วนซุยลดลง นอกจากนี้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ยังมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวพันธุ์กข 7 และ กข 13 ซึ่งโปรตีนมีผลทำให้ข้าวสุกมีความร่วนซุยกว่า (Juliano, 1971; Fellers *et al.*,1983; Lee and Peleg, 1988; Watanabe *et al.*, 1990) เมื่อไม่มีการเติมน้ำมันพืช ข้าวสุกมีความร่วนซุยน้อยกว่าข้าวที่มีการเติมน้ำมันพืชร้อยละ 7.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากน้ำมันพืชสามารถลดการเกาะตัวของเมล็ดข้าวได้ (Fellers *et al.*, 1983) แต่ไม่แตกต่างจากการเติมน้ำมันพืชร้อยละ 10 เนื่องจากปริมาณน้ำมันพืชมากเกินไปทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ความร่วนซุยจึงลดลง ในขณะที่เมื่อใช้เนย พบว่า พันธุ์ข้าวและปริมาณของเนยไม่มีผลต่อความร่วนซุยอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

3.4 ความแข็ง พันธุ์ข้าว, ปริมาณน้ำมันพืชและเนยไม่มีผลต่อความแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน (Juliano, 1971) เมื่อใช้น้ำปริมาณน้อยในการหุง ข้าวสุกจะมีความแข็งมากกว่าการใช้น้ำในปริมาณมาก เนื่องจาก การใช้น้ำปริมาณมาก เมล็ดข้าวจะดูดน้ำและขยายตัวได้มาก ทำให้เนื้อภายในโปร่งไม่อัดแน่น และเมล็ดข้าวสุกนุ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ งามชื่น คงเสรี (2531ก.) และการทดลองของ Watanabe และคณะ (1990) นอกจากนี้อาจเนื่องมา

จากความคงตัวของแป้งสุก ซึ่งข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน จะนุ่มกว่าข้าวพันธุ์ที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง แม้ว่าจะมีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกันก็ตาม (งามชื่น คงเสรี, 2531ก.)

3.5 ความชอบรวม เมื่อปรับปรุงคุณภาพเมล็ดข้าวสุกด้วยน้ำมันพืช พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าข้าวพันธุ์กข 7 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ข้าวทั้งสองพันธุ์ดังกล่าวไม่แตกต่างกับข้าวพันธุ์กข 13 สำหรับการใช้เนยในการปรับปรุงคุณภาพของข้าวสุกได้พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าข้าวพันธุ์กข 7 และกข 13 ($P<0.05$) แต่ปริมาณน้ำมันพืชและเนยไม่มีผลต่อความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จากผลการทดสอบจึงสามารถเลือกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีการเติมน้ำมันพืชร้อยละ 5 และเนยร้อยละ 5 ทั้งนี้เพราะว่าน้ำมันพืชหรือเนยสามารถลดความกระด้างของเมล็ดข้าวสุกหลังการแช่เยือกแข็งได้ นำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำมันพืช และเนยร้อยละ 5 ดังกล่าว มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเรียงลำดับความชอบ เพื่อคัดเลือกตัวอย่างที่ดีที่สุดในการผลิตข้าวผัด ปรากฏว่าทั้งสองตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 11) ดังนั้นจึงเลือกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 1 ส่วน ที่คลุกน้ำมันพืชร้อยละ 5 ก่อนการหุงด้วยน้ำ 1.4 ส่วน ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง เนื่องจากน้ำมันพืชมีราคาถูกกว่าเนย

ตารางที่ 11 คะแนนรวมจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเรียงลำดับความชอบของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่คลุกน้ำมันพืชและเนยร้อยละ 5

ปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดข้าวสุก	คะแนนรวม
ด้วยน้ำมันพืช	14 ns
ด้วยเนย	16

หมายเหตุ คะแนนรวมจากผู้ทดสอบ 10 คน โดยกำหนดให้ 1 คะแนน หมายถึง ชอบอันดับที่ 1 และ 2 คะแนน หมายถึง ชอบอันดับที่ 2

4. การพัฒนาสูตรข้าวผัด

4.1 การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

4.1.1 เนื้อปูสุกแช่ในสารละลายโพลิฟอสเฟตร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 1-2 นาที แล้วนึ่งให้สุกด้วยไอน้ำ จากการตรวจสิ่งแปลกปลอม และเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella spp.* พบว่าในเนื้อปูสุกนั้นไม่พบสิ่งแปลกปลอมและเชื้อ *Salmonella spp.*

4.1.2 ผัก ได้แก่ ถั่วลันเตากระป๋องลวกในน้ำเดือด 2-3 วินาที แครอท 2 นาที และหอมใหญ่ไม่ต้องลวก แล้วนำมาตรวจสอบเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ผลปรากฏว่า ไม่พบเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในถั่วลันเตา และแครอท เนื่องจาก เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสถูกทำลายด้วยความร้อน (ประสิทธิ์ อะติวีรกุล, 2527) แต่พบในหอมใหญ่ เนื่องจากหอมใหญ่ไม่ได้ผ่านการลวก

4.2 การพัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสของข้าวผัด

เมื่อนำข้าวผัดที่ใช้เครื่องปรุงรสตามสูตรต้นแบบ (ตารางที่ 12) มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเรโชโพรไฟล์ พบว่าค่าอัตราส่วนเฉลี่ย (Ratio mean, S/I) ระหว่างคะแนนตัวอย่าง (S) กับค่าอุดมคติ (I) ของสีมีค่ามากกว่าความต้องการ ส่วนกลิ่นซอส ความเค็ม และความหวาน มีค่าน้อยกว่าความต้องการของผู้ทดสอบ (ตารางที่ 13) และเมื่อนำค่าอัตราส่วนเฉลี่ยมาเขียนแผนภาพใยแมงมุมจะได้ผลดังภาพที่ 4 พบว่า ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่น้อยกว่า 1.0 ซึ่ง ศิริลักษณ์ สินธวาลัย (2531) ได้อธิบายไว้ว่า ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคุณลักษณะใดมีค่าเท่ากับ 1.0 หมายความว่าไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะที่ศึกษานั้น ถ้าค่าอัตราส่วนเฉลี่ยมากกว่า 1.0 หมายความว่า จำเป็นต้องลดระดับความเข้มของคุณลักษณะนั้น และถ้ามีค่าน้อยกว่า 1.0 จำเป็นต้องเพิ่มความเข้มข้นหรือความรุนแรงของคุณลักษณะนั้น เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติของผู้บริโภค ดังนั้นจึงได้ปรับสูตรเครื่องปรุงรสให้ใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ทดสอบ โดยเพิ่มปริมาณของซอสเปรี้ยวเพื่อให้ข้าวผัดมีกลิ่นซอสเพิ่มขึ้นระดับหนึ่ง เนื่องจากปริมาณของซอสเปรี้ยวที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้สีของข้าวผัดเข้มขึ้น ทำให้การยอมรับลดลง และเพิ่มปริมาณเกลือและน้ำตาลเพื่อเพิ่มรสเค็มและรสหวาน ซึ่งจะได้สูตรเครื่องปรุงรสปรับปรุงครั้งที่ 1 ดังตารางที่ 12 เมื่อนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเรโชโพรไฟล์ พบว่าค่าอัตราส่วน

เฉลี่ยของสีมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ กลิ่นซอส ความเค็ม และความหวานมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ทดสอบ ยกเว้นความหวานยังมีค่าน้อยกว่าความต้องการ (ตารางที่ 13) และเมื่อนำค่าอัตราส่วนเฉลี่ยมาเขียนแผนภาพใยแมงมุมจะได้ผลดังภาพที่ 4 ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงสูตรเครื่องปรุงรสครั้งที่ 2 โดยเพิ่มปริมาณน้ำตาลเพื่อให้รสหวานใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ทดสอบยิ่งขึ้น ซึ่งจะได้สูตรเครื่องปรุงรสครั้งที่ 2 ดังตารางที่ 12 เมื่อนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเรโซไพรไฟล์ พบว่า ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของสี กลิ่นซอส ความเค็ม และความหวาน มีค่าใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ทดสอบ (ตารางที่ 13 และภาพที่ 4) ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรปรับปรุงครั้งที่ 2 เพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูต่อไป

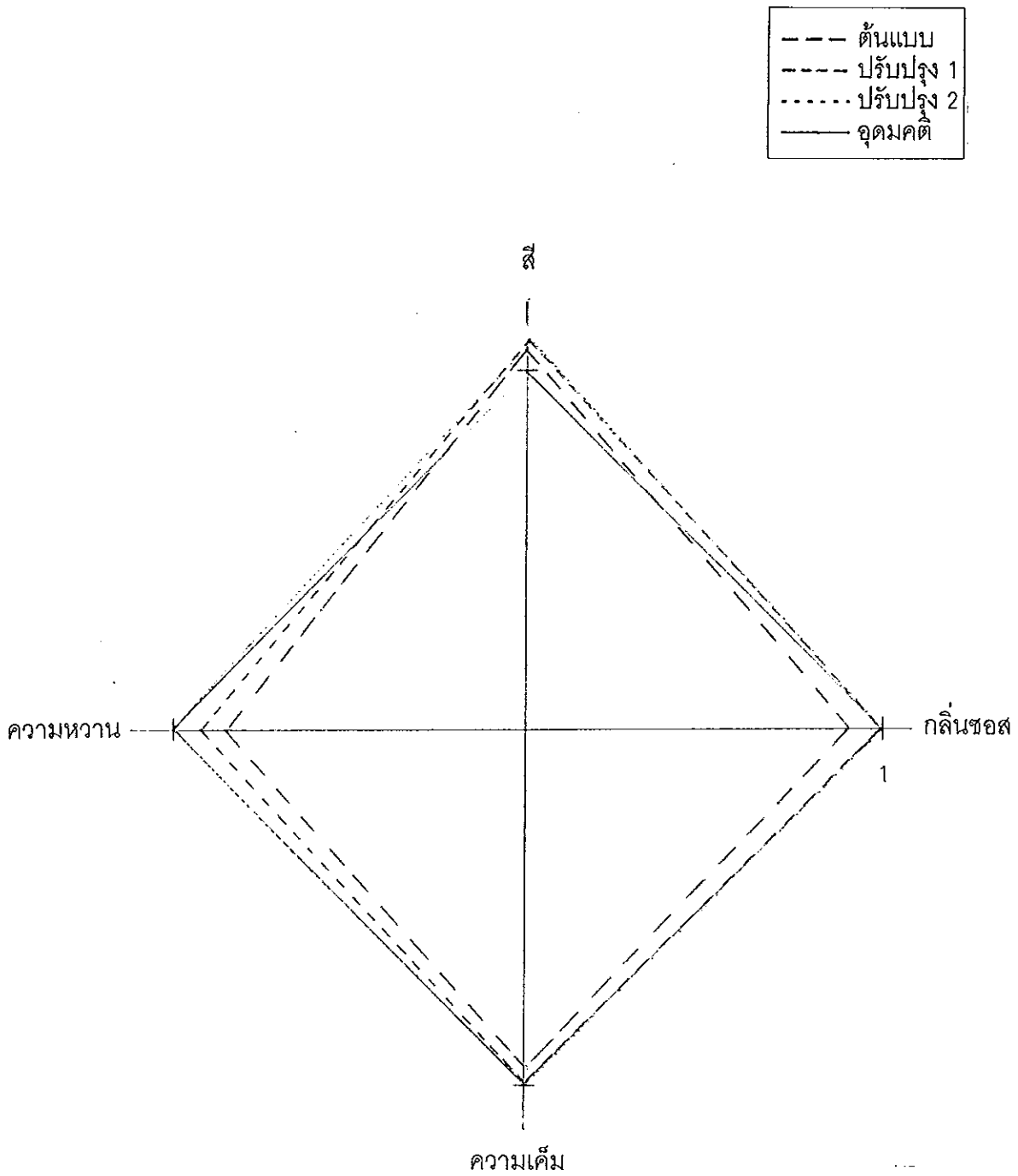
ตารางที่ 12 สูตรเครื่องปรุงรสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปู

เครื่องปรุงรส (กรัม/ข้าวสาร 100 กรัม)	ซีอิ้วขาว	ซอสเปรี้ยว	เกลือ	น้ำตาล
สูตรต้นแบบ	1.67	1.53	1.40	0.00
สูตรปรับปรุง 1	1.67	1.55	1.50	2.91
สูตรปรับปรุง 2	1.67	1.55	1.50	3.88

ตารางที่ 13 ค่าอัตราส่วนเฉลี่ย (S/I) จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวผัดที่ทำการพัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสและผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ

สูตรเครื่องปรุงรส	สี	กลิ่นซอส	ความเค็ม	ความหวาน
มาตรฐานต้นแบบ	1.08±0.02 a	0.92±0.02 a	0.94±0.02 a	0.85±0.08 b
ปรับปรุงครั้งที่ 1	1.10±0.02 a	0.98±0.02 a	1.01±0.16 a	0.92±0.01 a
ปรับปรุงครั้งที่ 2	1.10±0.02 a	0.98±0.02 a	1.01±0.16 a	1.00±0.02 a
อุดมคติ	1.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 4 เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัด (แผนภาพใยแมงมุม)

4.3 ศึกษาอัตราส่วนของ ไข่ เนื้อปู และผัก

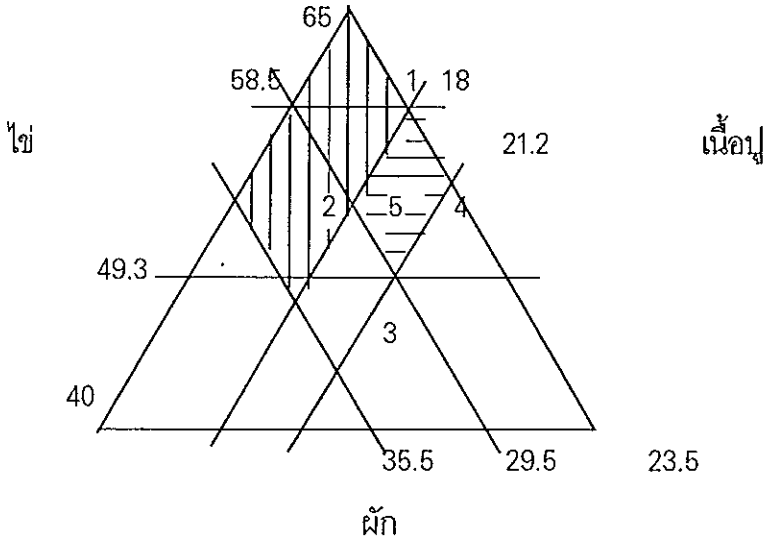
จากการศึกษาอัตราส่วนของไข่ เนื้อปู และผัก โดยวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 1 (ตารางที่ 14) พบว่า หากเพิ่มปริมาณเนื้อปูและไข่ แล้วลดปริมาณของผัก ผลิตภัณฑ์จะได้รับการยอมรับเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแผนการทดลองอีกโดยวิธีมิกซ์เจอร์ โดยเพิ่มปริมาณของไข่ เนื่องจากมีราคาถูกกว่าเนื้อปู และลดปริมาณของผัก ดังภาพที่ 5 และจะได้อัตราส่วนของไข่ เนื้อปู และผัก ออกมา 5 สูตรด้วยกัน ดังแสดงในตารางที่ 15 จากนั้นนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสร่วมกับข้าวผัด โดยวิธีเรียงลำดับความชอบ พบว่า สูตรที่ 4 ซึ่งประกอบด้วย ไข่ร้อยละ 21.2 เนื้อปูร้อยละ 23.5 และผักร้อยละ 55.3 ได้รับการยอมรับมากที่สุด ประกอบกับเป็นสูตรที่ใช้เนื้อปูน้อยที่สุดซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ จึงคัดเลือกสูตรนี้เพื่อใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูต่อไป ซึ่งสามารถสรุปสูตรผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูได้ดังนี้

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
ข้าวผัด	71.0
ไข่	6.2
เนื้อปู	6.8
ผัก (แครอท ถั่วลันเตา หอมใหญ่)	16.0

ตารางที่ 14 คะแนนจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปู โดยวิธีเรียงลำดับความชอบ จากการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 1

สูตร	อัตราส่วน ไข่ : เนื้อปู : ผัก	คะแนนรวม
1	11. : 24 : 65	32
2	11 : 35 : 54	35
3	18 : 35 : 47	12
4	18 : 24 : 58	34
5	15 : 29 : 56	37

หมายเหตุ คะแนนรวมจากผู้ทดสอบ 10 คน โดยกำหนดให้ 1 คะแนน หมายถึงชอบอันดับที่ 1 และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบอันดับที่ 5



การวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1

การวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 2

ภาพที่ 5 การวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 2

ตารางที่ 15 คะแนนรวมจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปู โดยวิธีเรียงลำดับความชอบ จากการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 2

สูตร	อัตราส่วน ไข่ : ปู : ผัก	คะแนนรวม
1	18 : 23.5 : 58.5	35
2	18 : 29.5 : 52.5	28
3	21.2 : 29.5 : 49.3	34
4	21.2 : 23.5 : 55.3	23
5	19.6 : 26.5 : 53.9	32

หมายเหตุ คะแนนรวมจากผู้ทดสอบ 10 คน โดยกำหนดให้ 1 คะแนน หมายถึงชอบอันดับที่ 1 และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบอันดับที่ 5

5. สภาวะการแช่เยือกแข็ง และการยอมรับของข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง

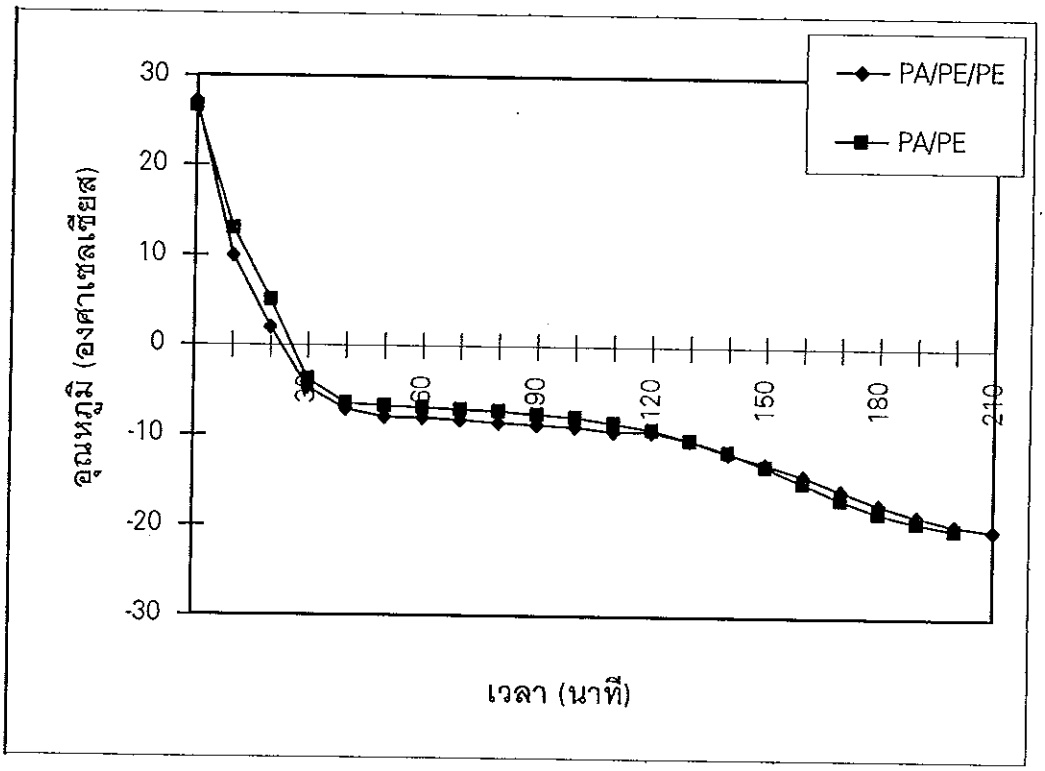
นำผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE มาแช่เยือกแข็งโดยวิธีใช้อากาศเย็นและเพลทสัมผัส พบว่า ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งแตกต่างกัน กล่าวคือ ข้าวผัดที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE แช่เยือกแข็งโดยใช้วิธีใช้อากาศเย็นใช้เวลาประมาณ 157 นาที ส่วนการแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสใช้เวลาประมาณ 50 นาที และ 60 นาที ตามลำดับ (ภาพที่ 6, 7) จะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งนานกว่าถุงพลาสติกชนิด PA/PE เนื่องจากถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE มีความหนากว่า อัตราการส่งผ่านความเย็นจึงช้ากว่า เมื่อนำผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง (ภาพที่ 8, 9) มาละลายแล้วทำให้ร้อนโดยไมโครเวฟ แล้วเปรียบเทียบกับข้าวผัดปูปรุงสุกใหม่ โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีเรียงลำดับความชอบ พบว่า ทั้งห้าตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 16) แต่ผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสได้รับการยอมรับสูงกว่าการแช่เยือกแข็งโดยวิธีใช้อากาศเย็น เนื่องจากข้าวผัดปูที่แช่เยือกแข็งโดยวิธีใช้อากาศเย็นมีลักษณะแฉะกว่า ประกอบกับมีเมล็ดข้าวหักมากกว่า ทั้งนี้เพราะการแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสมีอัตราการแช่เยือกแข็งที่เร็วกว่า เนื่องจากเป็นการส่งผ่านความร้อนแบบนำความร้อนโดยแผ่นโลหะจะสัมผัสผิวหน้าของอาหารทั้งสองด้าน ทำให้ถ่าย

เทความร้อนได้เร็ว ประกอบกับเครื่องแช่เยือกแข็งชนิดนี้มีอุณหภูมิต่ำถึง -40 องศาเซลเซียส ในขณะที่การแช่เยือกแข็งแบบใช้อากาศเย็นเป็นการส่งผ่านความร้อนแบบพาความร้อน และมีอุณหภูมิเพียง -20 องศาเซลเซียส จากภาพที่ 6 และ 7 จะเห็นได้ว่า เนื่องจากตัวอย่างมีขนาดใหญ่ จึงเกิดซุปเปอร์คูลของน้ำเพียงเล็กน้อยหลังการแช่เยือกแข็งประมาณ 50 นาที (ภาพที่ 6) และ 25 นาที (ภาพที่ 7) จากนั้นจะเกิดการตกผลึกของน้ำ ซึ่งจะให้ความร้อนของการตกผลึกหรือความร้อนแฝงออกมา ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งเป็นจุดเยือกแข็งที่อุณหภูมิประมาณ -8 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 6) และ -10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 7) และจะรักษาอุณหภูมินี้ไว้จนองค์ประกอบต่างๆกลายเป็นน้ำแข็งหมด ซึ่งใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 157 นาที (ภาพที่ 6), 50 นาที และ 60 นาที สำหรับข้าวผัดที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE ตามลำดับ (ภาพที่ 7) เมื่อองค์ประกอบแข็งตัวหมดจะมีการคายพลังงานความร้อนออกมาทำให้อุณหภูมิลดลง (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532) อัตราการแช่เยือกแข็งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ การแช่เยือกแข็งแบบเร็วทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก และมีปริมาณมาก กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอภายในเซลล์ ทำให้ไม่เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อเมื่อทำการหลอมน้ำแข็ง เซลล์สามารถดูดซึมน้ำกลับคืนได้มาก ทำให้น้ำไหลออกจากเซลล์น้อยกว่าการแช่เยือกแข็งแบบช้า (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527) ในขั้นนี้จึงสามารถเลือกวิธีการแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง

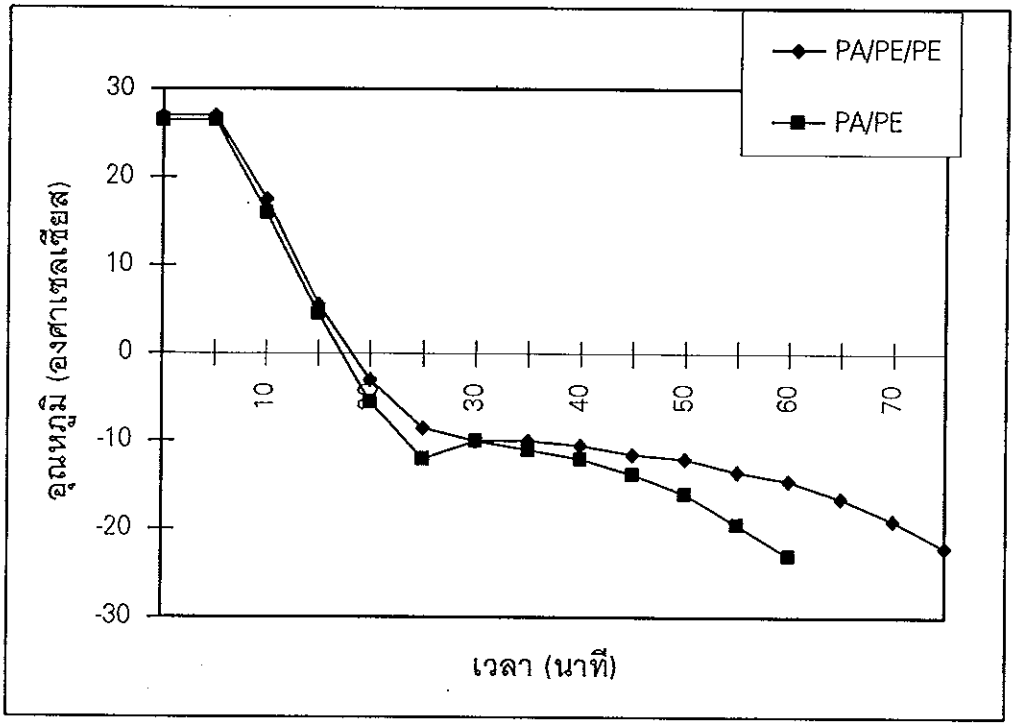
ตารางที่ 16 ระยะเวลาการแช่เยือกแข็ง และคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีเรียงลำดับความชอบของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง และข้าวผัดปูที่ปรุงสุกใหม่

ผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปู	บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาการแช่เยือกแข็ง (นาที)	คะแนนรวม
แช่เยือกแข็งแบบใช้อากาศเย็น	PA/PE	157	29
	PA/PE/PE	157	37
แช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส	PA/PE	50	20
	PA/PE/PE	60	35
ปรุงสุกใหม่	-	-	29

หมายเหตุ คะแนนรวมจากผู้ทดสอบ 10 คน โดยกำหนดให้ 1 คะแนน หมายถึง ชอบอันดับที่ 1และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบอันดับที่ 5

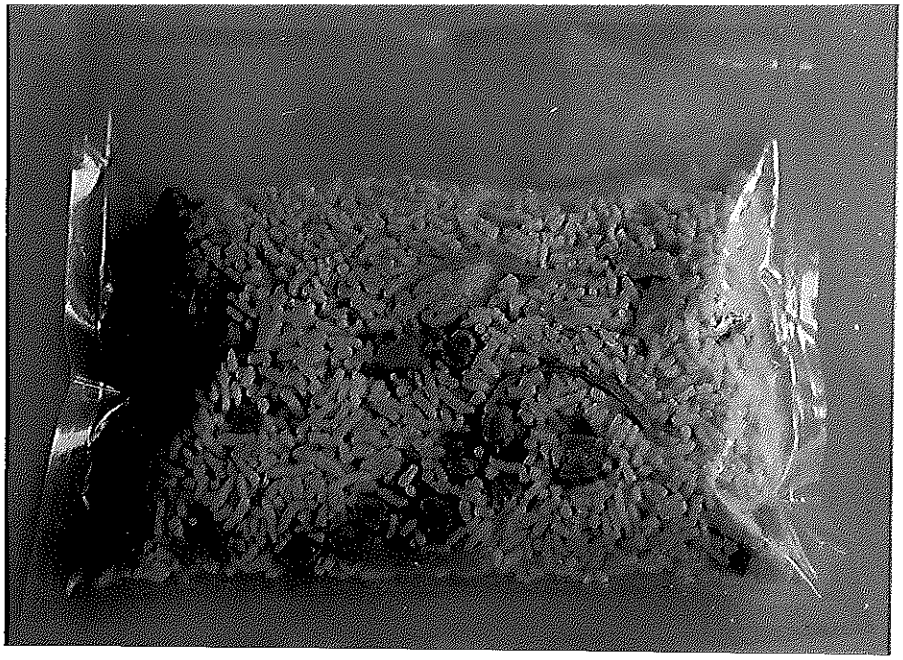


ภาพที่ 6 กราฟแช่เยือกแข็งของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE โดยวิธีใช้อากาศเย็น



ภาพที่ 7 กราฟแซ่เยือกแข็งของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE โดยวิธีเพลทสัมผัส

ภาพที่ 8 ผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแซ่เยือกแข็งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE



ภาพที่ 9 ผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแซ่เยือกแข็งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE

6. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา 2 เดือน

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งที่ได้พัฒนาแล้วมาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE เก็บรักษาที่ห้องอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 เดือน สุ่มตัวอย่างทุกเดือนมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 17 ภาพที่ 10 และ 11 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติแสดงในภาคผนวก ง (ตารางภาคผนวก 4)

จากตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่าชนิดของถุงพลาสติกไม่มีผลต่อความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้า แต่มีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กล่าวคือ ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลา 2 เดือน เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกิดการสูญเสียน้ำ (Mitsuda *et al.*,1983)

สำหรับค่าทีบีเอ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE มีค่าทีบีเอต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เนื่องจากถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE มีความหนามากกว่าถุงพลาสติกชนิด PA/PE จึงสามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน (มยุรี ภาคลำเจียก และ อมรรัตน์ สวัสดิทัติ, 2533) ที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าทีบีเอเพิ่มขึ้นตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บ ($P<0.05$) ดังภาพที่ 10 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ เทวี ทองแดง (2538) และ พายัพ มาศนิยม (2538)

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE มีปริมาณน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE ($P<0.05$) และปริมาณลดลงเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ดังภาพที่ 11 เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (Borgstrom, 1970) สำหรับชนิดของแบคทีเรียที่พบ ได้แก่ โคลิฟอร์ม ทั้งนี้อาจเนื่องจากการปนเปื้อนของวัตถุดิบ ซึ่งได้แก่ หอมใหญ่ เพราะไม่ได้ผ่านการลวก หรือจากกระบวนการผลิต (ลัดดาวัลย์ รัศมิทัติ, 2536) ซึ่งพบในช่วงการเก็บรักษาที่ 0 และ 1 เดือน กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE พบ 1100 และลดลงเป็น 500 MPN ต่อ กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE พบ 500 และลดลงเป็น 200 MPN ต่อ กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ สาเหตุที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE พบโคลิฟอร์มมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด

ตารางที่ 17 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแซ่เยือกแข็งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE ระยะเวลา 2 เดือน

คุณลักษณะ	บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (2 เดือน)		
		0	1	2
ทางเคมี *				
(ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)				
ความชื้น	PA/PE	63.27±0.27 a	63.09±0.17 a	59.93±0.58 b
	PA/PE/PE	63.70±0.15 a	63.68±0.02 a	60.22±0.22 b
โปรตีน	PA/PE	4.48±0.09 ns	4.48±0.08	4.20±0.00
	PA/PE/PE	4.27±0.00	4.51±0.15	4.34±0.02
ไขมัน	PA/PE	0.80±0.04 ns	0.77±0.02	0.72±0.05
	PA/PE/PE	0.87±0.01	0.81±0.02	0.74±0.03
เถ้า	PA/PE	1.19±0.00 ns	1.11±0.00	1.04±0.00
	PA/PE/PE	1.05±0.00	1.17±0.00	1.04±0.00
ทางจุลินทรีย์ **				
จุลินทรีย์ทั้งหมด	PA/PE	1.86×10^4 a	1.20×10^4 b	5.95×10^2 c
(โคโลนี/กรัม)	PA/PE/PE	1.32×10^4 a^X	8.10×10^3 b^Y	8.25×10^2 c^Z
โคลิฟอร์ม	PA/PE	1100	500	-
(MPN/กรัม)	PA/PE/PE	500	200	-

ตารางที่ 17 (ต่อ)

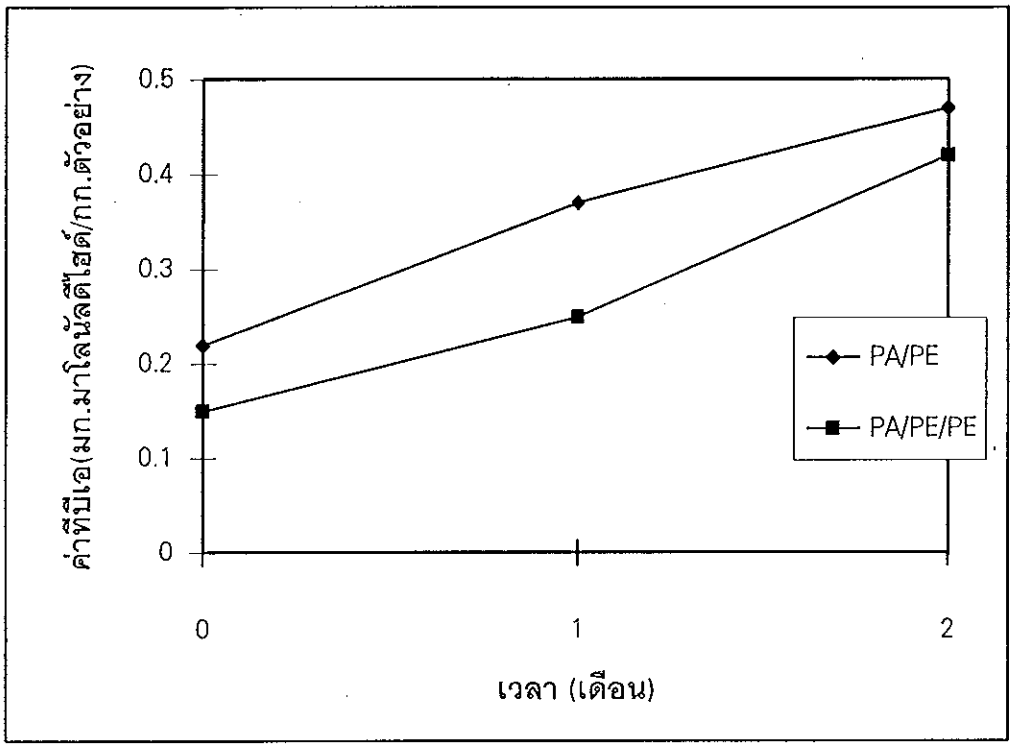
คุณลักษณะ	บรรจุภัณฑ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (2 เดือน)		
		0	1	2
ทางประสาทสัมผัส ***				
สี	PA/PE	4.14±0.71 a	3.43±0.21 b	3.02±0.28 b
	PA/PE/PE	4.14±0.72 a	3.58±0.87 b	3.22±0.36 b
กลิ่นซอส	PA/PE	3.11±0.62 a	1.81±0.21 b	1.96±0.34 b
	PA/PE/PE	2.53±0.83 a	1.89±0.27 b	1.97±0.50 b
กลิ่นหืน	PA/PE	0.44±0.06 a	0.87±0.23 b	0.94±0.55 b
	PA/PE/PE	0.42±0.07 a	0.63±0.31 b	0.82±0.16 b
ความร่วนซุย	PA/PE	6.04±0.47 a	5.20±0.60 a	4.79±0.89 b
	PA/PE/PE	6.17±0.70 a	5.85±0.84 a	4.84±0.83 b
ความนุ่ม	PA/PE	6.86±0.38 a	6.45±0.57 b	6.03±0.61 b
	PA/PE/PE	6.98±0.45 a	5.83±0.72 b	5.81±0.45 b
ความชอบรวม	PA/PE	7.22±0.62 a	6.58±0.71 b	6.20±0.73 c
	PA/PE/PE	7.20±0.43 a	6.34±0.32 b	5.99±0.73 c

หมายเหตุ * ทดลอง 3 ซ้ำ

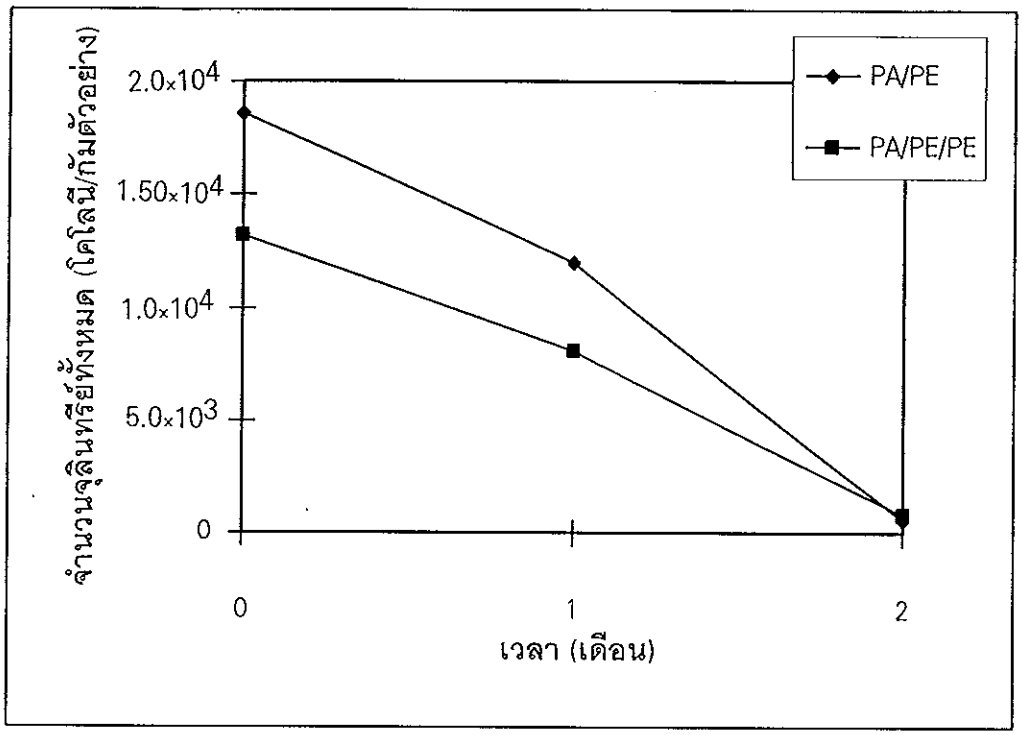
** ทดลอง 2 ซ้ำ

*** คะแนนเฉลี่ย (0-10 คะแนน) จากผู้ทดสอบชิม 10 คน

อักษรที่เหมือนกันในแนวนอนและแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 เดือน



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 เดือน

PA/PE/PE ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งนานกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE อาจทำให้เซลล์ของโคลิฟอร์มถูกทำลายมากกว่า ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Borgstrom (1970) แต่ไม่พบ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Vibrio paraheamolyticus, Salmonella spp., Bacillus cereus* และ *Listeria monocytogenes* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งโดยวิธี QDA ปรากฏว่า ชนิดของถุงพลาสติกไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ว่าจะเป็นคุณภาพด้านสี กลิ่นซอส กลิ่นหืน ความร่วนซุย ความนุ่ม และความชอบรวม ($P>0.05$) แต่ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยพบว่า คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ พายัพ มาศนิยม (2538) กลิ่นซอสก็มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ($P<0.05$) แม้ว่าฟิล์มชนิดโพลิแอไมด์ (PA) จะมีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีมากก็ตาม (มยุรี ภาคลำเจียก และ อมรรัตน์ สวัสดิทัติ, 2533) ส่วนกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P<0.05$) เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอย่างต่อเนื่อง (พายัพ มาศนิยม, 2538) ซึ่งสอดคล้องกับค่าทีบีเอดังกล่าวข้างต้น ความร่วนซุย และความนุ่มมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P<0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกิดการสูญเสียน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mitsuda และคณะ (1983) สำหรับความชอบรวมมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน ($P<0.05$) เนื่องจากการลดลงของสี กลิ่นซอส ความร่วนซุย ความนุ่ม ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของกลิ่นหืน แต่ผลิตภัณฑ์ยังได้รับการยอมรับอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

บทที่ 4

สรุป

ข้าวสารเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กข 7 และพันธุ์กข 13 ประกอบด้วยปริมาณอะมิโลส โปรตีน ความชื้น และไขมันร้อยละ 14.98, 8.53, 12.76 และ 0.35 ร้อยละ 20.56, 7.35, 12.65 และ 0.34 และร้อยละ 27.49, 6.19, 12.74 และ 0.34 ตามลำดับ การผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง พบว่าข้าวสารเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 1 ส่วน คลุกน้ำมันพืชร้อยละ 5 แล้วหุงด้วยน้ำ 1.4 ส่วน มีความเหมาะสมมากที่สุด ข้าวผัดประกอบด้วยเครื่องปรุง ได้แก่ ซีอิ้วขาว 1.67 กรัม ซอสเปรี้ยว 1.55 กรัม เกลือ 1.50 กรัม และน้ำตาล 3.88 กรัม ต่อข้าวสาร 100 กรัม และเมื่อหุงเป็นข้าวผัดแล้วนำมาผสมกับส่วนผสม ซึ่งสูตรส่วนผสมประกอบด้วยข้าวผัดร้อยละ 71.0 ไข่ร้อยละ 6.2 ปูร้อยละ 6.8 และผักร้อยละ 16.0 เมื่อได้เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE และ PA/PE/PE ปิดผนึกโดยใช้ความร้อน แช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส ซึ่งใช้เวลา 50 นาที และ 60 นาที ตามลำดับ แล้วนำไปเก็บที่ห้องอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 เดือน ปรากฏว่า ปริมาณโปรตีน, ไขมัน และเถ้าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ความชื้นและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 เดือน โดยในระยะ 0 และ 1 เดือน พบโคลิฟอร์มในข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง แต่จะไม่พบ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Vibrio paraheamolyticus, Salmonella spp., Bacillus cereus* และ *Listeria monocytogenes* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ค่าทีบีเอเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นหืนซึ่งเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษาเช่นกัน ส่วนคุณภาพในด้านสี กลิ่นซอส ความร่วนซุย ความนุ่ม และความชอบรวม มีค่าลดลงตลอดระยะเวลา 2 เดือน แต่ผลิตภัณฑ์ยังได้รับการยอมรับในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE มีค่าทีบีเอ และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PA/PE/PE ($P<0.05$) แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อคุณภาพด้านอื่นๆ ดังกล่าวข้างต้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้ข้าวสารเจ้าที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวอย่างน้อย 3-4 เดือน เพื่อข้าวสุกจะได้มีคุณภาพการหุงต้มรับประทานที่ดี

2. ควรมีการทดลองถึงผลของน้ำมันพืชหรือเนยต่อคุณภาพของข้าวผัดหลังการแช่เยือกแข็ง เนื่องจากน้ำมันพืชหรือเนยสามารถช่วยลดความกระด้างของเมล็ดข้าวหลังการแช่เยือกแข็ง

3. ควรศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการละลายน้ำแข็งของข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งโดยวิธีอื่นที่นอกหนือจากการใช้เตาไมโครเวฟ เช่น การใช้เตาอบหรือการนึ่งด้วยไอน้ำ

4. ควรมีการพัฒนากระบวนการผลิตให้เป็นระบบต่อเนื่อง เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และความเป็นไปได้ในทางอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

กรมเศรษฐกิจการพานิชย์. 2538. สถิตเศรษฐกิจ. ว.เศรษฐกิจ ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) 27(8) : 33-42.

กองวิจัยสินค้าและการตลาด. 2537. กุ้งส่งออก : ตลาดยังต้องการ. ว.เศรษฐกิจการพานิชย์ 25 : 245-247.

กองวิจัยสินค้าและการตลาด. 2538. สถานการการค้าโลกและการค้าไทย ปี 2538. ว. เศรษฐกิจการพานิชย์ 26(251) : 1-6.

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2534. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

_____. และ สัญชัย สัตตวัฒนานนท์. 2536. วิธีปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ข้าวมีคุณภาพดี. กสิกร. 66 : 6-8.

งามชื่น คงเสรี. 2531ก. คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง : การปรับปรุงคุณภาพข้าวสำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพ.

_____ . 2531ข. คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง : การปรับปรุงคุณภาพข้าวสำหรับผู้ส่งข้าวออกต่างประเทศ. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

———. และ Takeshita, H. 2536. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวกข 23 เมื่อเก็บเมล็ดข้าวในสภาวะต่างๆ. ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2(1) : 50-58.

จิราพร ชมพิกุล. 2532. สถิติเพื่อการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ดรุณี ธนะนันท์กูล. 2522. เทคโนโลยีการผลิตอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เทวี ทองแดง. 2538. การผลิตปลาสะเต๊ะจากปลามูลค่าต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร-มหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

นงลักษณ์ สุทธิวนิช. 2531. คุณภาพสัตว์น้ำ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประพาส วีระแพทย์. 2531. ความรู้เรื่องข้าว. สาขาคัดพันธุ์ต้านทานศัตรูข้าว กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ประสิทธิ์ อะติวีระกุล. 2527. เทคโนโลยีของผลไม้และผัก. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พายัพ มาศนิยม. 2538. การใช้ประโยชน์เศษเนื้อปลาทูน่าในการผลิตแฮมปลา. วิทยา-นิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

_____., ศรันย์ วรรธนัจฉริยา, ศิริ ภู่พงษ์วัฒนา และ เดชรัตน์ สุขกำเนิด. 2537. ผลิตภัณฑ์อาหารใหม่ที่มีในอนาคต. รายงานการวิจัย. บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มยุรี ภาคลำเจียก และ อมรรัตน์ สวัสดิทัติ. 2533. คู่มือการใช้พลาสติกเพื่อการหีบห่อ ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

รสดา เวษฎาพันธ์. 2536. การวิเคราะห์แบบจำลองของข้าวไทย. ว.เกษตรศาสตร์ (สังคม) 14 : 50-51.

ลัดดาวัลย์ รัศมิทัติ. 2536. จุลินทรีย์วิทยาทางอาหาร. พิมพ์ที่มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2529. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ประมง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. 2538. ติดต่อส่วนตัว.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2531. การใช้ Ratio Profile Test ในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์. ว. อาหาร. 18(1) : 11-22.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2526. สถิติการวางแผ-นการทดลอง. แอ๊สเสทการพิมพ์ กรุงเทพ.

อมรรัตน์ สวัสดิทัติ. 2535ก. บรรจุภัณฑ์...สำคัญไฉน. การสัมมนาเรื่องบรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งเพื่อการส่งออก. ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ณ โรงแรมอิมพีเรียล. วันที่ 24 มิถุนายน. หน้า 2-11 ถึง 2-51.

_____. 2535ข. การบรรจุหีบห่ออาหารแช่เยือกแข็ง. การสัมมนาเรื่องบรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งเพื่อการส่งออก. ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ณ โรงแรมอิมพีเรียล. วันที่ 24 มิถุนายน. หน้า 2-78 ถึง 2-121.

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2530. เรื่องของข้าว. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. เคมีทางธัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Verginia : Arlington.

Azeez, M.A. and Shafi, M. 1966. Quality in rice. Dep. Agr. (W. Pa-kistan). Technol. Bull. 13 : 23-27.

Bhattacharya, K.R. and Sowbhagya, C.M. 1979. Pasting behavior of rice : A new method of viscography. J. Food Sci. 44 : 797-800, 804.

_____ ., Sowbhagya, C.M., and Swamy, Y.M. 1982. Quality profiles of rice : A tentative scheme for classification. J. Food Sci. 47 : 564-569.

Bhowmik, S.R. and Sebris, C.M. 1988. Quality and shelf lift of individualy shink-wrapped peaches. J. Food Sci. 53 : 519-522.

Brogstrom, G. 1970. Freezing in Principles of Food Science. vol. 1, p. 206 Macmillan co., London. อ้างโดย Mitsuda, H., Kawai, F., Yamamoto, A. and Ueno, S. 1983. Capsule-packed freezing of cooked rice and glutinous rice cake. J. Food Sci. 48 : 1139-1144.

Carpo, C.A. and Crawford, D.L. 1991. Influence of polyphosphate soak and cooking procedures on yield and quality of Dungeness crab meat. J. Food Sci. 56 : 657-659.

Casimir, D.J. 1970. Frozen Fried Rice. In Food Preservation Report. No.25 : Fried Rice Preparation in Conical Dryer Blancher. Commonwealth Sci. and Ind. Res. Organ., Australia. อ้างโดย ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, ศรันย์ วรรธนัจฉริยา, ศิริ ภู่พงษ์วัฒนา และ เดชรัตน์ สุขกำเนิด. 2537. ผลิตภัณฑ์อาหารใหม่ที่มีในอนาคต. รายงานการวิจัย. บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

Chinnaswamy, R. and Bhattacharya, K.R. 1983. Studies on expanded rice physiochemical basis of varietal differences. J. Food Sci. 48 : 1600-1603.

Chung, K.T. and Sun, H.L. 1986. Distribution and characteristics of *Bacillus cereus* isolated from rice in Taiwan. J. Food Sci. 51 : 1208-1212.

Coleman, C.K., Ai-Bagdadi, F.R., Biede, S.L. and Hackney, C.R. 1986. Ultrastructure of fresh, airblast and sodium chloride brine frozen uncooked blue crab muscle. J. Food Sci. 50 : 1398-1401, 1406.

Cruess, W.V. 1958. Commercial Fruit and Vegetable Products. 4th ed. McGraw-Hill Book Company. New York. Toronto London.

Dowdie, O.G. and Biede, S.L. 1983. Influence of processing temperature on the distribution of tissue and water-soluble proteins in blue crabs (*Callinectes sapidus)* J. Food Sci. 48 : 804-807, 812.

Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer, R. 1981. Pearson's Chemical Analysis of Foods. London : Churchill livingstone.

Fellers, D.A., Mossman, A.P. and Suzuki, H. 1983. Rice stickiness II. Application of an instron method to make varietal comparisons and to study modification of milled rice by hot-air treatment.. Cereal Chem. 60 : 292-295.

Food and Drug Administration. 1992. Bacteriological Analytical Manual. 7th Edition. The Association of Official Analytical Chemists. International, Arlington. 529 p.

Goodman, D.E. and Rao, R.M.. 1984. Amylose content and puffed volume of gelatinized rice. J. Food Sci. 49 : 1204-1204.

_____ . 1985. Effect of grain type and milled rice kernel hardness on the head rice yields. J. Food Sci. 50 : 840-842.

Hamaker, B.R. and Griffin, V.K. 1990. Changing the viscoelastic properties of cooked rice through protein disruption. Amer. Ass. Cereal Chem. 67 : 261-264.

_____ . 1993. Effect of disulfide bond-containing protein on rice starch gelatinization and pasting. Cereal Chem. 70 : 377-380.

Himelblom, B.H., Rutledge, J.E. and Biede, S.L. 1983. Color changes in blue crabs (*Callinectes sapidus*) during cooking. J. Food Sci. 48 : 652-653.

Hollingworth, J.R. Kaysner, C.A. Colburn, K.G., Sullivan, J.J., Abeyta, J.R., Walker, K.D., Torkelson, J.D., Thorm, H.R. and Wekell, M.M. 1991. Chemical and microbiological analysis of vacuum-packed pasteurized flaked imitation crab meat. J. Food Sci. 56 : 164-167.

International Rice Research Institute. 1972. Annu. Rep. 1971-1972. Los Bonos, Philippines. 738p.

Jaswal, A.S. 1990. Amino acid hydrolysate from crab processing waste. J. Food Sci. 55 : 379-380, 397.

Johnson, K.M., Nelson, C.L. and Basta, F.F. 1984. Influence of heating and cooling rates on *Bacillus cereus* spore survival and growth in broth medium and in rice. J. Food Sci. 49 : 34-39.

Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled- rice amylose. Amer Ass. Cereal Chem. 16 : 334-336, 338, 360.

_____ . 1985. Criteria and Tests for Quality Rice : Chemistry and Technology. American Association Cereal Chemists, Inc., St Paul, Minnesota, USA. 443-512 pp.

——— ., Onate, L.U. and Mundo A.M.D. 1965. Relation of starch, protein content and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. J. Food Technol. 19 : 1006-1010.

Krzynowek, J., Wiggin, K. and Donahue, P. 1982. Cholrsterol and fatty acid content in three species of crab found in Northwest Atlantic. J. Food Sci. 47 : 1025-1206.

Laksanalamai, K. and Ilangantileke, S. 1993. Comparison of aroma compound (2-acetyl-1-pyroline) in leaves from pandan (*Pandanus amaryllifolius*) and Thai fragrant rice (Khao Dawk Mali-105). Amer. Ass. Cereal Chem. 70 : 381-384.

Lee, S.J. and Peleg, M. 1988. Direct measurement of attractive force between individual cooking rice grain of sticky and flaky cultivars. J. Food Sci. 53 : 1113-1115.

Lee, S.J. and Pfeifer, D.K. 1975. Microbiological characteristics of Dungeness crab (*Cancer magister*) . App. Microbio. 3 : 72-78.

Lin, C.F., Hsieh, T.C.Y. and Hoff, B.J. 1990. Identification and quantification of the popcorn-like aroma in Louisiana aromatic Della rice (*Oryza sativa*). J. Food Sci. 55 : 1466-1467, 1469.

Lopez, A., Williams, H.L. and Ward, D.R. 1981. Essential elements in raw, boiled, steamed and pasteurized crabmeat. J. Food sci. 46 : 1128-1131.

Matiella, J.E. and Hsich, C.Y. 1990. Analysis of crab meat volatile compounds. J. Food Sci. 55 : 962-966.

Mitsuda, H., Kawai, F., Yamamoto, A. and Ueno, S. 1983. Capsule-packed freezing of cooked rice and glutinous rice cake. J. Food Sci. 48 : 1139-1144.

Perez, C.M., Villareal, C.P., Juliano, B.O. and Biliaderis, C.G. 1993. Amylopectin-staling of cooked nonwaxy milled rices and starch gels. Amer. Ass. Cereal Chem. 70 : 567-571.

Proctor, A. and Goodman, D.E. 1985. Physiochemical differences between milled whole kernel rice and milled broken rice J. Food Sci. 50 : 922-925.

Rayner, E.T., Dupuy, H.P., Legendre, M.G., Grodner, R.M., Cook, J.A., Novak, A.F. and Toloday, D.J. 1981. Instrumental Analysis of Sea Food Composition. J. Food Sci. 47 : 76-78.

Reily, L.A. and Hackney, C.R. 1985. Survival of *Vibrio cholerae* during cold storage in artificially contaminated seafoods. J. Food sci. 50 : 838-839.

Reyes, J.V.G. and Jindal, V.K. 1988. Effects of heat treatment on the head rice yields of high moisture rough rice. J. Food Sci. 53 : 482-487.

Sharp, R.N. 1986. Quality evaluation of milled aromatic rice from India, Thailand and the United States. J. Food Sci. 51 : 634-636.

Smith, D.A., Rao, R.M., Liuzzo, J.A. and Champagne, E. 1985. Chemical treatment and process modification for producing improved quick cooking rice. J. Food Sci. 50 : 926-931.

Villareal, C.P., De La Cruz, N.M. and Juliano, B.O. 1994. Rice amylose analysis by Near-Infrared Transmittance Spectroscopy. Amer. Ass. Cereal Chem. 71 (3) : 292-296.

Watanabe, M., Yoshizawa, T., Miyakawa, J., Ikesawa, Z., Abe, K., Yanagisawa, T. and Arai, S. 1990. Quality improvement and evaluation of hypoallergenic rice grains. J. Food Sci. 55 : 1105-1107.

Yasumatsu, K. and Fujita, E. 1961. Studies on the cooking quality of rice. J. Food Sci. 39 : 364-371.

ภาคผนวก

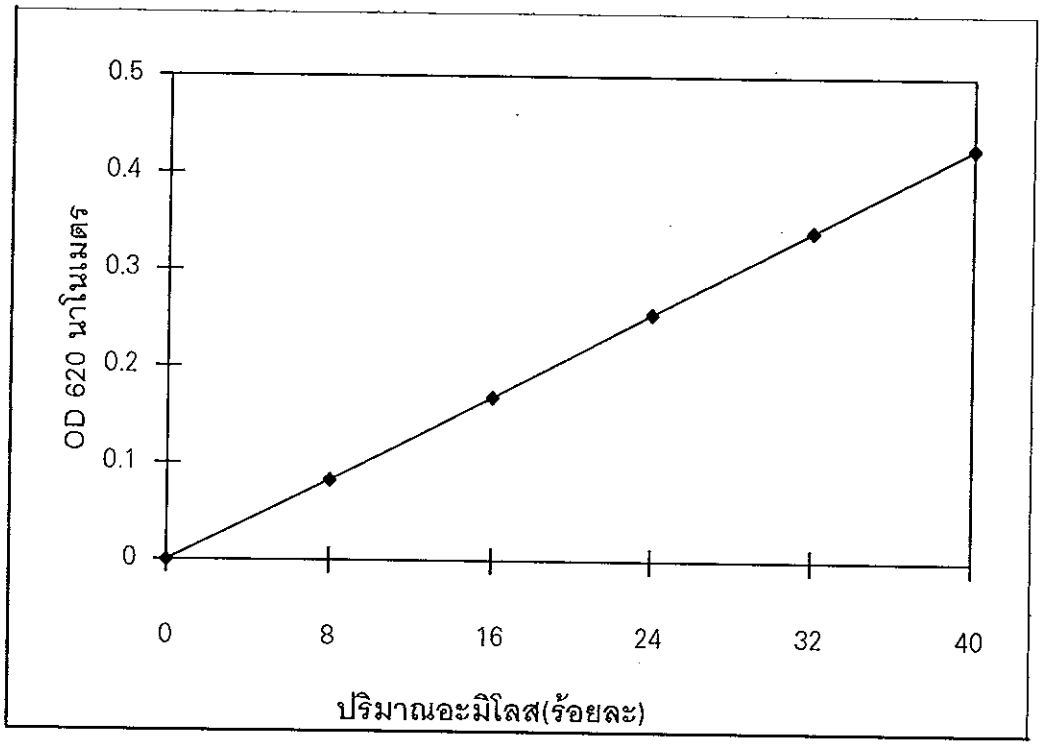
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส (Juliano, 1971)

1 การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง

บดตัวอย่างให้มีขนาดเล็กจนสามารถผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ชั่งตัวอย่าง 100 มิลลิกรัม จำนวน 2 ซ้ำ ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 นอร์มาล ปริมาณ 9 มิลลิลิตร ให้ความร้อนในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที จนได้ gelatinize starch ทิ้งไว้จนอุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้อง ถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรให้หมด โดยการใช้น้ำกลั่นล้าง และปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้สารละลายแป้ง (starch solution) ผสมกันดี ปิเปตสารละลาย 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมกรดแอซิติก 1 นอร์มาล 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าแล้วทิ้งไว้ 20 นาที และทำแบลงค์ด้วย วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยปรับค่าสารละลายแบลงค์ให้เท่ากับ 0

2 การทำกราฟมาตรฐาน

ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนกระทั่งได้สารละลายแป้ง ยกเว้นการชั่งอะมิโลสบริสุทธิ์ (potato amylose) 40 มิลลิกรัม แทนการชั่งสารตัวอย่าง ปิเปตสารละลาย 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมกรดแอซิติก 1 นอร์มาล 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ และเติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าแล้วทิ้งไว้ 20 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร แล้วเขียนกราฟระหว่างปริมาณ อะมิโลส (กรัม ต่อ แป้งข้าว 100 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 8, 16, 24, 32 และ 40) กับค่าการดูดกลืนแสง ได้กราฟมาตรฐานดังภาพภาคผนวก 1



ภาพภาคผนวก 1 กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณอะมิโลส (กรัม ต่อ แป้งข้าว 100 กรัม, ร้อยละ) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

3 <u>การเปลี่ยนค่าการดูดกลืนแสงเป็นปริมาณอะมิโลส</u>

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ปริมาณตัวอย่าง 100 มิลลิกรัม ของแต่ละตัวอย่าง เทียบกับกราฟมาตรฐานแล้วอ่านค่าเป็นร้อยละของอะมิโลสต่อแป้งข้าว 100 กรัม

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์การยืดตัวของข้าวสุก (Azeez and Shafi, 1966)

สุ่มเมล็ดข้าวสาร 100 เมล็ด วัดความยาว คำณวนหาค่าเฉลี่ย นำไปแช่น้ำ 30 นาที แล้วจึงนำไปต้มในน้ำเดือด 10 นาที นำข้าวที่ได้แช่ในน้ำเย็น เลือกเมล็ดข้าวที่ตรง 50 เมล็ดมาวัดความยาว

$$\text{อัตราการยืดตัวของข้าวสุก} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสาร}}$$

ภาคผนวก ค. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเรียงลำดับความชอบ

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับความชอบต่อตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ท่านชอบมากที่สุดให้ระดับความชอบลำดับแรก และตัวอย่างที่ท่านชอบน้อยที่สุดให้ระดับความชอบเป็นลำดับสุดท้าย

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง

ระดับความชอบ	รหัสตัวอย่าง
ลำดับที่ 1	.....
ลำดับที่ 2	.....
ลำดับที่ 3	.....
ลำดับที่ 4	.....
ลำดับที่ 5	.....

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ขอบคุณ

2. แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA เพื่อศึกษาผลของอะมิโลสและปริมาณน้ำต่อคุณภาพของข้าวสุก

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ และขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัยตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง

ความทึบแสง

น้อย มาก

ความเลื่อมมัน

น้อย มาก

ความหอม

น้อย มาก

ความร่วนซุย

น้อย มาก

ความแข็ง

น้อย มาก

ความชอบรวม

น้อย มาก

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

..... ขอบคุณ

3. แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดข้าวสุกด้วยน้ำมันพืช

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ และขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัยตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง

ความหอมของข้าว

น้อย มาก

กลิ่นน้ำมันพืช

น้อย มาก

ความร่วนซุย

น้อย มาก

ความแข็ง

น้อย มาก

ความชอบรวม

น้อย มาก

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบคุณ

4. แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดข้าวสุกด้วยเนย

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ และขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัยตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง

ความหอมของข้าว

น้อย มาก

กลิ่นเนย

น้อย มาก

ความร่วนซุย

น้อย มาก

ความแข็ง

น้อย มาก

ความชอบรวม

น้อย มาก

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบคุณ

5. แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธเรโซโพรไฟล์ เพื่อศึกษาสูตรเครื่องปรุงรสที่ เหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

<u>คำอธิบาย</u> กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ และขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัยตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด และกำกับอักษร S และ I โดยที่

S (Sample) คือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ประเมินได้

I (Ideal) คือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ต้องการ

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง

สี

อ่อน เข้ม

กลิ่นซอส

น้อย มาก

ความเค็ม

น้อย มาก

ความหวาน

น้อย มาก

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบคุณ

6. แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งในระยะเวลา 3 เดือน

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

<u>คำอธิบาย</u> กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ และขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัยตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง

สี

อ่อน เข้ม

กลิ่นซอส

น้อย มาก

กลิ่นหืน

น้อย มาก

ความร่วนซุย

น้อย มาก

ความนุ่ม

น้อย มาก

ความชอบรวม

น้อย มาก

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

..... ขอบคุณ

ภาคผนวก ง. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

1. ผลของอะมิโลสและปริมาณน้ำต่อคุณภาพของข้าวสุก

ตารางภาคผนวก 1 ผลของอะมิโลสและปริมาณน้ำต่อคุณภาพของข้าวสุก

SV	df	SS	MS	F
ความทึบแสง				
A	2	2.2529	1.1264	6.4262 *
Error A	6	1.0517	0.1753	
B	2	5.0388	2.5194	6.5666 *
AB	4	0.9281	0.1570	0.4093
Error B	12	4.6040	0.3837	
Total	26	13.5755		
ความเลื่อมมัน				
A	2	1.3001	0.6500	2.1840
Error A	6	1.7858	0.2976	
B	2	5.4136	2.7068	6.2244 *
AB	4	1.4500	0.3625	0.8335
Error B	12	5.2185	0.4349	
Total	26	15.1679		
ความหอม				
A	2	0.1604	0.0802	0.3129
Error A	6	1.5380	0.2563	
B	2	0.1461	0.0731	0.2114
AB	4	0.7751	0.1938	0.5607
Error B	12	4.1471	0.3456	
Total	26	6.7667		

ตารางภาคผนวก 1 (ต่อ)

SV	df	SS	MS	F
ความร่วนซุย				
A	2	8.8023	4.4012	5.8330 *
Error A	6	4.5272	0.7545	
B	2	11.2352	5.6176	14.9155 **
AB	4	0.8120	0.2030	0.5390
Error B	12	4.5196	0.3766	
Total	26	29.8963		
ความแข็ง				
A	2	3.4664	1.7332	3.9960
Error A	6	2.6024	0.4337	
B	2	8.6005	4.3002	4.4820 *
AB	4	3.4351	0.8588	0.8951
Error B	12	11.5134	0.9595	
Total	26	29.6178		
ความชอบรวม				
A	2	8.5552	4.2776	8.9506 *
Error A	6	2.8675	0.4779	
B	2	0.8648	0.4324	0.9349
AB	4	2.3320	0.5830	1.2606
Error B	12	5.5499	0.4625	
Total	26	20.1693		

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.01

ปัจจัย A หมายถึง พันธุ์ข้าว

ปัจจัย B หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงข้าว

2. การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดข้าวสุก

2.1 ด้วยน้ำมันพืช

ตารางภาคผนวก 2 การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดข้าวสุกด้วยน้ำมันพืช

SV	DF	SS	MS	F
ความหอมของข้าว				
Rep	1	0.051	0.051	0.085
Treatment	12	19.270	1.606	2.677
Error	12	7.197	0.600	
Total	25	26.518	1.061	
Tr vs Chk	1	2.738	2.738	
Fact	11	16.532	1.503	
A	2	0.930	0.465	0.775
B	3	12.835	0.461	7.133 **
AB	6	2.767		0.769
กลิ่นน้ำมันพืช				
Rep	1	0.370	0.370	0.895
Treatment	12	100.057	8.338	20.181 **
Error	12	4.958	0.413	
Total	25	105.385	4.215	
Tr vs Chk	1	22.033	22.033	
Fact	11	78.024	7.093	
A	2	3.080	1.540	3.728
B	3	68.507	22.836	55.270 **
AB	6	6.437	1.073	2.597

ตารางภาคผนวก 2 (ต่อ)

SV	DF	SS	MS	F
ความร่วนซุย				
Rep	1	0.376	0.376	0.897
Treatment	12	20.465	1.705	4.075 *
Error	12	5.023	0.419	
Total	25	25.863	1.035	
Tr vs Chk	1	0.151	0.151	
Fact	11	20.313	1.847	
A	2	6.218	3.109	7.428 **
B	3	7.977	2.659	6.353 **
AB	6	6.119	1.020	2.437
ความแข็ง				
Rep	1	0.038	0.038	0.118
Treatment	12	10.947	0.912	2.789
Error	12	3.924	0.327	
Total	25	14.910	0.596	
Tr vs Chk	1	1.696	1.696	
Fact	11	9.251	0.841	
A	2	1.204	0.602	1.841
B	3	4.922	1.641	5.017
AB	6	3.125	0.521	1.592

ตารางภาคผนวก 2 (ต่อ)

SV	DF	SS	MS	F
ความชอบรวม				
Rep	1	0.051	0.051	0.078
Treatment	12	10.300	0.858	1.315
Error	12	7.830	0.653	
Total	25	18.182	0.727	
Tr vs Chk	1	0.948	0.948	
Fact	11	9.352	0.850	
A	2	5.138	2.569	3.937 *
B	3	3.366	1.122	1.720
AB	6	0.848	0.141	0.217

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถติที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.01

ปัจจัย A หมายถึง พันธุ์ข้าว

ปัจจัย B หมายถึง ปริมาณน้ำมันพืช

2.2 ด้วยเนย

ตารางภาคผนวก 3 การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดข้าวสุกด้วยเนย

SV	DF	SS	MS	F
ความหอมของข้าว				
Rep	1	0.318	0.318	0.590
Treatment	12	35.432	2.953	5.477 **
Error	12	6.469	0.539	
Total	25	42.219	1.689	
Tr vs Chk	1	3.511	3.511	
Fact	11	31.921	2.902	
A	2	6.237	3.119	5.785 *
B	3	23.221	7.740	14.358 **
AB	6	2.463	0.411	0.762
กลิ่นเนย				
Rep	1	0.009	0.009	0.031
Treatment	12	161.162	13.430	47.371 **
Error	12	3.402	0.284	
Total	25	164.573	6.583	
Tr vs Chk	1	18.039	18.039	
Fact	11	143.124	13.011	
A	2	2.412	1.206	4.253 *
B	3	139.312	46.437	163.795 **
AB	6	1.400	0.233	0.823

ตารางภาคผนวก 3 (ต่อ)

SV	DF	SS	MS	F
ความร่วนซุย				
Rep	1	0.055	0.055	0.114
Treatment	12	16.081	1.340	2.763 *
Error	12	5.821	0.485	
Total	25	21.957	0.878	
Tr vs Chk	1	0.000	0.000	
Fact	11	16.081	1.462	
A	2	5.623	2.811	5.796 *
B	3	3.463	1.154	2.380
AB	6	6.996	1.166	2.404
ความแข็ง				
Rep	1	0.028	0.028	0.050
Treatment	12	21.155	1.763	3.143 *
Error	12	6.730	0.561	
Total	25	27.913	1.117	
Tr vs Chk	1	0.483	0.483	
Fact	11	20.672	1.879	
A	2	8.507	4.254	7.584
B	3	5.253	1.751	3.122
AB	6	6.911	1.152	2.054

ตารางภาคผนวก 3 (ต่อ)

SV	DF	SS	MS	F
ความชอบรวม				
Rep	1	0.170	0.170	0.301
Treatment	12	17.121	1.427	2.535
Error	12	6.753	0.563	
Total	25	24.044	0.962	
Tr vs Chk	1	0.627	0.627	
Fact	11	16.494	1.499	
A	2	11.673	5.836	10.372 **
B	3	2.825	0.942	1.673
AB	6	1.997	0.333	0.591

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.01

ปัจจัย A หมายถึง พันธุ์ข้าว

ปัจจัย B หมายถึง ปริมาณเนย

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งในระยะเวลา 3 เดือน

ตารางภาคผนวก 4 การประเมินคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดปูแช่เยือกแข็งที่บรรจุในถุง PA/PE และPA/PE/PE ระหว่างการเก็บเป็นเวลา 2 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
เคมี				
ความชื้น				
Rep	2	1.4379	0.7190	
A	1	0.3151	0.3151	2.2063
B	2	62.0547	20.6849	144.8312 **
AB	2	0.8412	0.2804	1.9634
Error	12	1.9995	0.1428	
Total	17	66.6485		
เถ้า				
Rep	2	0.0000	0.0000	
A	1	0.0000	0.0134	0.0000
B	2	0.0267	0.0167	1.6750
AB	2	0.0333	0.0080	2.0875
Error	12	0.0100	0.0004	
Total	17	0.0700		
โปรตีน				
Rep	2	0.3100	0.1550	
A	1	0.1420	0.1420	0.8798
B	2	0.2100	0.0700	0.4337
AB	2	0.5980	0.1993	1.2348
Error	12	2.2600	0.1614	
Total	17	3.5200		

ตารางภาคผนวก 4 (ต่อ)

SV	DF	SS	MS	F
ไขมัน				
Rep	2	0.0108	0.0054	
A	1	0.0160	0.0160	0.6388
B	2	0.0302	0.0101	0.4013
AB	2	0.0042	0.0014	0.0556
Error	12	0.3510	0.0251	
Total	17	0.4122		
ค่าทีบีเอ				
Rep	2	0.0249	0.0124	
A	1	0.0287	0.0287	10.9573 *
B	2	0.4982	0.1661	63.3945 **
AB	2	0.0045	0.0015	0.5784
Error	12	0.0367	0.0026	
Total	17	0.5930		
จุลินทรีย์ทั้งหมด				
Rep	2	0.0000	0.0000	
A	1	0.1700	0.1700	63.0108 **
B	2	62.8039	20.9346	7758.7056 **
AB	2	0.3109	0.1036	38.4061 **
Error	12	0.0378	0.0027	
Total	17	63.3226		

ตารางภาคผนวก 4 (ต่อ)

SV	DF	SS	MS	F
ประสาทสัมผัส				
สี				
Rep	9	7.3011	0.8112	
A	1	0.0101	0.0101	0.0138
B	2	19.2384	6.4128	8.7675 **
AB	2	0.6404	0.2135	0.2918
Error	54	46.0799	0.7314	
Total	59	73.2699		
กลิ่นซอส				
Rep	9	30.9286	3.4365	
A	1	0.7031	0.7031	0.9039
B	2	17.4104	5.8035	7.4603 **
AB	2	1.3494	0.4498	0.5782
Error	54	49.0084	0.7779	
Total	59	99.3999		
กลิ่นหืน				
Rep	9	7.5736	0.8415	
A	1	0.1901	0.1901	0.5503
B	2	5.9064	1.9688	5.6987 **
AB	2	0.0894	0.0298	0.0862
Error	54	21.7654	0.3455	
Total	59	35.5249		

ตารางภาคผนวก 4 (ต่อ)

SV	DF	SS	MS	F
ความร่วนซุย				
Rep	9	27.1705	3.0189	
A	1	0.7605	0.7605	0.7380
B	2	30.4255	10.1418	9.8423 **
AB	2	1.4615	0.4872	0.4728
Error	54	64.9175	1.0304	
Total	59	124.7355		
ความนุ่ม				
Rep	9	16.5380	1.8376	
A	1	0.2420	0.2420	0.1895
B	2	13.3335	4.4445	3.4809 *
AB	2	1.8420	0.6140	0.4806
Error	54	80.4400	1.2768	
Total	59	112.3955		
ความชอบรวม				
Rep	9	18.0330	2.0037	
A	1	0.0125	0.0125	0.0092
B	2	146.4305	48.8102	36.0933 **
AB	2	1.1825	0.3942	0.2915
Error	54	85.1970	1.3523	
Total	59	250.8555		

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.01

ปัจจัย A หมายถึง บรรจุภัณฑ์

ปัจจัย B หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาววิไลลักษณ์ กมลธรรม

วันเดือนปีเกิด 29 กันยายน 2515

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยา)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2536

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

ทุนบัณฑิตศึกษาภายในประเทศของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)