ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีต่อข้าวกล้อง

(A Study of the Steam and the Alcohol Vapour ization Effect on Brown Rice)

โดย

นางสาวปทุมพร จงศรี

นางสาววิภารัตน์ ฉังขะพัฒน์

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Agricultural Industry

Faculty of Agricultural Technology

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า King Mongkut's Indtitute of Technology

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง Chaokuntaharn Ladkrabang

กรุงเทพฯ 10520 Bangkok 10520 Thailand

1772

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีต่อข้าวกล้อง

(A Study of the Steam and the Alcohol Vapour ization Effect on Brown Rice)

โดย

นางสาวปทุมพร จงศรี

นางสาววิภารัตน์ สังขะพัฒน์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 25/03/41 **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

( )

..../...../..... **อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ**

( )

..../...../..... **อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ**

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ปพ.
ป1567
2540

15473

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีต่อข้าวกล้อง

(A Study of the Steam and the Alcohol Vapour ization Effects on Brown Rice)

T096456

นางสาวปทุมพร จงศรี 39042077

นางสาววิภารัตน์ สังขะพัฒน์ 39042110

ปพ.
ป156ก
2540

เลขหมู่.....96456
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2540

นางสาวปทุมพร จงศรี และนางสาววิภารัตน์ สังขะพัฒน์ 2540.การศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีต่อข้าวกล้อง(A Study of the Steam and Alcohol Vapourization Effects on Brown Rice) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

ในทดลองเพื่อศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีต่อการเกิดเจลาติไนส์ (Degree of gelatinizatation , DG , (%)) การเปลี่ยนแปลงกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid , FFA , (%)) และการดูดซึมน้ำ (Water absorbtion , WA , (%)) ของข้าวกล้องสองสายพันธุ์ ได้แก่ข้าวหอมมะลิ และข้าวขาวตาแห้ง ด้วยการนำข้าวกล้องสองสายพันธุ์ , มาผ่านไอน้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที แล้วจึงนำมารมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10และ15 นาที

จากผลการทดลองพบว่าหลังจากนำข้าวกล้องมาผ่านไอน้ำข้าวกล้องทั้งสองสายพันธุ์มีการเจลาติไนซ์เกิดขึ้นโดยเมื่อนำข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำและรมด้วยไอแอลกอฮอล์ นำมาเปรียบเทียบกัน ข้าวหอมมะลิจะมีการเกิดเจลาติไนส์สูงกว่าข้าวขาวตาแห้ง ข้าวหอมมะลิและข้าวขาวตาแห้งมีการเจลาติไนส์อยู่ระหว่าง 59.0429% และ 31.6067% ตามลำดับข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำเพียงตัวเดียวที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งหมายความถึงการนำข้าวกล้องที่ไอน้ำมารมด้วยไอแอลกอฮอล์ และการรมด้วยไอแอลกอฮอล์จะไม่ทำให้การเจลาติไนส์เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95%

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวกล้องสองสายพันธุ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั้นพบว่าไอน้ำและไอแอลกอฮอล์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันอิสระ โดยเมื่อผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์มีแนวโน้มลดลงตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวดิบ (Control) ข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำ กับข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ มีปริมาณกรดไขมันอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนข้าวที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับการดูดซึมน้ำจากการทดลองพบว่าการดูดซึมน้ำของข้าวกล้องทั้งสองสายพันธุ์เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวดิบ แต่ข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำ กับข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที มีการดูดซึมน้ำในปริมาณที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95%โดยมีการดูดซึมน้ำของข้าวหอมมะลิและข้าวขาวตาแห้ง อยู่ระหว่าง 24.68% และ 24.42% ตามลำดับ

วิภารัตน์ ปทุมพร 25/03/41

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ วัน เดือน ปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้สละเวลาให้ความรู้ความเข้าใจ คำปรึกษา และกรุณาแนะนำข้อคิดเห็น ตลอดจนช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ในระหว่างการทำปัญหาพิเศษ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์อพัชชา วงค์เจริญสถิตกุล และอาจารย์ระจิตร อุธาภรณ์ ที่กรุณาร่วมเป็นอาจารย์กรรมการในการสอบปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ธุระการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่เป็นกำลังใจระหว่างการทำปัญหาพิเศษ และสุดท้ายขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ พี่น้องที่คอยเป็นกำลังใจ และให้ความอบอุ่นตลอดมา

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตารางผนวก	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 ความรู้ทั่วไปของข้าวกล้อง	2
2.2โครงสร้างของเมล็ดข้าว	2
2.3สมบัติทางเคมีของเม็ดสตาร์ช	3
2.4การเปลี่ยนแปลงของเม็ดสตาร์ชเมื่อหุงต้ม	5
2.5อุณหภูมิเจลาติไนส์	6
2.6 โครงสร้างของเจล	7
2.7 ปฏิกริยาของเอ็นไซม์ไลเปสและการย่อยสลายไขมันในข้าว	7
2.8 ปฏิกริยาการย่อยสลายไขมันและการเติมออกซิเจนในข้าวกล้อง	7
2.9 การเกิดไฮโพไลติก ไฮโดรไลซีส (Hypolytic Hydrolysis) และการเหม็นหืน (Oxidation)ใน ข้าวกล้อง	8
2.10 การปรับสภาพของข้าวกล้องเพื่อให้เกิดความคงตัว	9
2.11 ผลของWater Activity (A_w) ต่อ การเหม็นหืนของไขมัน	11
2.12 ผลของWater Activity (A_w) ต่อปฏิกริยาการเหม็นหืนในอาหาร	11
2.13 การเกิดการเหม็นหืนของไขมัน(Lipid Oxidation)	12
2.14กลไกการเกิดการเหม็นหืนของไขมัน(Lipid Oxidation)	13
2.15 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการเหม็นหืนของไขมัน(Lipid Oxidation)	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.วัตถุดิบ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วัตถุดิบ	17
3.2 อุปกรณ์	17
3.3 สารเคมี	18
3.4ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	
3.4.1 การเตรียมตัวอย่างข้าวกล้อง	18
3.4.2 การวิเคราะห์การดูดซึมน้ำของข้าวกล้อง	19
3.4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวกล้อง	20
3.4.4 การวิเคราะห์หาอัตราการเจลาติไนส์ของข้าวกล้อง	21
3.4.5แผนผังการเตรียมกราฟมาตรฐานของการเจลาติไนส์ของข้าวกล้อง	22
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	23
4.1 ศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของข้าวกล้อง	23
4.2 ศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระ	25
4.3 ศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีผลต่อการเกิดเจลาติไนส์ของข้าวกล้อง	27
4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง	31
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	34
5.1 สรุปผลการทดลอง	34
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	38
ก. การทำกราฟมาตรฐานในการหาปริมาณการเกิดเจลาติไนส์ในข้าวกล้อง	38
ข. วิธีคำนวณความเข้มข้นสารละลายในการทดลอง	46
ค. การทดสอบทางสถิติ	47
ง. การวัดค่าดูดกลืนแสงของข้าวตัวอย่าง	51
ประวัติผู้เขียน	52

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.ปริมาณความชื้นMC(%) ของข้าวหอมมะลิดิบ (control)เปรียบเทียบ
กับข้าวหอมมะลิที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา
5 , 10 และ 15 นาที หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน 23
2. ปริมาณความชื้น MC (%) ของข้าวขาวตาแห้งดิบ (control)
เปรียบเทียบกับข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วย
ไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน 24
3.ปริมาณกรดไขมันอิสระFFA (%) ของข้าวหอมมะลิดิบ
(control) เปรียบเทียบกับข้าวหอมมะลิที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมการรม
ไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 ,10 และ 15 นาที หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน 25
4. ปริมาณกรดไขมันอิสระFFA(%) ของข้าวขาวตาแห้งดิบ (control)
เปรียบเทียบกับข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการรมไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วย
ไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 10 และ 15 นาทีหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38
องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน 26
5. ปริมาณการเกิดเจลาติไนส์ (DG,%) ของข้าวหอมมะลิที่ผ่าน
ไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที 27
6. ปริมาณการเกิดเจลาติไนส์(DG,%) ของข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำ
และไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 ,10 และ 15นาที 27

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	สูตรโครงสร้างของอะไมโลส	4
2.2	สูตรโครงสร้างของอะไมโลเพคติน	5
2.3	แสดงการเกิดไลโพไลติก ไฮโดรไลซีส และการเหม็นหืนในข้าวกล้อง	8
2.4	แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชั่น ของกรดไขมัน	13
3.1	วิธีวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น	19
3.2	วิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ	20
3.3	วิธีวิเคราะห์การเกิดเจลาติไนส์	21
3.4	แผนผังการเตรียมกราฟมาตรฐาน ของการเกิดเจลาติไนส์ ของข้าวกล้อง	22
4.1	แสดงปริมาณความชื้นของข้าวหอมมะลิ และข้าวขาวตาแห้งดิบ,ข้าวที่ผ่านไอน้ำ และข้าวที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5, 10 และ15 นาที	28
4.2	แสดงปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวหอมมะลิ และข้าวขาวตาแห้งดิบ,ข้าวที่ผ่านไอน้ำ และข้าวที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5, 10 และ15 นาที	29
4.3	แสดงปริมาณการเจลาติไนส์ของข้าวหอมมะลิ และข้าวขาวตาแห้งดิบ,ข้าวที่ผ่านไอน้ำ และข้าวที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5, 10 และ15 นาที	30
1ก	กราฟมาตรฐานในการหาปริมาณDG(%) ของข้าวหอมมะลิ	44
2ก	กราฟมาตรฐานในการหาปริมาณ DG(%) ของข้าวขาวตาแห้ง	45

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1 ตารางผลอัตราส่วนผสมระหว่างStandard กับ Sampleปริมาณความชื้นเริ่มต้น และน้ำหนักแห้ง (dry basis)ของข้าวหอมมะลิ	38
2. ตารางผลอัตราส่วนผสมระหว่างStandard กับ Sample ปริมาณความชื้นเริ่มต้น และน้ำหนักแห้ง (dry basis) ของข้าวขาวตาแห้ง	39
3. ค่าการดูดกลืนแสง(Absorbance) ที่ 620 นาโนเมตรในการวิเคราะห์ DG(%) ของข้าวหอมมะลิ	40
4. ค่าการดูดกลืนแสง(Absorbance)ที่ 620 นาโนเมตรในการวิเคราะห์DG(%) ของข้าวขาวตาแห้ง	41
5. ปริมาณ Degree of Gelatinize ของข้าวหอมมะลิจากการวัดค่า Absorbance ที่ 620 นาโนเมตร	42
6. ปริมาณ Degree of Gelatinize ของข้าวขาวตาแห้งจากการวัดค่า Absorbance ที่ 620 นาโนเมตร	43
7. การวิเคราะห์ทางสถิติโดยรวมของข้าวหอมมะลิ	
7.1. ค่าทางสถิติDG(%) ของข้าวที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 10 และ 15 นาที	47
7.2. ค่าทางสถิติFFA(%) ของข้าวที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 10 ละ 15 นาที	47
7.3.ค่าการดูดซึมน้ำMC(%)ของข้าวที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ระยะเวลา 5 10 และ 15 นาที	47
7.4.ปริมาณความชื้น กรดไขมันอิสระ และการเจลาติไนส์ของข้าวหอมมะลิดิบ ข้าวหอมมะลิที่ผ่านไอน้ำและข้าวที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 10 และ15 นาที	48
8.. การวิเคราะห์ทางสถิติโดยรวมของข้าวขาวตาแห้ง	49

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางผนวกที่ หน้า

8.1ค่าทางสถิติDG(%) ของข้าวที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 10 และ 15 นาที 49

8.2. ค่าทางสถิติFFA(%)ของข้าวที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 10 และ15นาที 49

8.3. ค่าทางสถิติMC(%) ของข้าวที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 10 และ 15 นาที 49

8.4. ปริมาณความชื้น ปริมาณกรดไขมันอิสระ และการเจลาติไนส์ของข้าวขาวตาแห้งดิบ ,ที่ผ่านไอน้ำและข้าวที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที 50

9. ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)ของข้าวหอมมะลิที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 10 และ 15 นาที 51

10.ค่าการดูดกลืนแสง(Absorbance)ของข้าวหอมมะลิที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 10 และ 15 นาที 51

การศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีต่อข้าวกล้อง

(A Study of the Steam and the Alcohol Vapour ization Effects on Brown Rice)

บทที่ 1

บทนำ

ธัญพืชที่ใช้เมล็ดเป็นอาหารประเภทข้าวที่มนุษย์นำมาใช้เป็นอาหาร มีปริมาณแป้งเป็นองค์ประกอบและยังมีไขมันซึ่งให้คุณค่าทางโภชนาการ เป็นแหล่งพลังงานในทางอุตสาหกรรมข้าวนำมาแปรรูปเป็นอาหารกึ่งสำเร็จรูปหลายชนิด การแปรรูปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแป้งในเมล็ดข้าว แป้งเมื่อได้รับความร้อน และความชื้นที่เหมาะสม คุณสมบัติของแป้งจะเปลี่ยนแปลงไป มีการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น จนเกิดการพองตัว มีความหนืด และสามารถละลายน้ำได้มากขึ้นจนเกิดการสุกของแป้งหรือการเจลาติไนส์(Gelatinize) ระดับความชื้น หรืออุณหภูมิที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดแป้ง ปริมาณอะไมโลส และ อะไมโลเพคติน นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงของไขมันเนื่องจากการทำงานของเอ็นไซม์ไลเปสโดยมีไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดการย่อยสลายไขมัน จึงเกิดกรดไขมันอิสระ ทำให้เกิดการเหม็นหืนในข้าวกล้อง

ดังนั้น การศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ต่อการเปลี่ยนแปลงของข้าวกล้อง เพื่อเปรียบเทียบการเกิดเจลาติไนส์ (Gelatinize) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) และการดูดซึมน้ำ (Water absorbtion) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปใช้ในกระบวนการแปรรูปต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ ที่มีต่อการเกิดเจลาติไนส์ของข้าวกล้อง
2. เพื่อศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันอิสระของข้าวกล้อง
3. เพื่อศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของข้าวกล้อง

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

ข้าวเจ้าเป็นพืชตระกูลหญ้าที่มีชื่อทางวิทยาศาตร์ว่า Oryza sativa , Oriza glaberrima ปลูกมากในทวีปเอเชีย โดยเฉพาะประเทศจีน อินเดีย ไทย เวียดนาม ฟิลิปินส์ โดยธรรมชาติแล้ว ถ้าพื้นดินมีความอุดมสมบูรณ์ และอากาศพอเหมาะ ข้าวจะเจริญงอกงามให้ผลผลิตมาก หากไม่มีโรคและแมลงรบกวน ลักษณะของผลเป็นผลเดี่ยว เมล็ดมีเยื่อหุ้ม (Covered caryopsis) ก่อนจะนำไปบิโภคหรือแปรรูป จะต้องผ่านการนวด (Threshing) หรือขัดสี (abrasion) เพื่อทำให้เปลือกหุ้มหลุดออกไปเป็นแกลบ (husk or hull) เหลือส่วนที่เป็นเอ็นโดสเปริ์ม

ข้าวมีคาร์โบไฮเดรทมาก แต่มีโปรตีนค่อนข้างต่ำ และองค์ประกอบที่มีอยู่ในเมล็ดข้าว จะประกอบด้วย สตาร์ช 80% โปรตีน 6.8% ความชื้น 11% ไขมัน 2% เยื่อใย 0.2% เถ้า 0.5% และ ให้พลังงาน 3998 แคลลอรี่ (วิโรจน์และ อัมมาร , 2533)

2.1 ความรู้ทั่วไปของข้าวกล้อง

ข้าวกล้อง (Brown rice) หรือเมล็ดที่เอาเปลือกออกแล้ว จะประกอบด้วยไขมัน 3% พบมากที่สุดที่ชั้นนอกสุดของเนื้อเยื่อ และรำข้าว รวมทั้ง คัพพะ(germ) พบว่าปริมาณของ โอเลอิค 40% , ลิโนเลอิค 35% และลิโนเลนิค 1-2% โดยประมาณ (Juliano,1972) สีของข้าวกล้องโดยทั่วไปจะมีสีน้ำตาลอ่อน เพราะว่ายังมีส่วนของเพอริคาร์ปและชั้นอัลลูโลนอยู่ (วุฒิชัย , 2535)

2.2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ข้าวกล้อง(Brown rice)หรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว ประกอบด้วย

2.2.1 เยื่อหุ้มผล (pericarp) ประกอบด้วย เนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกันคือ เยื่อหุ้มชั้นใน,เยื่อหุ้มชั้นกลาง และ เยื่อหุ้มชั้นนอก ในชั้น เยื่อหุ้มผล มีลักษณะเป็น เส้นใย ผนังเซลประกอบด้วยโปรตีน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

2.2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด (tegum หรือ seed coat) อยู่ถัดจาก เยื่อหุ้มผล เข้าไปประกอบด้วย เนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถวเป็นที่สะสมของสารประเภทไขมัน

2.2.3 เนื้อเยื่ออัลลูโลน (aleurone layer) อยู่ถัดจาก เยื่อหุ้มเมล็ด ห่อหุ้มข้าวสาร(starchy-endosperm) และคัภพะ(embryo) ในชั้นนี้จะมีปริมาณของโปรตีนสูง นอกจากนี้จะประกอบด้วย ไขมัน,เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

2.2.4 ส่วนที่เป็นแป้ง (Starchy endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสารอยู่ชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวมี 2 ชนิด คือ อไมโลเพคติน ซึ่งเป็น โพลีเมอร์ของ ดีกลูโคสซึ่งต่อกันเป็น กิ่งก้านสาขา และส่วนที่เป็น อไมโลส ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ ของ ดีกลูโคส ที่ต่อกันเป็น เส้นตรง ในข้าวเจ้ามีปริมาณ อไมโลส มากว่า คือ 7-33% ของน้ำหนักข้าวสาร

2.2.5 คัภพะ (embryo) ติดอยู่กับ เอ็นโดเสปิร์ม ทางด้าน เสมมา เป็นส่วนที่เจริญต่อไปเป็นต้นต่อไป คัภพะประกอบด้วย ต้นอ่อน(plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) เยื่อหุ้มต้นอ่อน(coleoptile) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง เป็นส่วนที่มีโปรตีนและไขมันสูง

2.3สมบัติทางเคมีของเม็ดสตาร์ช

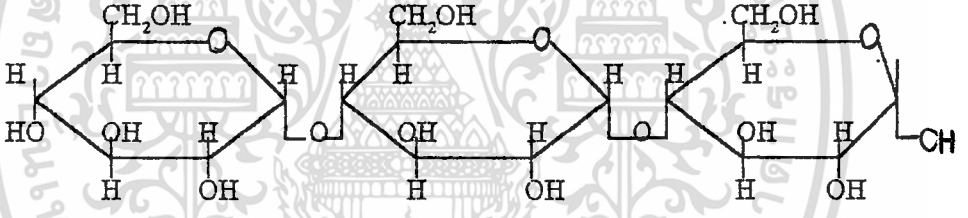
ภายในเม็ดสตาร์ชประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 2ชนิด คือ อะไมโลส และอะไมโลเพคติน อะไมโลสเป็นโพลิเมอร์ของกลูโคสที่อยู่ในรูปไพราโนส (pyranose) มาต่อกันเป็นโซ่ตรงยาวประมาณ 5000 – 2,000 หน่วย โดยคาร์บอนตำแหน่งที่ 1ของกลูโคสตัวที่1 จับกับตำแหน่งคาร์บอนตัวที่4ของกลูโคสตัวที่2 พันธะที่จับกันนี้เรียกว่า พันธะแอลฟา 1,4 กลูโคซิดิค โมเลกุล ของอะไมโลสจะมีด้านหนึ่งที่ไม่สามารถรีดิวซ์สารอื่นได้ ส่วนอีกด้านหนึ่งสามารถรีดิวซ์สารอื่นได้ ที่พบในธรรมชาติส่วนใหญ่มีโครงสร้างแบบเกลียวคู่ (double helix) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 140,00000 อะไมโลสไม่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะสามารถละลายได้บ้าง และละลายได้ดีในสารละลายที่เป็นด่าง สารละลายอะไมโลสจะทำปฏิกริยากับสารละลายเจือจางของสารละลายไอโอดีนแล้วให้สีน้ำเงิน สารละลายอะไมโลสที่มีความเข้มข้นพอเหมาะ เมื่อตั้งไว้ให้เย็นจะให้เจลที่ใสไม่มีสี จากสมบัติของอะไมโลสที่สามารถละลายได้ดีในด่างและการเปลี่ยนสีของสารละลายไอโอดีน จึงใช้เป็นหลักการหาอะไมโลสในตัวอย่างแป้งต่างๆ โดยเอาตัวอย่างมาละลายในสารละลายด่างเจือจาง แล้วนำมาทำปฏิกริยากับสารละลายไอโอดีนเจือจาง โดยได้สีที่คงที่แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ 62.5 มิลลิไมครอน จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานเพื่อหาปริมาณอะไมโลส

2.3.1สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้ง

แป้งในเมล็ดข้าวประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ถ้าข้าวพันธ์ใดที่มีอะไมโลสสูงจะมีปริมาณอะไมโลเพคตินต่ำ ข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะดูดน้ำ และขยายปริมาตรระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าอะไมโลสต่ำ และทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสง ไม่เลื่อมมัน ข้าวสุกจะแข็งและร่วนเป็นตัว ข้าวจะหุงขึ้นหม้อ ส่วนข้าวเหนียวซึ่งแป้งมักเป็นอะไมโลเพคตินทั้งหมดจะดูดน้ำและขยาย

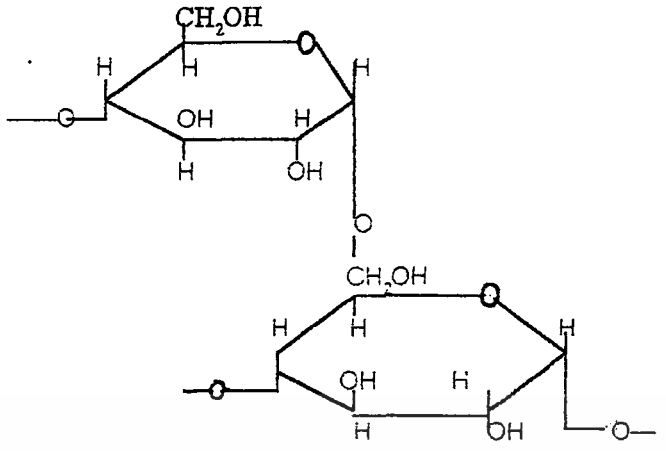
ตัวได้น้อยกว่าข้าวเจ้า ข้าวสุกที่ได้จะเหนียวเกาะกันและนุ่มกว่า (Juliano,1964) ปริมาณอะไมโลส เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดในการตรวจสอบคุณภาพเมล็ด ข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลสในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ข้าวเจ้าในประเทศไทยมีส่วนประกอบของแป้งที่เป็นอะไมโลสประมาณร้อยละ 12-31 โดยข้าวที่มีความอ่อนนุ่ม เช่น ข้าวหอมมะลิ มักมีปริมาณอะไมโลสประมาณร้อยละ12-18 ในอดีตข้าวพันธ์ IR4 มีสัดส่วนของอะไมโลสในแป้งสูงถึงร้อยละ 35 จึงทำให้เมื่อหุงสุกเมล็ดข้าวจึงมีความแข็งมาก (อัมมารและวิโรจน์,2533 ,ละม้ายมาศ,2525)

อะไมโลเพคตินมีโครงสร้างที่เพิ่มเติมจากอะไมโลส คือมีการแตกกิ่งก้านสาขาโดยจุดที่มีการแตกแขนงจากพันธะที่เรียกว่า พันธะแอลฟา1,6 กลูโคซิดิค การเกิดแขนงจะเกิดเมื่อกลูโคสมาต่อกันเป็นสายเส้นตรงยาว 20-25 หน่วย โครงสร้างที่พบในธรรมชาติส่วนใหญ่จะเป็นแบบเกลียวคู่ที่ต่อกันเป็นกิ่งก้าน ภายในโมเลกุลของอะไมโลเพคตินมักเกิดพันธะไฮโดรเจนเนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 4 ล้าน และสามารถเปลี่ยนสีของสารละลายไอโอดีนเป็นสีแดง เนื่องจากอะไมโลสและ อะไมโลเพคตินเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่จึงทำให้เม็ดสตาร์ชมีขนาดโมเลกุลใหญ่มาก



รูปที่2.1 สูตรโครงสร้างของอะไมโลส

ที่มา :Abraham and Bernard (1967)



1,6 Branching linkage in amylopectin and glycogen

รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างของอะไมโลเพคติน

ที่มา :Abraham and Bernard(1967)

2.4การเปลี่ยนแปลงของเม็ดสตาร์ชเมื่อหุงต้ม

2.4.1 จากความร้อนชื้น(moist heat)

เมื่อเติมน้ำลงในสตาร์ชเกิดสารแขวนลอยลักษณะข้นหนืด เม็ดสตาร์ชที่คงรูปจะจมลงที่แตกแล้วจะดูดซึมน้ำเอาไว้แล้วจะพองตัว ถ้าเอาสารละลายนี้ไปตั้งไฟมันจะพองตัวมากขึ้นเกิดความข้นหนืดซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและระยะเวลาในที่สุดสีขาวขุ่นจะเปลี่ยนเป็นใสเรียกว่าการเจลาติไนส์เซชั่น (Gelatinization) ถ้าต้มต่อไปอีกจะมีอีกตอนหนึ่งความข้นหนืดจะลดลง เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็นความข้นหนืดจะเพิ่มขึ้น ซึ่งแป้งแต่ละตัวจะพองตัวใสที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันเมื่อน้ำที่ใช้ในการผสมแป้งนั้นมีน้อยจนเกินไป หรือเมื่อเอาแป้งเทลงใส่ในของเหลวร้อนๆ แป้งจะจับกันเป็นก้อนๆ เม็ดแป้งที่อยู่นอกจะดูดซึมน้ำและพองตัว แต่เม็ดแป้งภายในก้อนจะแห้งหรืออาจพองตัวได้น้อยมาก ถ้าเราตัดแป้งที่จับเป็นก้อนดูจะเห็นแป้งดิบอยู่ภายใน

2.4.2จากความร้อนแห้ง

เมื่อเอาแป้งไปตั้งไฟโดยไม่ต้องใช้น้ำ เช่น การคั่วแป้ง จะเกิดสีน้ำตาลขึ้นต่อมาจะเป็นสีดำ เพราะเกิดคาร์บอน ในการทำน้ำเกรวี่จะเอาแป้งใส่ถาดแล้วอบ หรือคั่วในกะทะ แม้ว่าการคั่วแป้งนี้จะให้ความเข้มข้นน้อยลงแต่มันจะช่วยในเรื่องสี และกลิ่น ขณะอบหรือคั่วแป้งโมเลกุลของแป้งจะ

แตกออกให้ส่วนที่เล็กลงเรียกว่า เด็กซ์ตริน การเปลี่ยนแปลงสีและขนาดโมเลกุลของแป้งนี้เรียกว่า เด็กตรินไนส์เซชั่น(dextrinization) เด็กซ์ตรินมีโมเลกุลหลายชนิดแต่เล็กกว่าสตาร์ช

2.5อุณหภูมิเจลาติไนส์เซชั่น (Gelatinization Temperature)

อุณหภูมิเจลาติไนส์เซชั่น หมายถึง อุณหภูมิซึ่งเมล็ดแป้ง (Starch Granule) เริ่มพองในน้ำร้อน ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวมีอุณหภูมิเจลาติไนซ์เซชั่น55-79องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิเจลาติไนส์สามารถแบ่งได้เป็นช่วงต่ำคือ69.5องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่าช่วงปานกลาง70-74องศาเซลเซียส และสูงคือมากกว่า 74 องศาเซลเซียส (Juliano,1979) สามารถวัดได้จากระดับการแตกตัวของเมล็ดข้าว 6 เมล็ดใน 1.7 %KOH 10 มล. นาน 23 ชั่วโมงที่ 30องศาเซลเซียส โดยให้คะแนนเป็น 1-7 ข้าวที่มีค่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์เซชั่นสูงจะใช้เวลาหุงต้มนานกว่า ข้าวไทยส่วนใหญ่จะมีค่าอุณหภูมิเจลาติไนส์เซชั่นต่ำถึงปานกลาง

อุณหภูมิที่ทำให้แป้งข้าวเจ้าสุกระหว่าง 68-78องศาเซลเซียส การสุกของแป้งจะเริ่มจากรอยปุ่มของเมล็ดแป้ง โดยในระยะเริ่มแรกจะเกิดช่องว่างที่จุดนี้ ต่อมาช่องว่างจะขยายใหญ่ขึ้นจนในที่สุดเม็ดแป้งจะพองตัวเต็มที่โดยสังเกตุได้จากเม็ดแป้งที่มีลักษณะเหมือนถุงใสภายในเต็มไปด้วยอะไมโลส เมื่อได้รับความร้อนต่อไปเม็ดแป้งจะแตกออก และอะไมโลสจะหลุดออกมา อย่างไรก็ตามถ้าอุณหภูมิของแป้งสูงกว่า 100องศาเซลเซียส เม็ดแป้งทุกชนิดจะแตกตัวหมดถ้ามีน้ำมากพอ ผลที่เกิดขึ้นคือความหนืดของแป้งเปียกจะลดลง

เม็ดแป้งแต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เม็ดแป้งที่มีขนาดใหญ่จะพองตัวได้ง่าย อุณหภูมิที่ทำให้แป้งสุกจะต่ำกว่า เม็ดแป้งที่มีขนาดเล็ก แป้งทุกชนิดจะมีช่วงอุณหภูมิเม็ดแป้งแรกและเม็ดแป้งสุดท้ายสูญเสีย ไบเรนฟรินเจนน์(birenfringene)ทั้งนี้เนื่องจากแป้งทุกชนิด มีเม็ดแป้งที่มีขนาดแตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ที่สังเกตุพบเมื่อสตาร์ชพองตัวคือ น้ำแป้งจะเพิ่มความหนืดอย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสตาร์ชที่พองตัว ทำให้สตาร์ชอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้น จึงต่อต้านการเคลื่อนที่ของเม็ดสตาร์ช และของเหลวที่อยู่รอบเม็ดสตาร์ช มีความเข้มข้นมากขึ้น เนื่องจากร่างแหอะไมโลส ที่ละลายออกมาจากเม็ดสตาร์ช ลักษณะทั้งสองประการ คือการพองตัว การใสขึ้น การหนืดมากขึ้น อาจเกิดเวลาใกล้เคียงกัน หรือพร้อมกัน เม็ดสตาร์ชที่มีการพองตัวแล้วอาจจะหดตัว หรือแตกได้ หากมีการรบกวน เช่น การคน การเพิ่มอุณหภูมิ ดังนั้นจึงสังเกตุพบว่า เมื่อต้มน้ำแป้งจนได้แป้งเปียกที่ข้นหนืดเต็มที่แล้ว ถ้าหากให้ความร้อนต่อไปอีก จะทำให้ความหนืดลดลง แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แป้งจะมีความหนืดมากขึ้น และหากมีความเข้มข้นของแป้งที่เหมาะสมจะข้นหนืดจนคงรูปร่างได้ เรียกว่า การเกิดเจล (gel) ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิลดลงแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจาก

พันธะโอโดรเจน ระหว่างโมเลกุลของสตาร์ช และน้ำมีความแข็งแรงขึ้น น้ำจึงจับกับโมเลกุลของสตาร์ชซ้อนกันเป็นชั้นๆ

2.6 โครงสร้างของเจล

เจลมีโครงสร้างเป็นร่างแห ประกอบด้วย โมเลกุลของอะไมโลส อะไมโลเพคติน และน้ำจะเป็นตัวประสานเข้าด้วยกัน โดยพันธะระหว่างโมเลกุล (Intermolecular bound) พันธะนี้จะแข็งแรงขึ้นเมื่อแป้งเปียกเย็นลง พันธะนี้เกิดจากอะไมโลส ที่เป็นเส้นตรง และแขนงของอะไมโลเพคติน ซึ่งสามารถงอตัวไปมา เข้าจับกันได้ และอุ้มน้ำไว้เป็นเจล จึงทำให้การเกิดการยึดเหนี่ยวของโมเลกุลจำนวนมากเข้าด้วยกันไว้ในร่างแห โดยเมื่อมีอะไมโลสเป็นตัวสำคัญของโครงสร้างที่เป็นร่างแห เจลจะเกิดขึ้นได้ดี เมื่อแป้งเย็นตัวอย่างรวดเร็ว หากมีการเย็นตัวอย่างช้าๆ ในโมเลกุลของอะไมโลสอาจเคลื่อนที่จับกันเองอย่างเป็นระเบียบ ทำให้ผลึกของสตาร์ชซึ่งสังเกตุได้จากการตกตะกอนของแป้ง หากแป้งมีอะไมโลสค่อนข้างมากจะเกิดเจลได้ เมื่อความเข้มข้น ประมาณ 4-5% ส่วนแป้งมีความเข้มข้นสูงมากกว่า 30% เพราะมีความเข้มข้นต่ำๆ จะเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลของอะไมโลเพคตินน้อยมาก

2.7 ปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ไลเปส และการย่อยสลายไขมันในข้าว

ในส่วนของชั้นเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของรำข้าวและข้าวกล้อง จะเสื่อมเสียได้เร็วมากหลังจากการขัดสี เพราะในรำข้าวเป็นแหล่งของน้ำมันถึง 15-20% เว้นแต่มีการทำให้มีการคงตัว โดยการแยกเอาไขมันออกไป ในการผลิตเชิงการค้า จะใช้ความร้อนที่ 90-130 องศาเซลเซียส ในการต้มสกัดไขมันออกมา จะยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ไลเปส และยับยั้งจุลินทรีย์ เป็นที่ทราบว่าการเจริญของเชื้อเหล่านี้จะอยู่ในช่วงกว้าง และโคโลนีจะติดมาตั้งแต่ในช่วงเก็บเกี่ยว และหลังการเก็บเกี่ยว

2.8 ปฏิกิริยาการย่อยสลายไขมัน และการเติมออกซิเจนในข้าวกล้อง

ในข้าวกล้องมีปริมาณไขมันสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปฏิกริยา การย่อยสลายไขมันและการเติมออกซิเจน ทำให้เสื่อมเสียได้เร็ว น้ำมันในรำข้าวจะถูกย่อยสลายโดยเอ็นไซม์ไลเปส เพื่อเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันอิสระ จากนั้นจะมีเอ็นไซม์ไลพอกซีจีเนส ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายตัวเอง หรือได้รับแสง หรือการเติมออกซิเจน จะเปลี่ยนไปเป็นไฮโดรเพอรอกซิเดส จากนั้นจะเกิดอนุมูลอิสระ(Free radicle) ซึ่งทำให้เกิดการเหม็นหืน(Racidity)

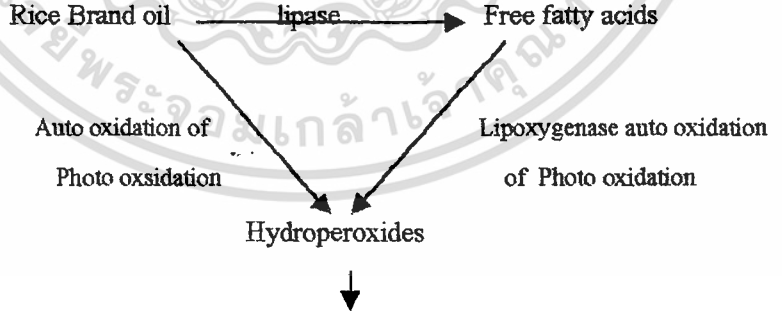
นอกจากจะมีเอนไซม์ 2 ชนิดเป็นการย่อยสลายไขมันแล้วยังมีจุลินทรีย์เป็นตัวเร่งปฏิกริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) ของน้ำมัน เอนไซม์ไลเปสจะถูกสร้างขึ้นโดยเชื้อราและแบคทีเรียบางชนิดที่ติดอยู่ตามผิวของเมล็ดข้าว ยิ่งถ้าเอาเปลือกออกจากเมล็ดข้าวมาก จะทำให้เกิดปฏิกริยาไฮโดรไลซีส(hydrolysis) เร็วขึ้นกรดไขมันอิสระจะอยู่ในส่วนผิวนอกของข้าวกล้อง ถ้าข้าวมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 6 เดือนจะมีกรดไขมันอิสระอยู่ในช่วง 6-25%

2.9 การเกิดไลโพไลติก ไฮโดรไลซีส (Lipolytic hydrolysis) และการเหม็นหืน(Oxidation) ในข้าวกล้อง

ในข้าวกล้องมีไขมันสูงซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดปฏิกริยาการย่อยสลายไขมันและการเติมออกซิเจนทำให้เกิดการเหม็นหืน มีอายุการเก็บรักษาสั้น 3-6 เดือน ซึ่งการเสื่อมเสียนี้ทำให้เกิดปัญหาทางด้านการค้าทำให้ไม่สามารถเก็บรักษาข้าวกล้องไว้เป็นเวลานานได้

เอนไซม์ไลเปสในเมล็ดข้าว จะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกริยาไฮโดรไลซีสกับน้ำมันหรือไขมันในเมล็ดข้าว สำหรับเมล็ดข้าวที่ยังไม่ทำการกระเทาะเปลือกออก เอ็นไซม์ไลเปสยังไม่ทำปฏิกริยากับไขมันหรือน้ำมัน เพราะว่าไม่ได้สัมผัสกัน ข้าวที่กระเทาะเปลือกออกแล้วชั้นนอกจะถูกทำลายทำให้น้ำมันกับเอนไซม์สัมผัสกันได้ และทำให้เกิดปฏิกริยาไฮโดรไลซีสของไตรกลีเซอร์ไรด์เป็นกรดไขมันอิสระ (free fatty acid)ดำเนินการต่อไปอย่างรวดเร็ว

การเกิดกรดไขมันอิสระ ของข้าวกล้องขึ้นกับ พื้นที่ผิวที่มีรอยแตก ความชื้น ปริมาณจุลินทรีย์ และอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Champagne,1994)



รูปที่2.4 แสดงการเกิดไลโพไลติก ไฮโดรไลซีส (Lypolytic hydrolysis) และการเหม็นหืน (Oxidation) ในข้าวกล้อง

ที่มา:Champagne,(1994)

2.10 การปรับสภาพของข้าวกล้องเพื่อให้เกิดความคงตัว

ข้าวกล้องจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นแป้ง รำข้าว และน้ำมัน และมีเอนไซม์ไลเปสอยู่ในน้ำมันในอัตราสูงถึง 30 % ซึ่งจะไปเป็นกรดไขมันอิสระ (freee fatty acid) ในเวลาสัปดาห์ภายใต้ความชื้นสูง อุณหภูมิที่สูง ข้าวกล้องจะสามารถรับออกซิเจนเข้าไปได้ง่าย จึงเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียได้ง่าย การทำให้ขาวกล้องมีความคงตัวสามารถเก็บรักษาได้นาน ได้แก่ การผ่านความร้อน การควบคุมความชื้น หรือการใช้สารละลายตัวนำแยกเอาไขมันออก เป็นต้น

2.10.1 การใช้เอธทานอล

การทำให้ข้าวกล้องมีความคงตัวสามารถทำได้โดยการชะเอาไขมันออกไปโดยเอธทานอลในรูปสารละลายหรือไอเอธทานอลที่ต้มผ่านขึ้นไป จะสามารถเก็บรักษาได้นาน 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส กรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหรือไม่มีเลย โดยผ่านไอเอธทานอลเข้าไปในข้าวกล้อง 3-10 นาที ข้าวกล้องที่ผ่านการปรับสภาพโดยใช้ไอของเอธทานอลเมื่อนำไปผลิตเป็นแป้งปฏิกริยาของเอนไซม์ไลเปสยังคงเหลือในปริมาณต่ำ ส่วนแป้งที่ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพมาก่อนจะไวต่อปฏิกริยาออกซิเดชั่น (oxidation) ทำให้เสื่อมเสียได้เร็วขึ้น การใช้ไอของเอธทานอลในการปรับสภาพของข้าวกล้อง ความชื้นลดลงเหลือ 12.8 เปอร์เซ็นต์ ไขมันสูญหายไป 1.5 เปอร์เซนต์จากที่มีอยู่เดิม 3 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นแป้งจะไม่เกิดการเจลาติไนส์ และยังช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์

2.10.2การใช้สารละลายเอธทานอลสกัด

จากการศึกษาของChampagne และ Hron (1992) พบว่าข้าวกล้องผ่านการสกัดโดยใช้สารละลายเอธทานอล 95% เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการต้มสกัดด้วยสารละลายเอธทานอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเพิ่มจากเดิม 1.0 เปอร์เซ็นต์เป็น 1.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อลดอุณหภูมิลงเป็น 24 องศาเซลเซียส เวลา 70 นาที ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยใกล้เคียงกับตัวอย่างที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที ส่วนข้าวที่ไม่ได้ผ่านการต้มสกัดด้วยสารละลายเอธทานอลจะมีปริมาณกรดไขมันเพิ่มจากเดิม 3 เป็น 24 เปอร์เซ็นต์

2.10.3 การใช้ไอเอธทานอลสกัด

นอกจากนี้ChampagneและHron(1992)ยังได้ทดลองใช้ไอของเอธทานอลที่อุณหภูมิ75องศาเซลเซียสใช้เวลาต่างกันคือ 3 นาที 5นาที และ10นาที เก็บรักษา 6 เดือน วัดปริมาณกรดไขมันพบว่าที่3 นาทีกรดไขมันอิสระเพิ่มจาก 3 เป็น3.9 เปอร์เซ็นต์ ที่ 5นาทีเพิ่มเป็น 3.6 เปอร์เซ็นต์ ที่ 10นาทีพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่ข้าวไม่ได้ผ่านไอเอธทานอลจะเพิ่มจาก 3 เป็น 28 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านไอเอธทานอลจะช่วยลดปฏิกริยาของเอนไซม์ไลเปสเมื่อเก็บไว้ 5 เดือนที่ 36 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระของแป้งที่ได้จากการผ่านไอเอธทานอลที่เวลา 3 นาทีจะเพิ่มจาก 3 เป็น 9 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 5นาทีเพิ่มจาก 3 เป็น 7เปอร์เซ็นต์และที่เวลา 10 นาที เพิ่มจาก 3 เป็น 6เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งที่ไม่ผ่านไอเอธทานอลเพิ่มจาก 3 เป็น 24 เปอร์เซ็นต์

การทำให้ข้าวกล้องมีความคงตัวโดยใช้เอธทานอลในรูปสารละลายหรือไอจะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการสูญเสียเนื่องจากปฏิกริยาออกซิเดชัน (oxidation) โดยการวัดค่า CDHP (Conjugated Diene Hydroperoxide) ค่า CDHP เพิ่มขึ้นเมื่อมีการสกัดที่อุณหภูมิสูง เมล็ดข้าวมีความต้านทานต่อการสูญเสียของปฏิกริยาออกซิเดชันในการเก็บรักษา แต่เวลาที่ใช้ในการสกัดไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลต่อค่า CDHP การปรับสภาพโดยใช้เอธทานอลในรูปสารละลายหรือไอที่ผิวของเมล็ดข้าวจะมีผลต่อเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว(caryopsis coat) และจะทำให้รูพรุนในเมล็ดเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เอธทานอลต้มสกัดที่อุณหภูมิสูงจึงทำให้สารละลายส่งผ่านเข้าไปในเมล็ดข้าวได้มาก และสารละลายเอธทานอลจะทำให้น้ำมันถูกสกัดออกมาจากเมล็ดข้าว เพราะน้ำมันทำให้ออกซิเจนเข้าทำปฏิกริยาได้ง่าย

ข้าวกล้องที่ผ่านการสกัดด้วยเอธทานอลที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ไขมันจะสูญเสียน้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวกล้องที่สกัดด้วยเอธทานอลที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ และข้าวกล้องที่ปรับสภาพด้วยไอเอธทานอลใหม่และใช้อุณหภูมิสูงกว่า 24 องศาเซลเซียส ไขมันในเมล็ดข้าวจะสูญเสีย 15 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการสกัดด้วยสารละลายเอธทานอลหรือไอเอธทานอลจะสูญเสียโปรตีนเยื่อใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุต่างๆในปริมาณน้อย ส่วนการใช้ไอเอธทานอลสกัดข้าวที่อุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 54 องศาเซลเซียส ไทอะมีนจะไม่สูญเสีย และข้าวกล้องที่ผ่านการสกัดโดยใช้เอธทานอลเมื่อตรวจนับจุลินทรีย์ เชื้อแบคทีเรียจะมีน้อยมาก ในระหว่างการต้มสกัดด้วยเอธทานอลแป้งจะไม่เกิดการเจลาติไนซ์ ลักษณะของข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มจะมีลักษณะเหมือนธรรมชาติของข้าวกล้อง

2.11 ผลของ water activity (A_w) ต่อ Lipid Oxidation

ไลปิดออกซิเดชั่น เป็น ออโตออกซิเดชั่น ที่เกิดขึ้นเมื่อสารประกอบ โอลิฟินิก ถูกออกซิไดซ์โดยมีออกซิเจนเข้ามาเกี่ยวข้อง ผลของกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ไขมันเกิด กลิ่นผิดปกติ วิตามินและกรดไขมันจะถูกทำลายโลหะ(โดยเฉพาะเหล็ก และทองแดง) และปัจจัยอื่นๆที่มีอิทธิพลต่อออโตออกซิเดชั่น นอกจากนี้ยังมีประเภทของไขมัน เนื่องจากไขมันที่ประกอบด้วยส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง จะง่ายต่อการเกิดออกซิเดชั่น ส่วนใหญ่แล้วอัตราการเกิดออโตออกซิเดชั่น จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ผลของความชื้นต่อการเกิด ในอาหารจะแตกต่างกันไปในแต่ละปฏิกริยาของอาหาร เช่น การเกิดสีน้ำตาลจากเอ็นไซม์ , กิจกรรมของเอนไซม์ และการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ที่ระดับ A_w ต่ำมากๆนั้น อาหารที่ประกอบด้วยไขมันไม่อิ่มตัวและสัมผัสกับออกซิเจน จะมีโอกาสเกิดการเหม็นหืนได้สูงปฏิกริยาดังกล่าว
จะเกิดที่ระดับ A_w ต่ำกว่าความชื้นที่ระดับ 0.3-0.5 ที่จุดนี้ อัตราการเกิดปฏิกริยาจะเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง intermediate moisture food range (IMF) ซึ่งจะคงที่ A_wที่มากที่สุดคือ 0.75

2.12 ผลของA_w ต่อปฏิกริยา Oxidation ในอาหาร

จุดประสงค์หลักของการถนอมอาหารและการเก็บรักษาอาหาร คือเพื่อรักษาผลิตภัณฑ์อาหารให้สะอาด และเป็นที่ยอมรับจนกว่าจะถึงมือผู้บริโภค สภาวะที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเป็นสิ่งสำคัญ ในการพิจารณาระยะที่เวลามากที่สุดที่อาหารจะคงสภาพอยู่ได้โดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงที่จะนำไปสู่การเสื่อมเสีย

การศึกษา โครงสร้างของออกซิเดชั่น จะเป็นประโยชน์ต่อการทำนายผลของความชื้นต่อระยะเวลาที่จะทำให้เกิด ออกซิเดทีฟแลนซิดิตี้ ที่ระดับ A_w ต่ำอาจยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การเสื่อมเสียเนื่องจากเอ็นไซม์ และการเสื่อมเสียเนื่องจากความชื้น ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำภายในน้อยสามารถยับยั้งการเหม็นหืน เนื่องจากการดูดซึมน้ำที่บริเวณผิวหน้าของอาหารสามารถป้องกันออกซิเจนจากการทำปฏิกริยากับไขมันได้แต่ที่ระดับA_wต่ำมากๆทำให้อาหารมีโอกาสเกิดออกซิเดทีฟแลนซิดิตี้ สูง ความชื้นที่เพิ่มขึ้นในอาหารจะสามารถยับยั้ง ออกซิเดทีฟแลนซิดิตี้

ค่า A_w ของผลิตภัณฑ์อาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ การศึกษาถึงระดับ A_w ที่เหมาะสมจะให้ประโยชน์ต่อการเก็บรักษาผลิภัณฑ์ ได้แก่ การใช้เทคนิคในการบรรจุแบบสุญญากาศ การลดการใช้ แอนติออกซิเดชั่น เจือปนในอาหาร

ในอาหารหลายๆชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ทำจากธัญพืชซึ่งจัดเป็นอาหารที่ไม่มีไขมัน คุณภาพการเก็บส่วนใหญ่จะขึ้นกับความต้านทานในการเกิด ออโตออกซิเดชั่น และสภาวะความชื้นของธัญพืช เพอร์รอกไซส์ ซึ่งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นที่สอง จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อผลิต

ภัณฑ์มีค่า A_w เป็น0.00 อย่างไรก็ดีถ้าค่า A_w เพิ่มขึ้นเป็น 0.18 หรือมากกว่านั้น อัตราการเกิดปฏิกริยาออกิเดชั่น จะเพิ่มขึ้นด้วย จากการ ทำนายโดยศึกษาระบบโครงสร้างซึ่งตัวอย่างจะมีค่า A_w ในระดับสูง (0.75) แต่มีความคงตัวน้อยกว่าตัวอย่างที่มีค่า A_w ต่ำกว่า

A_w ในช่วง 0.6-0.85 จะเกิดออโตออกซิเดชั่น อาหารประเภท IMF จะเกิด ออกซิเดทีฟ แลนซิดิตี้ ได้มากที่สุด วิธีแก้ปัญหาดังกล่าว คือการใช้สารป้องกันการเหม็นหืน และทำให้อาหารมีความชื้นที่ต่ำกว่าระดับ IMF (Karel,1974)

2.13 การเกิดการเหม็นหืนของไขมัน(Lipid Oxidation)

ไลปิดออกซิเดชั่น เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของไขมันและอาหารประเภทไขมัน เนื่องจากที่สามารถบริโภคได้นั้นประกอบด้วย ไตรกลีเซอร์ไรด์ การเสื่อมเสียดังกล่าวจะส่งผลทำลายวิตามิน A, D, E, K, และ C ทำลายกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย และการเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของไขมัน (Aurand และ Wood,1987)

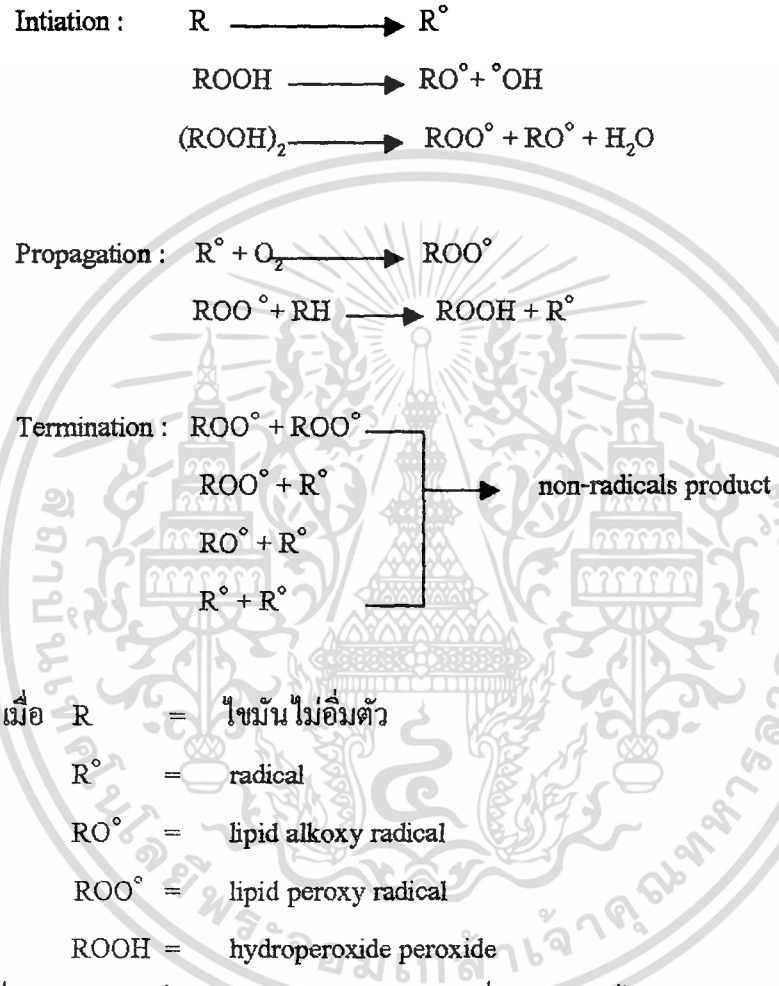
ปฏิกิริยา ไลปิดออกซิเดชั่น พบในอาหารที่ไม่อิ่มตัว และจัดเป็นตัวเร่งปฏิกริยาที่สำคัญด้วยตัวมันเอง ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกริยาจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเวลา ลักษณะที่สำคัญของ ออโตออกซิเดชั่นคือ

1. ปฏิกริยาลำดับที่หนึ่งเกี่ยวข้องกับ ไขมันไม่อิ่มตัว เอซิลกรุ๊ปและ ไฮโดรไลติคกรุ๊ปเกิดที่ตำแหน่ง α ซึ่งติดกับพันธะคู่ อัตราการเกิดปฏิกริยานั้นขึ้นกับปริมาณความไม่อิ่มตัวของ
2. เอซิลกรุ๊ป และปัจจัยอื่นๆ
3. อัตราการเกิดปฏิกริยาขึ้นกับความไม่อิ่มตัวของกรดไขมัน (degree of unsatulation)
4. โลหะ เช่น Co, Cu, Fe,และ Mn เป็นตัวเร่งปฏิกริยา ขณะที่ แอนติออกซิเดนซ์ เป็นตัวเร่งปฏิกริยาขณะที่ เอนติออกซิเดนซ์ เป็นตัวยับยั้งปฏิกริยา
5. อุณหภูมิเป็นตัวสำคัญในการเกิด ออโตออกซิเดชั่น อย่างไรก็ตามลักษณะผลที่เกิดขึ้นจะแตกต่างจากปฏิกริยาเคมีทั่วๆไป
6. ผลิตภัณฑ์หลักของ ออโตออกซิเดชั่น คือ ไฮโดรเพอร์รอกไซส์
7. ไฮ โดรเพอร์รอกไซ์ไม่ใช่สารที่ทำให้เกิดการเหม็นหืน แต่เนื่องจากเป็นสารที่ไม่เสถียรจึงสลายตัวให้ ผลิตภัณฑ์ขั้นที่สอง ซึ่งเป็นอนุพันธ์ที่ทำให้เกิดการเหม็นหืน และปฏิกริยาต่อไปมากมาย เช่น ไลปิดออกซิเดชั่น และการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ ไลปิดออกซิเดชั่น จะเกิดในเมล็ดถั่วและธัญพืช ส่งผลให้เกิดการเสื่อมเสียระหว่างการเก็บรักษา การงอกและชะลอการเจริญเติบโต โดยผลิตภัณฑ์ลำดับที่สองที่เกิดขึ้นจะยับยั้งการงอกของ เมล็ดการศึกษาส่วนใหญ่นั้นมักจะวัดปริมาณการลดลงของไขมันมากกว่าวัดปริมาณ ไฮโดรเพอร์รอกไซส์ เมล็ดจะถูกเร่งโดยการเก็บที่สภาวะต่างๆมากกว่าการเก็บที่สภาวะตามธรรมชาติซึ่งไม่เหมือนกันแต่การรายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณ

กรดไขมันลดลงอาจทำให้เกิดการเข้าใจผิดมากถ้าหากปริมาณเริ่มต้นของกรดดังกล่าวก่อนการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันมีน้อยมาก(Clarkและ Snyder,1991)

2.14 กลไกการเกิด การเหม็นหืนของไขมัน (Lipid Oxidation)

กลไกของ radicals อิสระในกระบวนการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน



เมื่อ R = ไขมันไม่อิ่มตัว

R° = radical

RO° = lipid alkoxy radical

ROO° = lipid peroxy radical

ROOH = hydroperoxide peroxide

รูปที่2.4 แสดงกลไกการเกิดปฏิกริยา ออกซิเดชั่น ของกรดไขมัน

ที่มา : (Karel,1994)

2.15 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการเหม็นหืนของไขมัน(Lipid Oxidation)

2.15.1 องค์ประกอบของกรดไขมัน

จำนวน ตำแหน่ง และการจัดเรียงตัวของพันธะคู่นั้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่น โดยอัตราส่วนในการเกิด ออกซิเดชั่นสำหรับ อลาชิโดลิค,ลิโนเลนิค, ลิโอเลอิคและโอเลอิค มีค่าประมาณ 40: 20:10:1 ตามลำดับ และการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่น ที่บริเวณ ซิสส์เอซิสจะมีความสำคัญมากกว่าบริเวณ ทรานไอโซเมอร์พันธะคู่ที่เกิดการคอนจูเกตจะเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นได้ มากกว่าพันธะคู่ที่ไม่มีการคอนจูเกตอย่างไรก็ตามจำนวนกรดไขมันไม่อิ่มตัวไม่สำคัญเท่ากับการอิ่มตัวภายในโมเลกุล ไขมันที่มีปริมาณ กรดลิโนเลนิคสูง (triple bond)จะส่งผลให้เกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นไขมันที่มีปริมาณ กรดโอเลอิคมาก (Aurand,1987)

โดยปกติการเกิด ออโตออกซิเดชั่นของกรดไขมันอิ่มตัวนั้นจะดำเนินไปอย่างช้ามากที่อุณหภูมิห้อง โดยในขณะที่ไขมันไม่อิ่มตัวได้เกิด ออกซิเดทีฟแลนซิดิตี้ ขึ้นแล้วนั้น การเกิดปฏิกริยา ออกซิเดชั่น ของกรดไขมันอิสระยังคงเกิดในอัตราที่ต่ำมากแต่ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงๆนั้นกรดไขมันอิสระจะมีอัตราการเกิด ปฏิกริยา ออกซิเดชั่น สูงขึ้นมาก พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส

2.15.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกรดไขมันอิสระกับ เอซิลกลีเซอรอล

กรดไขมันมักอยู่ในรูปอิสระมีอัตราการเกิดปฏิกริยา ออกซิเดชั่นมากกว่าเมื่อจับด้วยพันธะเอสเทอร์กับ กลีเซอรอล เล็กน้อย และการเรียงตัวอย่างกระจัดกระจายของโมเลกุลกรดไขมันอิสระในธรรมชาตินั้นจะช่วยลดอัตราการเกิดปฏิกริยา ออกซิเดชั่นได้

การที่ไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันอิสระในปริมาณน้อยนั้นไม่มีผลต่อความเสถียรของปฏิกริยา ออกซิเดชั่น แต่อย่างไรก็ตามในน้ำมันที่ผลิตทางการค้าบางชนิดซึ่งมี กรดอิสระอยู่จำนวนมากๆนั้นจะส่งผลให้เกิดการจับตัวกับคะตะไลส์ติคฟรีเลดิคอลที่มาจากอุปกรณ์ ทำให้อัตราการเกิดไลปิดออกซิเดชั่นสูงขึ้นด้วย(Fennema,1985)

2.15.3 สภาวะการเก็บ

อุณหภูมิ : โดยทั่วไปอัตราการเกิดปฏิกริยา ออกซิเดชั่น จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยปัจจัยอุณหภูมินี้มีความสำคัญต่อผลของแรงดัน ออกซิเจนที่มีผลต่อการเกิด ออกซิเดชั่น ซึ่งถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นขณะที่ความเข้มข้นของออกซิเจนเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกริยาลดลง เนื่องจากความสามารถในการละลายของออกซิเจนจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ค่าความชื้น และค่า Water Activity (A_w): การเสื่อมเสียของไขมันเกิดที่ระดับ A_w ต่ำ ซึ่งมักจะเกิดกับผลิตภัณฑ์ที่มาจากธัญพืชเนื่องจากเอนไซม์ไลเปสที่ไม่ต้องการน้ำในกิจกรรมของเอนไซม์ ไฮโดรไลติคแลนซิดิตี้เกิดที่ความชื้นต่ำถึงร้อยละ5ในแป้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีเอ็นไซม์ไลพอกซีจีเนส (Lipoxygenase)เป็นตัวเร่งนั้นจะเกิดที่ระดับA_wต่ำมาก(0.25) อย่างไรก็ตาม ปฏิกริยาจะเกิดน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมากส่วนการเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกริยานอนเอ็นไซม์เมติกอ๊อกซิเดชั่นนั้นจะเกิดเล็กน้อยในผลิตภัณฑ์ธัญพืชที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ5 ความชื้นสามารถยับยั้งการดูดซับออกซิเจนได้

2.15.4 ขนาดอนุภาค (Particle size) หรือ พื้นที่ผิว (Surface Area)

มีการรายงานถึงผลกระทบของอนุภาคต่อไฮโดรไลติคแลนซิดิตี้ เป็นจำนวนมากพร้อมกับออกซิเดทีฟแลนซิดิตี้ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถสัมผัสกับออกซิเจนบนไขมันได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อสัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ออกซิเจนลดแรงดันที่เข้าทำปฏิกริยานั้น ส่งผลน้อยมากต่อการลดลงของอัตราการเกิดปฏิกริยา ออกซิเดชั่น โดยใน อิมัลชั่น ชนิด น้ำมันในน้ำนั้นจะมีค่าขึ้นกับอัตราการแพร่ของออกซิเจนเข้าสู่ส่วนของน้ำมัน (Galliard,1994)

2.15.5 คุณภาพของวัตถุดิบ

เมล็ดที่ไม่สมบูรณ์หรือปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายไขมันได้นั้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพลดลง เมล็ดที่มีความชื้นสูงก่อนการเก็บจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเหม็นหืนได้ง่าย เช่น การปนเปื้อนเชื้อราในแป้ง จะเกิด โซฟปี้

1.15.6 สภาวะการแปรรูป

การใช้สารยับยั้งเพื่อป้องกันการเหม็นหืนเนื่องจากเอนไซม์ในอาหารนั้นเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงมักใช้ความร้อนในการหยุดกิจกรรมของเอนไซม์ อย่างไรก็ตามจากเหตุผลที่ได้กล่าวไปแล้ว สภาวะที่ให้จะต้องมีประสิทธิภาพในการทำลายเอ็นไซม์แต่ต้องไม่รุนแรงมากเพื่อป้องกันการเหม็นหืนเนื่องจาก ไลปิดออกซิเดชั่นที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ ในบางกรณีการใช้ความร้อนจะทำลายคุณสมบัติบางประการ เช่น การสูญเสียสมบัติของกลูเตนใน โดของแป้ง (Galliard,1994)

บทที่ 3
วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1วัตถุดิบ

ข้าวกล้องสองสายพันธุ์ คือ ข้าวหอมมะลิ และข้าวขาวตาแห้ง

3.2อุปกรณ์ในการทดลอง

1. Vibration mixer . SCIENTIFIG INDUSTRES,INC รุ่น K-550-GE (สหรัฐอเมริกา)
2. Spectophotometer . VITATRON . VITIAL SCIENTIFIC . NETHERLAND, รุ่น 6-265
3. Autoclave . TOMY SEIKI CO,LTD. TOKYO. JAPAN. รุ่น SS-320 (ญี่ปุ่น)
4. Centifuge. A.L.C. INTERNATIONAL S.R.L รุ่น T42K (อิตาลี)
5. Hot air oven. WTB BINDER รุ่น E-53 (เยอรมัน)
6. เครื่องชั่งสาร รุ่น PT -210 Scienitific Promotion Co.Ltd .เยอรมัน
7. Tube
8. Rack
9. Pipett 0.1, 1, 2, 5 ml
10. Beaker
11. Restch miller with sieve 200 mesh (0.075mm) (Restch miller) F.Kurt Restch GMbH (เยอรมัน)
12. Volumetric flask 10, 100, 500 ml
13 Cylender
14. Separating funnel
15. What man No 40
16. Blender
17. Aluminium can

96456

3.3 สารเคมี

1. สารละลายโปรแตสเซี่ยมไฮดรอกไซด์ (KOH) 10 N
2. สารละลายไฮโดรคลอริก (HCL) 0.5 N
3. สารละลายไอโอดีน (ไอโอดีน 1 กรัม และ โปแตสเซี่ยมไอโอไดด์ 4 กรัมเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มล.)

3.4ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

การทดลองนี้ เป็นการทดลองที่นำข้าวกล้องมาผ่านอุโมงค์ไอน้ำ 95 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานาน 30 นาที และนำมารมด้วยไอแอลกอฮอล์ 50% เป็นระยะเวลา 5,10 และ15 นาที และมีรหัสที่ใช้ในการทดลอง คือ

00 หมายถึง ข้าวตัวอย่างที่ผ่านไอน้ำ

05 หมายถึง ข้าวตัวอย่างที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์เป็นระยะเวลา 5 นาที

10 หมายถึง ข้าวตัวอย่างที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์เป็นระยะเวลา 10 นาที

15 หมายถึง ข้าวตัวอย่างที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์เป็นระยะเวลา 15 นาที

ม หมายถึง ข้าวหอมมะลิ

ข หมายถึง ข้าวขาวตาแห้ง

$_1$ หมายถึง การทดลองครั้งที่ 1

$_2$ หมายถึง การทดลองครั้งที่ 2

ตัวอย่างเช่น ม$_1$05 หมายถึงข้าวหอมมะลิที่ผ่านอุโมงค์ไอน้ำ แล้วจึงนำไปผ่านการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ เป็นระยะเวลา 5 นาที ของการทดลองครั้งที่ 1

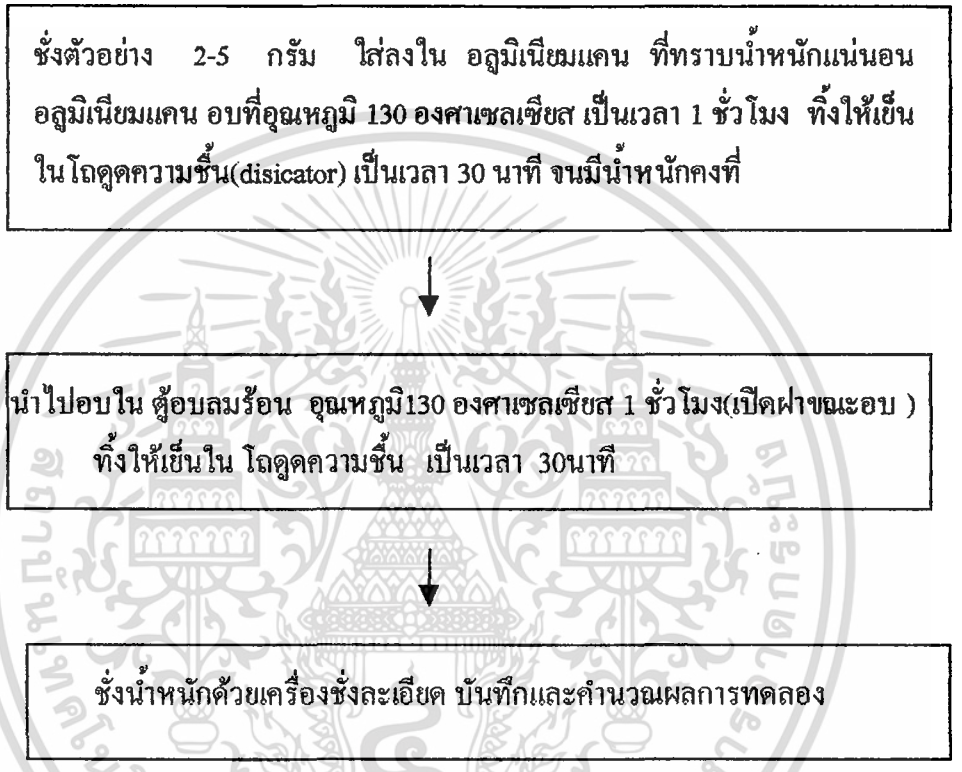
3.4.1ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

น้ำหนักข้าวเริ่มต้น	500	กรัม
ปริมาณน้ำที่ใช้	150	กรัม

การเตรียมข้าวตัวอย่างในการทดลองโดยการนำข้าว500กรัมมากลี่ยบนตะแกรงไม้ขนาด 11 x 24 นิ้ว แล้วฉีดพ่นน้ำลงบนข้าวโดยใช้ปริมาณน้ำ 150 กรัม นำตะแกรงผ่านอุโมงค์ไอน้ำตาม

ระยะเวลาและอุณหภูมิที่กำหนดแล้วนำข้าวตัวอย่างมารมไอแอลกอฮอล์ ที่เวลา 5, 10และ 15 นาที เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด นำข้าวตัวอย่างบรรจุถุงพลาสติกปิดผนึกให้สนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

3.4.3 วิธีการวิเคราะห์หาความชื้น

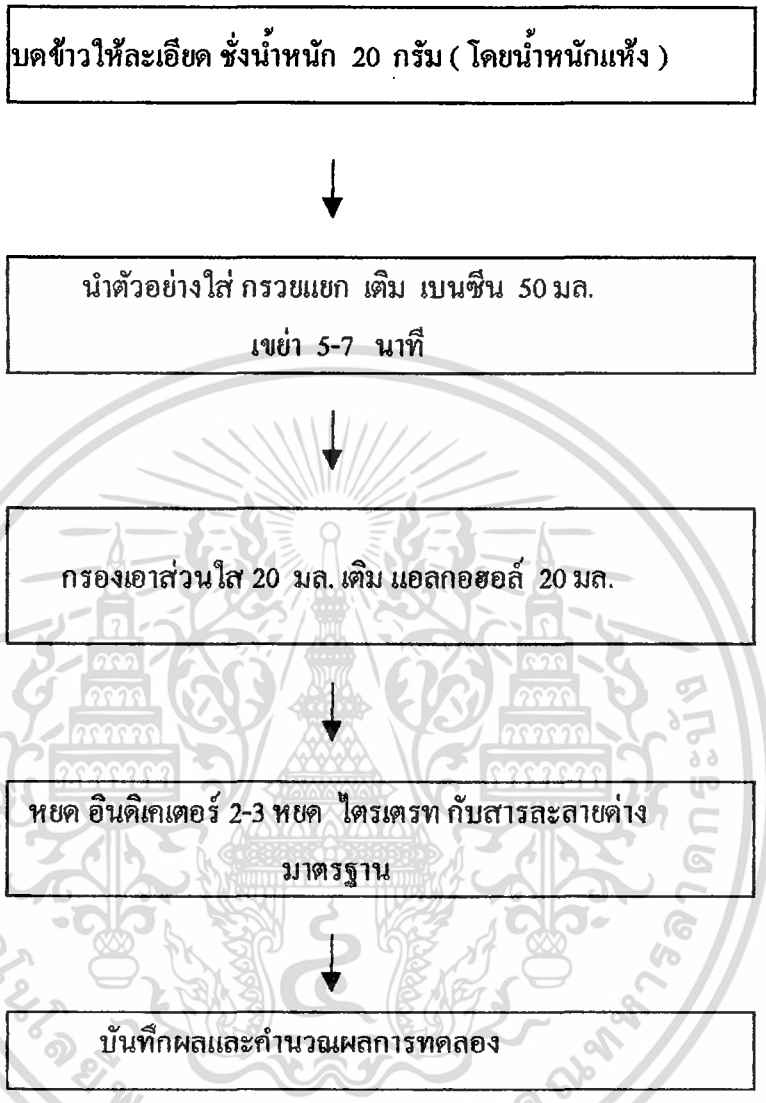


รูปที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

ที่มา : AOAC ,1975

การคำนวณ % ความชื้น(MC) = $\frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักสุดท้ายหลังอบ}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$

3.4.3การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระ



รูปที่3.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ

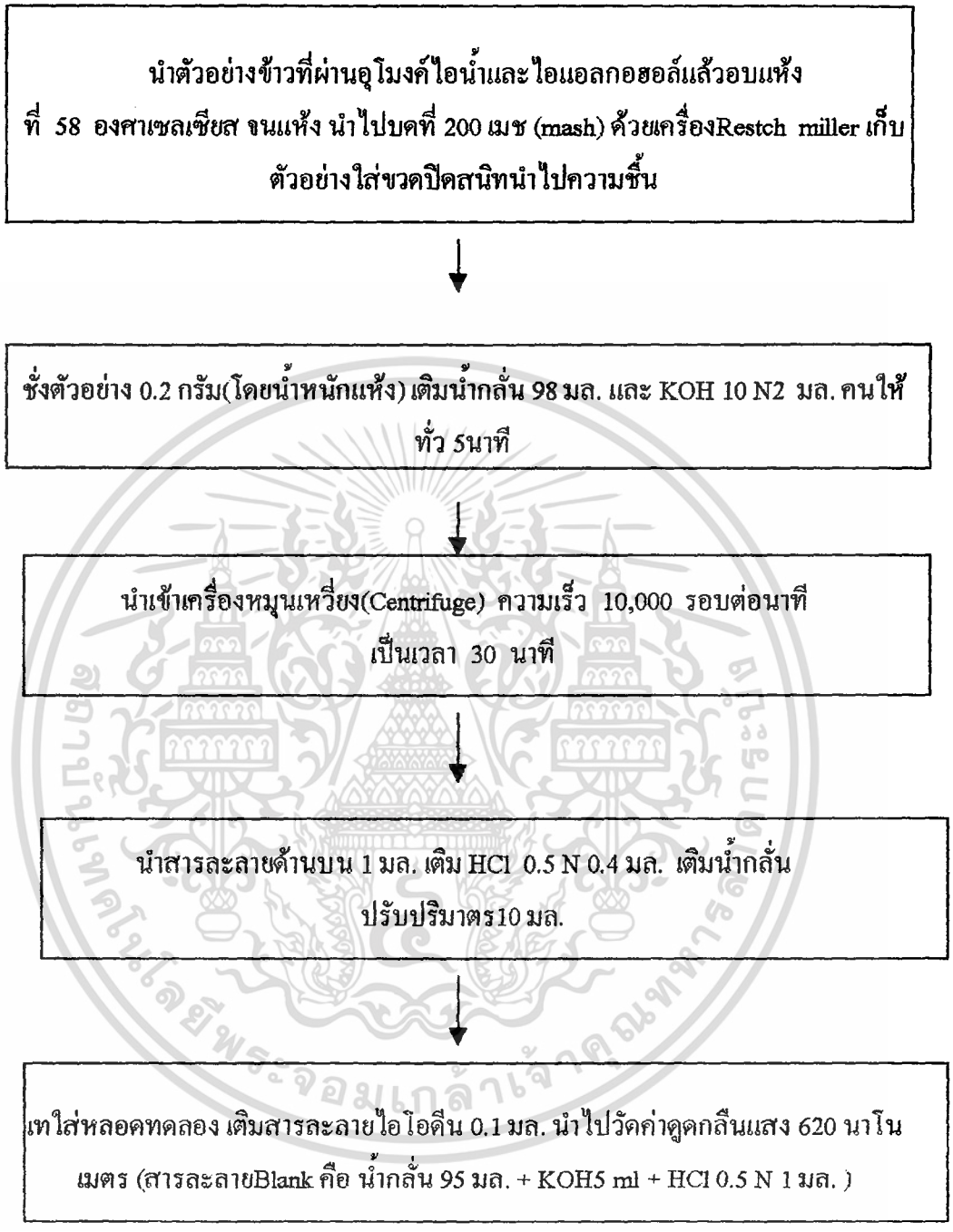
ที่มา : AOAC ,1975

การคำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระ(%FFA) = $\frac{\text{Normal KOH} * \text{ml of Std. KOH} * 28.2 * 2.5}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

หมายเหตุ ml of Std. KOH คือ ml ที่ได้จากการไตรเตรท - ml blank

15473

3.4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณการเกิดเจลาติไนส์

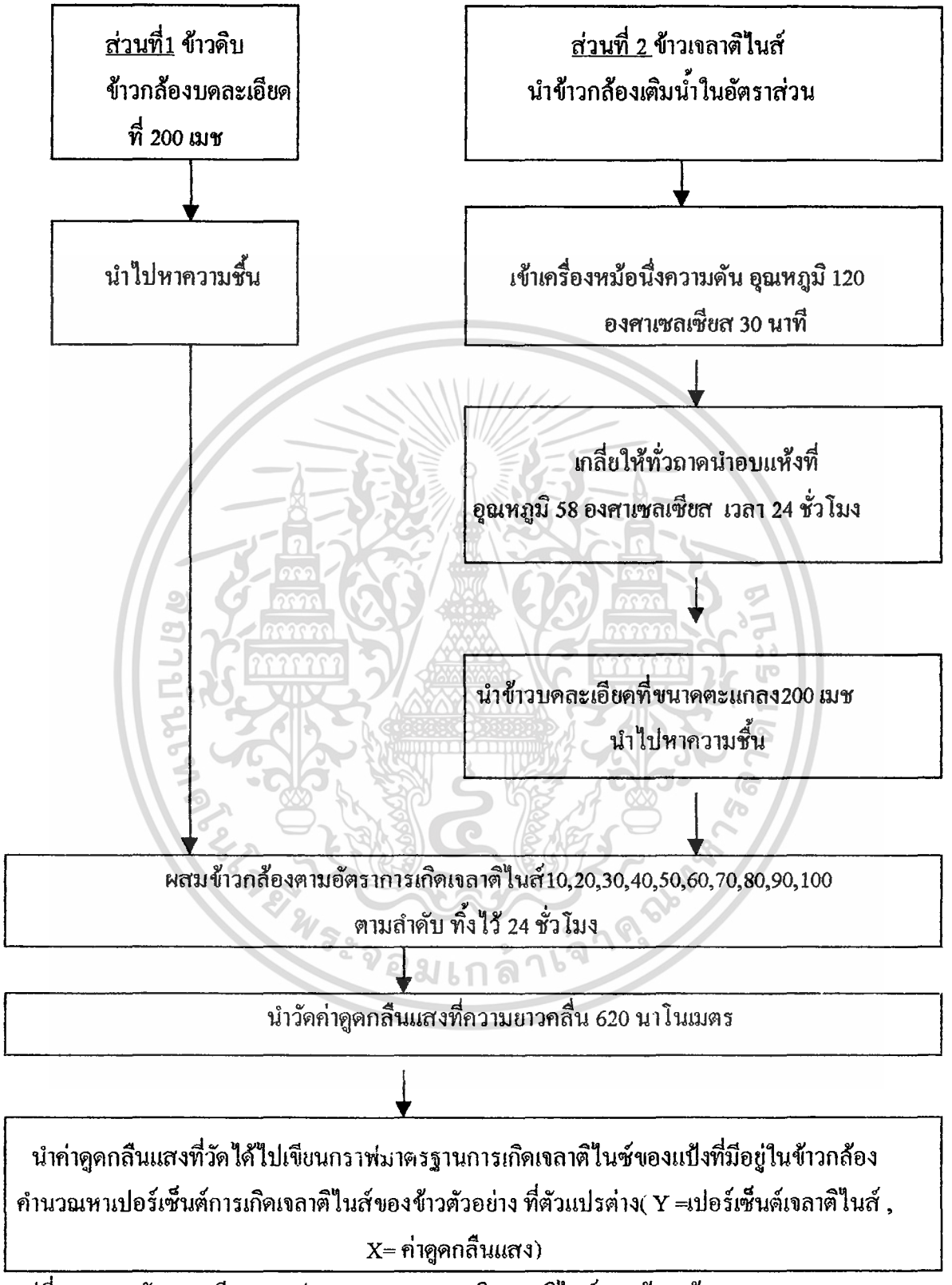


รูปที่3.3 วิธีวิเคราะห์ปริมาณการเกิดเจลาติไนส์

ที่มา ; Brich and Priestly ,1973

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง

3.4.5 แผนผังการเตรียม กราฟมาตรฐานของการเจลาติไนส์ของข้าวกล้อง



รูปที่3.4 แผนผังการเตรียม กราฟมาตรฐานของการเกิดเจลาติไนส์ของข้าวกล้อง

ที่มา: Brich and Priesrly (1973)

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้น MC(%)ของข้าวหอมมะลิดิบ (control) เปรียบเทียบกับข้าวหอมมะลิที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา5,10 และ15 นาที หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5วัน

รหัสข้าว	MC(%)			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
$ม_1$ ข้าวดิบ	11.23	11.23	11.35	11.27
$ม_2$ข้าวดิบ	11.54	11.39	11.47	11.46
$ม_1$00	25.31	24.79	24.64	24.91
$ม_2$00	24.14	24.73	24.72	24.53
$ม_1$05	24.18	24.40	25.87	24.82
$ม_2$05	26.17	23.03	23.84	24.34
$ม_1$10	24.52	24.36	24.19	24.36
$ม_2$10	25.80	25.61	23.24	24.88
$ม_1$15	24.92	25.32	24.47	24.90
$ม_2$15	24.67	23.78	24.78	24.41

ตารางที่ .2 ปริมาณความชื้น MC(%) ของข้าวขาวตาแห้งดิบ(control) เปรียบเทียบกับข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5วัน

รหัสข้าว	MC(%)			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้ง 3	
ข$_1$ดิบ	11.59	11.20	11.09	11.29
ข$_2$ดิบ	11.65	11.61	11.33	11.53
ข$_1$00	24.27	24.87	23.22	24.12
ข$_2$00	24.45	23.93	25.55	24.64
ข$_1$05	24.52	24.78	23.68	24.36
ข$_2$05	25.47	23.79	24.49	24.58
ข$_1$10	24.65	25.33	24.56	24.85
ข$_2$10	24.44	23.78	23.38	23.87
ข$_1$15	25.21	24.69	24.74	24.88
ข$_2$15	24.82	23.48	23.33	23.87

ตารางที่ 3 ปริมาณกรดไขมันอิสระ FFA(%)ของข้าวหอมมะลิดิบ(control) เปรียบเทียบกับข้าว หอมมะลิที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10 และ 15 นาที หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

รหัสข้าว	FFA(%)			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
$ม_1$ดิบ	0.3281	0.3586	0.3634	0.3500
$ม_2$ดิบ	0.3330	0.3544	0.3741	0.3538
$ม_1$00	0.3015	0.3215	0.3344	0.3191
$ม_2$00	0.3012	0.3212	0.3422	0.3222
$ม_1$05	0.2451	0.2612	0.3029	0.2697
$ม_2$05	0.2445	0.2627	0.3022	0.2698
$ม_1$10	0.2318	0.2503	0.2916	0.2579
$ม_2$10	0.2304	0.2509	0.2907	0.2573
$ม_1$15	0.2276	0.2503	0.2903	0.2516
$ม_2$15	2290	0.2512	0.2855	0.2562

ตารางที่4. ปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวขาวตาแห้งดิบ(control)เปรียบเทียบกับข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10 และ 15 นาที หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

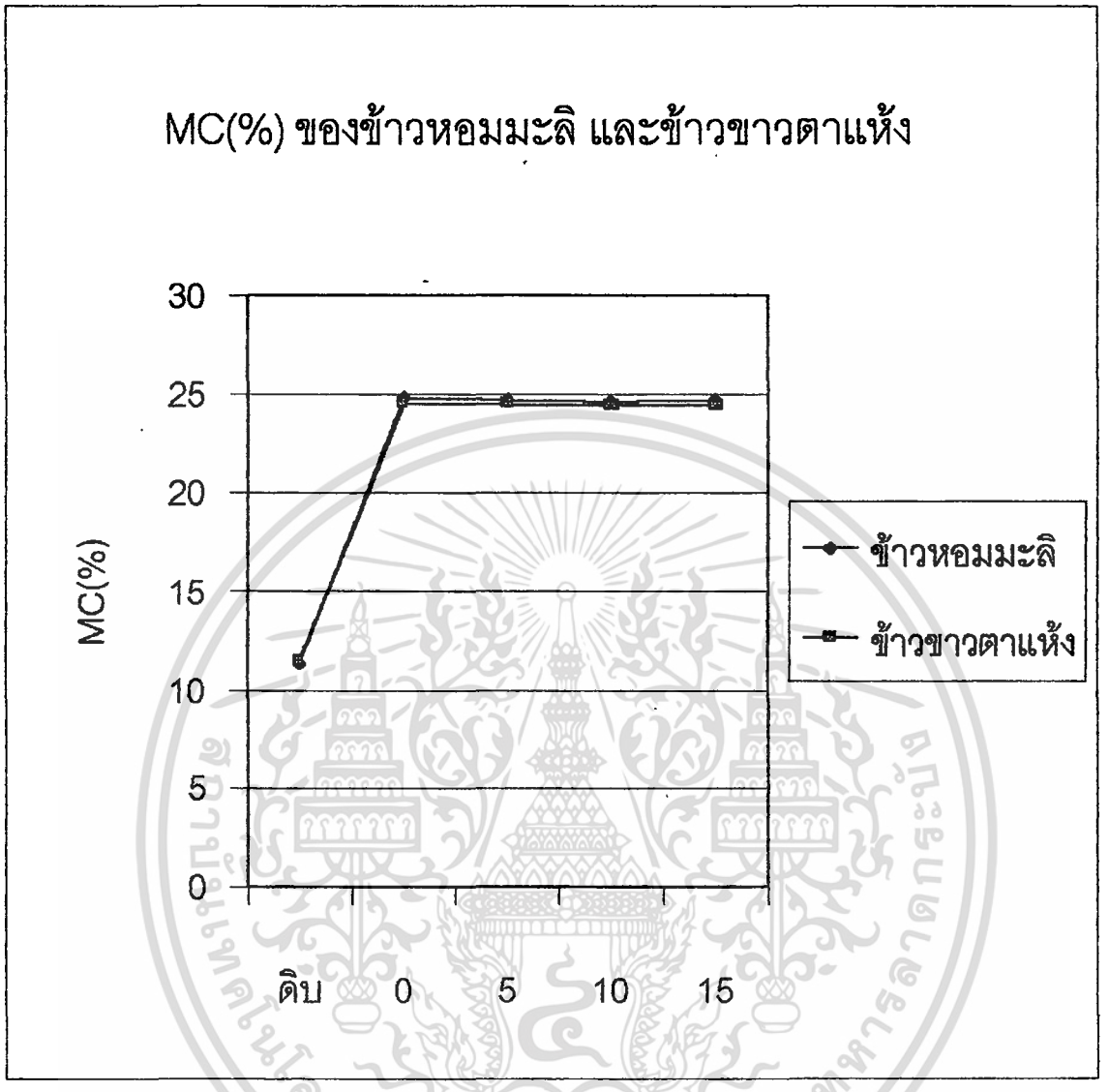
รหัสข้าว	FFA (%)			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ข$_1$ดิบ	0.2350	0.2419	0.2474	0.2414
ข$_2$ดิบ	0.2326	0.2402	0.2504	0.2401
ข$_1$00	0.1223	0.1265	0.1350	0.1279
ข$_2$00	0.1217	0.1253	0.1294	0.1421
ข$_1$05	0.1126	0.1155	0.1196	0.1159
ข$_2$05	0.1139	0.1157	0.1208	0.1168
ข$_1$10	0.1141	0.1178	0.1219	0.1179
ข$_2$10	0.1147	0.1183	0.1232	0.1187
ข$_1$15	0.1187	0.1197	0.1282	0.1222
ข$_2$15	0.1187	0.1202	0.1291	0.1227

ตารางที่ 5 ปริมาณการเกิดเจลาติไนส์ DG(%) ของข้าวหอมมะลิที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10 และ15นาที

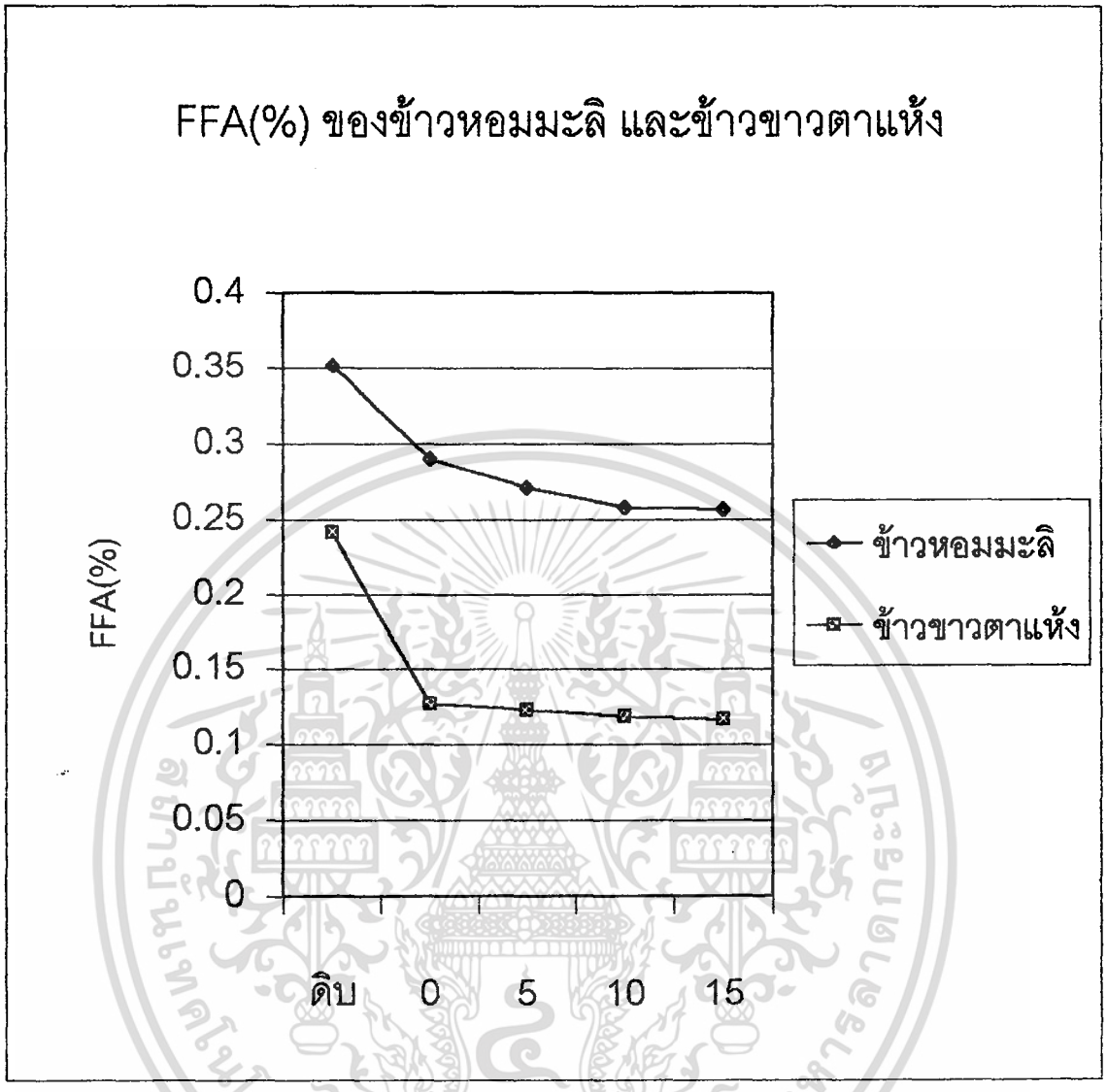
รหัสข้าว	DG(%)
ม$_1$00	57.97
ม$_2$00	60.11
ม$_1$05	59.04
ม$_2$05	56.90
ม$_1$10	57.97
ม$_2$10	60.11
ม$_1$15	60.11
ม$_2$15	60.11

ตารางที่ 6 ปริมาณการเกิดเจลาติไนส์DG(%)ของข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที

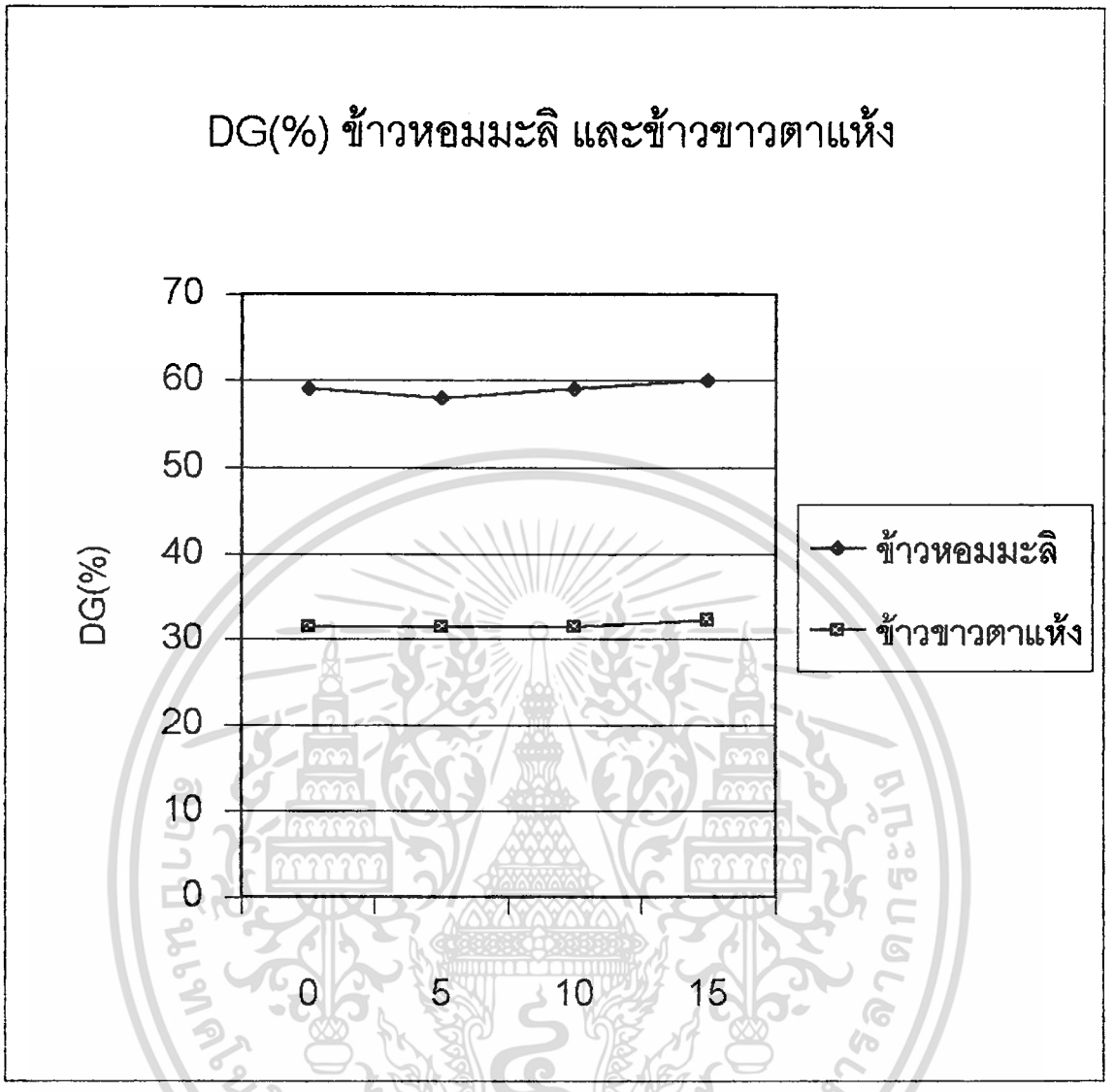
รหัสข้าว	DG(%)
ข$_1$00	30.66
ข$_2$00	32.11
ข$_1$05	30.66
ข$_2$05	32.11
ข$_1$10	31.38
ข$_2$10	31.38
ข$_1$15	32.47
ข$_2$15	32.11



<u>รูปที่ 4.1</u> กราฟแสดงปริมาณความชื้นของข้าวหอมมะลิ และข้าวขาวตาแห้งดิบ,ข้าวที่ผ่านไอน้ำ และข้าวที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณ FFA(%) ของข้าวหอมมะลิ และข้าวขาวตาแห้งดิบ, ข้าวที่ผ่านไอน้ำ และข้าวที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5 ,10 และ 15 นาที



<u>รูปที่4.3</u> กราฟแสดงปริมารณการเจลาติไนส์ ของข้าวหอมมะลิ และข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที

4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง เพื่อศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีผลต่อการเกิดเจลาติไนส์(Degree of gelatinization , DG (%)) การเปลี่ยนแปลงกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid , FFA (%)) และการดูดซึมน้ำ(Water absorbtion , WA (%)) ของข้าวกล้อง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวหอมมะลิและ ข้าวขาวตาแห้ง ด้วยการนำข้าวกล้อง 2 สายพันธุ์ มาผ่านไอน้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที แล้วจึงนำมารมไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที

1.เมื่อพิจารณาข้าวกล้อง 2 สายพันธุ์

1.1 การเปรียบเทียบปริมาณการดูดซึมน้ำ WA(%) ของข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า ปริมาณ WA(%) ที่มากที่สุด คือ ข้าวหอมมะลิ ที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5 นาที มีปริมาณ WA(%) เท่ากับ 24.72 %

ปริมาณ WA(%)ที่น้อยที่สุด คือ ข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 10 นาที มีปริมาณ WA(%) เท่ากับ 24.36 %

จากการเปรียบเทียบข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ จะเห็นได้ว่า ปริมาณ WA(%) ของข้าวกล้องทั้งสองสายพันธุ์มีปริมาณใกล้เคียงกัน เนื่องจากว่าข้าวหอมมะลิ ถึงแม้จะมีปริมาณอะไมโลเพคตินมากกว่า แต่เมื่อได้รับความร้อนแป้งจะเกิดการพองตัว จะเริ่มเกิดขึ้นที่บริเวณอสัญฐาน(amorphous) ของแป้งพันธะไฮโดรเจนจะอ่อนตัวลง จะมีน้ำมาเกาะมากขึ้น

1.2 การเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระ FFA(%) ของข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า ปริมาณ FFA(%) มากที่สุด คือ ข้าวหอมมะลิที่ผ่านไอน้ำ มีปริมาณ FFA(%) ท่ากับ 0.2895 %

ปริมาณ FFA(%) น้อยที่สุด คือ ข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะ 15นาที มีปริมาณ FFA(%) เท่ากับ 0.1124 %

จากการเปรียบเทียบข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ จะเห็นได้ว่าปริมาณ FFA(%) ของข้าวกล้องหอมมะลิมีค่าสูงกว่าข้าวกล้องขาวตาแห้ง เนื่องจาก ข้าวกล้องหอมมะลินั้นได้ผ่านการกระเทาะเอาเปลือกออกมาก่อน ข้าวกล้องขาวตาแห้ง ทำให้ปริมาณ FFA ของข้าวกล้องหอมมะลิมีปริมาณสูงกว่าข้าวกล้องขาวตาแห้ง นอกจากนี้ในการทดลองจะพบว่าเมื่อระยะเวลาในการรมไอแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณของFFA(%)ลดลง ดังนั้นจึงพบว่าข้าวหอมมะลิที่เริ่มต้นการรมไอแอลกอฮอล์ที่ 5 นาทีจึงมีค่า FFA(%) ที่สูงกว่าข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่เวลา 15 นาที

1.3 การเปรียบเทียบปริมาณการเกิดเจลาติไนส์ DG(%) ของข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า

ปริมาณ DG(%) มากที่สุด คือ ข้าวหอมมะลิ ที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 15 นาทีมีปริมาณ DG(%) เฉลี่ยเท่ากับ 60.11 %

ปริมาณ DG(%) น้อยที่สุด คือ ข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำ และข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5นาที และ10 นาที มีปริมาณDG(%) เฉลี่ยเท่ากับ 31.38 %

จากการเปรียบเทียบข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ จะเห็นได้ว่า ปริมาณ DG(%) ของข้าวหอมมะลิสูงกว่าข้าวขาวตาแห้ง เนื่องจากว่าข้าวหอมมะลิมีปริมาณอะไมโลเพคตินที่สูงกว่า เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการพองตัวและเจลาติไนส์ได้ง่าย

2 การเปรียบเทียบโดยการทดสอบทางสถิติโดยรวมของข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์

2.1การทดสอบทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณ WA(%) พบว่า ข้าวหอมมะลิและข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10 และ15นาที ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2.2 การทดสอบทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณ FFA(%) พบว่า ปริมาณ FFA (%) ของข้าวหอมมะลิและข้าวขาวตาแห้งจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยพบว่า เมื่อใช้เวลาในการรมไอแอลกอฮอล์ที่เหมาะสม คือ10 และ15 นาที ข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 นาที จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ FFA(%) ไม่มากนัก และข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 10 และ 15 นาที เปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำ ทำให้ปริมาณ FFA(%) ของข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2.3 การทดสอบทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณ DG(%) พบว่าปริมาณDG(%)ของข้าวหอมมะลิและข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำและข้าวที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา5,10 และ 15นาที ไม่ทำให้การเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติของข้าวกล้องในแต่ละสายพันธุ์ พบว่า

3.1 ข้าวหอมมะลิ

3.1.1ค่าWA(%)พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำและข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที จะมี WA(%) ในปริมาณที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3.1.2 ค่า FFA(%)พบว่า ข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำและข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วย

ไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ 15 นาที จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยระยะเวลาในการรมไอแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น จะทำให้ ปริมาณ FFA (%) ลดลงตามลำดับ

3.1.3ค่าDG(%) พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำและข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยเมื่อเวลาในการรมไอแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ปริมาณ DG(%) เปลี่ยนแปลงมากนัก

3.2 ข้าวขาวตาแห้ง

3.2.1ค่าWA(%) พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำและข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที จะมีค่า WA(%) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2.2 ค่า FFA (%) พบว่า ข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำ และข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10และ15 นาที มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยระยะเวลาในการรมไอแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น ปริมาณ FFA(%) จะลดลงตามลำดับ

3.2.3ค่า DG(%) พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำ และข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำร่วมกับรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10และ15 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยเมื่อเวลาในการรมไอแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ปริมาณ DG(%) เปลี่ยนแปลงมากนัก

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองใช้ข้าวกล้อง 2 สายพันธุ์ คือข้าวหอมมะลิและข้าวขาวตาแห้ง เพื่อศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีต่อการดูดซึมน้ำ การเปลี่ยนแปลงกรดไขมันอิสระ และการเกิดเจลาติไนส์ของข้าวกล้อง 2 สายพันธุ์

ผลต่อการดูดซึมน้ำ (WA(%)) จากการทดลองพบว่า ข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที ปริมาณการดูดซึมน้ำจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และจากการเปรียบเทียบระหว่างข้าวหอมมะลิและขาวตาแห้ง จะพบว่าปริมาณการดูดซึมน้ำของข้าวหอมมะลิและข้าวขาวตาแห้งจะไม่แตกต่างกันมากนัก ถึงแม้ว่าโครงสร้างของเมล็ดข้าวหอมมะลิจะประกอบอะไมโลเพคตินมากกว่าเมื่อได้รับความร้อนแป้งจะเกิดการพองตัว เม็ดแป้งจะเริ่มเกิดขึ้นบริเวณส่วนอสัญฐาน (amorphous) ของแป้งพันธะไฮโดรเจนจะอ่อนตัวลงจะมีน้ำมาเกาะบริเวณอสัญฐานมากขึ้น

ผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA(%)) จากการทดลองจะพบว่าไอแอลกอฮอล์จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระ กล่าวคือ ปริมาณกรดไขมันอิสระจะลดลงเมื่อเวลาในการรมไอแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก ไอแอลกอฮอล์จะช่วยทำให้ข้าวกล้องมีความคงตัว เมื่อข้าวกล้องที่ผ่านการรมไอแอลกอฮอล์ ไอแอลกอฮอล์จะปรับสภาพให้ข้าวกล้องมีความคงตัวและมีความเสถียรภาพต่อการสูญเสียที่เกิดจากปฏิกริยาออกซิเดชั่นของไขมัน และจากการทดสอบข้อมูลทางสถิติ จะพบว่า ข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์มีปริมาณกรดไขมันอิสระที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมไอแอลกอฮอล์ คือ 10 และ 15 นาที

ผลต่อปริมาณการเกิดเจลาติไนส์(DG(%)) จากการทดลองพบว่าข้าวกล้องที่ผ่านไอน้ำ และไอน้ำร่วมกับการรมไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 10 และ15นาที ปริมาณการเกิดเจลาติไนส์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กล่าวคือ ไอแอลกอฮอล์ไม่มีผลต่อการเกิดเจลาติไนส์ และจากการเปรียบเทียบระหว่างข้าวหอมมะลิและข้าวขาวตาแห้ง พบว่าข้าวหอมมะลิมีปริมาณ DG(%) ที่สูงกว่าข้าวตาแห้ง เนื่องจากข้าวหอมมะลิจะมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยอะไมโลเพคตินที่มากกว่าข้าวขาวตาแห้ง และสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่าเมื่อได้รับความร้อนที่เหมาะสมจึงทำให้เกิดการสุกได้มากกว่า จากการทดลองใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

(KOH) ที่เติมลงไปจะไปละลายแป้งส่วนที่เกิดการเจลาติไนส์ออกมา ซึ่งข้าวหอมมะลิจะประกอบของอะไมโลสที่น้อยกว่าข้าวขาวตาแป้ง คือมีปริมาณอะไมโลเพคตินมากกว่า เมื่อได้รับความร้อนและมีปริมาณน้ำที่เหมาะสม จึงทำให้ได้ค่า DG(%) ที่ได้มีค่าสูงขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองศึกษาผลของไอน้ำและไอแอลกอฮอล์ที่มีผลต่อข้าวกล้อง จะสามารถนำไปปรับปรุงเป็นกระบวนการร่วมในการแปรรูปข้าวกล้อง และ ใช้เป็นแนวทางในการเก็บรักษาข้าวกล้องให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

นงสุดา บุนนาค และรณภูมิ มรุตัณฑ์ . 2539. การศึกษาเบื้องต้นผลของปริมาณความชื้นต่อการประเมินคุณภาพของข้าวกล้องและถั่วเหลือง. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 88 หน้า.

นิศา ตรีภัทรชยากร และสุภาพร จิตรประภาภรณ์ . 2538. คุณสมบัติของข้าวเจ้าและข้าวเหนียว เพื่อใช้ในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์แบบสกรูคู่ . ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง .106 หน้า.

ละม้ายมาศ ขาวไชมหา . 2525. การเปรียบเทียบองค์ประกอบและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของข้าว กข. บางพันธ์ที่มีปลูกในแหล่งต่างกัน.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาเกษตรศาสตร์ . 45 หน้า.

วิโรจน์ ณ.ระนอง และอัมมาร สยามวาลา . 2533. ประมวลความรู้เรื่องข้าว . กรุงเทพมหานคร. สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย.436 หน้า

วุฒิชัย นาครักษา.2535.เทคโนโลยีชัญพืช.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 198 หน้า

Abrahum,C. and.Bernard,H.1967,Biochemistry.Fourth.edition by the Chemical Co,Ltd.427

AOAC.1975.Official Method of Analysis . 12th . edition. ed. by W. Horwitz, Association of Official Chemists , Washington D.C. USA. 327 P.

Aurand. W. Leaonard. A. Edwin Wood, and marion R. wells. 1987. Deterioration of fats. *In* Food composition and Analysis. Van Nostrand Reinhold, New York. pp. 204-207.

Brich, G.G. and . Priestly R.J.,1973.Degree of Gelatinization of Cook Rice.Die starke 25(3) : pp.98-100.

Champagne, E.T. and R.J. Hron ,and Abrahan . 1992. Stalility of Ethanol-Extracted Brown Rice to Hydrolytic and Oxidation Deterioration of Food Science. pp. 57:433.

Champagne, E.T. and Hron, R.J. 1992. Stabilizing Brown Rice to Lipolytic Hydrolysis by Ethanol Vapours. Cereal Chemistry. pp.69, 152.

Champagne , E.T. 1994. Brown Rice Stabilization *In* Rice Science and Technology eds.Marshall,E.W and Wadworth, I.J. Marcel Dekker Inc. New York:pp17-35

Clark.P.K. and H.E.Snyder.1991 Hydroperoxide formation in Soy bean seeds during storage.J.Am. oil Chem.Soc.68(5),346

Fennema, Owen.R. 1985. Lipid Food chemistry . Marcel Dekker, Inc, New York. Pp. 193-198.

Furia, T.E. 1986 ,Hand Book of Food Additives the chemical Rubber . Co,Ltd,Ohio,USA:338p.

Galliard, T. 1994. Nutritional Aspects of rancidity. *In* Rancidity in food. eds. J.C. Allen and R.J. Hamilton, Champman and Hall, New York. Pp. 128-137.

Glickman, M.1963. Gum Technology in Food industry . Academic press Inc,newYork.USA.338p.

Juliano,D.O.1972.The rice carryopsis and its composition. *In.* Rice Chemistry and Technology ed.Houton,D.F. ,Amer Assoc Cereal Chem.St.Paul : p16.

Karel,M.1994.Free radical reaction.*In* Water Relation of Foods.ed.R.V.Ductworth, Academic Press,London pp.439-441.

ภาคผนวก ก

การทำกราฟมาตรฐานในการหาปริมาณ DG(%)

ตารางผนวกที่ 1 ตารางแสดงผลอัตราส่วนผสมระหว่าง Standard กับ Sample ของข้าวหอมมะลิ (dry basis)

MC (%) Standard = 11.48

MC(%) Sample = 12.03

DG(%)	STANDARD	SAMPLE	MC (%)หลังผสม	Dry basis
10	1.1181	10.2505	10.60	0.2237
20	2.2363	9.116	8.26	0.2180
30	3.3545	7.9726	9.57	0.2210
40	4.4727	6.8337	11.10	0.2249
50	5.5909	5.6947	8.55	0.2186
60	6.7091	4.558	7.70	0.2166
70	7.8273	3.1468	8.74	0.2191
80	8.8455	2.2779	8.29	0.2180
90	10.0637	1.1389	7.91	0.2171
100	11.1819	0	8.04	0.2174

ตารางผนวกที่ 2 ตารางแสดงผลอัตราส่วนผสมระหว่างข้าว Standard กับข้าว Sample ของข้าวขาวตาแห้ง (dry basis)

MC (%) Standard = 10.57

MC (%) Sample = 11.20

DG (%)	STANDARD	SAMPLE	MC(%) หลังผสม	Dry basis
10	1.1296	10.2307	11.0639	0.2257
20	2.2593	9.094	6.7647	0.2145
30	3.3890	7.9572	8.1023	0.2176
40	4.5187	6.8205	7.7782	0.2168
50	5.6484	5.6837	6.1902	0.2131
60	6.7781	4.5470	9.8321	0.2218
70	7.9078	3.4102	6.8018	0.2145
80	9.0375	2.2735	7.3222	0.2734
90	10.1671	1.1367	10.2518	0.2228
100	11.0570	0	9.1030	0.2200

ตารางผนวกที่ 3 ผลการทดลองแสดงค่าดูดกลืนแสง (Absorbance)ที่ 620 นาโนเมตร ในการวิเคราะห์ DG(%) ของข้าวหอมมะลิ

DG(%)	1	2	เฉลี่ย
10	0.252	0.252	0.252
20	0.278	0.276	0.277
30	0.285	0.285	0.285
40	0.294	0.296	0.295
50	0.310	0.310	0.310
60	0.317	0.319	0.318
70	0.321	0.323	0.322
80	0.333	0.333	0.333
90	0.344	0.346	0.345
100	0.351	0.349	0.350

ตารางผนวกที่ 4 ผลการทดลองแสดงค่าดูดกลืนแสง (Aborbance) ที่ 620 นาโนเมตร ในการวิเคราะห์ DG(%)ของข้าวขาวตาแห้ง

DG(%)	1	2	เฉลี่ย
10	0.231	0.231	0.231
20	0.251	0.253	0.252
30	0.266	0.266	0.266
40	0.285	0.283	0.284
50	0.310	0.310	0.310
60	0.321	0.319	0.320
70	0.331	0.333	0.332
80	0339	0.339	0.339
90	0.342	0.344	0.343
100	0.358	0.350	0.359

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางผนวกที่ 5 ผลการทดลองแสดงค่า DG(%) ของข้าวหอมมะลิ

DG(%)	1	2	เฉลี่ย
10	12.598	12.59	12.59
20	15.21	13.07	14.14
30	22.69	22.69	22.69
40	32.32	34.45	33.38
50	49.42	49.42	49.42
60	56.90	59.04	57.97
70	61.15	63.32	62.25
80	74.01	74.01	74.01
90	85.77	87.91	86.84
100	92.25	91.12	92.19

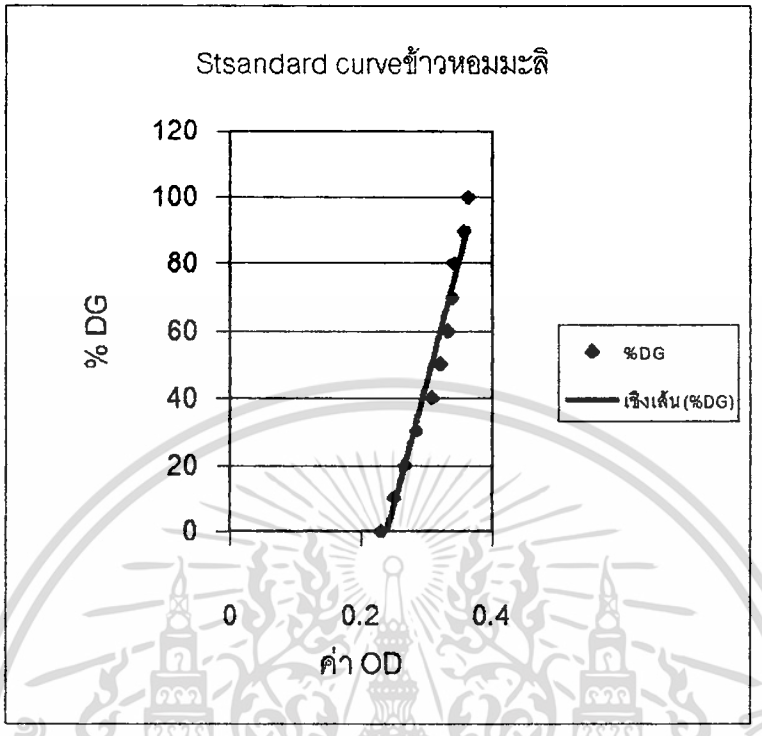
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางผนวกที่ 6 ผลการทดลองแสดงค่า DG(%) ของข้าวขาวตาแห้ง

DG(%)	1	2	เฉลี่ย
10	6.69	6.69	6.69
20	7.82	9.27	8.54
30	14.34	14.34	14.34
40	32.47	31.01	31.74
50	50.59	50.59	50.59
60	58.57	57.12	57.84
70	65.82	67.27	66.54
80	71.62	70.62	71.62
90	73.79	72.24	74.52
100	85.39	79.59	82.42

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<u>รูปที่1ก</u> กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณ DG(%) ของข้าวหอมมะลิ ที่ 620 นาโนเมตร

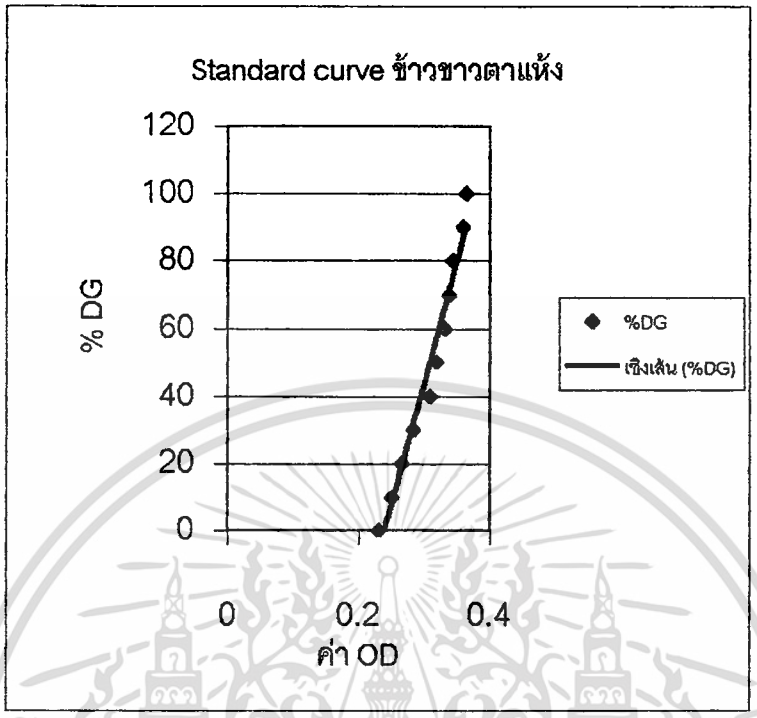


Standard curve

ตัวอย่างข้าวหอมมะลิ

สมการ Y =1069.1X-282

<u>รูปที่2ก</u> กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ DG(%) ของข้าวขาวตาแห้ง ที่620 นาโนเมตร



Standard curve

ตัวอย่างข้าวขาวตาแห้ง

สมการ Y = 725.08X-174.18

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

10N KOH เตรียม 500 มิลลิลิตร

M.W KOH = 39+16+1

= $\frac{10 \times 56 \times 500}{1000}$

= 280 กรัม ปรับปริมาตร 500 มิลลิลิตร

0.5 N HCL เตรียม 500 มิลลิลิตร

จากสูตร $V = \frac{MM' \times 1000}{Pd}$

เมื่อ V = ปริมาตรความเข้มข้นต้องการเตรียมเป็นสารละลาย (ลิตร)

M = ความเข้มข้นที่ต้องการเตรียม (โมล/ลิตร)

M' = M.W

P = % ความเป็นกรดของ HCl (ระบุข้างขวด)

D = ความหนาแน่นขององกรด

$V = \frac{0.5 \times 36.46 \times 100}{37 \times 1.19}$

= 41.40 มิลลิลิตร

ใช้กรด 41.40 ปรับปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

หรือใช้กรด 20.70 ปรับปริมาตร 500 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางสถิติเป็นเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ , เปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระ และเปอร์เซ็นต์การเกิดเจลาติไนส์

7.การวิเคราะห์ทางสถิติโดยรวมของข้าวหอมมะลิ

ตารางที่ 7.1 แสดงค่าทางสถิติ ค่า DG(%) ของข้าวที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5 ,10 และ 15 นาที

Source	D.F	Anova SS	Mean Square	F Value
Treatment	3	0.000008687	0.00000289566	0.0063014 ^{ns}
Error	12	0.00551425	0.0004595208	-
Total	15	0.5522937	-	-

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 7.2 แสดงค่าทางสถิติ ค่า FFA(%) ของข้าวดิบ(control) เปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ 15 นาที

Source	D.F	Anova SS	Mean Square	F value
Treatment	4	0.043999	0.01099	18.0164*
Eror	25	0.01523	0.00061	-
Total	29	0.059227	-	-

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95

ตารางที่7.3 แสดงค่าการดูดซึมน้ำ ค่า MC(%)ของข้าวดิบ(control) เปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที

Source	D.F	Anova SS	Mean Square	F Value
Treatmant	4	850.8187	212.7047	336.45*
Eror	25	15.80525	0.6322	-
Total	29	866.6239	-	-

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่7.4 ปริมาณความชื้น ปริมาณกรดไขมันอิสระ และการเจลาติไนส์ของข้าวหอมมะลิดิบ (control), ข้าวหอมมะลิที่ผ่านไอน้ำ และข้าวหอมมะลิที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5 , 10,15 นาที หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

ตัวอย่าง	ผลวิเคราะห์ทางสถิติ		
	ความชื้น (%MC)	กรดไขมันอิสระ (%FFA)	การเจลาติไนส์ (% DG)
ข้าวดิบ	11.37[a]	0.3519[a]	–
ข้าวผ่านไอน้ำ	24.73[b]	0.2895[b]	59.04[a]
ข้าวผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา5 นาที	24.72[b]	0.2705[bc]	57.97[a]
ข้าวผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 10นาที	24.62[b]	0.2576[c]	59.04[a]
ข้าวผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา15นาที	24.66[b]	0.2562[c]	60.11[a]

หมายเหตุ 1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

2. ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95%

8. การวิเคราะห์ทางสถิติโดยรวมของข้าวขาวตาแห้ง

ตารางที่8.1 ค่าทางสถิติ ค่าDG(%) ของที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที

Source	D.F	Anova SS	Mean Square	F Value
Treatment	3	0.000006187	0.0000020623	1.8677^{ns}
Eror	12	0.00001325	0.0000011041	-
Total	15	0.000019437	-	-

ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 8.2 ค่าทางสถิติ ค่า FFA(%) ของข้าวข้าวดิบ(control) เปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านไอน้ำและผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ15

Source	D.F	Anova SS	Mean Square	F value
Treatment	4	0.0698558	0.01746	734.85*
Eror	25	0.0698558	0.00002376	-
Total	29	0.07045	-	-

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ .8.3 ค่าทางสถิติ ค่า MC(%) ของข้าวดิบ(control) เปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านไอน้ำและข้าวที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไยอแอลกอออล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที

Source	D.F	Anova SS	Mean Square	F Value
Treatment	4	811.72557	202.931	454.492*
Eror	25	11.16344	0.4465	-
Total	29	822.88901	-	-

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 8.4 ปริมาณความชื้น ปริมาณกรดไขมันอิสระ และการเจลาติไนส์ ของข้าวขาวตาแห้งดิบ (control), ข้าวขาวตาแห้งผ่านไอน้ำ ,ข้าวขาวตาแห้งที่ผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา5,10 และ15 นาที หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

ตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ		
	ความชื้น (% MC)	กรดไขมันอิสระ (%FFA)	การเจลาติไนซ์ (%DG)
ข้าวดิบ	11.41[a]	0.2413[a]	-
ข้าวผ่านไอน้ำ	24.46[b]	0.1267[b]	31.38[a]
ข้าวผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา5 นาที	24.47[b]	0.1224[bc]	31.38[a]
ข้าวผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา10 นาที	24.36[b]	0.1183[c]	31.38[a]
ข้าวผ่านไอน้ำร่วมกับไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา15 นาที	24.38[b]	0.12[c]	32.29[a]

หมายเหตุ 1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

2. ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึง ความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ภาคผนวก ง

ตารางที่ 9 การวัดค่าดูดกลืนแสง (absorbance) ที่620 นาโนเมตร ในการหาปริมาณ DG(%) ของข้าวหอมมะลิ ที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลา 5,10 และ15 นาที

รหัสข้าว	ค่า OD		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ม$_1$00	0.318	0.318	0.318
ม$_2$00	0.320	0.320	0.320
ม$_1$05	0.320	0.319	0.319
ม$_2$05	0.317	0.317	0.317
ม$_1$10	0.318	0.318	0.318
ม$_2$10	0.320	0.320	0.320
ม$_1$15	0.321	0.320	0.320
ม$_2$15	0.320	0.320	0.320

ตารางที่ 10 การวัดค่าดูดกลืนแสง(absorbance)ที่620 นาโนเมตรในการหาปริมาณDG(%)ของข้าวขาวตาแห้ง ที่ผ่านไอน้ำ และผ่านไอน้ำร่วมกับการรมด้วยไอแอลกอฮอล์ ที่ระยะเวลา 5,10 และ 15 นาที

รหัสข้าว	ค่า OD		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ข$_1$00	0.283	0.283	0.282
ข$_2$00	0.284	0.285	0.285
ข$_1$05	0.282	0.283	0.293
ข$_2$05	0.284	0.284	0.284
ข$_1$10	0.284	0.283	0.284
ข$_2$10	0.283	0.283	0.284
ข$_1$15	0.284	0.286	0.285
ข$_2$154	0.284	0.285	0.285

ประวัติผู้เขียน

นางสาวปทุมพร จงศรี เกิดวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2518 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลายจาก โรงเรียนกุยบุรีวิทยา จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อปี พ.ศ. 2537 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง สาขา เทคโนโลยีการอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2539 และจบการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา อุตสาหกรรมเกษตร จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2541

นางสาววิภารัตน์ สังขะพัฒน์ เกิดวันที่ 8 กันยายน พ.ศ.2518 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลายจาก โรงเรียนโกสุมวิทยาสรรค์ จังหวัดมหาสารคาม เมื่อปี พ.ศ.2537 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีการอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี เมื่อปี พ.ศ.2539 และจบการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร จากสถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง