รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรื่อง

“การศึกษาคุณสมบัติของข้าวเจ้า”

“The Study of Rice Property”

โดย

1. นางสาวชมัยพร แรงกลาง B4450399
2. นางสาวพิราวรรณ ศุขแพทย์ B4451044

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา (305497)

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรื่อง

“การศึกษาคุณสมบัติของข้าวเจ้า”

“The Study of Rice Property”

โดย

1. นางสาวชมัยพร แรงกลาง B4450399

2. นางสาวพิราวรรณ ศุขแพทย์ B4451044

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติงาน ณ

บริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด

สถานที่ตั้ง 89 หมู่ 3 ถนน สีคิ้ว-ชัยภูมิ ตำบลวังโรงใหญ่

อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา 30140

จดหมายนำส่ง

วันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2547

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา
เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

ตามที่คณะผู้จัดทำ นางสาวชมัยพร แรงกลาง และนางสาวพิราวรรณ ศุขแพทย์ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 30 เดือน สิงหาคม พ.ศ.2547 ถึงวันที่ 17 เดือน ธันวาคม พ.ศ.2547 ในตำแหน่งผู้ช่วยเจ้าหน้าที่ส่วนตรวจสอบคุณภาพคุณภาพ ณ บริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด และได้รับมอบหมายจาก Job Supervisor ให้ศึกษาและทำรายงานใน เรื่องการศึกษาคุณสมบัติของข้าวเจ้า

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว คณะผู้จัดทำขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

คณะผู้จัดทำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgment)

การที่คณะผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด ตั้งแต่ วันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2547 ถึง วันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2547 ส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้ สำเร็จลงไปได้ด้วยดี จากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. คุณภาณุพงศ์ กิตติวงษ์วิวัฒน์	ผู้จัดการฝ่ายโรงงาน ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆในการทำรายงาน
2. คุณนวรัตน์ เดชวิทยาวุฒิ	หัวหน้าแผนกตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งเป็น Job Supervisor ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ในการปฏิบัติงานและจัดทำรายงาน
3. อาจารย์สุนันทา ทองทา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งเป็นผู้ที่ให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์อะไมโลสในตัวอย่างแป้ง
4. อาจารย์ศุกฤษต์ ไทยอุดม	อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งเป็นผู้มานิเทศการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

และบุคคลที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติการสหกิจศึกษาในครั้งนี้

ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนการดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการทำงานจริง ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

17 ธันวาคม 2547

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

(Abstract)

บริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด เป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตสินค้าที่เป็นแป้งข้าว ซึ่งมี 2 ชนิด คือ แป้งข้าวเหนียว และ แป้งข้าวจ้าว จากการที่ได้เข้าไปปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษาและพัฒนาอาชีพในบริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด โดยได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่ในแผนกตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งในการเข้าไปปฏิบัติงานนั้น ได้มีการปฏิบัติงานในด้านการตรวจสอบคุณภาพแป้งข้าวทั้งทางด้านกายภาพ ด้านชีวภาพ และทางด้านเคมี และยังได้รับมอบหมายให้ทำการศึกษาคุณสมบัติของข้าวเจ้า โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าว รวมถึงการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณข้าวปน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะสามารถใช้เป็นประโยชน์และนำมาเป็นข้อมูลเพื่อประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป

ในการปฏิบัติงานดังกล่าวข้างต้น ส่งผลให้รู้ถึงระบบการตรวจสอบคุณภาพต่างๆในบริษัท และทราบถึงคุณสมบัติของข้าวเจ้า ซึ่งในระยะยาวอาจมีการนำวิธีเหล่านี้มาใช้ในการตรวจสอบการรับวัตถุดิบเบื้องต้น เพื่อให้ได้ข้าวที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่ง	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
- รายละเอียดเกี่ยวกับบริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์จำกัด	1
- นโยบายคุณภาพของบริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด	2
- วัตถุประสงค์คุณภาพของบริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด	2
- โครงสร้างหน่วยงานของบริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด	2
- กระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว	3
บทที่ 2 ลักษณะงานที่ปฏิบัติและโครงงานที่ได้รับมอบหมาย	4
- แผนการปฏิบัติงาน	4
- รายละเอียดการปฏิบัติงานและหน้าที่ที่ได้รับ	5
- การตรวจรับวัตถุดิบ	5
- การตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพ	5
- การตรวจสอบคุณภาพด้านเคมี	5
- การตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต	5
- การตรวจสอบคุณภาพด้านชีวภาพ	5
- ศึกษาการตรวจสอบภายในระบบ	5
- บทนำ “ข้าว”	6
- องค์ประกอบทางเคมีของข้าว	7
- ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าว	8
- การกระจายขององค์ประกอบทางเคมีในโครงสร้างข้าว	8
- อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของข้าว	8
- คุณภาพข้าว	9
- คุณภาพของเมล็ดข้าวทางเคมี	9

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

- ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐาน 13
- วัตถุประสงค์และขั้นตอนในการปฏิบัติโครงการ 14
- สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง 15
- ศึกษาความสัมพันธ์ของอะไมโลสกับปริมาณความหนืด 15
- ศึกษาความสัมพันธ์ของอะไมโลสกับปริมาณข้าวปน 16
- เปรียบเทียบความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีและความหนืด 17

บทที่ 3 สรุปผลการปฏิบัติงาน 21

บทที่ 4 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 22

เอกสารอ้างอิง 23

ภาคผนวก 24

- การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในตัวอย่างข้าว 25
- การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างข้าว 27
- การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในตัวอย่างข้าว 29
- การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารหยาบในตัวอย่างข้าว 31
- การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร โภชนาในตัวอย่างข้าว 33
- การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในตัวอย่างข้าว 35
- การวิเคราะห์ข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวเจ้า(สลายในด่าง) 39
- การวิเคราะห์ข้าวเจ้าพันธ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวเจ้า(ย้อมสี) 41
- การทดสอบอายุข้าว 42
- การวิเคราะห์ปริมาณข้าวเหนียวปน 43
- การวิเคราะห์ปริมาณความหนืด 44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ตารางแสดงสัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าว	7
2. ตารางแสดงองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ	8
3. ตารางแสดงคุณภาพข้าวหุงสุกแบ่งตามปริมาณอะไมโลส	10
4. ตารางแสดงระดับการสลายเมล็ดข้าวในด่างแต่ละระดับ	12
5. ตารางแสดงผลการทดลองระหว่างปริมาณ Amyloseและค่า Viscosity	15
6. ตารางแสดงผลการทดลองระหว่างปริมาณAmylose และ%ข้าวปน	16
7. ตารางแสดงผลการทดลองระหว่างปริมาณองค์ประกอบทางเคมีกับค่า Viscosity	17
8. ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า	26
9. ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน	28
10. ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน	30
11. ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารหยาบ	32
12. ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารโภชนา	35
13. ตารางแสดงข้อมูลของอะไมโลสมาตรฐาน	37
14. ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส	38
15. ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณข้าวปนโดยการสลายในด่าง	40
16. ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณข้าวปนโดยการย้อมสีด้วยไอโอดีน	41
17. ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์อายุการเก็บของข้าว	42
18. ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณข้าวเหนียวที่ปลอมปน	43
19.ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ความหนืด	44

สำนักวิชาเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1. แสดงการกระจายปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ	9
2. แสดงลักษณะของไขมันที่อยู่ชิดกับโปรตีน	11
3. แสดงลักษณะของไขมันที่อยู่ภายในเม็ดสตาร์ช	11
4. แสดงลักษณะการสลายของเมล็ดข้าวในด่าง	13
5. แสดงลักษณะการติดสีของเมล็ดข้าวแต่ละชนิด	17
6. แสดงกราฟมาตรฐานของอะไมโลส	37
7. แสดงลักษณะของสีที่แสดงถึงความเก่า-ใหม่ของข้าวหอมมะลิ	42

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1. วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาการทำงานภายในบริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด
- เพื่อศึกษาคุณสมบัติของข้าวเจ้า
- เพื่อศึกษาการตรวจวิเคราะห์คุณภาพแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวในด้านต่างๆ
- เพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์จากการทำงานจริง
- เพื่อปรับตัวให้สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
- เพื่อให้ทราบข้อบกพร่องของตนเองที่ควรปรับปรุงและพัฒนาเพื่อนำไปใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้

2. รายละเอียดเกี่ยวกับบริษัท

2.1 ประวัติความเป็นมา

บริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด ได้เริ่มก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2539 และได้เปิดทำการเมื่อเดือน กันยายน 2540 สถานที่ตั้งบริษัทฯตั้งอยู่ที่ 89 หมู่ 3 ต.วังโรงใหญ่ อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา 30140 มีพนักงานทั้งสิ้น 178 คน โดยทางบริษัทประกอบไปด้วยอาคารสำนักงาน และอาคารโรงงาน เป็นบริษัทที่มีกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่อง สะอาดและทันสมัย โดยสินค้าทางบริษัทฯ ส่วนใหญ่จำหน่ายไปยังต่างประเทศ สินค้าที่จำหน่ายในประเทศจะจำหน่ายภายใต้ตราสินค้า "ตราบัวใหญ่"

ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่บริษัทฯทำการผลิต

1.แป้งข้าวเหนียว

2.แป้งข้าวเจ้า

<u>ช่วงเวลาในการทำงาน</u> : แบ่งเป็น 3 กะ ดังนี้

กะเช้า เวลาการทำงาน 07.00-16.00 น.

กะบ่าย เวลาการทำงาน 15.00-24.00 น.

กะดึก เวลาการทำงาน 23.00-08.00 น.

พนักงานสำนักงาน เวลาการทำงาน 08.00-17.00 น.

ทางบริษัทฯได้พัฒนากระบวนการผลิตและขยายกำลังการผลิตออกไปและมีการพัฒนาทั้งผลิตภัณฑ์และบุคลากรควบคู่ไปกับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอยู่ตลอดเวลา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2 นโยบายคุณภาพของบริษัทฯ

บริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด ตระหนักถึงความสำคัญในการสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้า และผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ ตรงตามความต้องการของลูกค้า และยังได้ใช้มาตรฐานคุณภาพ ISO9001:2000 เป็นระบบมาตรฐานในการบริหารงานคุณภาพ อีกทั้งยังได้นำหลักเกณฑ์ GMP (Good Manufacturing Practice) และระบบคุณภาพ HACCP (Hazard Analysis and Critical Point) มาปฏิบัติเพื่อทำให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์ของทางบริษัทฯ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

<u>นโยบายคุณภาพ</u>

"ผลิตสินค้าที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้า มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และมีการพัฒนาคุณภาพสินค้า บุคลากร และระบบบริหารงานคุณภาพอย่างต่อเนื่อง"

"Producing only the products that conform to customer requirements, Safe for consumer, and Continuously improve in quality of product, People, and quality management system"

<u>วัตถุประสงค์คุณภาพ</u>

1.ผลิตสินค้าให้มีคุณภาพสม่ำเสมอตรงตามความต้องการของลูกค้า

2.ส่งมอบสินค้าตรงเวลาให้ได้ 100 %

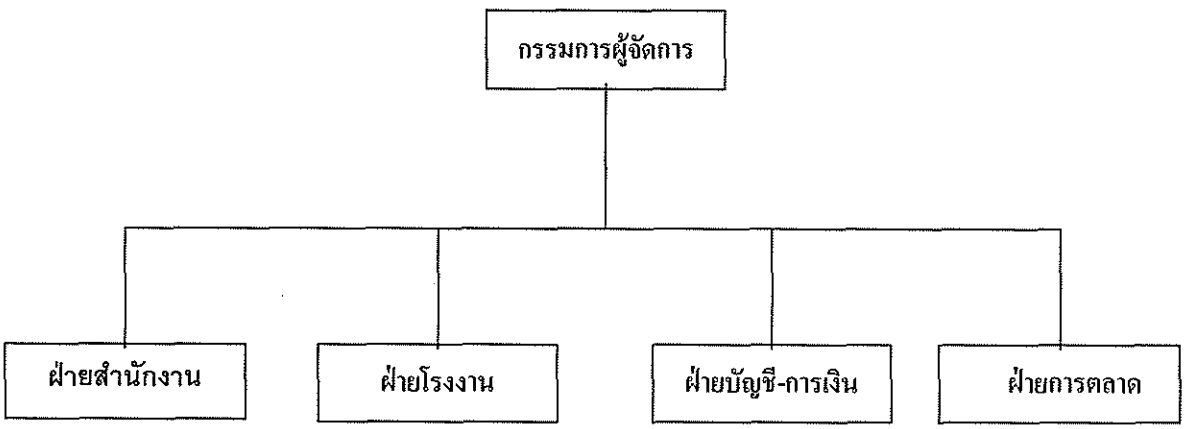
3.ผลิตให้มีสินค้าก้ึงสำเร็จรูปที่ไม่ผ่านเกณฑ์ได้ไม่เกิน 5 %

4. ผลิตให้มีสินค้าสำเร็จรูปที่ไม่ผ่านเกณฑ์ได้ไม่เกิน 0 %

5.จัดให้มีการฝึกอบรม เพื่อเพิ่มความรู้และทักษะของบุคลากรอย่างต่อเนื่อง

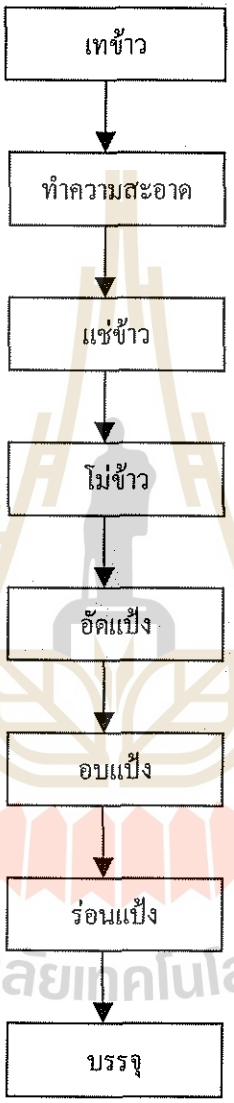
6.พัฒนากระบวนการผลิตไม่ต่ำกว่า 2 เรื่องต่อปี

โครงสร้างหน่วยงานของบริษัทฯ



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กระบวนการผลิตแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
งานที่ปฏิบัติและโครงงานที่ได้รับมอบหมาย

แผนการปฏิบัติงาน

วันที่	งานที่ปฏิบัติ
30-31 สิงหาคม 2547	- ศึกษางานไลน์การผลิตแป้งข้าวกับ Job Supervisor
1 กันยายน 2547	- ศึกษางานไลน์ผลิตน้ำใช้ในกระบวนการ กับ Job Supervisor
2-4 กันยายน 2547	- ศึกษาและปฏิบัติงานในแผนกการตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ
6-18 กันยายน 2547	- ศึกษาและปฏิบัติงานในแผนกการตรวจสอบคุณภาพทางด้านชีวภาพ
20-25 กันยายน 2547	- ศึกษาและปฏิบัติงานในแผนกการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี
27 กันยายน -2 ตุลาคม 2547	- ศึกษาและปฏิบัติงานในแผนกการตรวจรับวัตถุดิบ
4-9 ตุลาคม 2547	- ศึกษาและปฏิบัติงานในแผนกการตรวจสอบคุณภาพน้ำใช้ในกระบวนการ
11-20 ตุลาคม 2547	- ตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง ที่ห้องปฏิบัติการ มทส.
21 ตุลาคม – 6 พฤศจิกายน 2547	- ปฏิบัติงานในแผนกการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี
8 พฤศจิกายน 2547	- อาจารย์ ศุกฤตย์ ไทยอุดม นิเทศงานที่โรงงาน
9-23 พฤศจิกายน 2547	- ปฏิบัติงานตามโครงงานที่ได้รับมอบหมาย - วิเคราะห์ Proximate ในตัวอย่างข้าว (ที่ มทส.) - วิเคราะห์ Amylose ในตัวอย่างข้าว (ที่ มทส.) - วิเคราะห์ความความหนืดในตัวอย่างข้าว - วิเคราะห์ % ข้าวปน - วิเคราะห์อายุข้าว
24 พฤศจิกายน-10 ธันวาคม 2547	- สรุปวิเคราะห์ผลการทดลองและจัดทำรายงาน
11 – 16 ธันวาคม 2547	- จัดทำรายงานและเสนองานให้ Job Sopervisor

รายละเอียดผลการปฏิบัติตามแผนปฏิบัติงานและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

จากการปฏิบัติงานใน บริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด ได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่ด้านการควบคุมคุณภาพ โดยตรวจสอบการรับวัตถุดิบ ตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ ทางด้านชีวภาพ และทางด้านเคมี และได้มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต อีกทั้งยังได้ศึกษากระบวนการตรวจสอบภายในของบริษัท (Internal audit) นอกจากนี้ยังได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติงานในการศึกษาคุณสมบัติของข้าวเจ้า โดยได้มีการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของข้าว และตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวด้วยวิธีต่างๆ

1. การตรวจรับวัตถุดิบ

-วัดความชื้น

-วัดความขาว

-สิ่งเจือปนต่างๆ

2. การตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ

-วัดความชื้น

-วัดความเป็นกรด-ด่าง

-วัดความขาว

-ตรวจสิ่งเจือปนต่างๆ

3. การตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี

-ตรวจวิเคราะห์โปรตีน

4. การตรวจสอบคุณภาพทางด้านชีวภาพ

-ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count)

-ตรวจสอบปริมาณ Coliform bacteria และ *E.coli*

-ตรวจสอบปริมาณ Yeast และ Mold

-ตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธีการ Swab test

5. การตรวจสอบคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต

-ค่าความกระด้าง

-ค่าความเป็นกรด-ด่าง

6. ศึกษากระบวนการตรวจสอบภายในของบริษัท (Internal audit)

ในระหว่างการปฏิบัติงาน ได้มีโอกาสศึกษาขั้นตอนการดำเนินการ ตรวจสอบภายใน (Internal audit) ของแผนกต่างๆ เช่น แผนกผลิต แผนกตรวจสอบคุณภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทนำ

"ข้าว" เป็นอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของชาวโลกเป็นแหล่งพลังงานหลักของประชากรเกือบสองพันล้านคน ข้าวเป็นคำที่ใช้เรียก เมล็ดข้าว (rice fruit, rice grain หรือ rice seed) ซึ่งทางพฤกษศาสตร์จะหมายถึง ผล (fruit) ที่มีลักษณะเป็นผลเดี่ยว เกิดจากรังไข่อันเดียวชนิดลอยตัว

เมล็ดข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

1. ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว (หรือผล) เรียกว่า แกลบ (hull หรือ husk)
2. ส่วนเนื้อผล หรือผลแท้ (true fruit หรือ caryopsis grain) หรือข้าวกล้อง

โดยรายละเอียดแต่ละส่วนเป็นดังนี้

1. **แกลบ** ประกอบด้วย

- เปลือกใหญ่ (lemma) เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านท้อง ขนาดใหญ่ อาจมีหางหรือไม่มีก็ได้ ลักษณะของเปลือกใหญ่จะเป็นรอยเส้น ตามความยาวของเปลือก

- เปลือกเล็ก (palea) เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านหลัง ที่มีขนาดเล็กกว่าเปลือกใหญ่ ประมาณ 1/3ของเปลือกทั้งหมด จะขบอยู่ใต้เปลือกใหญ่ตามแนวยาว

- ขน จะขึ้นบนเปลือกใหญ่ และเปลือกเล็กเป็นส่วนใหญ่ อาจมีบางพันธุ์ที่ไม่มีขนแต่เป็นส่วนน้อย ขนนี้คือส่วนของเซลล์ผิวนอกที่เจริญกลายเป็นขน เพื่อทำหน้าที่ลดการระเหยน้ำ ป้องกันอันตรายต่อเมล็ดจากสภาวะภายนอก

- หาง เป็นส่วนปลายของเปลือกใหญ่ที่ยาวออกมาเกินตำแหน่งที่ยอดดอก

- ขั้วเมล็ด เป็นก้านสั้นอยู่ระหว่างกลีบรองเมล็ดกับปลีกใหญ่

- กลีบรองเมล็ด เป็นกลีบเล็ก 2 กลีบ อยู่ตรงข้ามกัน ใต้สุดของเมล็ด

- กลีบรองเมล็ด ที่เชื่อมต่อกับก้าน

2. **ข้าวกล้องหรือเนื้อผล** ประกอบด้วย

- เยื่อหุ้มผล เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอก ห่อหุ้มผลอยู่ภายใน มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์เส้นใย 6 ชั้น มีสารสีหรือรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆกัน

- เยื่อหุ้มเมล็ด อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้ามา ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชั้น รูปยาวเรียงตามขวาง และมีผนังบางกั้น ภายในเซลล์มีไขมันและสารสี

- นิวเซลลัส เป็นเซลล์ที่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด แต่พันธะระหว่างนิวเซลลัสกับเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ติดกันแน่น จึงแยกจากกันได้ง่าย

- เยื่อชั้นแอลิวโรน เป็นเยื่อชั้นถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด ลักษณะของเยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ดจะหนากว่าเยื่อหุ้มด้านท้อง

ในสัดส่วนของน้ำหนักข้าวเปลือก 100% จะเป็นส่วนของแกลบประมาณ 20% และข้าวกล้อง 80% เมื่อเทียบน้ำหนักข้าวกล้องให้เป็น 100% จะเป็นสัดส่วนของเยื่อหุ้มชั้นต่างๆ รวมประมาณ 6.5% ส่วนของคัพพะ 3% และเนื้อ

เมล็ดประมาณ 90.5% ในส่วนของคัพพะจะประกอบด้วยใบเลี้ยงมากที่สุด ซึ่งสัดส่วนต่างๆ ในข้าวเปลือกนี้มีผลต่อกระบวนการแปรรูปข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้อง และข้าวสารในด้านปริมาณผลผลิตที่ได้

สัดส่วนของโครงสร้างเมล็ดข้าว

จากโครงสร้างเมล็ดข้าวซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือแกลบ และข้าวกล้อง เมื่อเปรียบเทียบส่วนต่างๆของเมล็ดข้าวจากน้ำหนักเมล็ดข้าว (ข้าวเปลือก)100% จะมีสัดส่วนดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 1 แสดงสัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าว

โครงสร้างเมล็ด	%สัดส่วน	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วงของสัดส่วน
ข้าวเปลือก	100	-
แกลบ	20	16-28
ข้าวกล้อง	80	72-84
ข้าวกล้อง	100	-
เยื่อหุ้มผล	1.5	1-2
เยื่อหุ้มเมล็ด	5	4-6
คัพภะ	3	2-3
เนื้อเมล็ด	90.5	89-94
คัพภะ	3	-
รากอ่อน	0.18	-
ต้นอ่อน	0.34	-
เยื่อหุ้มรากอ่อน	0.18	-
ใบเลี้ยง	1.29	1.18-1.40
ท่อน้ำ ท่ออาหาร	0.26	-
อื่นๆ	0.75	-

ที่มา : อรอนงค์ (2547)

องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวมีผลมาจากพันธุ์ สภาวะการปลูก การเก็บเกี่ยว และกระบวนการแปรรูปจากข้าวเปลือกไปเป็นข้าวกล้องและข้าวสาร การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไป ใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (proximate analysis) เพื่อให้ทราบองค์ประกอบทางเคมี หรือสารอาหารหลักที่มีในข้าว คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก นอกจากนี้เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ให้คุณค่าทางอาหาร และโภชนาการได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ และปริมาณกรดแอมิโนที่มีในโปรตีนของข้าว(Juliano, 1993)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าว

เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวเปลือก และสัดส่วนที่ได้จากการกระเทาะเปลือก ขัดขาวและขัดมัน พบว่าแต่ละส่วนมีองค์ประกอบทางเคมี คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายย่อยได้ เส้นใยอาหาร(โดยใช้วิธีสารซักฟอกที่เป็นกลาง) และพลังงาน (ทั้งหน่วยกิโลจูล และหน่วยกิโลแคลอรี) แตกต่างกันดังตาราง

ตารางที่2 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวเปลือกและส่วนที่ได้จากการขัดสีที่ความชื้น 14%

ส่วนของข้าว	โปรตีน (ก)	ไขมัน (ก)	เส้นใย (ก)	เถ้า (ก)	คาร์โบไฮเดรต (ก)	เส้นใยอาหาร (ก)	พลังงาน (กิโลจูล)	(กิโลแคลอรี)
ข้าวเปลือก	5.8-7.7	1.5-2.3	7.2-10.4	2.9-5.2	64-73	16.4-19.2	1580	378
ข้าวกล้อง	7.1-8.3	1.6-2.8	0.6-1.0	1.0-1.5	73-87	2.3-3.9	1520-163	63-38510
ข้าวสาร	6.3-7.1	0.3-0.5	0.2-0.5	0.3-0.8	77-89	0.7-2.3	1460-1560	349-373
รำข้าว	11.3-14.9	15.0-19.7	7.0-11.4	6.6-6.9	34-62	24-29	670-1990	399-476
แกลบ	2.0-2.8	0.3-0.8	34.5-45.9	13.2-21.0	22-34	66-74	1110-1390	265-332

ที่มา : Juliano,1985 ; Eggum.Juliano & Maningat,1982;Pedersen&Eggum,1983

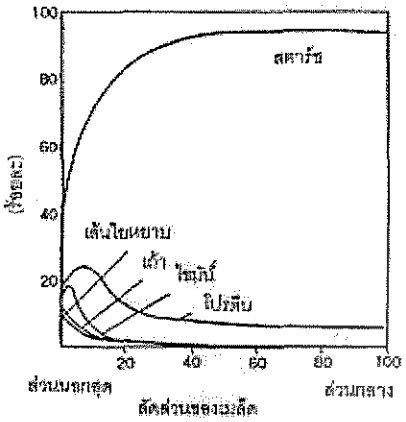
การกระจายขององค์ประกอบทางเคมีในโครงสร้างของข้าว

เพื่อตรวจสอบการกระจายปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณในข้าวกล้อง จึงได้มีการทำการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้าและสตาร์ช จากส่วนนอกสุดของข้าวกล้องเข้าสู่ส่วนกลางของเมล็ด ปรากฏผลดังรูป

อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของข้าว

โปรตีนเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ และมีปริมาณมากเป็นที่สอง รองจากคาร์โบไฮเดรต หรือสตาร์ช โดยไม่คิดปริมาณน้ำในเมล็ดข้าว และจัดเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับผู้ที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก จากผลการวิจัยของนักวิจัยหลายกลุ่ม พบว่า สภาพแวดล้อมในการปลูกข้าวเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณโปรตีนในข้าว เช่น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะต่างๆ ขณะที่ข้าวเจริญเติบโตมีผลต่อการสร้างโปรตีนในเมล็ดข้าว โดยเฉพาะในขณะที่ข้าวออกดอกจะเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวได้ นอกจากนี้ระยะเวลาในการปลูกข้าวที่สั้น สภาพอากาศที่เมฆปกคลุมมากในขณะที่สร้างเมล็ด จะมีผลให้โปรตีนในเมล็ดข้าวสูงขึ้น และเมื่อปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวสูงขึ้นก็จะส่งผลทำให้ปริมาณสตาร์ชในเมล็ดข้าวลดลง

คุณภาพข้าว



ว่า"คุณภาพข้าว" เป็นคำที่กลุ่มคน ซึ่งเกี่ยวข้องกับข้าวหลายกลุ่มคนคุ้นเคย และกำหนดขึ้นเป็นเกณฑ์หรือมาตรฐาน เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันของกลุ่มคนร่วมกัน ตามสถานภาพที่ต้องเกี่ยวข้องกับข้าว

รูปที่1 แสดงการกระจายปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณในข้าวกล้อง

แหล่งที่มา : อรอนงค์ (2547)

จากกราฟจะเห็นได้ว่าปริมาณอาหารส่วนใหญ่จะมีมากบริเวณใกล้เปลือกของข้าวกล้องและคัพภะ มากกว่าในส่วนเนื้อในเมล็ดเข้าสู่กลางเมล็ด ยกเว้นสตาร์ชซึ่งจะมีมากในส่วนกลางเมล็ดมากกว่าส่วนนอกของเมล็ดข้าว

คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเมล็ดข้าวคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำหรือความชื้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้าวทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้างกล้องและข้าวสาร โดยคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีสตาร์ชเป็นหลัก และสตาร์ชนี้ประกอบด้วยแอมิโลส และแอมิโลเพกทินในสัดส่วนต่างๆกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของข้าวทำให้ข้าวมีลักษณะในการหุงต้มและคุณภาพในการกินแตกต่างกันไป ตลอดจนมีผลต่อคุณค่าอาหาร เนื่องจากเป็นแหล่งสะสมพลังงาน สำหรับโปรตีนในข้าวยังนับว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนหลัก ซึ่งจะช่วยในการเจริญเติบโต ส่วนไขมันในข้าวจะเป็นกลุ่มของไขมันที่มีรูปร่าง (lipid bodies) หรือหยดกลม (spherosomes) โดยอยู่ร่วมกับเม็ดสตาร์ช และโปรตีนในชั้นแอลิวโรน และคัพภะจะมีผลในการเสื่อมเสียขณะเก็บรักษาเมล็ด รวมทั้งเมล็ดที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ และน้ำหรือความชื้น มีผลต่อคุณภาพข้าวในด้านการเก็บรักษา เป็นต้น

1. คาร์โบไฮเดรต

สตาร์ช เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ที่พบมากที่สุดในเนื้อเมล็ดข้าว จึงมีผลต่อคุณภาพของข้าวมากที่สุด โดยโมเลกุลของเม็ดสตาร์ชมีขนาด 3-5 ไมครอน ซึ่งนับว่าเล็กที่สุดในกลุ่มธัญชาติ รูปร่างลักษณะเป็นหลายเหลี่ยม รวมตัวกันอยู่ภายในแอมิโลพลาสหรือคลอโรพลาสต์ของเซลล์

โมเลกุลของสตาร์ชประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ลักษณะ คือ แอมิโลส และ อะมิโลเพกติน ซึ่งโมเลกุลทั้งสองจะจัดเรียงตัวกันแน่นจนเป็นเม็ดสตาร์ช โดยมีโครงสร้างลักษณะเป็นรัศมีจากจุดศูนย์กลางแบบกิ่งผลึกโดยบางส่วนจะอยู่รวมกับลิพิด

แอมิโลส ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น ด้วยพันธะแอลฟา –1,4 มีโซ่กิ่ง (branched chain) อยู่ประมาณ 3-4 กิ่ง ด้วยพันธะแอลฟา –1,6 ซึ่งเมื่อย่อยด้วยเอนไซม์ บีตา-แอมิโลเลส จะได้ส่วนที่

เหลือจากการย่อยประมาณ 73-81% โครงสร้างโมเลกุลของแอมิโลสมีหลายรูปแบบเช่น สายตรง สายพันเป็นเกลียว (helix) เดี่ยวหรือคู่ มีลักษณะเกลียวม้วนหรือเกลียวที่คลายตัว หรือม้วนอย่างไม่เจาะจง

แอมิโลเพกติน ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่จัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์ที่มีโซ่กิ่งเป็นแขนงมากประมาณ 96% ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4 และอีก 4%ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,6

เมื่อนำเมล็ดข้าวหรือแป้งข้าวมาผ่านกระบวนการแปรรูป ซึ่งโดยทั่วไปต้องมีน้ำ และความร้อนมาเกี่ยวข้องเสมอ และจากการที่องค์ประกอบหลักในเมล็ดข้าว หรือแป้งข้าวคือสตาร์ช ดังนั้น การตรวจสอบคุณสมบัติ หรือลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสตาร์ชจึงมีผลโดยตรงต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์จากข้าว ซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงคุณภาพข้าว หรือแป้งข้าวที่นำมาใช้

ตารางที่3 คุณภาพข้าวหุงสุกแบ่งตามปริมาณอะไมโลส

ปริมาณอะไมโลส (%น้ำหนักแห้ง)	ชนิดข้าว	ข้าวสุก
0-3	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
4-11	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก	เหนียว
12-19	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	นุ่ม-เหนียว/หุงแฉะง่าย
20-25	ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	ค่อนข้างนุ่ม-ร่วน
26-34	ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	ร่วน-แข็ง/หุงขึ้นหม้อ

ที่มา : งามชื่น (2539)

2. โปรตีน

โปรตีนในข้าวมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว และโดยทั่วไปจะมีปริมาณน้อยกว่าในธัญชาติชนิดอื่น ในการวิเคราะห์โปรตีนนั้นจะใช้วิธี Kjeldahl method และมีกลั่นแอมโมเนียมและใช้วิธีการไทเทรตโดยดูการเปลี่ยนสี และมีการคำนวณปริมาณโปรตีนกลับโดยใช้แฟกเตอร์ 5.95 โมเลกุลของโปรตีนที่รวมตัวกันเป็นรูปร่างโปรตีน มีอยู่ 3 รูปแบบคือ แบบผลึก(crystalline) แบบรูปร่างกลมขนาดเล็กและรูปร่างกลมขนาดใหญ่ ซึ่งโปรตีนที่กระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อเมล็ดจะเป็นโปรตีนรูปร่างกลมขนาดเล็ก สำหรับร่างแหโปรตีน (protein matrix) จะพบน้อยมากหรือไม่พบเลยในเนื้อเมล็ดข้าว เนื่องจากโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อเมล็ดจะแทรกอยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ช และโปรตีนที่เชื่อมโยงกับเม็ดสตาร์ชอาจมีผลต่อการเกิดเจลาทิไนซ์ของเม็ดสตาร์ช โดยทำให้การพองตัวของเม็ดสตาร์ชไม่เสียรูปร่างโดยง่าย และทำให้โมเลกุลของอะไมโลสไม่ซึมผ่านออกมา ซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกที่มีลักษณะนุ่มเหนียวหรือร่วน Chrastil(1990) ทดลองหา Interaction ระหว่างโปรตีน (ออริซานิน) กับสตาร์ชของข้าวในขณะเก็บรักษา พบว่าความเหนียวของข้าวหุงสุกมีผลมาจากการเกาะเกี่ยวกันของออริซานิน กับโมเลกุลสตาร์ชทั้งในส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน โดยจากการทดลองพบว่า มีความสัมพันธ์ของโปรตีนต่อความเหนียวของข้าว โดยในโครงสร้างโปรตีนส่วนที่มีพันธะซัลไฟด์คู่ คือซีสทีนที่เกาะเกี่ยวกับเม็ดสตาร์ช จะขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ช ทำให้ความ

หนืดต่ำ ความเหนียวลดลง แต่อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถสรุปผลเด่นชัดว่าโปรตีนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการควบคุมลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวโดยตรง จึงจำเป็นต้องทำงานวิจัยในด้านนี้ต่อไป เพื่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของข้าว

3. ไขมัน

ข้าวสารจ้าวมีไขมันอยู่ประมาณ 0.3-0.5% ซึ่งเป็นไขมันที่เกาะเกี่ยว (bound lipids) กับสารอื่นอยู่ประมาณ 0.3-0.4% ส่วนในข้าวเหนียวมีไขมันที่เกาะเกี่ยวนี้น้อยกว่า (0.03%)

ไขมันมีความสัมพันธ์กับเม็ดสตาร์ช 3 ลักษณะ

- ไขมันอยู่ชิดกับโปรตีน ซึ่งอยู่ที่ผิวของเม็ดสตาร์ชภายนอก ดังรูปที่2 หรืออาจอยู่รวมกับโครงสร้างของอะไมโลเพกตินที่ส่วนผิวของเม็ดสตาร์ช
- ไขมันอยู่ภายในเม็ดสตาร์ชโดยเกาะเกี่ยวกับสตาร์ช ดังรูปที่ 3
- ไขมันอยู่ภายในเม็ดสตาร์ช แต่ไม่เกาะเกี่ยวกับเม็ดสตาร์ช

รูปที่ 2. **รูปที่ 3.**

แหล่งที่มา : Modified from Bechtel and Pomeranz (1978)

: Modified from Carlson et al.(1979)

Yasumatsu และ Moritaka (1964) รายงานว่า ในระหว่างการเก็บข้าวจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งจะเป็นสารเริ่มต้นในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันกับออกซิเจน จึงเป็นเหตุให้เกิดสารประกอบคาร์บอนิล ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเหม็นหืนนั่นเอง

4. ความชื้น

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ และเกี่ยวข้องกับคุณภาพของเมล็ดข้าวทั้งทางตรงและทางอ้อม คือ ปริมาณความชื้นของข้าว ทั้งในข้าวเปลือกและข้าวสาร ใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานสำคัญเพื่อการซื้อขายข้าว เนื่องจากปริมาณความชื้นสามารถบ่งชี้น้ำหนักของเนื้อข้าวได้ และความชื้นยังสามารถบ่งบอกถึงอายุการเก็บรักษาข้าว หรือบ่งบอกถึงความปลอดภัยในการเก็บรักษาให้ข้าวมีคุณภาพดี จากการทดลองพบว่าข้าวที่มีความชื้นสูงจะเสื่อมเสียเร็วกว่า

ข้าวที่มีความชื้นต่ำ ระดับความชื้นทั่วไปของข้าวที่ยอมรับว่าปลอดภัยต่อการเก็บรักษาข้าวให้เหมาะสมคือ 13% ซึ่งจะเก็บรักษาได้ดีภายในเวลา 6 เดือน และถ้าข้าวมีความชื้น 12% จะทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น

5. ความหนืดของแป้งข้าว

วัดได้โดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบบราเบนเดอร์ โดยลักษณะการทำงานของเครื่องบราเบนเดอร์ วิสโค/แอมิโลกราฟ โดยที่ลักษณะการทำงานเริ่มจากการชั่งแป้งมาผสมกับน้ำ ใส่ลงในเครื่องเปิดเครื่องเพื่อให้อ่างหมุน 75 รอบ/นาที โดยจะทราบอุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจลาทิไนซ์ ซึ่งบอกถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของส่วนผสม แป้งซึ่งเริ่มมีความหนืด และยังบอกถึงจุดที่มีความหนืดสูงสุด นั่นคือบริเวณเส้นกราฟที่สูงที่สุดนั่นเอง แต่ถ้าความสูงของเส้นโค้งต่ำมากทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก มีปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสสูง จึงเกิดการย่อยสลายโครงสร้างของเม็ดสตาร์ชให้เล็กลง มีผลทำให้ความหนืดลดลง

6. การย้อมสีข้าว

การย้อมสีเมล็ดข้าวสารด้วยสารละลายไอโอดีนโดยตรง เป็นวิธีการที่จะแยกข้าวออกจากข้าวเหนียวได้ โดยข้าวเหนียวจะย้อมติดสีน้ำตาลแดง แต่ข้าวเจ้าจะย้อมติดสีน้ำเงินเข้มเนื่องจากสารละลายไอโอดีนเข้าไปจับกับเกลียวของอะไมโลสจึงทำให้เห็นเป็นสีน้ำเงิน ส่วนการย้อมสีของข้าวหอมมะลินั้นจะติดสีออกม่วงอ่อนๆ แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้เป็นวิธีที่ตัดสินใจจากการสังเกตสีด้วยตาเปล่า ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคลที่อาจมองไม่เหมือนกัน ดังนั้นวิธีนี้อาจจะไม่เหมาะกับผู้ที่มีประสบการณ์ในการทดสอบน้อย

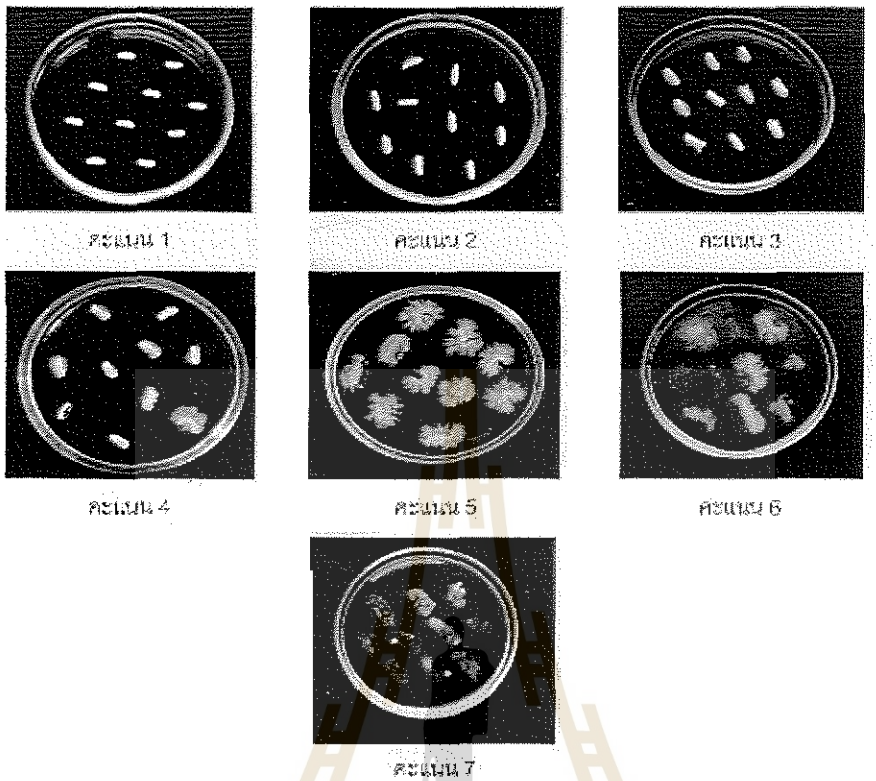
7. การสลายเมล็ดในด่าง (Alkali test)

ทำได้โดยการแช่เมล็ดข้าวสารในสารละลาย KOH 1.7% เป็นเวลา 23 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และใช้ค่าการสลายในด่างเพื่อดูการปลอมปนของข้าว โดยที่ข้าวหอมมะลิจะมีระดับการสลายเมล็ดในด่าง อยู่ในระดับที่ 6-7 ส่วนการสลายเมล็ดในด่างตั้งแต่ระดับที่ 5 ลงมา ถือว่าเป็นข้าวชนิดอื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิ

ตารางที่4. แสดงระดับการสลายเมล็ดข้าวในด่างแต่ละระดับ

ระดับการสลายของเมล็ดข้าว	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดข้าว
1	ลักษณะของเมล็ดข้าวไม่เปลี่ยนแปลงเลย
2	เมล็ดข้าวพองตัว
3	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมาจากบางส่วนของเมล็ดข้าว
4	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดข้าวเป็นบริเวณกว้าง
5	ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดเป็นบริเวณกว้าง
6	เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ด มีลักษณะเป็นเมือกขุ่นขาว
7	เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ดและมีลักษณะเป็นแป้งเปลือกใส

ที่มา : อรอนงค์ (2547)



รูปที่ 4 แสดงลักษณะการสลายในด่างของเมล็ดข้าวแต่ละระดับ

ที่มา : องอนงค์ (2547)

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานมีดังนี้

"ข้าวหอมมะลิ" (THAI HOM MALI RICE OR THAI JASMINE RICE) หมายถึง ข้าวกล้องและข้าวขาวที่แปรรูปมาจากข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ข้าวหอม ที่ผลิตในประเทศไทย ซึ่งกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกาศรับรอง เช่น พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ กข. 15 พันธุ์คลองหลวง 1 ที่มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับว่าเป็นข้าวใหม่หรือข้าวเก่า เมื่อหุงเป็นข้าวสวยแล้วเมล็ดข้าวสวยจะอ่อนนุ่ม

"ข้าวเก่า" หมายถึง ข้าวสารที่ได้จากการสีข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 4-6 เดือน ส่วนใหญ่จะเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง นิยมบริโภคในประเทศ คุณภาพในการหุงต้มจะขึ้นหม้อ ไม่แฉะ เมล็ดข้าวร่วน ไม่เกาะติดกันเป็นก้อน เนื่องจากมียางข้าวน้อย ขณะหุงต้มไม่มีกลิ่นหอม น้ำข้าวจะไม่ขุ่น นิยมบริโภคขณะที่ข้าวสุกกำลังร้อน เพราะถ้าเป็นเม็ดข้าวจะแข็งกระด้าง

"ข้าวใหม่" หมายถึง ข้าวสารที่ได้จากการสีข้าวเปลือกนาปีและนาปรัง หลังจากการเก็บเกี่ยวไม่นานนัก นิยมส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ คุณภาพในการหุงต้มจะไม่ขึ้นหม้อ เม็ดข้าวจะเกาะติดกันเป็นก้อนและค่อนข้างแฉะ

วัตถุประสงค์และขั้นตอนในการปฏิบัติโครงการ

ทางคณะผู้จัดทำได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติโครงการในหัวข้อ เรื่อง "การศึกษาคุณสมบัติของข้าวเจ้า" โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของ Amylose กับ ค่า Viscosity ของข้าวเจ้า
2. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของ Amylose กับ % ข้าวปนของข้าวเจ้า
3. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมี กับ ค่า Viscosity ของข้าวเจ้าเก่าและข้าวเจ้าใหม่

ขั้นตอนการทดลอง

1. เก็บตัวอย่างข้าวจำนวน 6 ตัวอย่าง
2. วิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลสในตัวอย่างข้าว
3. วิเคราะห์หาค่า Viscosity โดยใช้เครื่อง Viscograph
4. วิเคราะห์หาปริมาณข้าวปนในตัวอย่างข้าว โดยวิธีสลายในด่าง และโดยวิธีย้อมสีเมล็ดข้าว
5. วิเคราะห์หาปริมาณข้าวเหนียวปน
6. วิเคราะห์อายุข้าว
7. วิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างข้าว ดังนี้
   - ปริมาณเถ้า
   - ปริมาณโปรตีน
   - ปริมาณไขมัน
   - ปริมาณใยอาหารหยาบ
   - ปริมาณใยอาหารโภชนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. ศึกษาหาความสัมพันธ์ของปริมาณ Amylose กับ ค่า Viscosity ของข้าวเจ้า

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดลองระหว่างปริมาณ Amylose และค่า Viscosity ของข้าวเจ้า

ตัวอย่างข้าว	amylose (%)	ความหนืดสูงสุด(Bu)
ข้าวเจ้า G6	12.09	614
ข้าวเจ้า G4	14.45	523
ข้าวเจ้า H3	16.08	572
ข้าวเจ้า J2	16.67	475
ข้าวเจ้า J3	14.87	499
ข้าวเจ้า J4	14.97	486

สตาร์ชเป็นแหล่งพลังงานสะสมของพืช โดยลักษณะของเม็ดแป้งจะมีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกันตามชนิดของพืช องค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ช ประกอบด้วยส่วนของ อะไมโลส และ อะไมโลเพกติน จากผลการทดลองพบว่า ข้าวเจ้า G6 มีปริมาณอะไมโลสต่ำสุด และข้าวเจ้า J2 มีปริมาณอะไมโลสสูงที่สุด ทั้งนี้ปริมาณอะไมโลสในข้าวแต่ละชนิดนั้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าวนั้นๆ รวมทั้งปริมาณของข้าวท้องไข่ เนื่องจากตัวอย่างข้าวที่มีข้าวท้องไข่มากจะส่งผลให้ปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าข้าวปกติ 2 – 3 % (Patindol & Wang : 2001) ซึ่งก็ตรงกับผลการทดลองที่ทางคณะผู้จัดทำมองเห็นด้วยตาเปล่า ว่า ข้าวเจ้า G6 มีข้าวท้องไข่มากที่สุด ซึ่งก็ตรงกับผลการทดลองที่ทำให้ ปริมาณอะไมโลสต่ำที่สุดนั่นเอง ทั้งนี้ปริมาณ อะไมโลส ยังสามารถบ่งบอกได้ถึงความเหนียวของข้าว โดยพบว่า ข้าวที่มีอะไมโลสต่ำจะส่งผลให้ความหนืดสูง ทั้งนี้ เนื่องจาก ปริมาณอะไมโลเพกตินที่สูง โดยในขณะที่มีการวัดความหนืดจะต้องมีการให้ความร้อนจากเครื่อง Brabender โดยความร้อนจะเข้าไปทำลายพันธะ hydrogen ที่เกาะเกี่ยวกันเอง ในบริเวณอสัณฐาน (Amorphous zone) ของโครงสร้าง โมเลกุล ของอะไมโลเพกติน คลายตัวลง สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำในส่วนผสม หรืออุ้มน้ำเข้าไปภายในเมล็ดทำให้เม็ดสตาร์ชพองตัวขึ้นเรื่อยๆ พร้อมกับเริ่มหนืดข้น จนในที่สุดน้ำเข้าไปในบริเวณผลึก (Crystalline zone) ทำลายโครงสร้างเม็ดสตาร์ชพร้อมทั้งมีความหนืดข้นสูงสุด เพราะน้ำเข้าไปอยู่ในเม็ดสตาร์ช จนอาจไม่มีเหลือเป็นน้ำอิสระในส่วนผสม อีกทั้งโครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลเพกตินนั้นมีลักษณะเป็นโซ่กิ่งที่มีแขนงมากซึ่งคุณสมบัติตรงนี้ทำให้ความหนืดของแป้งสูงขึ้นนั่นเอง โดยถ้าแป้งชนิดไหนยังมีอะไมโลเพกตินสูงในโมเลกุลก็จะมีโซ่กิ่งที่เป็นแขนงมากก็จะทำให้ความหนืดของแป้งสูงตามไปด้วย

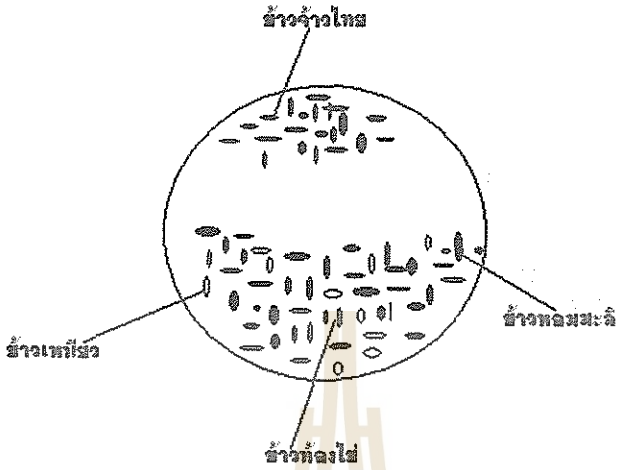
2. ศึกษาหาค่าความสัมพันธ์ของ Amylose กับ %ข้าวปน

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดลองระหว่างปริมาณ Amylose และ %ข้าวปน ของข้าวเจ้า

ตัวอย่างข้าว	amylose(%)	%ข้าวปน (ไอโอดีน)	%ข้าวปน(ย้อมสี)	%ข้าวเหนียวปน
ข้าวเจ้า G6	12.09	4.120	38.67	1.204
ข้าวเจ้า G4	14.45	14.700	24.33	0.507
ข้าวเจ้า H3	16.08	11.220	19.00	0.503
ข้าวเจ้า J2	16.67	11.600	17.33	0.617
ข้าวเจ้า J3	14.87	7.000	15.67	0.230
ข้าวเจ้า J4	14.97	6.590	16.33	0.102

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง % ข้าวปน กับปริมาณ Amylose นั้น พบว่า วิธีการวิเคราะห์หา % ข้าวปน โดยวิธีการสสายในด่างนั้น ทางคณะผู้จัดทำเห็นสมควรว่าการทดลองนี้มีความคลาดเคลื่อน เนื่องจาก อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างข้าวที่แช่ในสารละลายด่างเป็นเวลา 23 ชั่วโมง นั้น ไม่คงที่ คือ จำเป็นที่จะต้องใช้ อุณหภูมิ 30 ^{0}C ในการทดลอง แต่ในการปฏิบัติจริงนั้นทางคณะผู้จัดทำได้ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ ซึ่งแต่ละซ้ำปรากฏว่า อุณหภูมิที่ใช้นั้น มีความคลาดเคลื่อน ตั้งแต่ 26.5 – 29.5 ^{0}C จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้มีความคลาดเคลื่อนไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลได้ ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้นำวิธีการวิเคราะห์ % ข้าวปน โดยการย้อมสีเมล็ดข้าวเข้ามาใช้ หลักการก็ คือ จะทำการย้อมสีเมล็ดข้าวแล้วแยกเมล็ดข้าวที่มีสีน้ำเงินออกมาซึ่งเมล็ดข้าวที่ย้อมติดสีน้ำเงินนั้น คือ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง โดยที่ ไอโอดีน สามารถจะเข้าไปจับที่เกลียว (helix) ของอะไมโลสนั้นได้ ส่วนเมล็ดข้าวอีกส่วนหนึ่งที่ไม่ติดสีน้ำเงินของไอโอดีนนั้นก็เนื่องมาจาก มีปริมาณอะไมโลสต่ำ คือ ไอโอดีนไม่สามารถเข้าไปจับบริเวณเกลียวเพื่อให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีได้ ซึ่งในเมล็ดข้าวส่วนที่ไม่ติดสีน้ำเงินนี้เอง ก็อาจจะมีข้าวเจ้าหอมมะลิ ข้าวเหนียว และข้าวท้องไข่ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงลักษณะการติดสีของเมล็ดข้าวแต่ละชนิด

ซึ่งข้าวทั้ง 3 แบบนี้ มีปริมาณอะไมโลสที่ต่ำอยู่แล้ว ดังนั้น จากผลการทดลองจะเห็นว่า ข้าวเจ้า G6 มีปริมาณข้าวปนน้อยที่สุด และยังมีปริมาณข้าวเหนียวสูงกว่าข้าวตัวอื่น ซึ่งก็เป็นไปตามทฤษฎีที่ทำให้ปริมาณอะไมโลสต่ำที่สุด และส่งผลให้ปริมาณความหนืดสูงที่สุดนั่นเอง ในขณะที่ข้าวเจ้าอีก 5 ชนิดที่เหลือนั้น ก็มีผลการทดลองที่มีแนวโน้มค่อนข้างจะเหมือนกับ ข้าวเจ้า G6 กล่าว คือ เหตุผลต่าง ๆสามารถอธิบายได้โดยหลักการเดียวกัน แต่ทั้งนี้ปริมาณอะไมโลสที่เปลี่ยนแปลงนั้นอาจเนื่องมาจากสัดส่วนของข้าวทั้ง 3 แบบ (ข้าวหอมมะลิ, ข้าวท้องไข่ และข้าวเหนียว) ในส่วนของเมล็ดข้าวที่ไม่ติดสีน้ำเงินนั้นแตกต่างกัน

1. **เปรียบเทียบความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีกับค่า Viscosity ของข้าวเจ้าเก่าและข้าวเจ้าใหม่**

ผลการทดลอง

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดลองระหว่างปริมาณองค์ประกอบทางเคมี กับค่า Viscosity ของข้าวเจ้า

ตัวอย่างข้าว	protein (%)	fat(%)	crude fiber(%)	dietary fiber(%)	ash (%)	ความหนืดสูงสุด (Bu)
ข้าวเจ้า G6	6.664	0.474	0.052	0.106	0.421	614
ข้าวเจ้า G4	6.367	0.509	0.090	0.207	0.366	523
ข้าวเจ้า H3	6.248	0.438	0.087	0.231	0.348	572
ข้าวเจ้า J2	6.347	0.440	0.044	0.144	0.354	475
ข้าวเจ้า J3	6.248	0.470	0.087	0.177	0.349	499
ข้าวเจ้า J4	6.386	0.582	0.049	0.142	0.452	486

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากการทดลองในครั้งนี้รวมทั้งตัวอย่างข้าวเจ้าที่ได้รับนั้น ไม่สามารถที่จะเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเจ้าเก่าและข้าวเจ้าใหม่ได้ เนื่องจาก ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี เพื่อเปรียบเทียบนั้น จำเป็นที่จะต้องใช้ข้าวตัวอย่างเดียวกันที่เป็นทั้งข้าวเก่าและข้าวใหม่ แต่ในกรณีที่มีข้าวเก่าและข้าวใหม่ที่เป็นข้าวต่างชนิดกัน เราไม่สามารถจะบอกได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีมีแนวโน้มเป็นอย่างไร เนื่องจากข้าวแต่ละชนิดนั้นมีปัจจัยทั้งภายใน (ลักษณะพันธุ์, พันธุกรรม) และปัจจัยภายนอก (แสง อุณหภูมิ การให้ปุ๋ย พื้นที่ปลูก) ที่แตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งที่เราไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้น จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของข้าวเจ้าเก่าและข้าวเจ้าใหม่ที่ส่งผลต่อความหนืดนั้นเป็นอย่างไร แต่สามารถอธิบายได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างข้าวแต่ละชนิดเป็นอย่างไร

และจากตัวอย่างข้าวที่ได้รับในการทำโครงการในครั้งนี้ เมื่อนำไปตรวจวัดความเก่า ความใหม่ พบว่า ข้าวเจ้า G6 เป็นข้าวที่เก่าที่สุด และ ข้าวเจ้า J3 เป็นข้าวที่ใหม่ที่สุด แต่ทั้งนี้ สีที่แสดงถึงความเก่าและความใหม่ของข้าวนั้น ไม่แตกต่างกันมาก นั่นก็แสดงว่า ตัวอย่างข้าวที่ได้รับ มีความเก่าความใหม่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้น ผลการทดลองที่ต้องการเปรียบเทียบในความเก่าและความใหม่จึงไม่ชัดเจน

<u>โปรตีน</u>

โปรตีนเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณมากเป็นอันดับ 2 รองจากคาร์โบไฮเดรต โดยจากผลการทดลองจะเห็นว่า ข้าวเจ้า G6 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด และข้าวเจ้า H3 และ J3 มีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนที่สูงและต่ำนั้น อาจมีผลมาจาก

1. **พันธุ์ข้าว** พันธุ์ข้าวที่ต่างกันส่งผลให้ปริมาณโปรตีนแตกต่างกันด้วย
2. **สภาพแวดล้อมในการปลูกข้าว** ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อ ปริมาณโปรตีนในข้าว เช่น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในระยะต่างๆ ในขณะที่ข้าวเจริญเติบโต มีผลต่อการสร้างโปรตีนในเมล็ดข้าว นอกจากนี้ระยะการปลูกที่เหมาะสม สภาพอากาศที่มีเมฆปกคลุมมากในขณะที่สร้างเมล็ด สภาพแวดล้อมที่ผิดปกติบางช่วง เช่น อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป เกิดโรคหรือแมลงทำลาย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลให้ โปรตีนในเมล็ดข้าวสูงขึ้น
3. **สภาวะการเก็บข้าว** คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของโปรตีน โดยเฉพาะ โปรตีน ออริซานิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในข้าวนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บโดยพันธะ ไดซัลไฟด์ ของโปรตีนจะเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บข้าว โดยเฉพาะถ้าเก็บไว้ที่ อุณหภูมิสูง ก็จะทำให้ปริมาณโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ และอุณหภูมิยังส่งผลต่อ สภาวะการทำงานของเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ แอลฟา อะไมเลส ที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวด้วย

สำหรับผลการทดลอง เมื่อดูความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณโปรตีนกับความหนืดจะพบว่า ข้าวเจ้า G6 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดและมีปริมาณความหนืดสูงที่สุดด้วย ส่วนในข้าวเจ้าอีก 5 ชนิดที่เหลือนั้น พบว่า มีแนวโน้มค่อนข้างที่จะมีปริมาณโปรตีนและความหนืดผกผันกัน เช่น ข้าวเจ้า J2 มีโปรตีน 6.347 % และมีความหนืด เท่ากับ 475 Bu ทั้งนี้เนื่องมาจาก โปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อเมล็ดจะแทรกอยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ช โดยทำให้การพองตัวของเม็ดสตาร์ชไม่เสียรูปร่างได้ง่ายและทำให้โมเลกุลของอะไมโลสไม่ซึมผ่านออกมา โดยความหนืดเหนียวของข้าวมาจากการเกาะเกี่ยวกันของโปรตีน ออริซานิน กับโมเลกุลของสตาร์ช ทั้งในส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน โดยในโครงสร้างของโปรตีนส่วนที่มีพันธะ ซัลไฟด์คู่ คือ ซีสทีน ที่เกาะเกี่ยวกับเมล็ดสตาร์ชจะขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ชทำ

ให้ความหนืดต่ำความเหนียวลดลง แต่จากผลการทดลองของข้าวเจ้า G6 นั้นพบว่า ความสัมพันธ์ ของปริมาณโปรตีนที่สูง ส่งผลให้ความหนืดสูงตามไปด้วย ทั้งนี้จากข้อสันนิษฐาน ของคณะผู้จัดทำ คาดว่าเกิดจากสภาวะในการเก็บข้าว ไม่ว่าในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง อาจจะมีสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์จึงส่งผลให้ความหนืดสูงขึ้นได้ หรืออาจจะเกิดจาก ปัจจัยตัวอื่น ซึ่งทั้งนี้ก็จะต้องมีการศึกษาในระดับต่อไป

<u>ไขมัน</u>

ไขมัน คือกลุ่มของสารประกอบที่ละลายได้ดี ในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ โดยจากการทดลองพบว่าข้าวที่มีความเก่าที่สุดไปยังข้าวที่ใหม่ที่สุดค่อนข้างมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณไขมันจากน้อยสุดไปยังปริมาณไขมันมากสุด หรืออาจกล่าวได้ว่า ข้าวที่มีความเก่า หรือข้าวที่มีการเก็บไว้ในระยะเวลาหนึ่งจะมีปริมาณไขมันลดลงเนื่องจากไขมันเหล่านี้จะกลายไปเป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งจะกลายไปเป็นสารเบื้องต้นในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะเกิดลิโพไลซิส ซึ่งเป็นการแยกย่อยกรดไขมันอิสระ จากโมเลกุลของ glyceride อันเป็นสาเหตุให้เกิดการหืนของอาหารได้ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับสภาพในการเก็บรักษา ถ้าอุณหภูมิต่ำ ความชื้นต่ำ ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่า ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาวะที่เหมาะกับการทำงานของเอนไซม์ไลเปส โดยถ้าสภาวะการเก็บเหมาะแก่การทำงานของเอนไซม์ไลเปสก็จะส่งผลให้เอนไซม์ตัวนี้ทำการย่อยไขมันให้เป็นกรดไขมันอิสระได้ ซึ่งก็จะทำให้ไขมันลดลงนั่นเอง ซึ่งวิธีการที่จะใช้ตรวจสอบ ความแน่ใจว่าข้าวเก่านั้นจะมีปริมาณไขมันที่น้อยก็สามารถตรวจหาพวกกรดไขมันอิสระที่เกิดจากการแตกตัวจากไขมันได้ โดยถ้าไขมันน้อยแสดงว่า มันเกิดการแตกตัวไปเป็นกรดไขมันอิสระเยอะ โดยวิธีการตรวจสอบนี้สามารถทำได้ เช่น วิธี acid value, peroxide value หรือ TBA และสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันและความหนืดนั้นพบว่า องค์ประกอบทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีผลต่อกัน

<u>ไฟเบอร์</u>

Crude fiber คือ ส่วนของอาหารที่เหลืออยู่หลังจากมีการสกัดโดยใช้กรดและด่าง ประกอบด้วย cellulose ซึ่งจะพบบริเวณผนังเซลล์ของพืช และ Licnin ซึ่งจะเกิดรวมกับ cellulose เคลือบผนังเซลล์ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับพืช

Dietary fiber เกิดจากย่อยอาหารด้วยสารละลายที่มีคุณลักษณะคล้ายน้ำย่อยในกระเพาะอาหารมนุษย์จึงได้ค่าเส้นใยอาหารเป็น คาร์โบไฮเดรตที่มีโพลีแซคคาไรด์หลายชนิดรวมกันกับ Cellulose จึงทำให้ค่า Dietary fiber มีมากกว่าค่า Crude fiber

โดยจากผลการทดลองจะเห็นว่า ค่า Dietary fiber มีค่ามากกว่าค่า Crude fiber ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี สำหรับปริมาณ fiber ในข้าวแต่ละชนิดนั้น ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะพันธุ์ สภาวะการปลูก หรือ การสีข้าว ของแต่ละโรงสี เพราะ fiber จะมีปริมาณน้อยมากในเมล็ดข้าว เนื่องจาก พวกเส้นใยเหล่านี้จะมีมากที่ส่วนนอกสุดของเมล็ดซึ่งถูกสีออกไปแล้ว

<u>เถ้า</u>

สำหรับปริมาณแร่ธาตุในข้าวแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกัน โดยจะมี อิทธิพลมาจาก ปริมาณแร่ธาตุในดินที่ปลูก และการให้น้ำ ในขณะเพาะปลูกโดยจากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกันมากนัก สำหรับตัวอย่างข้าวที่มีเถ้าสูงสุด คือ ข้าวเจ้า H3 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณแร่ธาตุในดินที่ใช้ปลูกนั้นมีแร่ธาตุสูงนั่นเอง และปริมาณเถ้าที่วิเคราะห์ได้นั้นมีปริมาณน้อย นอกจากขึ้นกับปริมาณแร่ธาตุในดินแล้วยังขึ้นกับการสีข้าวด้วย เนื่องจากเถ้าจะมีมากที่สุดที่ส่วนนอกของเมล็ดเช่นเดียวกับไฟเบอร์

จากข้อสันนิษฐานของคณะผู้จัดทำคิดว่า ปริมาณไฟเบอร์ทั้ง 2 ชนิด และ ปริมาณเถ้า ไม่น่าจะมีผลต่อความหนืดของตัวอย่างข้าวที่ทำการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงของข้าวเกิดขึ้นตลอดเวลาตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนถึงผู้บริโภค โดยขึ้นอยู่กับสภาวะการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ เวลา ความชื้น ซึ่งจะส่งผล ต่อ คุณภาพข้าว จากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ ,เคมีและเคมีเชิงฟิสิกส์ โดยพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าสภาวะอื่น นักวิจัยหลายกลุ่มพยายามหาทฤษฎีและเสนอผลการเปลี่ยนแปลงของข้าว จากข้าวใหม่ไปเป็นข้าวเก่า สรุปว่าเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของไขมัน โปรตีนและสารอื่นๆ ที่มีผลมาจากการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ และผลจากออกซิเจนที่เปลี่ยนแปลงขณะเก็บรักษา Chrastil และคณะได้ทำการวิจัยพบว่าการเปลี่ยนแปลงของข้าวในขณะเก็บรักษานั้น มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนและสตาร์ชตลอดจนการทำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและสตาร์ช ในระดับโครงสร้างโมเลกุล นอกจากนี้ยังพบว่า เอนไซม์หลายชนิดที่พบในข้าวยังคงมีกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง แม้จะเก็บข้าวไว้เป็นเวลานาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

สรุปผลการปฏิบัติงาน

การปฏิบัติงานในบริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด ในตำแหน่งผู้ช่วยเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ ในด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพนั้น ส่งผลให้เกิดประโยชน์ในหลายๆด้านดังนี้

1. ด้านสังคม

- ได้รู้จักบุคคลต่างๆ มากขึ้นทั้งในแผนกและต่างแผนก
- ได้เข้าใจถึงลักษณะของการปฏิบัติงานจริง และเข้าใจถึงชีวิตประจำวันของการทำงาน
- ได้ฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น
- ได้รู้จักถึงการวางตัวให้เหมาะสมและการสร้างมนุษยสัมพันธ์ที่ดี

2. ด้านทฤษฎี

- ได้รับความรู้ใหม่เพิ่มในเรื่องของขั้นตอนการผลิตและรายละเอียดต่างๆของข้าวและผลิตภัณฑ์แป้งข้าว
- ได้ศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่างๆในข้าวเจ้าเพิ่มเติม
- ได้รับความรู้ใหม่ในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ความหนืด
- ได้ศึกษาการตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ในแป้งและในน้ำใช้เพิ่มเติม
- ได้รับความรู้ใหม่ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในกระบวนการใช้
- ได้ทราบถึงขั้นตอนการตรวจติดตาม(Audit) ภายในของบริษัท

3. ด้านปฏิบัติ

- ได้ฝึกปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างแป้งเพื่อนำมาตรวจคุณภาพ
- ได้ฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆทางเคมีของข้าวเจ้า
- ได้ฝึกปฏิบัติในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างแป้ง
- ได้ฝึกปฏิบัติการ Swab test ที่มือพนักงานและเครื่องจักร
- ได้ฝึกปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำใช้ในกระบวนการผลิต

รวมถึงการฝึกปฏิบัติต่างๆที่ได้กล่าวไว้แล้วในส่วนหน้า โดยการฝึกปฏิบัติที่ได้รับไปทั้งหมดนั้นนับว่ามีประโยชน์อย่างยิ่ง ทำให้คณะผู้จัดทำได้มีการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และได้สัมผัสกับการปฏิบัติงานจริงที่อยู่นอกเหนือจากทฤษฎีในบทเรียน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการปฏิบัติตามโครงการที่ได้รับมอบหมายในหัวข้อเรื่อง "การศึกษาคุณลักษณะของข้าวเจ้า" โดยตรวจหาองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ของข้าวเจ้าแต่ละตัวอย่างนั้นพบว่า

1. สิ่งหนึ่งที่อยากให้ทางผู้รับวัตถุดิบคำนึงถึงก็คือ ในเรื่องของเอนไซม์ ซึ่งมีเอนไซม์หลายชนิดที่พบในข้าวยังคงมีกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง แม้จะเก็บข้าวไว้เป็นเวลานาน ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้อาจจะมีผลต่อความหนืดได้ โดยเอนไซม์จำพวกเอนไซม์อะไมเลส สามารถย่อยสายแป้งให้สั้นลงได้ ส่งผลให้ความหนืดลดลงด้วย

2. ในการตรวจรับข้าวเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบนั้น ความชื้นเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถบ่งชี้ถึงอายุการเก็บข้าวหรือบ่งบอกถึงความปลอดภัยในการเก็บรักษาให้ข้าวมีคุณภาพดี โดยความชื้นที่ยอมรับว่าปลอดภัยต่อการเก็บรักษาข้าวที่เหมาะสมคือ 13% ซึ่งจะสามารถเก็บได้ดีเป็นเวลา 6 เดือน และถ้าข้าวมีความชื้น 12% จะทำให้สามารถเก็บข้าวได้นานยิ่งขึ้น(Juliano;1985)

3. ควรมีการศึกษาหาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวที่มีลักษณะเป็นข้าวท้องไข่ เพื่อนำผลที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการตรวจรับวัตถุดิบ หรือใช้ในการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพของบริษัทฯ

4. จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของ Amylose กับ % ข้าวปน เพื่อทดสอบดูว่าการใช้วิธี % ข้าวปน เป็นวิธีการทดสอบเบื้องต้นในการตรวจรับข้าว นั้น พบว่า

- วิธีการหา % ข้าวปน โดยการสลายเมล็ดข้าวในด่างนั้นเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการตรวจรับข้าว เนื่องจากสามารถมองเห็นผลการทดลองได้ชัดเจน โดยระดับการสลายของเมล็ดข้าวในด่างสามารถดูได้ง่าย ถ้าสามารถควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองได้ แต่ข้อเสียอีกอย่างก็ คือ การทดลองนี้ ต้องใช้ระยะเวลานาน

- วิธีการหา % ข้าวปน โดยการย้อมสีเมล็ดข้าวนั้นมีข้อดีก็คือ เป็นวิธีการที่รวดเร็วสามารถทราบผลได้ทันที แต่ข้อเสียก็ คือ ขั้นตอนในการเตรียมสารละลายค่อนข้างยุ่งยาก และในการคัดแยกเมล็ดข้าวที่ติดสีนั้นแต่ละบุคคลอาจจะคัดแยกสีได้แตกต่างกันทำให้ผลของปริมาณข้าวปนอาจคลาดเคลื่อนได้ ทั้งนี้อาจต้องอาศัยผู้ที่มีประสบการณ์ในการคัดแยกสีเมล็ดข้าว

5. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของอายุข้าว โดยใช้ข้าวที่เป็นตัวอย่างเดียวกันและมีการเก็บไว้จนกลายเป็นข้าวเก่า และนำมาทดสอบวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงไป

เอกสารอ้างอิง

กนกอร อินทราพิเชฐ . 2546 . **Food Analysis Laboratory.** เทคโนโลยีอาหาร. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยสุรนารี

จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล . 2541 . **เอกสารประกอบการสอนเคมีอาหาร** . เทคโนโลยีอาหาร. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยสุรนารี

อรอนงค์ นัยวิกุล . 2547 . **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพมหานคร.

อรอนงค์ นัยวิกุล . 2540 . **ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพมหานคร.

C. Joseph . 1994 . Effect of Strorage on the Physicochemistry Properties and Quality Factors of Rice . Rice Science and Technology , New York.

Y. Pomeranz . 1987 . Modren Cereal Science and Technology , Washington.

มาตรฐานข้าวหอมมะลิของประเทศไทย

www.aaccnet.org/meetings/2001/Abstracts/a01ma322.htm

www.ikaset.com/standard/Sthai.htm.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างข้าวเจ้า

<u>1. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า</u>

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. Muffle furnace
2. Porcelain crucible
3. Desiccator
4. Balance

วิธีการ

1. เผากระเบื้องเคลือบในเตาเผาอุณหภูมิ 600 °C 3 ชม. ชั่งน้ำหนัก ปิดสวิตช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน นำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผาใส่ในตู้ดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง สองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนัก แล้ว เผาตัวอย่างในเตาเผาอุณหภูมิ 600 ^{0}C และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1-2

$$\text{ปริมาณเถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเถ้าในตัวอย่างข้าวเจ้า G6

$$\text{ปริมาณเถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{0.0086 \times 100}{2.0015}$$

ปริมาณเถ้าในข้าวเจ้า G6 = 0.430 %

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในตัวอย่างข้าว

ตัวอย่างข้าว	ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนัก crucible (g)	น้ำหนัก crucible +เถ้า (g)	น้ำหนักเถ้า (g)	ปริมาณเถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก	เฉลี่ย
ข้าวเจ้า G6	1	2.0015	21.6773	21.6859	0.0086	0.430	0.421
	2	2.0031	21.114	21.1224	0.0084	0.419	
	3	2.0049	20.9349	20.9432	0.0083	0.414	
ข้าวเจ้า G4	1	2.0060	19.559	19.5664	0.0074	0.369	0.366
	2	2.0078	20.9841	20.9914	0.0073	0.364	
	3	2.0017	19.9447	19.952	0.0073	0.365	
ข้าวเจ้า H3	1	2.0049	21.1316	21.1381	0.0065	0.324	0.348
	2	2.0032	20.449	20.4563	0.0073	0.364	
	3	2.0021	20.8806	20.8877	0.0071	0.355	
ข้าวเจ้า J2	1	2.0014	19.8804	19.8876	0.0072	0.360	0.354
	2	2.0027	19.7648	19.7719	0.0071	0.355	
	3	2.0090	22.5797	22.5867	0.0070	0.348	
ข้าวเจ้า J3	1	2.0049	17.5717	17.5786	0.0069	0.344	0.349
	2	2.0035	20.4608	20.4676	0.0068	0.339	
	3	2.0018	22.5061	22.5134	0.0073	0.365	
ข้าวเจ้า J4	1	2.0088	20.399	20.4075	0.0085	0.423	0.452
	2	2.0043	21.1173	21.1263	0.0090	0.449	
	3	2.0007	22.7268	22.7365	0.0097	0.485	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. Kjeldahl Flask ขนาด 250-600 มล. และ heating mantle
2. Steam distillation
3. Erlenmeyer flask ขนาด 250-500 มล.
4. Buret ขนาด 25 มล.
5. Filter paper
6. Balance
7. สารผสมระหว่าง $CuSO_4$ และ K_2SO_4 อัตราส่วน 1:10
8. H_2SO_4 เข้มข้น
9. NaOH เข้มข้น 4 %
10. HCl เข้มข้น 0.1 N
11. Indicator

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 1 กรัม ลงในหลอดกลั่น
2. ใส่สารผสม $CuSO_4$ และ K_2SO_4 5 กรัม เติม H_2SO_4 เข้มข้น ปริมาตร 25 มล. ย่อยบนเตาจนได้สารละลายสีเขียวใส แล้วปล่อยให้เย็น
3. เตรียมขวดรูปชมพู่ บรรจุ Boric acid ปริมาตร 50 มล. เติม อินดิเคเตอร์ 3-4 หยด วาง flask เข้ากับเครื่องกลั่นไอน้ำ ให้ปลายอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มในสารละลาย Boric acid
4. กลั่นด้วยเครื่องกลั่นไอน้ำ ถ่ายสารละลายลงในหลอดกลั่น ล้างขวดย่อยด้วยน้ำกลั่นให้หมดสารละลายตัวอย่าง
5. เติมน้ำกลั่น 30-50 มล. เติม NaOH 30-50 มล. อย่างช้าๆ ให้สารละลายด่างลงไปที่ก้นหลอด แล้วกลั่นทันที ตั้งโปรแกรมการกลั่น 5-10 นาที ให้ได้ distilate ประมาณ 150 มล.
6. ไตรเตรทสารละลายด้วย HCl สีจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงวิเคราะห์ Blank ตามข้อ 1-6

$$\% \text{ Protein} = \frac{(A-B) \times 1.4 \times 0.1 \times F}{W}$$

A = ปริมาตรกรดที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง (ml.)

B = ปริมาตรกรดที่ใช้ไทเทรตกับ Blank (ml.)

N = ความเข้มข้นของกรด (normality)

F = แฟกเตอร์ของข้าว = 5.95

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณโปรตีนในตัวอย่างข้าวเจ้า G6

$$\% \text{ Protein} = \frac{(5.75 - 0.20)\text{ml} \times 1.4 \times 0.1\ \text{N} \times 5.95}{0.70\ \text{g}}$$

ปริมาณโปรตีนในข้าวเจ้า G6 = 6.605 %

ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างข้าว

ตัวอย่างข้าว	ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (g) (W)	ปริมาตรที่ใช้ไทเทรต (ml) (A)	ปริมาณโปรตีน (%)	เฉลี่ย
Blank (B)	**1**	-	0.20	-	-
Blank (B)	**2**	-	0.20	-	-
ข้าวเจ้า G6	**1**	0.70	5.75	6.605	6.664
	2	0.70	5.80	6.664	
	3	0.70	5.85	6.724	
ข้าวเจ้า G4	**1**	0.70	5.55	6.367	6.367
	2	0.70	5.60	6.426	
	3	0.70	5.50	6.307	
ข้าวเจ้า H3	**1**	0.70	5.45	6.248	6.248
	2	0.70	5.40	6.188	
	3	0.70	5.50	6.307	
ข้าวเจ้า J2	**1**	0.70	5.55	6.367	6.347
	2	0.70	5.55	6.367	
	3	0.70	5.50	6.307	
ข้าวเจ้า J3	**1**	0.70	5.45	6.248	6.248
	2	0.70	5.35	6.129	
	3	0.70	5.55	6.367	
ข้าวเจ้า J4	**1**	0.70	5.55	6.367	6.386
	2	0.70	5.60	6.426	
	3	0.70	5.55	6.367	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. Extraction thimble
2. Cotton
3. Drying oven
4. Balance
5. Desiccator
6. Petroleum ether

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนัก บีกเกอร์อลูมิเนียมทรงสูง ที่ผ่านการอบแล้ว
2. ชั่งตัวอย่าง ประมาณ 1 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงใน Extraction thimble คลุมด้วยสำลี และ ต่อ เข้ากับเครื่องสกัดไขมัน
3. เติมสารละลาย Petroleum ether 80 มล. ลงในบีกเกอร์อลูมิเนียมทรงสูง และต่อเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน โดยใช้เวลาในการสกัดไขมันประมาณ 1 ชม.
5. เมื่อครบ 1 ชม. แล้ว นำบีกเกอร์อลูมิเนียมทรงสูงที่มีไขมันอยู่ไปที่อุณหภูมิ 105 °C ประมาณ 30 นาที และนำไปชั่งน้ำหนัก

$$\text{ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณไขมันในตัวอย่างข้าวเจ้า G6

$$\text{ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{0.0152}{3.0054} \times 100$$

ปริมาณไขมันในข้าวเจ้า G6 = 0.506 %

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 10 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในตัวอย่างข้าว

ตัวอย่างข้าว	ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักภาชนะ (g)	น้ำหนักภาชนะ +ไขมัน(g)	น้ำหนักไขมัน (g)	ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก	เฉลี่ย
ข้าวเจ้า G6	1	3.0054	45.8626	45.8778	0.0152	0.506	0.474
	2	3.0074	45.6923	45.707	0.0147	0.489	
	3	3.0079	45.9592	45.9721	0.0129	0.429	
ข้าวเจ้า G4	1	3.0092	45.9447	45.9612	0.0165	0.548	0.509
	2	3.0045	45.9065	45.9216	0.0151	0.503	
	3	3.0083	45.6934	45.7077	0.0143	0.475	
ข้าวเจ้า H3	1	3.0051	45.7907	45.8061	0.0154	0.512	0.438
	2	3.0034	45.9508	45.9611	0.0103	0.343	
	3	3.0025	45.7886	45.8024	0.0138	0.460	
ข้าวเจ้า J2	1	3.0078	45.8557	45.8692	0.0135	0.449	0.440
	2	3.0076	45.8616	45.8749	0.0133	0.442	
	3	3.0006	45.7967	45.8096	0.0129	0.430	
ข้าวเจ้า J3	1	3.0088	45.7324	45.7481	0.0157	0.522	0.470
	2	3.0093	45.734	45.7483	0.0143	0.475	
	3	3.0072	45.9156	45.928	0.0124	0.412	
ข้าวเจ้า J4	1	3.0066	45.6785	45.6965	0.0180	0.599	0.582
	2	3.0023	45.9564	45.9727	0.0163	0.543	
	3	3.0078	45.9137	45.9319	0.0182	0.605	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารหยาบ

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารหยาบ
2. Crucible
3. Drying oven
4. Muffle furnace
5. Desiccator
6. Balance
7. 1.25 % H_2SO_4
8. 1.25 % NaOH
9. 95% Ethanol

วิธีการ

1. เผา sintered glass crucible ในเตาเผาอุณหภูมิ 600 °C นาน 3 ชม. ปิดสวิตช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน นำ sintered glass crucible ออกจากเตาเผาใส่ในตู้ดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก
2. เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง สองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างแป้ง 1 กรัม ซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ sintered glass crucible
4. นำ sintered glass crucible ต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ไฟเบอร์
5. เติม 1.25 % H_2SO_4 ปริมาตร 150 มล. และให้ความร้อนเป็นเวลา 1 ชม.
6. กรองขณะร้อน และล้างกากด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งหมดความเป็นกรด
7. เติม 1.25 % NaOH ปริมาตร 150 มล. และให้ความร้อนเป็นเวลา 1 ชม
8. กรองขณะร้อน และล้างกากด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งหมดความเป็นด่าง
9. ล้างด้วย ethylalcohol 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 10 มล.
10. นำ sintered glass crucible พร้อมกากไปอบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 105 °C นาน 3 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นในตู้ดูดความชื้น
11. ชั่งน้ำหนักและอบครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนัก 2 ครั้งติดกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
12. เผา sintered glass crucible พร้อมกากที่อบแห้งแล้ว ในเตาเผาอุณหภูมิ 600 ^{0} C นาน 30 นาที
13. ชั่งน้ำหนักและเผาครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนัก 2 ครั้งติดกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
14. คำนวณปริมาณสารใยอาหารจากสูตร

ปริมาณสารเยื่อใยคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก = ผลต่างของ นน. ตัวอย่างหลังอบและหลังเผา X 100
นน. ตัวอย่างเริ่มต้น

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณใยอาหารหยาบในตัวอย่างข้าวเจ้า G6

ปริมาณสารเยื่อใยคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก = $\frac{30.5019 - 30.4519}{1.0041} \times 100$

ปริมาณสารเยื่อใยในข้าวเจ้า G6 = 4.980%

ตารางที่ 11 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารหยาบในตัวอย่างข้าว

ตัวอย่างข้าว	ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักcrucible+กาก หลังอบ (g)	น้ำหนัก crucible +กากหลังเผา (g)	ปริมาณใยอาหารคิดเป็น ร้อยละโดยน้ำหนัก	เฉลี่ย
ข้าวเจ้า G6	1	1.0041	30.5019	30.4519	4.980	5.176
	2	1.0007	30.4028	30.3503	5.246	
	3	1.0091	28.532	28.4785	5.302	
ข้าวเจ้า G4	1	1.0065	29.8446	29.7552	8.882	9.037
	2	1.0074	29.8712	29.7814	8.914	
	3	1.0048	30.6271	30.5335	9.315	
ข้าวเจ้า H3	1	1.0012	29.931	29.843	8.789	8.676
	2	1.0018	29.977	29.8941	8.275	
	3	1.0087	28.8771	28.7867	8.962	
ข้าวเจ้า J2	1	1.0032	28.6508	28.6061	4.456	4.441
	2	1.0061	28.6196	28.5744	4.493	
	3	1.0060	30.5327	30.4887	4.374	
ข้าวเจ้า J3	1	1.0045	28.6448	28.5579	8.651	8.729
	2	1.0092	28.6451	28.5549	8.938	
	3	1.0037	29.0793	28.993	8.598	
ข้าวเจ้า J4	1	1.0093	30.1801	30.1354	4.429	4.910
	2	1.0007	30.1538	30.0974	5.636	
	3	1.0077	30.1796	30.1326	4.664	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. การวิเคราะห์ใยอาหารโภชนา

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. Incubator ที่ 37 °C
2. ตู้อบ ที่ 100 °C
3. Sintered glass crucible
4. Aluminium foil
5. Decalin (decahydronaphthlene)
6. Anhydrous sodium sulfite ,Na_2SO_3
7. Toluene
8. Acetone
9. Neutral detergent solution
10. Phosphate buffer solution
11. Amylase solution

วิธีการ

1. เผา sintered glass crucible ในเตาเผาอุณหภูมิ 600 °C นาน 3 ชม. ปิดสวิตช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน นำ sintered glass crucible ออกจากเตาเผาใส่ในตู้ดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง สองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างแป้ง 1 กรัม ซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ sintered glass crucible

4. นำ sintered glass crucible ต่อเขากับเครื่องวิเคราะห์ไฟเบอร์

5. เติม Neutral dedergent solution 100 ml Decalin 2 ml และ Na_2SO_3 0.5 กรัม และให้ความร้อนนาน 1 ชั่วโมง กรองกากด้วย crucible และ suction ล้างกากด้วยน้ำเล็กน้อย

6. เติม Amylase solution 10 ml และ suction ให้แทนที่น้ำ วาง crucible ใน beaker ขนาดเล็ก และเติม Amylase solution ให้ท่วมกากใน crucible เติม toluene 2-3 หยด ปิด beaker ด้วย Aluminium foil แล้วบ่มที่ 37 °C ค้างคืน

7. หลังบ่มกรองโดย suction ล้างกากด้วยน้ำเล็กน้อย และครั้งสุดท้ายล้างด้วย Acetone อบกากให้แห้งที่ 100 °C ทำให้เย็นและชั่งน้ำหนัก

8. คำนวณปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลาย (insoluble dietary fiber , NDF)

$$\% \text{ NDF} = \frac{W_2 - W_1}{W_3} \times 100$$

W_1 = น้ำหนัก crucible เปล่า (กรัม)

W_2 = น้ำหนัก crucible + กากใย (กรัม)

W_3 = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร (กรัม)

การเตรียมสารละลายในการวิเคราะห์ Dietary fiber

Neutral detergent solution

1. ละลาย disodium EDTA 18.61 กรัม และ disodium tetraborate 6.81 กรัม ในน้ำ 150 ml. พร้อมกับให้ความร้อน
2. ละลาย 30 กรัม sodium lauryl sulfate และ 2-ethoxyethanol 10 ml. ในน้ำร้อน 700 ml. และผสมกับสารละลายที่
3. ละลาย anhydrous disodium hydrogen orthophosphate 4.56 กรัม ในน้ำร้อน 150 ml. เติมผสมกับสารละลายที่ 2 ปรับ pH ที่ 6.9-7.1 ถ้าจำเป็นด้วย orthophosphoric acid ถ้าเกิดตะกอนระหว่างการเก็บ อุ่นให้ละลายที่ 60 องศาเซลเซียส

Phosphate buffer solution

เตรียมสารละลาย Na_2HPO_4 และ NaH_2PO_4 เข้มข้น 0.1M. แล้วผสมกันด้วยอัตราส่วน 3.2 เพื่อให้ได้สารละลาย pH 6.9-7.1

Amylase solution

ละลาย amylase 2.5% (m/v) ใน 0.1 M phosphate buffer ปั่นเหวี่ยง 2-3 นาที แล้วกรอง

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณใยอาหารพยาบในตัวอย่างข้าวเจ้า G6

$$\% \text{ NDF} = \frac{30.4077 - 30.4067}{1.0055} \times 100$$

ปริมาณสารเยื่อใยในข้าวเจ้า G6 = 0.099 %

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 12 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารโภชนาในตัวอย่างข้าว

ตัวอย่างข้าว	ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (g) ,W_3	น้ำหนัก crucible เปล่า (g) , W_1	น้ำหนัก crucible +กากใย (g) ,W_2	% dietary fiber	เฉลี่ย
ข้าวเจ้า G6	1	1.0055	30.4067	30.4077	0.099	0.106
	2	1.0071	28.7431	28.7443	0.122	
	3	1.0079	28.4839	28.4849	0.097	
ข้าวเจ้า G4	1	1.0098	30.0207	30.0229	0.214	0.207
	2	1.0088	29.7905	29.7924	0.191	
	3	1.0069	30.5169	30.5191	0.216	
ข้าวเจ้า H3	1	1.0014	30.1228	30.1253	0.251	0.231
	2	1.0090	30.5641	30.5665	0.233	
	3	1.0095	28.8037	28.8058	0.209	
ข้าวเจ้า J2	1	1.0098	28.5066	28.5088	0.217	0.144
	2	1.0082	29.0225	29.0235	0.101	
	3	1.0022	30.4933	30.4944	0.114	
ข้าวเจ้า J3	1	1.0033	28.7639	28.7655	0.157	0.177
	2	1.0075	28.8459	28.8477	0.181	
	3	1.0050	29.0143	29.0162	0.193	
ข้าวเจ้า J4	1	1.0083	30.5253	30.5266	0.127	0.142
	2	1.0066	30.4996	30.5010	0.135	
	3	1.0091	30.1150	30.1167	0.164	

วิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6. การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในตัวอย่างข้าว

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ตัวอย่างข้าวชนิดต่างๆ ที่ผ่านการบดละเอียด
2. acetic acid
3. ไอโอดีน
4. สารละลายอะไมโลส
5. ethyl alcohol
6. NaOH
7. UV visible spectrophotometer

8. KI
9. Volumetric pipette
10. Volumetric flask
11. กระบอกตวง
12. ชุด Water bath

วิธีการวิเคราะห์

การเตรียม calibration curve

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานอะไมโลสจำนวน 1, 2, 3, 4 และ 5 ใส่ Vol. flask ขนาด 100 มล. เพื่อเตรียมสารละลายที่มีความมีความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ

2. เติมน้ำกลั่นในแต่ละขวด 70 มล. และปิเปตสารละลาย acetic acid ความเข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มล. ตามลำดับ

3. เติมสารละลายไอโอดีนในแต่ละขวด 2 มล. ปรับปริมาตรเป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายมาตรฐานอะไมโลสซึ่งเทียบกับปริมาณอะไมโลสในสารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้นร้อยละ 8, 16, 24, 32 และ 41 ตามลำดับ เขย่าและตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 20 นาที

4. นำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอะไมโลส

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างแป้งตัวอย่างละ 0.100 กรัม ใส่ใน Vol. flask เติมสารละลาย เอทิลแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 95 % 1 มล. และ เขย่าเบาๆ

2. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ 9 มล. ตั้งในน้ำเดือดนาน 10 นาที ปรับปริมาตรเป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น และตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของอะไมโลสในสารละลายตัวอย่าง

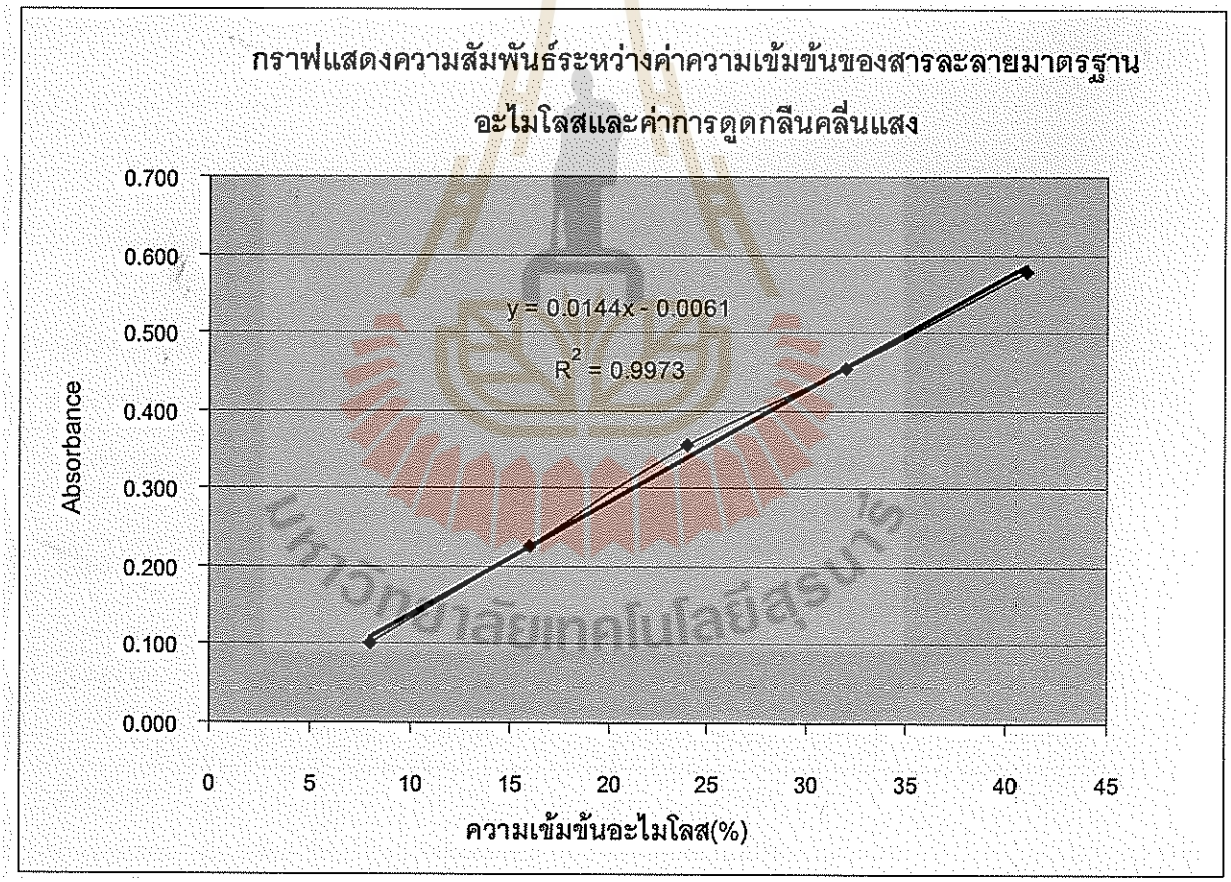
1. ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ จำนวน 5 มล. กรณีทำ blank ใช้น้ำกลั่น 5 มล. แทนสารละลายตัวอย่าง

2. เติมน้ำกลั่น 70 มล. กรด acetic 1 มล. สารละลายไอโอดีน 2 มล. ปรับปริมาตรเป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่นเขย่าและตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 20 นาที

4. วัดค่าabsorbanceที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร คำนวณความเข้มข้นอะไมโลสในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

ตารางที่13 แสดงข้อมูลของของอะไมโลสมาตรฐาน

ความเข้มข้นมาตรฐาน (%)	Absorbance ที่ 610 nm
8	0.1012
16	0.2247
24	0.3560
32	0.4550
41	0.5780



รูปที่ 6 แสดงกราฟของอะไมโลสมาตรฐาน

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณอะไมโลสในตัวอย่างข้าวเจ้า G6

จากสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟความเข้มข้นมาตรฐานของอะไมโลส คือ

$$\mathbf{Y = 0.0144X - 0.0061}$$

เมื่อ Y คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสง

X คือ ค่าความเข้มข้นของอะไมโลส

แทนค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของข้าวเจ้า G6 (0.161) ที่วัดได้ลงในสมการ จะได้

$$Y = 0.0144X - 0.0061$$

$$0.161 = 0.0144X - 0.0061$$

$$X = \frac{0.161 + 0.0061}{0.0144}$$

ค่าความเข้มข้นอะไมโลสในข้าวเจ้า G6 = 11.604 %

ตารางที่ 14 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในตัวอย่างข้าว

ตัวอย่างข้าว	ครั้งที่	ค่า Absorbance ที่ 610nm	ปริมาณอะไมโลส(%)	เฉลี่ย
ข้าวเจ้า G6	1	0.161	11.604	12.09
	2	0.175	12.576	
ข้าวเจ้า G4	1	0.210	15.007	14.45
	2	0.194	13.896	
ข้าวเจ้า H3	1	0.228	16.257	16.08
	2	0.223	15.910	
ข้าวเจ้า J2	1	0.245	17.438	16.67
	2	0.223	15.910	
ข้าวเจ้า J3	1	0.202	14.451	14.87
	2	0.214	15.285	
ข้าวเจ้า J4	1	0.207	14.799	14.97
	2	0.212	15.146	

<u>7. การวิเคราะห์ข้าวปนโดยวิธีการละลายในด่าง</u>

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดแก้วปริมาตรขนาด 1000 มล.
2. จานพลาสติกใสพร้อมฝาปิด
3. ปีกเกอร์แก้ว
4. 1.7 %โปรตัสเซียม ไฮดรอกไซด์

วิธีการวิเคราะห์

1. สุ่มเมล็ดข้าวขาวมา 100 เมล็ด แบ่งใส่ใน plate จำนวน 4 plate ๆ ละ 25 เมล็ด แล้ววางบนพื้นราบสีดำ

2. เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ลงใน plate ๆ ละ 25 มล. ให้เมล็ดข้าวทุกเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย และให้แต่ละเมล็ดอยู่ห่างกันพอสมควร และปิดฝาทิ้งไว้อยู่กับที่ที่อุณหภูมิห้อง 30^{0} C โดยไม่ขยับเขยื้อนเป็นเวลา 23 ชั่วโมง

3.ตรวจดูเมล็ดข้าว โดยพิจารณาระดับการสลายของเมล็ดข้าวในด่างแต่ละเมล็ดตามลำดับการสลายตัว

การเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การสลายเมล็ดข้าวในด่าง

KOH เข้มข้น 1.7%

ชั่ง KOH 19.54 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มให้เดือดแล้วปิดฝาทิ้งไว้จนเย็น เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรเป็น 1000 ml.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์%ข้าวปนโดยวิธีละลายในด่าง

ตัวอย่างข้าว	ครั้งที่	การสลายของเม็ดข้าว ในระดับ 1-5 ต่อ100เมล็ด	การสลายของเม็ดข้าว ในระดับ 6-7 ต่อ100เมล็ด	%ข้าวเจ้าชนิดอื่นปน (เฉลี่ย)
ข้าวเจ้า G6	1	35	65	38.67
	2	39	61	
	3	42	58	
ข้าวเจ้า G4	1	20	80	24.33
	2	27	73	
	3	26	74	
ข้าวเจ้า H3	1	21	79	19.00
	2	19	81	
	3	17	83	
ข้าวเจ้า J2	1	15	85	17.33
	2	20	80	
	3	17	83	
ข้าวเจ้า J3	1	14	86	15.67
	2	20	80	
	3	13	87	
ข้าวเจ้า J4	1	14	86	16.33
	2	18	82	
	3	17	83	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

8. การวิเคราะห์ข้าวปนโดยวิธีการย้อมสีเมล็ดข้าว

ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์%ข้าวปนโดยวิธีการย้อมสี

ตัวอย่างข้าว	ครั้งที่	น้ำหนักข้าวปน (กรัม)	น้ำหนักข้าวเจ้าหอมมะลิ (กรัม)	% ข้าวปน	เฉลี่ย
ข้าวเจ้า G6	1	0.13	3.27	3.82	4.12
	2	0.13	3.31	3.78	
	3	0.16	3.21	4.75	
ข้าวเจ้า G4	1	0.55	2.8	16.42	14.7
	2	0.44	2.92	13.09	
	3	0.49	2.87	14.58	
ข้าวเจ้า H3	1	0.4	3.01	11.73	11.22
	2	0.33	3.08	9.68	
	3	0.41	2.94	12.24	
ข้าวเจ้า J2	1	0.35	3.07	10.23	11.6
	2	0.42	2.96	12.43	
	3	0.41	2.97	12.13	
ข้าวเจ้า J3	1	0.24	3.11	7.16	7.00
	2	0.33	3.2	6.71	
	3	0.34	3.13	7.12	
ข้าวเจ้า J4	1	0.32	2.99	6.85	6.59
	2	0.36	3.12	7.69	
	3	0.18	3.26	5.23	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9.การทดสอบอายุข้าว

ตารางที่ 17 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์อายุข้าว

ตัวอย่างข้าว	ความเก่า-ใหม่ของข้าว (1=ใหม่สุด, 2 = ใหม่, ..., 5 = เก่า, 6=เก่าสุด)
ข้าวเจ้า G6	6
ข้าวเจ้า G4	3
ข้าวเจ้า H3	5
ข้าวเจ้า J2	4
ข้าวเจ้า J3	1
ข้าวเจ้า J4	2

รูปที่ 8 แสดงลักษณะสีของความเก่า-ใหม่ของข้าวเจ้าในแต่ละตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

10. การวิเคราะห์% ข้าวเหนียวปน

ตารางที่ 18 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ %ข้าวเหนียวปนในข้าวเจ้า

ตัวอย่างข้าว	ครั้งที่	น้ำหนักข้าวเหนียวปน (กรัม)	น้ำหนักข้าวเจ้า (กรัม)	% ข้าวปน	เฉลี่ย
ข้าวเจ้า G6	1	0.03	3.33	0.893	1.204
	2	0.06	3.24	1.818	
	3	0.03	3.30	0.901	
ข้าวเจ้า G4	1	0.02	3.26	0.610	0.507
	2	0.02	3.25	0.612	
	3	0.01	3.32	0.300	
ข้าวเจ้า H3	1	0.03	3.31	0.898	0.503
	2	0.02	3.25	0.612	
	3	0.00	3.26	0.000	
ข้าวเจ้า J2	1	0.02	3.27	0.608	0.617
	2	0.01	3.24	0.308	
	3	0.03	3.18	0.935	
ข้าวเจ้า J3	1	0.02	3.30	0.602	0.230
	2	0.00	3.35	0.000	
	3	0.01	3.36	0.297	
ข้าวเจ้า J4	1	0.00	3.31	0.000	0.102
	2	0.00	3.29	0.000	
	3	0.01	3.27	0.306	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

11. การวิเคราะห์ปริมาณความหนืดของ ข้าวเจ้า

ตารางที่ 19 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ปริมาณความหนืดในตัวอย่างข้าว

ตัวอย่างข้าว	ความหนืดสูงสุด (Bu)
ข้าวเจ้า G6	614
ข้าวเจ้า G4	523
ข้าวเจ้า H3	572
ข้าวเจ้า J2	475
ข้าวเจ้า J3	499
ข้าวเจ้า J4	486

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี