สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

20427

T096649

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของอุณหภูมิต่อกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก

(Effect of Temperature on Germinated Brown Rice Processing)

จัดทำโดย

นางสาวธิราพร ผุยหนองโพธิ์ รหัสนักศึกษา 44040789
นางสาวคุณากช พรรณะ รหัสนักศึกษา 44040797
นางสาวฐาปณี จงสีบโชค รหัสนักศึกษา 44040811

ปพ.
ป612ผ
2548

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 96649
วัน,เดือน,ปี - 4 JUN 2009

.....

22 / มิ.ย. / 2548

(ดร.พอใจ ถามากร)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวธิราพร ผุยหนองโพธิ์ นางสาวคุณากช พรรณะ นางสาวฐาปณี จงสืบโชค .2548: ผลของอุณหภูมิต่อกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก (Effect of Temperature on Germinated Brown Rice Processing) ภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ข้าวกล้องงอก (Germinated Brown Rice) คือ ข้าวกล้องที่ผ่านการแช่ (Soaking) จนมีส่วนที่งอกออกมา (Germ) ซึ่งจะมีปริมาณสารอาหาร กรดอะมิโน วิตามิน แร่ธาตุต่างๆ และสารเยื่อใย สูงขึ้นกว่าในข้าวกล้องปกติ รวมทั้ง Gamma Aminobutyric acid(GABA) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้ค้นพบว่าสามารถช่วยป้องกันโรคอัลไซเมอร์

ในการทดลองนี้ ทำการศึกษาเพื่อหาอุณหภูมิ เวลาในการแช่ รวมถึงช่วงเวลาในการเปลี่ยนน้ำที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก และศึกษาปริมาณสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในข้าวกล้องงอกเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติและข้าวขาว จากการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการแช่ข้าวกล้อง คือ แช่ที่อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 28 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีการเปลี่ยนน้ำทุก 8 ชั่วโมง จากการวิเคราะห์ทางเคมีของข้าวกล้องงอก พบว่าข้าวกล้องงอกมีปริมาณสารเยื่อใยสูงกว่าข้าวกล้องปกติและข้าวขาว แต่มีปริมาณน้ำตาลน้อยกว่าข้าวกล้องปกติและข้าวขาว

ธิราพร ผุยหนองโพธิ์		
คุณากช พรรณะ		
ฐาปณี จงสืบโชค	.....	๒๒ มี.ค. ๔๘
ลายมือชื่อนักศึกษา	**ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา**	**วัน เดือน ปี**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษ เรื่องผลของอุณหภูมิต่อกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก (Effect of Temperature on Germinated Brown Rice Processing) ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร. พอใจ ถามากร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการทำปัญหาพิเศษของผู้จัดทำ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งมาคอยแนะนำ ให้คำปรึกษาและดูแลเอาใจใส่ให้ปัญหาพิเศษนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณธงชัย พุฒทองศิริ พี่กฤษณะ พี่ก่อศักดิ์ พี่สุเนตร พี่สุรกิตย์ พี่นครินทร์ ที่ให้คำปรึกษา และเจ้าหน้าที่ห้องเบิกอุปกรณ์ เจ้าหน้าที่ห้องสมุดและธุรการโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรสำหรับสิ่งอำนวยความสะดวกอุปกรณ์การทดลอง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจและให้การช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทั้งในเรื่องการทดลอง และเสบียงอาหารตลอดการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

1 มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 ความรู้ทั่วเกี่ยวกับเมล็ดที่เกี่ยวกับเมล็ดข้า	2
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเมล็ดที่ถูกทำให้งอก	4
2.3 ข้าวกล้องงอก	4
บทที่ 3 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	7
3.1 วัตถุดิบ	7
3.2 อุปกรณ์	7
3.3 สารเคมี	7
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	8
บทที่ 4 ผลการทดลอง	10
4.1 ผลการศึกษาสภาวะการแช่ข้าวโดยไม่ มีการเปลี่ยนน้ำ	10
4.2 ผลการศึกษาสภาวะการแช่ข้าวโดยเปลี่ยนน้ำในเวลาที่เหมาะสม	12
4.3 ผลการศึกษาปริมาณสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในข้าวกล้องงอก	14
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	16
5.1 สรุปผลการทดลอง	16
5.2 ข้อเสนอแนะ	16
เอกสารอ้างอิง	17
ภาคผนวก	18
ภาคผนวก (ก)	18
ภาคผนวก (ข)	19
ภาคผนวก (ค)	21
ภาคผนวก (ง)	23
ภาคผนวก (จ)	25
ประวัติผู้เขียน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางแสดงปริมาณสารเยื่อใยและปริมาณน้ำตาล ในตัวอย่างข้าวแช่ที่อุณหภูมิ และเวลาในการแช่ต่างกัน เปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านการแช่ และข้าวขาว 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว	3
ภาพที่ 1.2 แสดงชนิดของเมล็ดข้าว	3
ภาพที่ 3 กรรมวิธีในการผลิตข้าวกล้องงอก	6
ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลง pHในระหว่างกาแช่ข้าวกล้องที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส โดยไม่มี การเปลี่ยนน้ำ	10
ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลง pHในระหว่างกาแช่ข้าวกล้องที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 32 องศาโดยมีการเปลี่ยนน้ำที่ใช้แช่ทุก 8 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การศึกษาเกี่ยวกับสารอาหารในเมล็ดธัญพืชที่เริ่มงอกมีมานานกว่าทศวรรษ จนกระทั่งในปี 1994 Saiku, Horino และ Mori นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้ค้นพบ Gamma Aminobutyric acid(GABA) ซึ่งเป็นสารที่พบในเมล็ดข้าวกล้องหลังจากการนำเมล็ดข้าวกล้องมาแช่ในน้ำที่ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ถึง 24 ชั่วโมง และได้มีการศึกษาเรื่อยมา ปัจจุบันได้มีการศึกษาและเผยแพร่คุณค่าทางอาหารที่เพิ่มขึ้นในข้าวหลังผ่านการแช่ข้าว (Soaking) จนเมล็ดข้าวเริ่มมีการงอกเพียงเล็กน้อย หรือที่เรียกว่า ข้าวกล้องงอก (Germinated Brown Rice)

คุณค่าทางอาหารในข้าวกล้องงอก ที่สูงกว่าในข้าวกล้องปกติ มีรสชาติที่ดี และนุ่มขึ้นง่ายต่อการรับประทาน ทำให้ข้าวกล้องงอกเป็นที่แพร่หลายและได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง จนปัจจุบันเริ่มมีการผลิตข้าวกล้องงอกสำเร็จรูปออกสู่ตลาด อุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิตข้าวจึงเริ่มให้ความสนใจและผลิตข้าวกล้องงอกให้เพียงพอต่อความต้องการของประชาชนมากขึ้นในประเทศญี่ปุ่น

การทดลองนี้ทำการผันแปรอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ข้าวกล้องเป็น 2 ค่า คือ อุณหภูมิห้องและ 32 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่ข้าวกล้องงอก

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเมล็ดข้าว

มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Oryza sativa L.* ข้าวเป็นพืชล้มลุก อยู่รวมเป็นกอ มีราว 5 – 15 ต้น ลำต้นมีข้อชัดเจน ใบเดี่ยวสีเขียว ออกดอกสลับกัน รูปร่างแบนยาวเรียว ปลายแหลม ดอกขนาดเล็กออกเป็นช่อใหญ่และยาว ขนาดและลักษณะรายละเอียดจะแตกต่างกันตามพันธุ์ของข้าว ปลูกโดยใช้เมล็ดและปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทย

องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

สัดส่วนโดยน้ำหนัก 80 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวเป็นแป้ง อีก 20 เปอร์เซ็นต์เป็นรำและจมูกข้าว (ภาพที่ 1) โครงสร้างแป้งอยู่ในส่วนของ endosperm ที่มีส่วนน้อยเป็นโปรตีน รำ (rice bran) เป็นเนื้อเยื่อที่ห่อหุ้มส่วนที่เป็น endosperm ไว้ รำจะมีความหนาบางต่างกันไปขึ้นกับพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ ส่วนของจมูกข้าว (embryo) จะอยู่ที่ปลายเมล็ดข้าวด้านที่ติดกับก้านเป็นจุดเริ่มของการงอกเป็นต้นข้าว เปลือกข้าวหรือแกลบ (hull) เป็นตัวห่อหุ้มเมล็ดข้าวทั้งเมล็ดไว้

เมื่อนำข้าวเปลือกมาผ่านกรรมวิธีการสีข้าว แกลบจะถูกกระเทาะออกเหลือเป็นเนื้อข้าวที่เรียกว่า "ข้าวกล้อง"ซึ่งยังคงมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวติดอยู่ สีของเมล็ดข้าวมีสีน้ำตาลปนแดง ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

ก. เยื่อหุ้มข้าวกล้อง (caryopsis coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ได้แก่ เยื่อชั้นนอก (pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) และ เยื่อคั่น (nucellus)

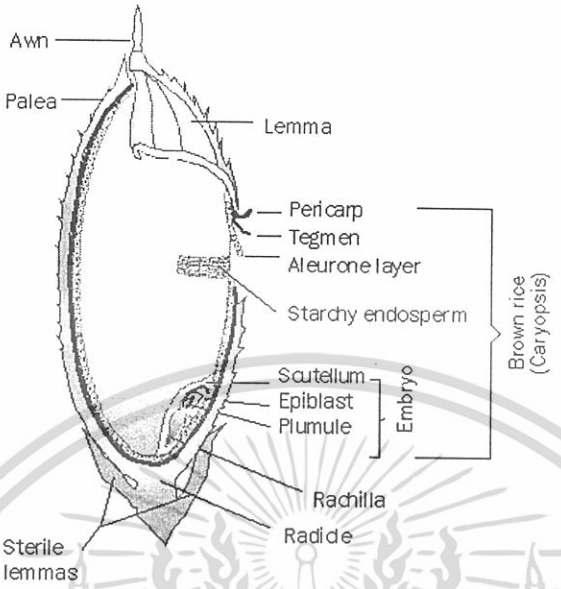
ข. เยื่อหุ้มเมล็ด (aleurone layer) อยู่ด้านในต่อจากเยื่อคั่น (nucellus) เป็นเนื้อเยื่อชนิดเดียวกับเนื้อเมล็ด (endosperm) เซลล์ของเยื่อหุ้มเมล็ดประกอบด้วย โปรตีน และไขมัน

ค. ส่วนที่เป็นแป้ง หรือส่วนที่เป็นข้าวสารจะอยู่ในชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ และมีโปรตีนอยู่บ้าง

ง. คัพภะ(embryo) เป็นส่วนที่อยู่ติดกับส่วนที่เป็นแป้งทางด้านท้องของเมล็ด(ventral side) คัพภะเป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนต่อไป ซึ่งประกอบด้วย ต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (colcaptile) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำข้าวกล้องมาขัดสี จะได้ข้าวขาว (polished rice) ซึ่งเป็นข้าวที่ปราศจากคัพภะ(embryo) และรำข้าว (bran)



ภาพที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว

ข้าวเปลือก (Paddy) ข้าวกล้อง (Brown rice) ข้าวขาว (Polished rice)

ภาพที่ 1.2 แสดงชนิดของเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเมล็ดธัญพืชที่ถูกทำให้งอก

ในอดีตเมล็ดธัญพืชที่ถูกทำให้งอกเป็นที่รู้จักและรับประทานกันมานานแล้ว โดยมีการปล่อยให้เมล็ดธัญพืชงอกในพื้นที่เปิดโล่ง และมักนำเมล็ดมาแช่หรือหมักเมล็ดก่อนจะบริโภค แต่ในการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรสมัยใหม่มักจะพยายามป้องกันไม่ให้เมล็ดธัญพืชงอก ก่อนที่จะนำมาบริโภค

การงอกของเมล็ดธัญพืชทำให้ปริมาณสารอาหารหลายชนิดเพิ่มขึ้นตัวอย่างของเมล็ดธัญพืชที่ถูกทำให้งอก เช่น เมล็ดข้าวสาลีงอก ซึ่งมีปริมาณวิตามินบี 1 เพิ่มขึ้น 28 เปอร์เซนต์ วิตามินบี 2 เพิ่มขึ้น 315 % วิตามินบี 3 เพิ่มขึ้น 66 % วิตามินบี 5 เพิ่มขึ้น 65% กรดโฟลิค เพิ่มขึ้น 278% และวิตามินซีเพิ่มขึ้น 300% เมื่อเทียบกับข้าวสาลีปกติ (Jen Allbritton , 2003)

ปัจจุบันเมล็ดธัญพืชที่ถูกทำให้งอกได้กลับมาได้รับความนิยมมากขึ้น เช่น เมล็ดข้าวกล้องงอก

2.3 ข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอก (Germinated Brown Rice) คือ ข้าวกล้อง (ข้าวที่ไม่ได้ผ่านการขัดสี) ซึ่งผ่านการแช่น้ำ (soaking) ที่อุณหภูมิเหมาะสม เป็นเวลา 22-24 ชั่วโมง จนกระทั่งมีส่วนที่งอก (Germ) ออกมาประมาณ 0.5-2 มิลลิเมตร ซึ่งขณะที่มีการงอกนั้นภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยเมล็ดข้าวจะดูดซับน้ำเข้าสู่เมล็ด ทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดมีความนุ่มมากขึ้น และเป็นการกระตุ้นเอนไซม์ที่ใช้ในการงอก

ข้าวกล้องงอกช่วยแก้ปัญหาเรื่องความแข็งของข้าวกล้องตามปกติที่รับประทานยาก เพราะการแช่ข้าวทิ้งไว้จะช่วยให้เมล็ดข้าวนุ่มขึ้น ง่ายต่อการรับประทาน โดยเฉพาะในผู้สูงอายุที่ความสามารถในการผลิตเอ็นไซม์เพื่อใช้ในการย่อยอาหารจะลดลง การบริโภคข้าวกล้องงอกจึงช่วยให้ย่อยได้ง่ายกว่า และลดอาการเกิดแก๊สในกระเพาะอาหาร เนื่องจากการแช่ข้าวเป็นการย่อยขั้นต้น (pre-digestion) ของเมล็ด ซึ่งเกิดได้หลายทาง โดยเริ่มต้นจากการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล ซึ่งทำให้ข้าวกล้องงอกมีรสชาติที่หวานกว่าข้าวกล้องปกติ เปลี่ยนโปรตีนเป็นกรดอะมิโน และเปลี่ยนไขมันเป็นกรดไขมัน เพื่อใช้ในกระบวนการงอก การดูดซึมสารอาหารและกระบวนการเมตาบอลิซึมของเมล็ดข้าวกล้อง ซึ่งส่งผลให้ผู้ที่บริโภคข้าวกล้องงอก มีการย่อยและการดูดซึมสารอาหารได้ดีขึ้น (Jen Allbritton , 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การงอกจะกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ทั้งหมดที่มีอยู่ในข้าวกล้องให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในคราวเดียว เพื่อเป็นการเตรียมสารอาหารให้พร้อมแก่การงอก และที่สำคัญคือ ช่วยเพิ่มความหนาแน่นของสารอาหารทั้งหมดในข้าวกล้อง ทั้งด้านคุณภาพ และปริมาณ เช่น วิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น ใยอาหาร น้ำตาล และ GABA เป็นต้น ทำให้ข้าวกล้องงอกอุดมด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่ข้าวกล้อง

เนื่องจากกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก จะต้องแช่เมล็ดข้าวกล้องในน้ำเพื่อทำให้เกิดการงอกในช่วงเวลาประมาณ 22-24 ชั่วโมง ในสภาวะการแช่ที่เหมาะสม อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพืช โดยอัตราการงอกจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง อัตราการงอกจะสูงสุด ซึ่งเรียกว่า ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม (Optimum Tcmpcraturc) พืชต่างชนิดกันจากถิ่นกำเนิดต่างๆ กันจะต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกต่างกันอีกด้วย แม้แต่พืชชนิดเดียวกันเกิดในถิ่นฐานต่างกันก็ต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกต่างกันด้วย อุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอกของข้าวอยู่ในช่วง 25 – 33 องศาเซลเซียส (ไสว , 2525)

ในระหว่างการแช่ข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ใช้แช่ จึงต้องมีการเปลี่ยนน้ำระหว่างการแช่เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ และป้องกันการเน่าเสียของน้ำที่ใช้ สังเกตได้จากการที่น้ำเริ่มเกิดกลิ่น เกิดฟองก๊าซ และมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีการผลิตข้าวกล้องงอก

ขั้นตอนการผลิตข้าวกล้องงอกแสดงดังภาพที่ 1

ภาพที่ 3 กรรมวิธีในการผลิต ข้าวกล้องงอก

ที่มา : Kayahara (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. ข้าวเปลือก พันธุ์สุพรรณบุรี 90

3.2 อุปกรณ์

1. pH meter (Schott)
2. ตู้อบลมร้อน (memmert 854 Schwabach W-Germany)
3. เครื่องวัดความชื้น (Halogen Moistur Analyzer HR73)
4. เครื่องชั่งสาร (mettler PE3000)
5. เครื่องสีข้าว
6. Incubator
7. water bath
8. ชุดย่อยสารเยื่อใย
9. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน
10. spectrophotometer

3.3 สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. กรดซัลฟูริก
3. ฟีนอล
4. ปิโตรเลียมอีเทอร์
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์
6. โปแตสเซียมซัลเฟต
7. เอธิลแอลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างข้าวกล้อง

นำข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 มาอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส วัดหาค่าความชื้นของข้าวเปลือกด้วยเครื่องวัดความชื้นจนข้าวเปลือกมีค่าความชื้นต่ำกว่า 12% นำข้าวเปลือกที่ได้มาทำการกะเทาะเอาเปลือกออกโดยใช้เครื่องสีข้าว จะได้เป็นเมล็ดข้าวกล้องออกมา แล้วจึงทำการคัดแยกเมล็ดข้าวกล้องโดยคัดเอาเฉพาะเมล็ดที่มีจมูกข้าวและมีรูปร่างสมบูรณ์ นำเมล็ดข้าวกล้องที่คัดแยกได้เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 10-13 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 - 80%

2.ขั้นตอนการศึกษาหาสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสม

2.1 ศึกษาสภาวะการแช่ข้าวกล้องโดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำ

ชั่งเมล็ดข้าวกล้อง ปริมาณ 200 กรัม ทำความสะอาดข้าวกล้องด้วยน้ำเปล่า แล้วนำมาแช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องและ 32 องศาเซลเซียสตามลำดับ เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง โดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำ ขณะแช่สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เช่น ลักษณะการงอกของเมล็ด สี กลิ่น การเกิดฟอง และ ค่า pH ของน้ำที่ใช้แช่ สีของเมล็ดข้าวกล้อง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

2.2 ศึกษาสภาวะการแช่ข้าวกล้องโดยมีการเปลี่ยนน้ำในเวลาที่เหมาะสม

ชั่งเมล็ดข้าวกล้อง ปริมาณ 200 กรัม ทำความสะอาดข้าวกล้องด้วยน้ำกลั่น แล้วนำมาแช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องและ 32 องศาเซลเซียสตามลำดับ เป็นเวลา 22-30 ชั่วโมง ทำการแช่เมล็ดข้าวกล้องด้วยน้ำกลั่นโดยมีการเปลี่ยนน้ำตามเวลาที่เหมาะสม (ข้อมูลจากข้อ2.1) ขณะแช่สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เช่น ลักษณะการงอกของเมล็ด สี กลิ่น การเกิดฟอง และ ค่า pH ของน้ำที่ใช้แช่ สีของเมล็ดข้าวกล้อง และเปรียบเทียบผลในแต่ละอุณหภูมิเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการแช่เมล็ดข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การทำแห้งข้าวกล้องงอก

นำเมล็ดข้าวกล้องที่งอกแล้วไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง จนข้าวกล้องงอกมีค่าความชื้นต่ำกว่า 10%

4. การศึกษาปริมาณสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในข้าวกล้องงอก

นำเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการแช่ในสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมในข้อ 2.2 และผ่านการทำแห้งในข้อ 3 มาวิเคราะห์หาปริมาณสารต่างๆ ดังนี้

4.1 ปริมาณสารเยื่อใย (Crude fiber) โดยใช้วิธี Proximate analysis (AOAC , 1990)

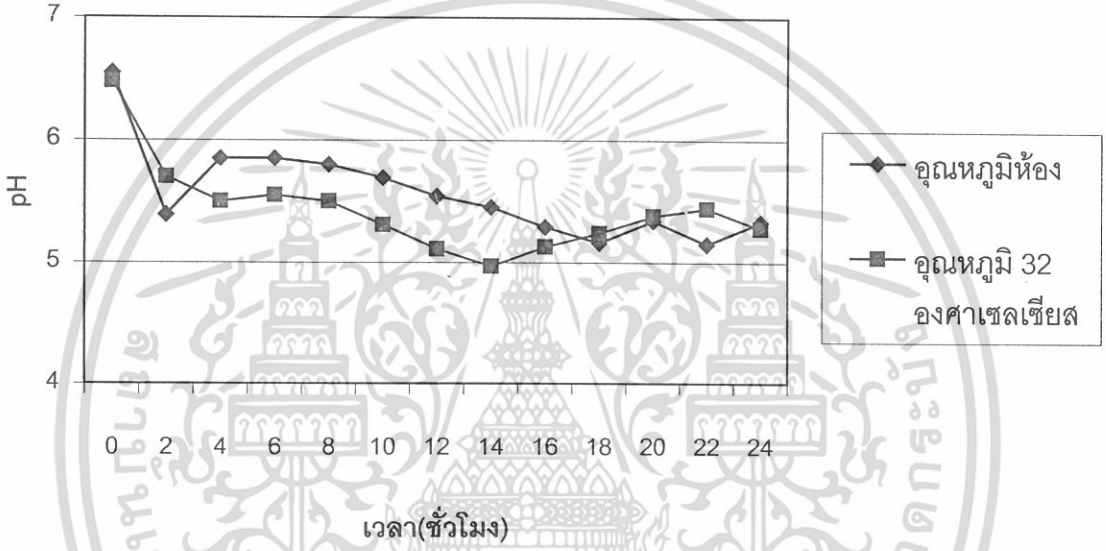
4.2 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) โดยใช้วิธีฟีนอล – กรดซัลฟูริก เปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านการทำให้งอกและข้าวขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4. 1 ผลการศึกษาสภาวะการแช่ข้าวโดยไม่เปลี่ยนน้ำ

4.1.1ค่า pH ของน้ำในระหว่างการแช่ข้าว (soaking)



ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลง pH ในระหว่างการแช่ข้าวกล้องที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสโดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำ

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มของค่า pH ของน้ำในระหว่างการแช่ข้าว ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำกว่าค่า pH ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28 องศาเซลเซียส) จนกระทั่งชั่วโมงที่ 18 กราฟทั้ง 2 เส้นเริ่มมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน

ตัวอย่างข้าวกล้องที่แช่ที่อุณหภูมิห้องจะลดลงมากในชั่วโมงที่ 2 ของการแช่และกลับเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 4 และหลังจากชั่วโมงที่ 4 ก็มีการลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 18 ในขณะที่ข้าวกล้องที่แช่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการลดลงของ pH ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 จนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 18 หลังจากชั่วโมงที่ 18 ข้าวกล้องที่แช่ทั้ง 2 อุณหภูมิเริ่มมีแนวโน้มค่า pH ที่คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20427

4.1.2ลักษณะการเกิดฟองแก๊ส

ตัวอย่างข้าวกล้องที่อุณหภูมิห้องเริ่มเกิดฟองแก๊สในชั่วโมงที่ 10 และเกิดฟองเพิ่มขึ้นทุกๆ ชั่วโมง ในขณะที่ตัวอย่างข้าวที่แช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสเริ่มเกิดฟองแก๊สในชั่วโมงที่ 8 และเกิดฟองเพิ่มขึ้นทุกๆ ชั่วโมง โดยตัวอย่างข้าวที่แช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เกิดฟองแก๊สน้อยกว่าตัวอย่างข้าวที่อุณหภูมิห้อง

4.1.3 สีและลักษณะการงอกของข้าว

เมล็ดข้าวทั้ง 2 ตัวอย่าง เกิดการดูดซับน้ำจนกระทั่งมีลักษณะบวมน้ำในชั่วโมงที่ 2 และมีส่วนที่งอกออกมา (germ) ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนในชั่วโมงที่ 4 และเกิดการงอกอย่างต่อเนื่องตลอดการแช่ (soaking) โดยมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

4.1.4 ความขุ่นของน้ำที่ใช้แช่

พบว่าน้ำที่ใช้แช่ข้าวในทั้งสองตัวอย่างเริ่มขุ่นขึ้นในชั่วโมงที่ 4 โดยที่ตัวอย่างข้าวที่แช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มีลักษณะขุ่นมากกว่าตัวอย่างข้าวที่อุณหภูมิห้อง

4.1.5 กลิ่น

เมล็ดข้าวทั้ง 2 ตัวอย่าง เริ่มมีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อยในชั่วโมงที่ 6 โดยตัวอย่างข้าวที่แช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มีกลิ่นแรงกว่าตัวอย่างข้าวที่อุณหภูมิห้องเล็กน้อย หลังจากการนำตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการแช่อย่างสมบูรณ์มาล้างน้ำกลั่น พบว่าที่ 32 องศาเซลเซียสมีกลิ่นที่แรงกว่าอย่างชัดเจน

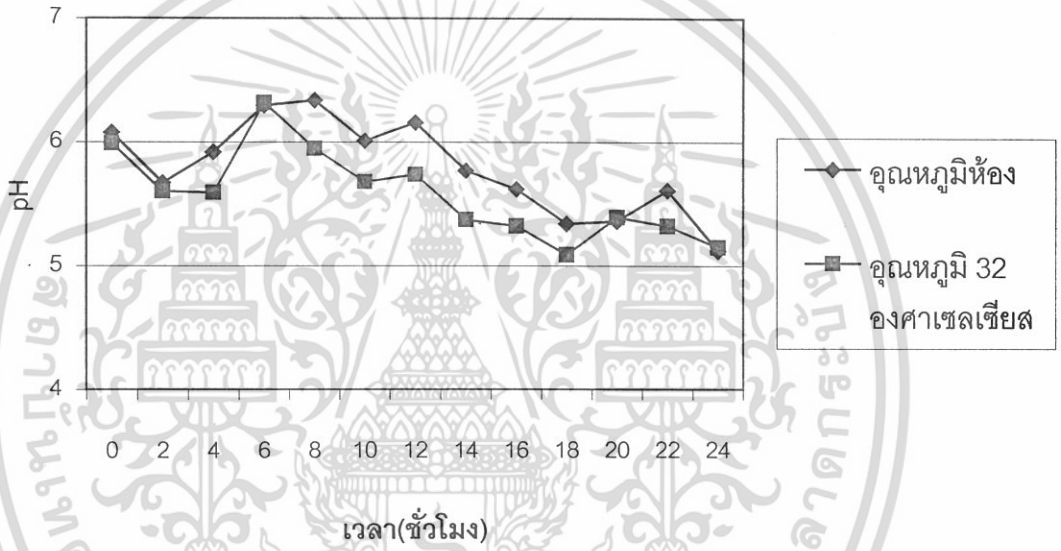
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

4.2 ผลการศึกษาสภาวะการแช่ข้าวโดยเปลี่ยนน้ำในเวลาที่เหมาะสม

จากการทดลองตอนที่ 4.1 ตัวอย่างข้าวกล้องที่แช่ที่อุณหภูมิห้องเกิดกลิ่นผิดปกติรุนแรงและเกิดฟองแก๊สในชั่วโมงที่ 10 จึงทำการเปลี่ยนน้ำทุก 8 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสจะเกิดฟองแก๊สและมีกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นเร็วกว่าจึงทำการเปลี่ยนน้ำทุก 6 ชั่วโมง

4.2.1 ค่า pH ของน้ำที่ใช้ในระหว่างการแช่ข้าว (soaking)



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของ pH ในระหว่างการแช่ข้าวที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส โดยมีการเปลี่ยนน้ำที่ใช้แช่ทุก 8 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มของค่า pH ของน้ำที่ใช้แช่ในระหว่างการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำกว่าค่า pH ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28 องศาเซลเซียส) โดยในชั่วโมงที่ 2 ค่า pH ของทั้งสองตัวอย่างเริ่มลดลง และเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 4 –6 และเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องในชั่วโมงที่ 8 จนกระทั่งการแช่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ลักษณะการเกิดฟองแก๊ส

เริ่มเกิดฟองแก๊สในชั่วโมงที่ 18 ของทั้ง 2 ตัวอย่าง โดยที่ตัวอย่างข้าวที่แช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มีฟองแก๊สเกิดมากกว่าตัวอย่างข้าวที่อุณหภูมิห้อง

4.2.3 สีและลักษณะการงอกของข้าว

เมล็ดข้าวทั้ง 2 ตัวอย่าง เกิดการดูดซับน้ำจนกระทั่งมีลักษณะบวมน้ำในชั่วโมงที่ 2 และมีส่วนที่งอกออกมา (germ) ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนในชั่วโมงที่ 4 และเกิดการงอกอย่างต่อเนื่องตลอดการแช่ (soaking)

4.2.4 ความขุ่นของน้ำที่ใช้แช่

พบว่าความขุ่นของน้ำที่ใช้แช่ข้าวในทั้งสองตัวอย่างเริ่มขุ่นขึ้นในชั่วโมงที่ 4 โดยที่ตัวอย่างข้าวที่แช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มีลักษณะขุ่นมากกว่าตัวอย่างข้าวที่อุณหภูมิห้อง

4.2.5 กลิ่น

กลิ่นของข้าวหลังจากการแช่สิ้นสุด ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีกลิ่นเนื่องจากการแช่ และข้าวกล้องที่แช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มีกลิ่นที่แรงกว่าข้าวที่แช่ที่อุณหภูมิห้องเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาปริมาณสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในข้าวกล้องงอก

ตารางที่1 ตารางแสดงปริมาณสารเยื่อใยและปริมาณน้ำตาล ในตัวอย่างข้าวที่อุณหภูมิ และเวลาในการแช่ต่างกัน เปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการแช่และข้าวขาว

อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณสารเยื่อใย (%) ± SD	ปริมาณน้ำตาล (กรัม/กรัมข้าวกล้องแห้ง)± SD
RT	18	1.227 ± 0.151^{c}	0.122 ± 0.017^{a}
	24	1.320 ± 0.006^{cd}	0.108 ± 0.022^{a}
32	22	1.297 ± 0.030^{c}	0.117 ± 0.019^{a}
	24	1.429 ± 0.038^{d}	0.098 ± 0.001^{a}
ข้าวขาว	(ไม่แช่)	0.454 ± 0.018^{a}	0.127 ± 0.017^{a}
ข้าวกล้อง	(ไม่แช่)	0.774 ± 0.039^{b}	0.124 ± 0.002^{a}

หมายเหตุ : a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ปริมาณสารเยื่อใย

จากตารางที่ 1 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยพิจารณาปริมาณสารเยื่อใยที่พบในตัวอย่างข้าวที่ใช้ในการทดลองในทั้ง 6 ตัวอย่างคือ ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 22 ชั่วโมง ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ข้าวขาว และข้าวกล้อง พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ข้าวต่อปริมาณสารเยื่อใยในตัวอย่างข้าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการแช่ต่อปริมาณสารเยื่อใยในตัวอย่างข้าวที่อุณหภูมิห้องไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสปริมาณสารเยื่อใยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการแช่ และไม่ผ่านการแช่ พบว่า ตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการแช่มีปริมาณเยื่อใยที่สูงกว่าข้าวกล้องปกติ และสูงกว่าข้าวขาว (ข้าวที่ผ่านการขัดสี) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Horino (2004) ที่กล่าวว่า ปริมาณเยื่อใย ที่พบในข้าวกล้องงอกจะมีมากกว่าข้าวขาว

4.3.2 ปริมาณน้ำตาลในข้าวกล้องงอก

จากตารางที่ 1 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยพิจารณาปริมาณน้ำตาลที่พบในตัวอย่างข้าวที่ใช้ในการทดลองในทั้ง 6 ตัวอย่างคือ ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 22 ชั่วโมง ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ข้าวขาว และข้าวกล้อง พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแช่ต่อปริมาณน้ำตาลในตัวอย่างข้าวทั้ง 6 ตัวอย่าง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการแช่ และไม่ผ่านการแช่ พบว่า ตัวอย่างข้าวที่ผ่านการแช่มีปริมาณน้ำตาลที่ต่ำกว่าข้าวกล้องปกติ และต่ำกว่าข้าวขาว (ข้าวที่ผ่านการขัดสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. ในการแช่ข้าวกล้องที่อุณหภูมิห้องควรทำการเปลี่ยนน้ำทุก 8 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสควรเปลี่ยนน้ำทุก 6 ชั่วโมง
2. อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแช่ข้าวกล้อง ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในข้าวกล้อง
3. อุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณสารเยื่อใยในขณะที่ระยะเวลามีผลต่อปริมาณสารเยื่อใยในข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสแต่ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิห้อง
4. ปริมาณสารเยื่อใยในข้าวกล้องงอกมีมากกว่าที่พบในข้าวกล้องปกติและข้าวขาวตามลำดับในขณะที่ปริมาณน้ำตาลมีน้อยกว่า
5. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องงอกควรทำที่อุณหภูมิห้องคือประมาณ 28 องศาเซลเซียส

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ขั้นตอนการศึกษาหาสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมควรในการทดลองใช้ ตู้อบลมร้อนในควบคุมอุณหภูมิในการทดลอง ซึ่งทำให้อากาศไม่ได้รับการถ่ายเทตามปกติซึ่งอาจมีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว ดังนั้นควรหาวิธีการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมยิ่งขึ้นเพื่อเป็นการควบคุมอุณหภูมิให้ คงที่ตลอดการแช่

2. ควรทำการศึกษาปริมาณสารอาหารชิดอื่นที่พบในข้าวกล้องงอก เช่น Gamma-aminobutyric acid (GABA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ไสว พงษ์เก่า. 2525 .พืชเศรษฐกิจ เล่ม 1. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 18.

California Rice Research Board: "Rice Utilization and Product Utilization - 02," visited in January 2004. [Online]. Available: HYPERLINK "http://www.syix.com/rrb/02rpt/proddevel.htm" \t "_blank" http://www.syix.com/rrb/02rpt/proddevel.htm

Domer Corporation: official homepage for germinated brown rice, in Japanese. 2004. [Online]. Available: HYPERLINK "http://www.hatsuga.com/" \t "_blank" http://www.hatsuga.com/

FANCL: official home page for germinated brown rice in Japanese (English in part). 2004. [Online]. Available: HYPERLINK "http://www.fancl.co.jp/genmai/top.html" \t "_blank" http://www.fancl.co.jp/genmai/top.html

Finney, P. L.: "Potential for the Use of Germinated Wheat and Soybeans to Enhance Human Nutrition, " Advances in Experimental Medicine and Biology, 105 Nutr. Improv. Food Feed Proteins, 681-701, CODEN: AEMBAP ISSN: 0065-2598, 1978.

AOAC. 1990. Official Method of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists , Virginia

Kayahara, Hiroshi. 2004. “Fantastic Germinated Brown Rice and sprouted foods”, International year of rice 2004.

Jen Allbritton. 2003. “The Vitamin Cottage Health Hotline”. March 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96649

ภาคผนวก ก.
วิธีวิเคราะห์น้ำตาล

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธีฟีนอล – กรดซัลฟูริก

1 สารเคมี

1.1 สารละลายมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส

นำกลูโคสชนิดเกรดวิเคราะห์ (Analytical grade glucose) อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ (desicator) ก่อนนำมาเตรียมสารละลายมาตรฐานน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้น 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 และ 120 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

1.2 กรดซัลฟูริก 2 โมลาร์

1.3 สารละลายจากการย่อยตัวอย่างที่เป็นของแข็ง

เตรียมโดยชั่งตัวอย่างที่ต้องการศึกษา 1 กรัม ใส่ในหลอดทำลองแล้วเติมกรดซัลฟูริก 2 โมลาร์ ผสมให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลาครึ่งชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยงที่ 1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนใสไปใช้ในการวิเคราะห์

1.4 กรดซัลฟูริกเข้มข้น

1.5 สารละลายฟีนอลความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

เตรียมโดยละลายฟีนอล 5 กรัม ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร

2. วิธีการทดลอง

2.1 สร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลายกลูโคสมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นสารมาตรฐาน

2.2 ดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยตัวอย่างของแข็ง 1.0 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายฟีนอล 1.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

2.3 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ที่ 30 องศาเซลเซียส

2.4 นำไปแช่ในน้ำเย็น เป็นเวลา 20 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร

2.5 นำค่าที่ได้จากน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานมาเขียนเป็นกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส จะได้กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

วิธีวิเคราะห์ไขมัน

1.ความชื้น

วิธีการทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างแต่ละชนิดให้เหมาะสมต่อการหาความชื้น เช่น เมล็ดควรบดก่อน เมล็ดหรือธัญพืชที่ชื้นเกินกว่าจะบดได้ควรอบเล็กน้อยในเวลาสั้น ๆ หรือที่เรียกว่า การทำแห้งเบื้องต้น (Pre – drying) จากนั้นจึงบดและนำไปหาความชื้นด้วยวิธีปกติ

2. ชั่งน้ำหนักถ้วยอบความชื้น (Aluminium can) พร้อมฝาที่สะอาดและผ่านการอบแห้งมาก่อน

3. ใส่ตัวอย่างอาหาร 2 – 5 กรัม ปิดฝาแล้วนำไปชั่ง ด้วยตาชั่งละเอียด (10^{-4} กรัม)

4. นำไปอบในตู้อบโดยเปิดฝาถ้วยอบความชื้น (Aluminium can) ใช้อุณหภูมิแตกต่างกัน เช่น ตัวอย่างผลไม้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (16 – 18 ชั่วโมง) ตัวอย่างผักอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (3 ชั่วโมง) ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

5. เมื่อครบกำหนดเวลาที่อบ ปิดฝาถ้วยอบความชื้น (Aluminium can) นำมาทำให้เย็นใน เดซิเคเตอร์ (desiccator) ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก (บางครั้งต้องนำตัวอย่างกลับไปอบต่อจนน้ำหนักคงที่หรือแตกต่างประมาณ 0.003 – 0.005 กรัมเท่านั้น)

6. อาหารที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ชนิดที่ระเหยได้ (Volatile) หรือที่มีน้ำตาลประกอบอยู่มาก มักมีน้ำตาลไม่ค่อยคงที่ ควรอบในอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 4 วันแทน

7. ตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแล้วให้เก็บไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณไขมัน กรณีที่ต้องการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์หาเถ้า ควรเลือกใช้จานหาความชื้น (Porcelain) แทนถ้วยอบความชื้น (Aluminium can)

8. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น $= \frac{\text{น้ำหนักสด – น้ำหนักแห้ง} * 100}{\text{น้ำหนักสด}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณไขมัน

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 5 กรัมในทิมเบิล (Thimble) ปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยสำลี หรือกระดาษกรองป้องกันการฟุ้งกระจายของตัวอย่าง

2. บรรจุทิมเบิล (Thimble) ในชุดสกัดไขมันซอกห์เลต (Soxhlet) โดยทิมเบิล (Thimble) อยู่ในหลอดสกัด (Extraction tube) ซึ่งด้านบนต่อกับคอนเดนเซอร์ (Condenser) ส่วนด้านล่างต่อกับขวดก้นกลม (Round – bottom flask) ชนิด 2 หรือ 3 คอ

3. ตวงแอนไฮดรัส อีเทอร์ (Anhydrous ether) 150 มิลลิลิตรในขวดแก้วก้นกลม ต่อสายยางน้ำเข้าน้ำออกจากคอนเดนเซอร์ (Condensor) ก่อนเปิดสวิทซ์ของเตา (Heating matle) ปรับระดับความร้อนอย่างเหมาะสม (เช่น 150 หยดต่อนาที) เพื่อให้ไอของแอนไฮดรัส อีเทอร์ (Anhydrous ether) ควบแน่นหยดลงบนตัวอย่างอย่างต่อเนื่อง นาน 16 ชั่วโมง

4. แยกแอนไฮดรัส อีเทอร์ (Anhydrous ether) ออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Vacuum evaporator) นำส่วนของไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ไล่อีเทอร์ (Ether) จนหมดนำไปทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ (desiccator) ก่อนนำมาชั่งน้ำหนักของไขมัน (Crude fat)

5. เตรียมบิกเกอร์แห้ง สะอาดทราบน้ำหนักมาก่อนสำหรับชั่งน้ำมันที่สกัดได้ ในกรณีที่ปริมาณน้ำมันน้อยให้ชั่งน้ำมันที่สกัดได้ในภาชนะเดิม

6. คำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน = $\frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน – น้ำหนักบิกเกอร์ * 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$

ข้อแนะนำ

นิยมใช้แอนไฮดรัส เอทธิลอีเทอร์ (Anhydrous ethyl ether) หรือ ปิโตรเลียม อีเทอร์ (Petreleum ether) (จุดเดือด 35 องศาเซลเซียส) ในการสกัดน้ำมันจากตัวอย่างอาหาร ปิโตรเลียม อีเทอร์ (Petreleum ether) มีราคาถูก ส่วนไดเอทธิลอีเทอร์ (Diethyl ether) ควรเลือกใช้ชนิด แอนไฮดรัส (Anhydrous) นี้เนื่องจากถ้ามีน้ำปะปนจะสามารถละลายน้ำตาลและสารประกอบอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
วิธีวิเคราะห์สารเยื่อใย

สารเยื่อใย

สารเคมี

1. 0.255 นอร์มัล กรดซัลฟูริก

เตรียมจากการเจือจางกรดกำมะถันเข้มข้น 98.1 เปอร์เซ็นต์ (ถ่วงจำเพาะ 1.84) จำนวน 6.93 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร ถ้าใช้กรดกำมะถันเข้มข้น 96 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 7.09 มิลลิลิตร เจือจางจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

2. 0.313 นอร์มัล โซเดียมไฮดรอกไซด์

เตรียมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์เกล็ด 1.25 กรัม ละลายน้ำจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ข้อแนะนำ ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการต้มใหม่ ๆ และทำให้เย็นก่อนใช้ และควรแน่ใจว่าสารละลาย (1) และ (2) มีความถูกต้อง

3. ครูซิเบิลแก้วซินเทอร์ (Sintered glass crucible) ที่ผ่านการล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยการล้างด้วยน้ำร้อนก่อนล้างด้วยกรดไฮโดรคลอลิค (1:3) ล้างด้วยน้ำร้อนอีกครั้งก่อนทำให้แห้ง และเผาที่อุณหภูมิ 600 – 700 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเมื่อเย็นแล้ว และเก็บในเดซิเคเตอร์ (desiccator)

4. สารละลายโปตัสเซียมซัลเฟต 10 เปอร์เซ็นต์

เตรียมจากสารละลายโปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้สารละลาย 100 มิลลิลิตร

5. เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์

6. ผ้ากรองลินินชนิดละเอียด (45 threads per inch)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ในขวดย่อย (digestion flask) 500 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นขวดก้นกลม เติมกรดซัลฟูริคที่ผ่านการต้มจนเดือดแล้ว จำนวน 200 มิลลิลิตร และเม็ดแก้วป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง (boiling chips) 2-3 ชิ้น ก่อนนำคอนเดนเซอร์ (condenser) มาประกอบตอนบนของขวด

2. นำไปต้มบนเตาของชุดย่อยสารเยื่อใย (crude fiber) โดยให้สารละลายเดือดนาน 30 นาที ต่อเนื่องกัน เขย่าขวดเพื่อไม่ให้ตัวอย่างเกาะบนผนังขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรองกากด้วยกระดาษกรองบนบุชเนอร์ (Buchner funnel) และ ใช้ปั๊มช่วยในการกรอง

4. ล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์กรด โยทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส

5. เทกากกลับไปในขวดย่อย (digestion flask) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ผ่านการต้มเดือด จำนวน 200 มิลลิลิตร ต้มส่วนผสมนาน 30 นาที กรอกทันทีและล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์ด่าง

6. ล้างกากด้วยสารละลายโปตัสเซียมซัลเฟตร้อน

7. เทกากกลับไปในขวดย่อย (digestion flask) อีกครั้ง ล้างตะกอนที่ติดผ้ากรองด้วยน้ำเดือดหลายๆครั้ง

8. เทกากในขวดย่อย (digestion flask) ผ่านไปในครูซิเบิลแก้วซินเทอร์ (Sintered glass crucible) ล้างกากด้วยน้ำเดือดหลายๆ ครั้ง

9. ล้างกากด้วยแอลกอฮอล์ จำนวน 30 มิลลิลิตร

10. อบครูซิเบิล (crucible) พร้อมกากที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเมื่อเย็นลง

11. นำไปเผาในเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เพื่อขจัดสาร volatile organic

12. นำครูซิเบิล (crucible) มาทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ (desiccator) ก่อนชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่หายไปเป็นน้ำหนักของเยื่อใย (crude fiber) (น้ำหนัก ในข้อ 10-12)

13. คำนวณเปอร์เซ็นต์ crude fiber $= \frac{\text{น้ำหนัก crude fiber} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

โดยใช้การทดลองแบบการเปรียบเทียบคู่ของค่าเฉลี่ยหลายระดับ (Treatment) โดยใช้การทดสอบพหุพิสัยของดันแคน (Duncan's Multiple Range Test)

1. ศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณสารเยื่อใยในข้าวที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณสารเยื่อใยในข้าวที่ใช้ในการทดลองทั้ง 6 ตัวอย่าง

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.202	5	.440	96.904	.000 ^{s}
Within Groups	.055	12	.005		
Total	2.256	17			

หมายเหตุ : *แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

s แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Duncan

	N	Subset for alpha = .05			
TEMP		1	2	3	4
ข้าวขาว	3	.45400			
ข้าวกล้อง	3		.77380		
ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิห้อง 18 ชั่วโมง	3			1.22717	
ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง	3			1.29743	
ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิ32° C 22 ชั่วโมง	3			1.32004	1.32004
ข้าวกล้องแช่ที่อุณหภูมิ32° C 24 ชั่วโมง	3				1.42903
Sig.		1.000	1.000	.134	.071

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในข้าวที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในการศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในข้าวที่ใช้ในการทดลอง

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.002	5	.000	1.481	.267 ns
Within Groups	.003	12	.000		
Total	.005	17			

หมายเหตุ : *แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Duncan

	N	Subset for alpha = .05
TEMP		1
ข้าวแช่ที่อุณหภูมิ32°C 24 ชั่วโมง	3	.0982500
ข้าวแช่ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง	3	.1085000
ข้าวแช่ที่อุณหภูมิ32°C 18 ชั่วโมง	3	.1168333
ข้าวแช่ที่อุณหภูมิห้อง 18 ชั่วโมง	3	.1216653
ข้าวกล้อง	3	.1240000
ข้าวขาว	3	.1271333
Sig.		.061

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

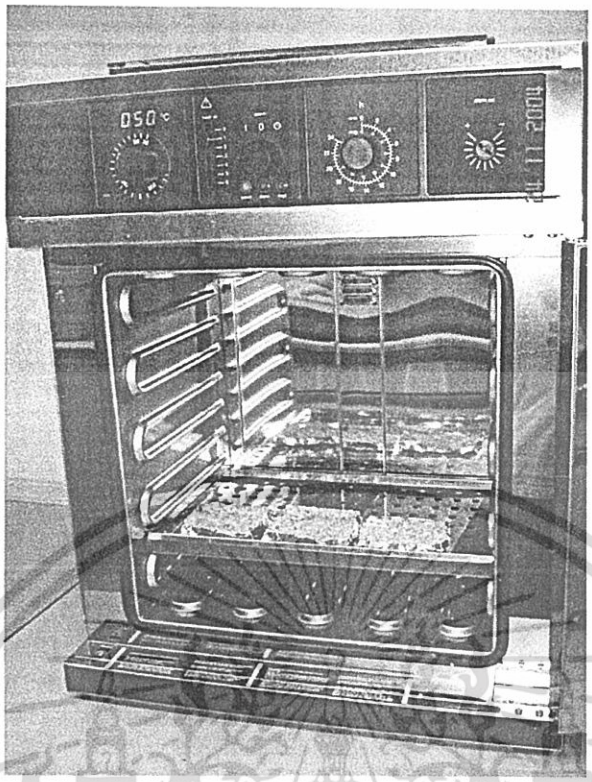
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

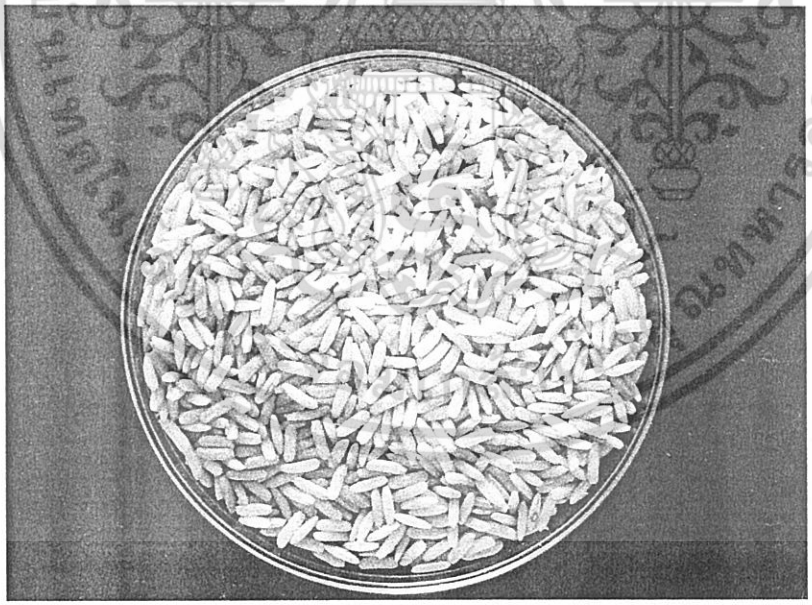
ภาพที่ 1 การแช่ข้าว

ภาพที่ 2 การแช่ข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

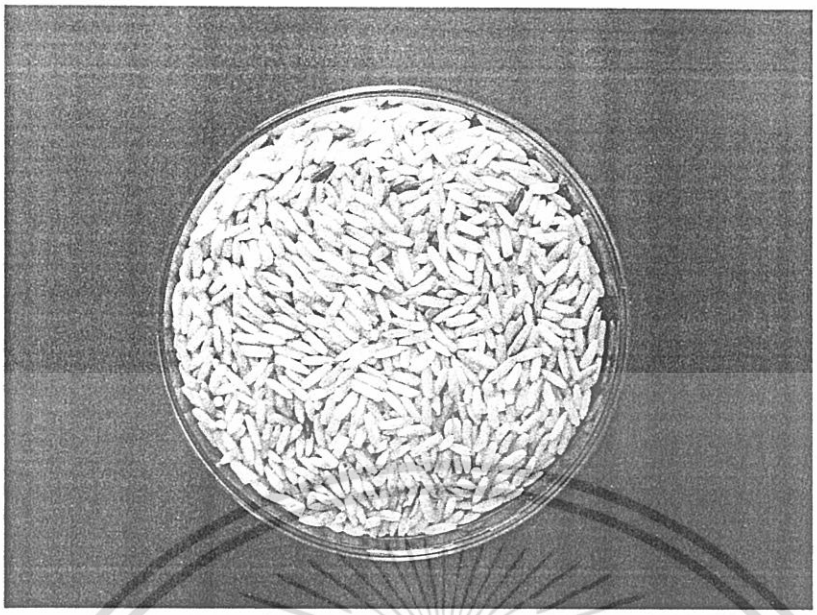


ภาพที่ 3 ตู้อบลมร้อน



ภาพที่ 4 ข้าวกล้องงอก

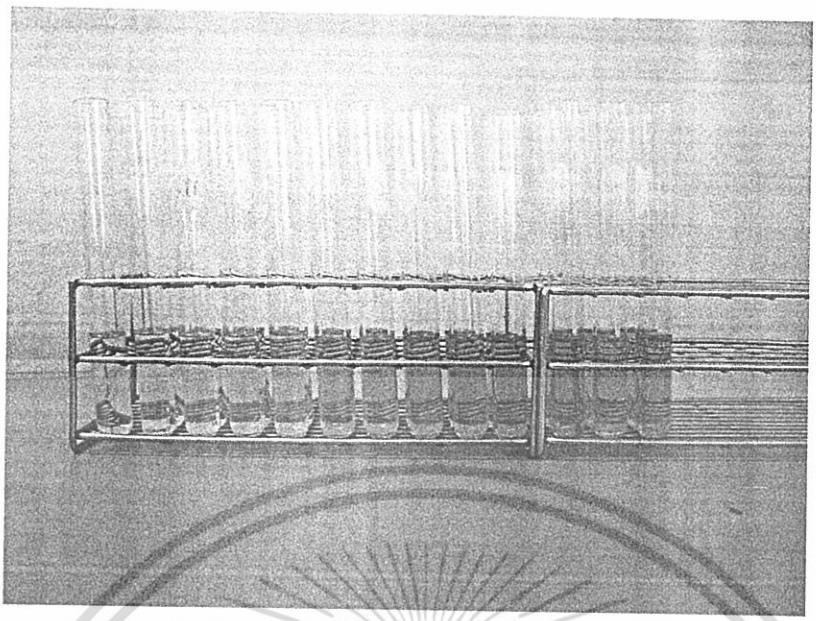
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



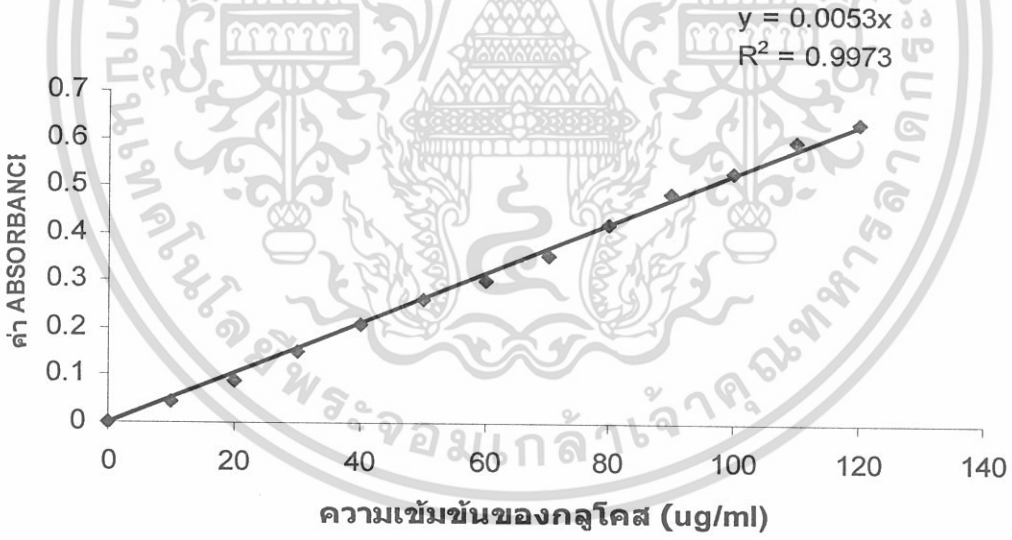
ภาพที่ 5 ข้าวกล้องที่ผ่านการอบแห้ง

ภาพที่ 6 ข้าวกล้องงอกบดหยาบและข้าวกล้องงอกบดละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

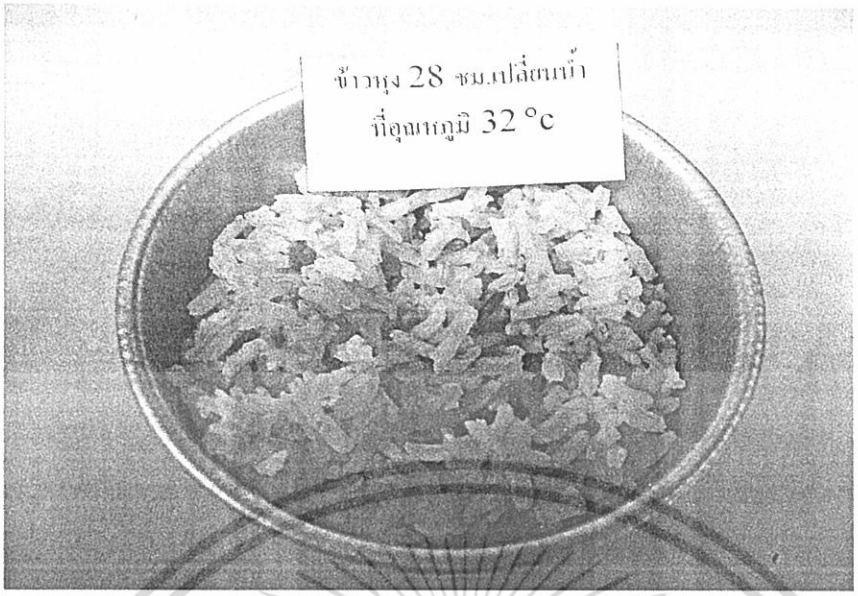


ภาพที่ 7 แสดงสีของสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

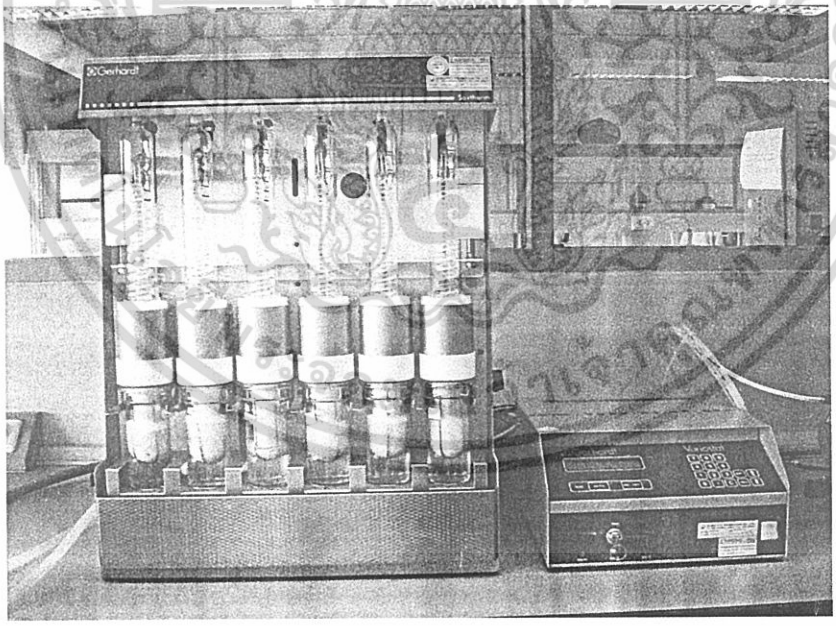


ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (500 นาโนเมตร)
กับความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

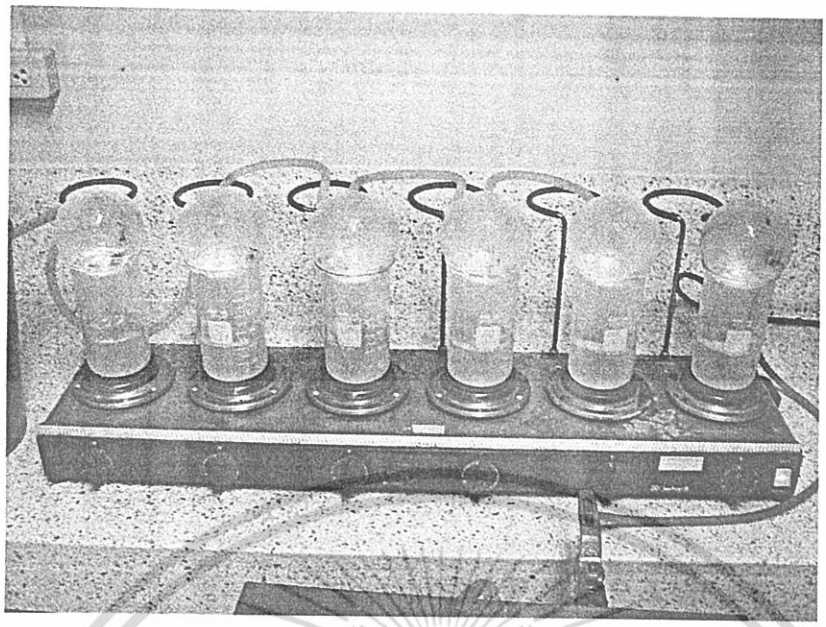


ภาพที่ 9 ข้าวกล้องงอกที่ผ่านการหุงแล้ว



ภาพที่ 10 ชุดวิเคราะห์ไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 ชุดวิเคราะห์สารเยื่อใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวธิราพร ผุยหนองโพธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2525 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐมสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต(วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2548

นางสาวคุณากช พรรณะ เกิดวันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2525 ที่ อ.เมือง จ.นครพนม สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนปิยะมหาราชาลัย ในปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต(วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2548

นางสาวฐาปณี จงสืบโชค เกิดวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2525 ที่ เขตเจริญกรุง กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนบดินทร์เดชา (สิงห์ สิงหเสนีย์) ในปี พ.ศ. 2543 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต(วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้