การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ผลิตข้าวเปลือกงอกที่ให้สาร GABA สูง
The design and construction equipment high GABA germinated paddy

อภิชาติ อาจนาเสียว*, ชัยวัฒน์ ทองวันชัย และ เอกราช ตากกระโทก

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
E-mail : aapich@kku.ac.th เบอร์โทรศัพท์ : 043-204360 เบอร์โทรสาร : 043-204360

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ผลิตข้าวเปลือกงอกที่ให้สาร GABA สูง โดยทำการควบคุมที่ระบบการแช่และการงอกที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C ผลการทดลองพบว่าข้าวเปลือกงอกที่ได้จากอุปกรณ์ผลิตข้าวเปลือกงอกที่สร้างขึ้น มีปริมาณสาร GABA เท่ากับ (241 mg/100 g น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกงอกแบบเดิมที่ให้ปริมาณสาร GABA เท่ากับ (157 mg/100 g น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอื่นๆ ในข้าวมากกว่าข้าวเปลือกงอกแบบเดิมด้วย

คำหลัก: ข้าวเปลือกงอก, การแช่, การงอก

Abstract

The purpose of this research was to design and build equipment in order to produce germinated paddy to the substance GABA high by controlling system such as soaking and germination temperature at 40^{0}C. The results showed that the germinated paddy from the this device generated the GABA of 241 mg/ 100 g dry weight, which was higher than traditional paddy, generated the GABA of 157 mg/ 100 g dry weight. The compounds in the germinated paddy from this device were also higher than traditional paddy.

Keywords: Germinated paddy, soaking, germination

1. บทนำ

กระบวนการทำให้งอกสามารถทำได้ 2 แบบ คือ การงอกจากข้าวกล้อง (ข้าวกล้องงอก) และ การงอกจากข้าวเปลือก (ข้าวเปลือกงอก) แต่วิธีการที่มีศักยภาพ คือ การงอกจากข้าวเปลือก เพราะสามารถผลิตได้ในระดับอุตสาหกรรม และข้าวเปลือกงอกที่หุงสุกมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มและหอม รับประทานได้ง่ายกว่าข้าวกล้องธรรมดา นอกจากนี้ข้าวเปลือกงอกมีสารสำคัญอย่างหนึ่ง คือ สาร GABA (อภิชาติ, 2553) ทำให้มีกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต่างๆ ทำการผลิตข้าวเปลือกงอกออกมาจำหน่าย แต่ในการผลิตยังมีปัญหา คือ 1) ไม่สามารถผลิตข้าวเปลือกงอกที่มีคุณภาพสม่ำเสมอได้ เพราะกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังใช้วิธีให้สมาชิกแต่ละคนทำการผลิตแล้วนำมารวมกันขาย ทำให้การขยายตลาดทำได้ยาก 2) ปริมาณสาร GABA ในข้าวเปลือกงอกที่ทำการผลิตได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำหรือแทบจะไม่มีเลยเพราะขาดความรู้และเทคโนโลยีในการทำข้าวเปลือกงอกที่เหมาะสม ซึ่งผู้บริโภคไม่สามารถแยกได้เลยว่าข้าวงอกของกลุ่มไหนมีปริมาณสาร GABA มากน้อยเท่าใด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมระบบการผลิตข้าวเปลือกงอกที่มีสาร GABA สูง ที่ผู้ประกอบการระดับวิสาหกิจชุมชนสามารถสร้างและใช้งานได้ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคว่าสินค้าที่ซื้อไปมีคุณภาพสูงเหมาะสมกับราคาที่จ่ายเพิ่มขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 ออกแบบและสร้างระบบการผลิตข้าวเปลือกงอกที่มีสาร GABA สูง ในระดับวิสาหกิจชุมชน

ระบบการผลิตข้าวเปลือกงอกมีกำลังการผลิต 50 กก.ข้าวเปลือกต่อวัน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. อุปกรณ์แช่ข้าวเปลือก

ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ด้านนอกทำการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน อุปกรณ์แช่ข้าวเปลือกมีขนาดที่สามารถแช่ข้าวเปลือกได้ครั้ง 50 กิโลกรัม ข้าวเปลือกต่อวัน มีระบบหมุนเวียนน้ำแช่อัตโนมัติ มีระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำแช่อัตโนมัติ ในช่วงอุณหภูมิ 25-40 ^{0}C

2. อุปกรณ์เพาะข้าวเปลือกให้งอก

ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ด้านนอกทำการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน อุปกรณ์เพาะข้าวเปลือกให้งอก ขนาดที่สามารถเพาะข้าวเปลือกได้ครั้ง 50 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อวัน มีระบบหมุนเวียนอากาศอัตโนมัติ มีระบบควบคุมอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการเพาะงอกในช่วงอุณหภูมิ 25-40 ^{0}C

3. อุปกรณ์นึ่งข้าวเปลือกให้สุก

สามารถควบคุมความดันไอน้ำใช้ในการนึ่งข้าวเปลือกได้อัตโนมัติ ทำจากอลูมิเนียม ด้านนอกทำการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน อุปกรณ์นึ่งข้าวเปลือกให้สุกมีขนาดที่สามารถนึ่งข้าวเปลือกได้ 50 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อวัน

4. อุปกรณ์อบแห้งข้าวเปลือกงอก

เป็นเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดแบบอากาศร้อนขนาดเล็ก ทำจากเหล็กกล้า ด้านนอกทำการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน เครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดมีขนาดที่สามารถอบแห้งข้าวเปลือกได้ 50 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อวัน มีระบบควบคุมอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการอบแห้งในช่วงอุณหภูมิ 100-150 ^{0}C มีระบบควบคุมความเร็วลมอากาศร้อนที่ใช้ในการอบแห้งในช่วงที่สามารถเกิดสภาวะฟลูอิไดซ์เบดได้

5. อุปกรณ์สีข้าว

สามารถกะเทาะเปลือกข้าวกล้องงอกได้ กำลังการผลิต 50 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อชั่วโมง ซึ่งเครื่องกะเทาะนี้สามารถแยกแกลบออกไปจากข้าวกล้องได้ด้วย

2.2 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

นำข้าวเปลือกหอมมะลิ 105 พื้นที่ปลูกในจังหวัดสุรินทร์ ที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวประมาณ 1 สัปดาห์ มาทำการอบอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 50 ^{0}C ระยะเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อลดระยะเวลาการพักตัวของข้าวเปลือกหอมมะลิ (ถ้านำข้าวใหม่มาผ่านกระบวนการแช่และงอกจะไม่สามารถเกิดการงอกได้ ต้องนำมาทำให้เป็นข้าวเก่าก่อน) ซึ่งข้าวเปลือกจะมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 14% w.b. ก่อนนำไปทดลองต่อไป

2.3 วิธีการทดลอง

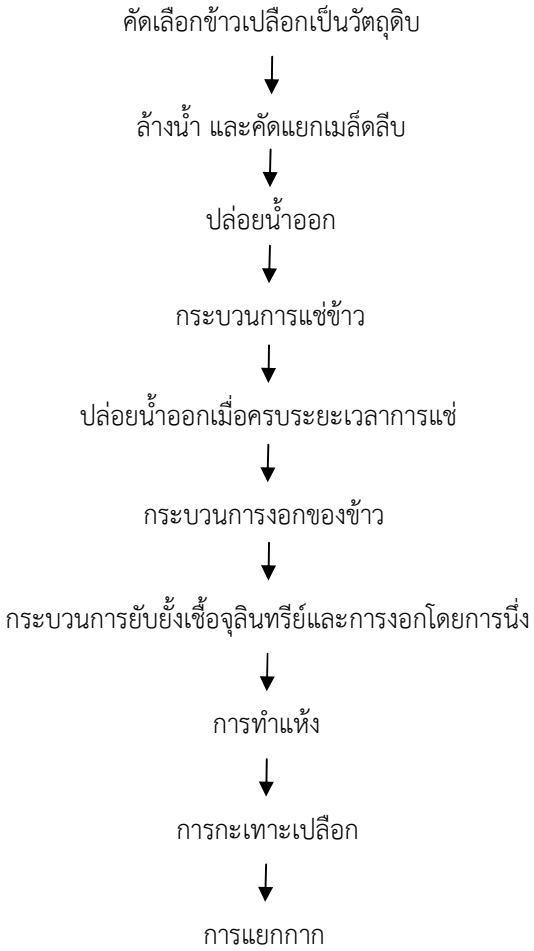
ใช้ข้าวเปลือกหอมมะลิ 105 มาทำการทดสอบโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน เพื่อนำไปทดสอบสารสำคัญ คือ ในข้าวเปลือก ในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยวิธีเดิม และในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยระบบใหม่ที่สร้างขึ้น

นำข้าวเปลือกส่วนที่ 1 จำนวน 2 กก. ไปเตรียมเพื่อหาสารสำคัญในข้าวเปลือกและนำข้าวเปลือกส่วนที่ 2 จำนวน 50 กก. เพื่อทำเป็นข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยวิธีเดิม ดังแสดงในรูปที่ 1 จากนั้นนำข้าวเปลือกงอกจำนวน 2 กก. ไปเตรียมเพื่อหาสารสำคัญในข้าวเปลือกงอกต่อไป นำข้าวเปลือกส่วนที่ 3 จำนวน 50 กก. เพื่อทำเป็นข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยระบบการผลิตใหม่ที่สร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้นนำข้าวเปลือกงอกจำนวน 2 กก. ไปเตรียมเพื่อหาสาระสำคัญในข้าวเปลือกงอกต่อไป เริ่มต้นดังนี้ 1)ตัวอย่างข้าวในแต่ละส่วนจะถูกนำไปหาความชื้นในเมล็ดข้าว ตามวิธีของ AOAC (2000) และตัวอย่างข้าวบางส่วนจะถูกนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 ^{0}C เป็นเวลา 12 ชม. 2) จากนั้นเตรียมข้าวเพื่อหาสารสำคัญโดยการทำการกะเทาะเปลือกออกก่อนนำไปวิเคราะห์หาสารสำคัญต่อไป 3) ทำการวิเคราะห์ปริมาณส่วนประกอบสำคัญ ส่วน โปรตีน ไขมัน แป้ง เถ้า ไฟเบอร์ และน้ำตาล หาตามวิธีของ AOAC (1990) 4) การวิเคราะห์ปริมาณส่วนประกอบสำคัญ ส่วนวิตามิน B ซึ่งวิธีวิเคราะห์หาวิตามิน B ดัดแปลงมาจากวิธีของ Erbas, Certel and Uslu (2005) และ 5) การวิเคราะห์หาปริมาณ GABA ดัดแปลงมาจากวิธีของ Lin & Wang (1980) และ Heems et al. (1998) เริ่มต้นจากการนำตัวอย่างข้าวมาบดให้ละเอียด แล้วสุ่มตัวอย่างมาให้ได้น้ำหนัก 0.5 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง ก่อนเติมน้ำ 1,800 ไมโครลิตรและเติม sulfosalicylic acid ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลายแบบ vortex จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 20 นาทีเพื่อแยกส่วนใสออก นำส่วนใสที่ได้ไปกรองเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

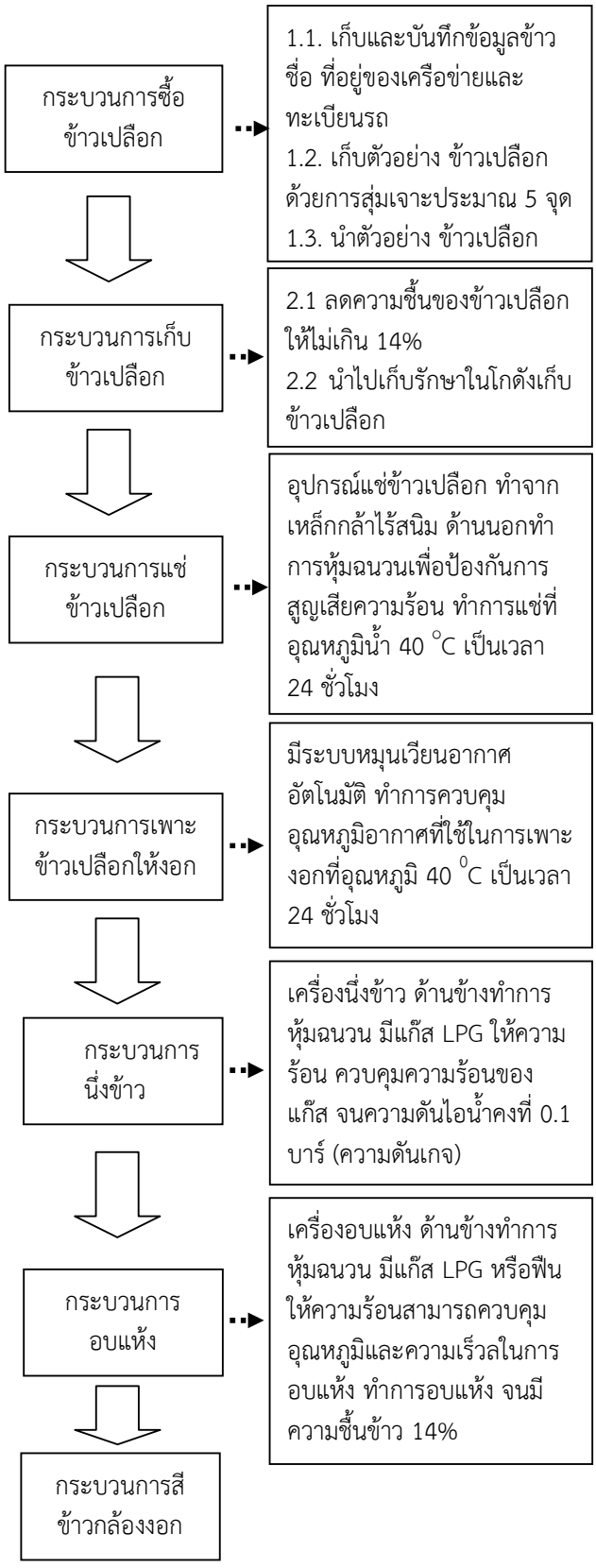
การเตรียมอนุพันธ์ของตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ทำได้โดยดูดส่วนใสที่ได้จากการสกัดตัวอย่างข้างต้นปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 100 มิลลิโมล ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และ Dabsyl – Cl ความเข้มข้น 4 มิลลิโมล ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากันด้วย

เครื่องผสมสารละลายแบบ Vortex เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 70 ^{0}C นาน 10 นาที ทิ้งไว้ในเย็น ก่อนเติมเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร ปริมาตร 250 ไมโครลิตร และสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (pH 6.8) ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันก่อนกรองผ่านเมมเบรน เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ต่อไป

เครื่อง HPLC รุ่น Agilent 1100 series, USA ต่อเข้ากับ diode array detector UV 465 nm คอลัมน์วิเคราะห์ใช้ supelcosil LC-DABS ขนาด 150 x4.6 mm (USA) โดยใช้ mobile phase ชนิด gradient และใช้ flow rate 1.0 ml/min อุณหภูมิ 25 ^{0}C ใช้ mobile phase เป็น sodium acetate pH 6.8 และ acetonitrile เปรียบเทียบจากค่า retention time (RT)



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตข้าวเปลือกงอกวิธีเดิม



รูปที่ 2 กระบวนการผลิตข้าวเปลือกงอก
ด้วยระบบการผลิตใหม่ที่สร้างขึ้น

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์สารสำคัญ แสดงในตารางที่ 1 และ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สารสำคัญส่วนใหญ่ คือ โปรตีน ไฟเบอร์ เถ้า วิตามิน B_3 และวิตามิน B_6 ในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยระบบการผลิตใหม่ที่สร้างขึ้นมีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยวิธีเดิม และน้อยที่สุดในข้าวเปลือก ในขณะที่แป้ง ที่มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนไขมันและน้ำตาล จะให้ผลในทางกลับกัน คือ ในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยระบบการผลิตใหม่ที่สร้างขึ้นมีค่าน้อยที่สุด ต่อมาเป็นในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยวิธีเดิม และมากที่ในข้าวเปลือก เพราะไขมันและน้ำตาลจะถูกใช้ไปในกระบวนการย่อยสลายสารอาหารภายในเมล็ดข้าวเพื่อเปลี่ยนไปเป็นกรดอะมิโนเมื่อข้าวมีการงอก ส่วนกรดอะมิโนในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยวิธีเดิมและข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยระบบการผลิตใหม่ที่สร้างขึ้นทุกชนิดที่ทำการทดสอบมีค่ามากกว่าข้าวเปลือกธรรมดา เพราะกระบวนการงอกคือกระบวนการเมตาบอลิซึมที่จะเปลี่ยนสารอาหารต่างๆ เป็นสาร GABA เพิ่มมากขึ้น (Taiz & Zeiger, 2002) ตรงกับผลการทดลองของชาญวิทย์ และคณะ (2552) และอภิชาต (2553) แต่เมื่อเปรียบเทียบกรดอะมิโนในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยวิธีเดิมและข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยระบบการผลิตใหม่ที่สร้างขึ้น พบว่า GABA, his, glutamic และ alanine ในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยระบบการผลิตใหม่ที่สร้างขึ้นมีค่ามากกว่าในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยวิธีเดิม นอกจากนั้นจะให้ผลในทางตรงกันข้าม ที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะกลไกกระบวนการเมตาบอลิซึมในระหว่างการงอก

4. สรุปผลการทดลอง

สารสำคัญส่วนใหญ่ คือ โปรตีน ไฟเบอร์ เถ้า วิตามิน B_3 วิตามิน B_6 และกรดอะมิโนที่สำคัญในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยระบบการผลิตใหม่ที่สร้างขึ้นมีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยวิธีเดิม และน้อยที่สุดในข้าวเปลือก โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่เรียกว่า GABA ในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยระบบการผลิตใหม่ที่สร้างขึ้น ในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยวิธีเดิม และในข้าวเปลือก มีค่าเท่ากับ 241, 157 และ 21 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ในขณะที่แป้ง ที่มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนไขมันและน้ำตาล จะให้ผลในทางกลับกัน คือ ในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยระบบการผลิตใหม่ที่สร้างขึ้นมีค่าน้อยที่สุด ต่อมาเป็นในข้าวเปลือกงอกที่ผลิตด้วยวิธีเดิม และมากที่สุดในข้าวเปลือก

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสารสำคัญ ส่วนความชื้น โปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ เถ้า แป้ง น้ำตาลและวิตามิน B ระหว่าง 1) ข้าวเปลือกธรรมดา 2) ข้าวเปลือกงอกที่ผ่านอุปกรณ์ผลิตข้าวเปลือกงอกที่สร้างขึ้น และ 3) ข้าวเปลือกงอกตามวิธีชาวบ้าน (%dry basis)

สารสำคัญที่ทำการวัด	ตัวอย่าง		
	1	2	3
Miosture content	12.102	9.311	9.914
Protein	8.071	8.467	8.456
Crude Fat	0.970	0.566	0.747
Crude Fiber	0.113	1.066	0.578
Ash	0.276	0.742	0.610
Carbohydrate	90.969	89.060	89.609
Total sugar	1.231	0.342	0.511
Niacin (B_3)	7.791	11.988	10.347
Pyridoxine (B_6)	1.003	1.982	1.249

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสารสำคัญ ส่วนกรดอะมิโน ระหว่าง 1) ข้าวเปลือกธรรมดา 2) ข้าวเปลือกงอกที่ผ่านอุปกรณ์ผลิตข้าวเปลือกงอกที่สร้างขึ้น และ 3) ข้าวเปลือกงอกตามวิธีชาวบ้าน (mg/100g)

สารสำคัญที่ทำการวัด	ตัวอย่าง		
	1	2	3
his	10.890	117.134	103.383
arginine	5.129	33.365	39.663
glutamine	31.741	117.073	148.763
glutamic	11.488	344.599	276.029
GABA	21.106	241.865	157.711
alanine	71.523	196.632	102.605
proline	88.466	88.905	151.359
valine	7.086	50.116	62.639
leucine	24.599	50.566	59.471

Sample 1: ข้าวเปลือกธรรมดา

2: ข้าวเปลือกงอกที่ผ่านอุปกรณ์ผลิตข้าวเปลือกงอกที่สร้างขึ้น

3: ข้าวเปลือกงอกตามวิธีชาวบ้าน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการทุนวิจัยเชิงนวัตกรรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จังหวัดสุรินทร์ ที่ได้เอื้อเฟื้อเงินทุนวิจัย สถานที่ทำวิจัยและข้าวเปลือกหอมมะลิ 105 ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] AOAC(2000). Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. Washington, DC.

[2] AOAC(1990). Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. Washington, DC.

[3] Erbas M., Certel M., and Uslu M.K. (2005). Some chemical properties of white lupin seeds (Lupinus albus L.). *Food Chemistry*, vol. 89, pp. 341–34.

[4] Heems, D., Luck, G., Fraudeau, C. and Verette, E. (1998). Fully automated precolumn derivatization, on – line dialysis and high performance liquid chromatographic analysis of amino in food, beverages and feedstuff. *Journal of Chromatography* A, Vol. 798, No. 1-2, 9-17.

[5] Lin, J.K. and Wang, C.H. (1980). Determination of urinary amino acids by liquid chromatography with dabsyl chloride. *Clinical Chem*. Vol. 26, No. 5, 579-583.

[6] Taiz, L, Zeiger, E. (2002). *Plant physiology*, in Chapter 2, 3rd ed.; Sinauer.

[7] ชาญวิทย์ ศรีเพ็ญชัย อภิชาติ อาจนาเสียว และทินกร คำแสน. (2552). *ผลของอุณหภูมิในกระบวนการแช่และกระบวนการงอกของข้าวเปลือก (หอมมะลิ 105) ต่อปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวเทอริกเอซิด*, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีวิจัย ครั้งที่ 3, หน้า 88-92.

อภิชาติ อาจนาเสียว (2553). ผลของกระบวนการแช่ที่มีการเติมสารเร่งและการงอกที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวเปลือกงอกหอมมะลิ 105, *วารสารวิศวกรรมสาร มข.*, ปีที่ 27 ฉบับที่ 1, หน้า 15-20.