



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การแยกซิลิกาจากองค์ประกอบที่ได้จากการเผาแกลบข้าว**ข้าวเหนียว (กข 6) ข้าวเหนียวเขาวง และข้าวหอมมะลิ (กข 105)****Extraction Silica from Sticky Rice (RD 6), Kaowong Sticky Rice and Jasmine Rice (RD 105)**

วีระพล ทับทิมดี รัชฎู สุทธิ และ ธีรวัฒน์ เหล่านากุล*

Weerapol Taptimdee Ratchawoot Sutthi and Teerawat Laonapakul*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kean University, Khon Kaen, 40002

Received: 25 ต.ค. 59

Accepted: 24 ก.พ. 60

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความแตกต่างของซิลิกาที่ได้จากแกลบของ 3 พันธุ์ข้าว ได้แก่ ข้าวเหนียว (กข 6) ข้าวเหนียวเขาวง และข้าวหอมมะลิ (กข 105) ด้วยเทคนิคที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์และผ่านการรีฟลักซ์ จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการทางความร้อนที่อุณหภูมิ 650°C เป็นระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง พบว่า แกลบข้าวเหนียว (กข 6) ที่ผ่านกระบวนการทางความร้อนเป็นระยะเวลา 7 ชั่วโมง ที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์ และผ่านการรีฟลักซ์ จะให้ปริมาณซิลิกามากที่สุดที่ 93.249 wt% และ 99.086 wt% ตามลำดับ จากนั้นแกลบดังกล่าวจะถูกนำไปวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วย SEM วิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารประกอบโดยเทคนิค XRF และวิเคราะห์โครงสร้างผลึกโดยเทคนิค XRD

คำสำคัญ: ซิลิกาจากแกลบ ไม่ผ่านการรีฟลักซ์และผ่านการรีฟลักซ์

Abstract

This research investigated the difference of silica from rice husk ash which come from three varieties of rice; Sticky rice (RD 6), Kaowong sticky rice and jasmine rice (RD 105) by non-reflux and reflux techniques. Then heat treatment at 650°C for 1, 3, 5 and 7 hrs. The result showed that that the Sticky rice (RD 6) that heat treatment for 7 hrs. by non-reflux and reflux techniques gave the highest amount of silica 93.249 wt% and 99.086 wt%, respectively. Then the rice husk ash was analyzed microstructure by SEM, elemental and quantitative analysis by XRF technique and crystal structure by XRD technique.

Keywords: Silica from rice husk ash Non-reflux and reflux techniques

*ติดต่อ: อีเมล: teera@kku.ac.th, โทรศัพท์: 091-0605412

1. บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาเถ้าแกลบได้ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุที่สําคัญสำหรับการทำแผงพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากมีสารประกอบซิลิกาโดยมีโครงสร้างเป็น Polycrystalline [1-3] และถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) [4-5] และซิลิกอนไนไตรด์ (Si₃N₄) [6] นอกจากนี้ยังถูกนำมาใช้ในงานคอนกรีตและพื้นซีเมนต์ [7] เปลือกข้าวจะเกิดขึ้นในช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวในขั้นตอนการพัฒนาการเจริญเติบโตของพืชซึ่งมีองค์ประกอบของเซลลูโลส ลิกนิน ที่มีขนาดเล็กของโปรตีนและวิตามินของสารอินทรีย์ที่อุดมไปด้วยซิลิกอนและองค์ประกอบของธาตุอื่นๆ [8] ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม โดยข้าวจัดเป็นผลผลิตทางเกษตรที่สำคัญเป็นอันดับหนึ่งของประเทศทั้งการส่งออกและการบริโภคภายในประเทศ มีการปลูกข้าวอยู่ทั่วทั้งภูมิภาคของประเทศ โดยเฉพาะเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [9] ใน

การแปรรูปข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสารจะมีส่วนที่เหลือคือ แกลบข้าว ซึ่งมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ 80 wt% มีซิลิกา (Silica) หรือ SiO₂ (Silicon dioxide) เป็นองค์ประกอบประมาณ 19 wt% และมีธาตุอื่นเจือปนประมาณ 1 wt% เมื่อแกลบข้าวผ่านการเผาจะได้เถ้าแกลบซึ่งมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบประมาณ 87 ถึง 99 wt% ของเถ้าแกลบ ขึ้นอยู่กับกระบวนการเตรียมแกลบข้าวก่อนนำไปเผา วัสดุในการผลิตซิลิกาส่วนใหญ่มาจากทราย แต่ต้องเป็นทรายที่มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง ทำให้มีจำนวนจำกัดและส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตซิลิกาเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการผลิตซิลิกาโดยใช้แกลบข้าวเป็นวัสดุ จากการศึกษาวิจัยการแยกซิลิกาจากแกลบข้าวที่ผ่านมาพบว่า การเผาแกลบข้าวเพื่อให้ได้ซิลิกาจากแกลบข้าว ไม่ได้บ่งบอกว่าใช้พันธุ์ข้าวชนิดใดในการแยกซิลิกา ทำให้ผู้วิจัยสนใจว่าพันธุ์ข้าวที่มีผลต่อปริมาณซิลิกาที่ได้ด้วยหรือไม่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับเรื่องพันธุ์ข้าว วิธีการเตรียม และเวลาใน

การเผา โดยศึกษาจากข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ซึ่งได้แก่ ข้าวเหนียว (กข 6) มีแหล่งเพาะปลูกมากอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ข้าวเหนียวขาว (กข 6) มีแหล่งเพาะปลูกที่ อ.เขาวง จ.กาฬสินธุ์ และข้าวหอมมะลิ (กข 105) มีแหล่งเพาะปลูกมากอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง วิธีการในการเตรียมแกลบข้าว คือ ไม่ผ่านการรีฟลักซ์ และผ่านการรีฟลักซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส และเวลาในการเผาที่แตกต่างกัน คือ 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง

2. วิธีการวิจัย

เตรียมแกลบจากข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียว (กข 6) ข้าวเหนียวขาว และข้าวหอมมะลิ (กข 105) สายพันธุ์ละ 1 กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดสิ่งเจือปนด้วยน้ำกลั่น แล้วกรองแยกเฉพาะส่วนของแกลบข้าวนำไปตากให้แห้ง จากนั้นแบ่งแกลบข้าวออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกเป็นแกลบข้าวที่ล้างเฉพาะน้ำกลั่น และกลุ่มที่ 2 เป็นแกลบข้าวที่ผ่านการรีฟลักซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 3 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำกลั่น จนกระทั่งมีค่า pH เท่ากับ 7 ± 0.5 [10] จึงนำแกลบข้าวไปตากให้แห้ง จากนั้นนำแกลบข้าวทั้ง 2 กลุ่มไปผ่านกระบวนการทางความร้อน โดยแต่ละตัวอย่างจะใช้แกลบข้าวน้ำหนัก 15 กรัม โดยทดลองจำนวน 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ยและในการแยกซิลิกาจากแกลบข้าว มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

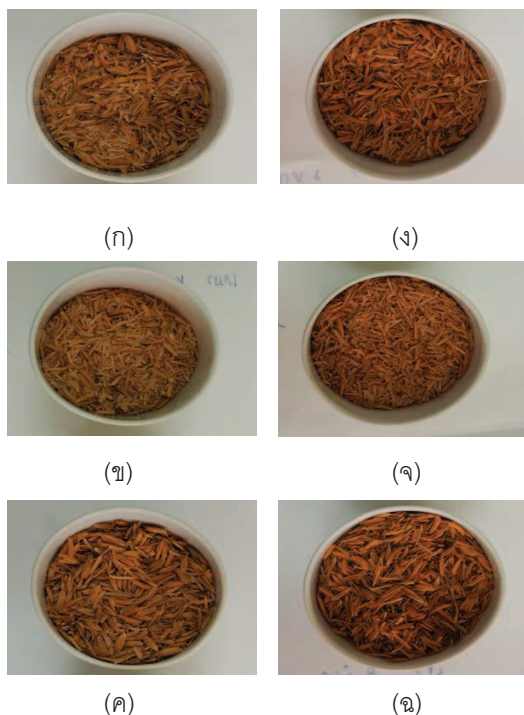
2.1 นำแกลบข้าวที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส [11] โดยให้อัตราความร้อน $5^{\circ}\text{C}/\text{นาที่}$ เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นตัวภายในเตา

2.2 นำแกลบที่ผ่านการเผาในข้อ 2.1 มาสังเกตความแตกต่างของสีของแกลบ จากนั้นทำการเลือกแกลบที่มีลักษณะสีที่ขาวที่สุด ไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารประกอบด้วย เทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-Ray Fluorescence: XRF) ด้วยเครื่อง PaNalytical รุ่น Axios-Max วิเคราะห์โครงสร้างผลึกของแกลบโดยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffraction: XRD) ด้วยเครื่อง BRUKER รุ่น D8 โดยใช้อัตราการสแกน $2.4^{\circ}2\theta/\text{นาที่}$ และเพิ่มขึ้นครั้งละ $0.02^{\circ}2\theta/\text{นาที่}$ ด้วยแหล่งกำเนิด $\text{CuK}\alpha$ และวิเคราะห์ฐานของแกลบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) ด้วยเครื่อง LEO รุ่น Leo 1430 SEM/EDS

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 อิทธิพลของการรีฟลักซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริก

ผลการทดลองการเตรียมซิลิกาจากแกลบข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์และผ่านการรีฟลักซ์แสดงดังภาพที่ 1



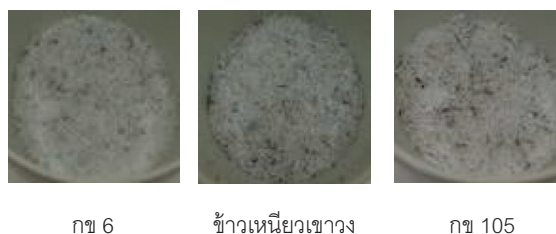
ภาพที่ 1 แกลบข้าวที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์ (ก) กข 6 (ข) ข้าวเหนียวขาว (ค) กข 105 แกลบข้าวที่ผ่านการรีฟลักซ์ (ง) กข 6 (จ) ข้าวเหนียวขาว (ฉ) กข 105

จากภาพที่ 1 พบว่า แกลบข้าวที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์นั้นมีความเข้มของสีน้อยกว่าแกลบข้าวที่ผ่านการรีฟลักซ์ซึ่งแกลบนั้นมีองค์ประกอบโดยทั่วไป คือ ซิลิกา ไฮโดรคาร์บอน และสารประกอบออกไซด์ คือ CaO , Al_2O_3 , MgO , SO_3 , และ Fe_2O_3 สารประกอบออกไซด์เหล่านี้เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกจะอยู่ในรูปของสารประกอบคลอไรด์ เช่น MgCl_2 , CaCl_2 เป็นต้น จะเป็นไปตามสมการดังนี้



3.2 อิทธิพลของระยะเวลาในการเผาถ่านกลบ

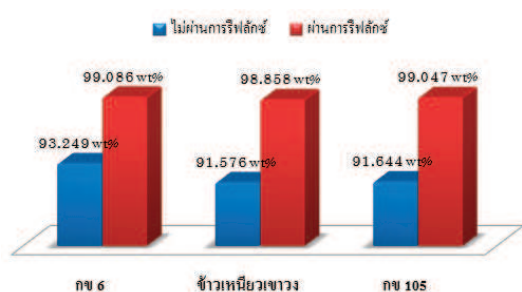
จากการนำแกลบข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์และผ่านการรีฟลักซ์ ไปเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง แกลบยังเป็นสีดำและสีเทา และเมื่อเพิ่มเป็นระยะเวลา 7 ชั่วโมง พบว่า แกลบข้าว กข 6 ที่ผ่านการรีฟลักซ์จะให้สีที่ขาว ดังภาพที่ 2 สาเหตุเนื่องจากสีของแกลบจะจางลงจนกลายเป็นสีขาว โดยที่สารประกอบคาร์บอนในแกลบจะเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (XRF) จะพบว่าแกลบข้าว กข 6 ที่ผ่านการรีฟลักซ์ให้ปริมาณซิลิกามากที่สุด



ภาพที่ 2 แกลบข้าวที่ผ่านการรีฟลักซ์และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง

จากการนำแกลบข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์และผ่านการรีฟลักซ์ มาเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (XRF) พบว่า แกลบทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการรีฟลักซ์จะให้ปริมาณซิลิกามากกว่าแกลบที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์ โดยแกลบ กข 6 ที่ผ่าน

การรีฟลักซ์จะมีปริมาณซิลิกาสูงสุด คือ 99.086 wt% ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เถ้าแกลบ กข 6 มีปริมาณซิลิกาแตกต่างจากแกลบข้าวสาลีพันธุ์อื่นอาจเป็นเนื่องจากแหล่งพื้นที่เพาะปลูกที่แตกต่างกัน และสาเหตุที่ทำให้ปริมาณ ซิลิกาเพิ่มมากขึ้นอันเนื่องมาจากปริมาณสารประกอบที่อยู่ภายในเถ้าแกลบลดลงเมื่อผ่านการรีฟลักซ์ [1] โดยเถ้าแกลบที่ผ่านการรีฟลักซ์ทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณซิลิกาที่ไม่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงกราฟปริมาณ SiO_2 ที่ได้จากเถ้าแกลบข้าวแต่ละสายพันธุ์

จากนั้น นำแกลบข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์และผ่านการรีฟลักซ์ จำนวน 15 กรัม มาเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง พบว่า เถ้าแกลบที่ผ่านการรีฟลักซ์จะได้น้ำหนักเถ้าแกลบมากกว่าเถ้าแกลบที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์ เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริกจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนในเถ้าแกลบ (Activated carbon) และเมื่อได้รับความร้อนสูงขึ้น คาร์บอนจะสลายตัวเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ ซิลิกา [1] จากผลการทดลองเถ้าแกลบที่มีน้ำหนัก

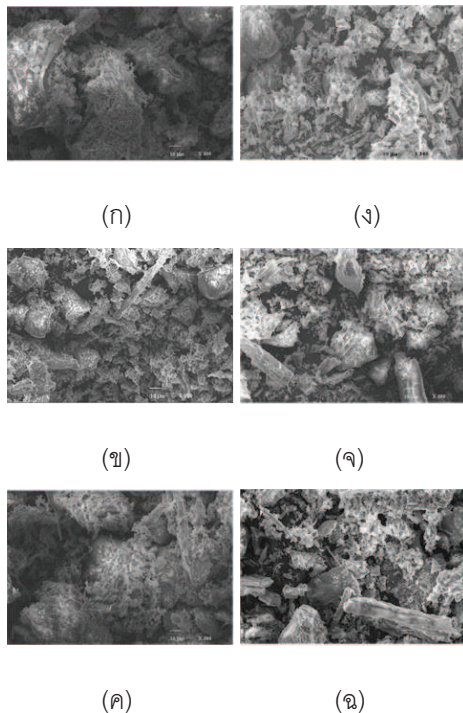
มากที่สุดคือ เถ้าแกลบของข้าวพันธุ์ กข 6 ที่ผ่านการรีฟลักซ์หนัก 2.163 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักของเถ้าแกลบที่เผาอุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง

	ไม่ผ่านการรีฟลักซ์		ผ่านการรีฟลักซ์		
	กข6	ข้าวเหนียวขาว	กข105	กข6	ข้าวเหนียวขาว
น้ำหนักเถ้าแกลบ (กรัม)	2.027	1.946	1.953	2.163	2.114

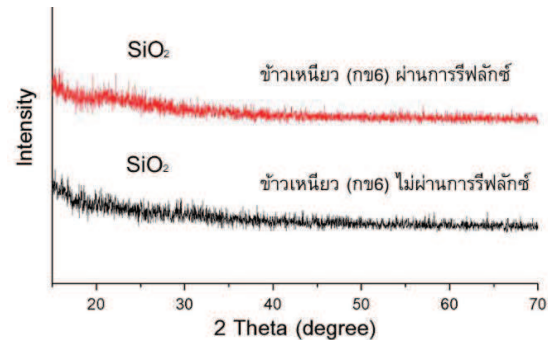
3.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าแกลบ

ผลของภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 500 เท่า โดยเผาเถ้าแกลบที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง พบว่า พื้นผิวของเถ้าแกลบที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์และผ่านการรีฟลักซ์มีลักษณะพื้นฐานเป็นผงและมีรูพรุนขนาดเล็ก โดยมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน พื้นผิวของเถ้าแกลบที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์นั้น มีลักษณะผิวที่ไม่เรียบ ขรุขระ ซึ่งผิวขรุขระนั้นเป็นสารประกอบออกไซด์ที่มีอยู่ในเถ้าแกลบ ส่วนเถ้าแกลบที่ผ่านการรีฟลักซ์นั้น มีลักษณะเป็นผิวเรียบกว่า เถ้าแกลบที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์ เนื่องจากสารประกอบออกไซด์บางส่วนถูกกำจัดและเถ้าแกลบที่ผ่านการรีฟลักซ์นั้นมีความบริสุทธิ์ของซิลิกามากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพ SEM ของเถ้าแกลบที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์ (ก) กข 6 (ข) ข้าวเหนียวขาว (ค) กข 105 เถ้าแกลบเฝ้าที่ผ่านการรีฟลักซ์ (ง) กข 6 (จ) ข้าวเหนียวขาว (ฉ) กข 105

จากภาพที่ 5 แสดงรูปภาพการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของเถ้าแกลบข้าว กข 6 ที่เผาอุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์และผ่านการรีฟลักซ์ พบว่าค่า Intensity ของเถ้าแกลบข้าว กข 6 ทั้งสองเส้นนั้นไม่ปรากฏพีคของสารประกอบอื่น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าซิลิกาที่สังเคราะห์ได้นั้นมีโครงสร้างผลึกของออสฐาน และนอกจากนี้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRF จะพบว่าในเถ้าแกลบข้าว กข 6 จะมีปริมาณซิลิกามากที่สุด



ภาพที่ 5 แสดงภาพ XRD ของเถ้าแกลบข้าวเหนียว กข 6 ที่เผาอุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง

4. สรุป

4.1 แกลบข้าวที่ผ่านการรีฟลักซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริก จะให้ปริมาณซิลิกาในเถ้าสูงกว่าเถ้าข้าวที่ไม่ผ่านการรีฟลักซ์

4.2 เถ้าแกลบจากข้าว กข 6 ที่ผ่านกระบวนการรีฟลักซ์และเผาด้วยอุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมงจะให้ปริมาณซิลิกาสูงสุด

4.3 ซิลิกาที่สังเคราะห์ได้นั้นยังไม่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในโซลาร์เซลล์เนื่องจากมีความเป็นอสัณฐานสูง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มวิจัยวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ (Farm Engineering and Automatic Control Technology) มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Banerjee HD, Sen S, Acharya HN. Investigations on the Production of Silicon from Rice Husks by the Magnesium Method. *Materials Science and Engineering*. 1982; 52(2): 173-9.
- [2] Amick JA. Purification of Rice Husks as a Source of Solar Grade Silicon for Solar Cells. *Journal of the Electrochemical Society*. 1982; 129(4): 864-6.
- [3] Chakraverty A, Mishra P, Banerjee HD. Investigation of Combustion of Raw and Acid-Leached Rice Husk for Production of Pure Amorphous White Silica. *Journal of Materials Science*. 1988; 23(1): 21-4.
- [4] Martinelli JR, Bressiani AH. The Influence of Process Variables During Rice Husks Pyrolysis on the Formation of SiC Whiskers. *Cerâmica*. 1989; 35(238): 162-4.
- [5] Nutt SR. Microstructure and Growth Model for Rice-Hull-Derived SiC Whiskers. *Journal of the American Ceramic Society*. 1988; 71(3): 149-56.
- [6] Andreoli M, Luca GT, Seo EM. Characteristics of Rice Husks for Chlorination Reaction. *Materials Letters*. 2000; 44(5): 294-8.
- [7] Silva IJ, Melo AB, Liborio JBL, Souza MF. The Influence of the Amount Addition and Kind of the Active Silica Fume in the Mechanical Properties of the Cement Portland Concrete. *Proceedings of the 42nd Brazilian Ceramic Congress on ceramics*; 1988 Jun 3-6; Rio de Janeiro, Brazil. Library of the Brazilian Nuclear Energy Commission; 1998.
- [8] Mehta PK. High Performance Concrete Technology for the Future. *Proceedings of International Congress on High-Performance Concrete and Performance and Quality of Concrete Structures*; 1996; Florianopolis, Brazil. Universidade Federal de Santa Catarina; 1996.
- [9] Rice Department. Ministry of Agriculture and Cooperatives. [Internet]. 2016. Available from: <http://www.ricethailand.go.th/web>, access on 22/09/2016
- [10] Kurama H, Kurama SK. The Effect of Chemical Treatment on the Production of Active Silica from Rice Husk. *Proceedings of 18th International Mining Congress and Exhibition of Turkey*; 2003; Antalya, Turkey.
- [11] Swatsitang E, Krochai M. Preparation and Characterization of Silicon from Rice Husks. *Journal of the Minerals Metals & Materials Society*. 2009; 19(2): 91-4.

