

ศึกษาการเตรียมนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์จากแกลบข้าวหอมมะลิและถ่านเปลือกทุเรียน

Study to Preparation of Nano Silicon Carbide from Thai Jasmine Rice Husk and Durian Shell Charcoal

ปฐมพงศ์ ชนะนิล^{1*}, ณัฐนิชา เชื้อคำฮอด¹, ปาสกร เดชไค่น¹ และ สุพรรณิการ์ ชนะนิล²

Patompong Chanani^{1*}, Nutnicha Chaekamhod¹, Patsakorn Detkhon¹ and Supannika Chanani²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสังเคราะห์ผงนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์ด้วยการบดผสมผงซิลิกาจากแกลบกับผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนด้วยอัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนัก แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,300 1,400 และ 1,500 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศของแก๊สอาร์กอน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยแบ่งตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ใช้ผงถ่านจากเปลือกทุเรียนที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 68.73 โดยน้ำหนัก และกลุ่มที่ 2 ใช้ผงถ่านจากเปลือกทุเรียนที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก ซึ่งมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 80.76 โดยน้ำหนัก จากผลการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (XRD) แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างของคาร์บอนจากถ่านที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริกจะแสดงความเป็นผลึกมากขึ้น และเมื่อนำมาเตรียมนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์พบว่า กลุ่มที่ 1 จะเกิดโครงสร้างแบบบีตาซิลิกอนคาร์ไบด์ (β -SiC) และแอลฟาซิลิกอนคาร์ไบด์ (α -SiC) อย่างเด่นชัดเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) แสดงให้เห็นลักษณะเป็นเม็ดมีขอบโค้งมน ขนาดเฉลี่ยประมาณ 50 – 100 นาโนเมตร จับกลุ่มกันเป็นก้อน และมีลักษณะเป็นเส้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางในระดับนาโนเมตรกระจายปะปนอยู่ในกลุ่มตัวอย่างที่ 2 เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส จะแสดงโครงสร้างซิลิกอนคาร์ไบด์อย่างเด่นชัด โดยมีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์และลักษณะสัณฐานวิทยาคล้ายกับ SiC จากตัวอย่างกลุ่มที่ 1 แสดงว่าสามารถเตรียมนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์ได้จากตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม แต่ใช้อุณหภูมิในการเผาแตกต่างกัน โดยการเตรียมตัวอย่างจากถ่านที่ไม่ผ่านการแช่กรดจะเกิดโครงสร้างซิลิกอนคาร์ไบด์ที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า จึงเหมาะที่จะพัฒนาให้สามารถเตรียมนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์ให้ได้ปริมาณสูงและมีต้นทุนต่ำ

คำสำคัญ: ซิลิกอนคาร์ไบด์ ซิลิกา แกลบ ถ่านเปลือกทุเรียน

Abstract

This research studied the synthesis of nano silicon carbide powder with the grinding of silica powder from rice husk and carbon powder from Durian rind charcoal with the ratio of 1:2 by weight then burned at 1300, 1400 and 1500 °C under the atmosphere of argon gas for 1 hour. The samples were divided into 2 groups, which were 1st group using charcoal powder from Durian rind containing 68.73 percent carbon by weight and 2nd group using charcoal powder from the durian rind that has been soaked in hydrochloric acid, which contains 80.76 percent carbon by weight. The result of the X-ray diffraction (XRD), it shows that the carbon structure from charcoal soaked in hydrochloric acid will show more crystal. When preparing nano silicon carbide powder, it was found that the 1st group will result in the beta-silicon carbide (β -SiC) and alpha silicon carbide (α -SiC) prominent structure when burned at 1300 °C. The image from the scanning electron microscope (SEM) found to be granular, with rounded edge an average size of about 50 – 100 nm, grouped together and looks like a line with a nanometer diameter distribution. In the 2nd group, when burned at a temperature of 1,400 °C, silicon carbide structure will be shown prominently. The X-ray diffraction pattern

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ร้อยเอ็ด 45120

²สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ร้อยเอ็ด 45120

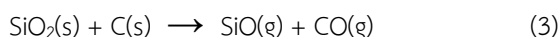
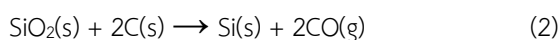
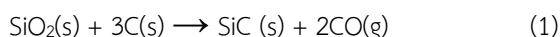
*Corresponding author: E-mail: p_chanani@reru.ac.th

and morphology were like SiC. From the 1st group, it was shown that nano-silicon carbide powder could be prepared from both groups but using different firing temperatures. In which, samples prepared from non-soaked in hydrochloric acid charcoal produce silicon carbide structures at lower temperatures. Therefore, it is suitable to be developed to be able to prepare high volume nano silicon carbide powder with low cost.

Keywords: Silicon carbide, Silica, Rice husk, Durian rind charcoal

บทนำ

ซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) เป็นวัสดุเซรามิกที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายเช่น ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องยนต์ เคลือบใบมีดในงานตัดโลหะ เคลือบดอกสว่าน ทำท่อขนส่งเคมี ใช้ในงานด้านวัสดุศาสตร์ เซรามิกซ์และอุตสาหกรรมหลายชนิด เป็นต้น เนื่องจาก SiC เป็นเซรามิกที่มีสมบัติเชิงกลที่ดี ทนอุณหภูมิสูง มีสภาพการนำไฟฟ้าที่ดี ฉนวนต่อการออกซิเดชันจากสารเคมี และยังมีสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำจึงสามารถใช้ทำเป็นวัสดุกึ่งตัวนำที่ทนอุณหภูมิสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถผลิตได้ทั้งในรูปของผง (Wang et al., 2017) และฟิล์มบาง (Qamar et al., 2011) ในการสังเคราะห์ SiC นั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น โซลเจล (Sol-gel) (Omidi et al., 2015) เทอร์มอลพลาสมา (Thermal plasma) (Maria et al., 2019) ไมโครเวฟ (Microwave) (Haijuan et al., 2019) คาร์โบเทอร์มอลรีดักชัน (Carbothermal reduction) (Omidi et al., 2015) โดย SiC เป็นสารสังเคราะห์ ที่สามารถผลิตได้จากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างซิลิกอนหรือซิลิกอนไดออกไซด์กับคาร์บอนในการเผาที่อุณหภูมิสูง ซึ่งปฏิกิริยาเคมีเบื้องต้นของการเกิด SiC (Janghorban and Tazesh, 1999) คือ



จะเห็นว่าจากปฏิกิริยานี้ เกิดจากซิลิกาทำปฏิกิริยากับคาร์บอน ซึ่งซิลิกาและคาร์บอนนั้นเป็นสารประกอบที่สามารถสังเคราะห์ได้จากพืชชนิดต่าง ๆ ที่น่าสนใจคือการสังเคราะห์ซิลิกาจากแกลบ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในแต่ละปีมีปริมาณหลายล้านตัน ส่วนมากจะถูกนำไปเป็นเชื้อเพลิงในโรงงานไฟฟ้าชีวมวล เนื่องจากแกลบมีปริมาณสูงและราคาถูก โดยแกลบมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบมากถึงประมาณร้อยละ 22-25 โดยน้ำหนัก และการสังเคราะห์คาร์บอนจากเปลือกทุเรียนก็เป็นที่น่าสนใจเนื่องจากผลทุเรียนมีเปลือกเป็นองค์ประกอบมากถึงประมาณร้อยละ 58.56 โดยน้ำหนัก ผลผลิตทุเรียนจะออกสู่ตลาดช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม แต่ละปีมีผลผลิตออกสู่ตลาดหลายหลายแสนตัน ทำให้เหลือเปลือกทุเรียนที่เป็นขยะจำนวนมาก หากนำเปลือกทุเรียนมาเตรียมเป็นผงคาร์บอนจะเป็นการเพิ่มมูลค่าและเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วย

งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการสังเคราะห์ผงนาโนซิลิคอนคาร์ไบด์โดยใช้ผงซิลิกาจากแกลบข้าวหอมมะลิร่วมกับผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียน ด้วยการบดผสมผงซิลิกากับผงคาร์บอนด้วยอัตราส่วน 1 : 2 โดยน้ำหนัก แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,300 ถึง 1,500 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศของแก๊สอาร์กอน แล้ววิเคราะห์โครงสร้างและสัณฐานวิทยาของตัวอย่างที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการเตรียมที่ไม่ซับซ้อนแต่ได้ผง SiC ที่มีคุณภาพสูง เพื่อที่จะสามารถต่อยอดการสังเคราะห์ SiC ให้ได้ในปริมาณสูงและใช้ต้นทุนต่ำ

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเตรียมผงซิลิกาจากแกลบข้าวหอมมะลิที่ปลูกในจังหวัดร้อยเอ็ด ขั้นตอนที่สองเตรียมผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียน และในขั้นตอนสุดท้ายทำการสังเคราะห์ผงนาโนซิลิคอนคาร์ไบด์จากผงซิลิกาและผงคาร์บอนที่เตรียมได้จากขั้นตอนที่หนึ่งและขั้นตอนที่สอง ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

1. การเตรียมผงซิลิกาจากแกลบ

เนื่องจากจังหวัดร้อยเอ็ดนิยมปลูกข้าวหอมมะลิ จึงใช้แกลบจากข้าวหอมมะลิเป็นวัตถุดิบ โดยขั้นตอนแรกล้างแกลบเพื่อกำจัดดินและสิ่งแปลกปลอมที่เกาะบนผิวของแกลบให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น จากนั้นอบในเตาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วรีฟลักซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ โดยมีปริมาณแกลบ 10 กรัม ต่อกรดไฮโดรคลอริกปริมาณ 200 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วนำแกลบไปอบให้แห้ง

เผาแกลบที่แห้งแล้วในเตาเผาแบบท่อแนวนอน ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในบรรยากาศออกซิเจน ที่ไหลในอัตรา 5 ลิตร/นาที่ จะได้ผงซิลิกาจากแกลบข้าวหอมมะลิที่มีสีขาว (Patompong et al., 2018)

2. การเตรียมคาร์บอนจากเปลือกทุเรียน

ตากเปลือกทุเรียนให้แห้งในที่โล่งประมาณ 5-7 วัน เพื่อลดความชื้น จากนั้นนำมาเผาในถังเหล็กขนาด 50 ลิตร ใช้อุณหภูมิในการเผาประมาณ 450-550 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง (Chonlada et al., 2017) แล้วร่อนให้เปลือกทุเรียนเย็นตัวลง จะใช้ระยะเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง หลังจากเผาแล้วจะได้ถ่านจากเปลือกทุเรียนที่มีลักษณะสีดำล้วน

แยกตัวอย่างถ่านเป็น 2 ส่วน ปริมาณเท่า ๆ กัน โดยส่วนแรกนำไปดัดให้มีขนาดเล็กโดยใช้เครื่องบด จากนั้นนำมาร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 30 ขนาด 600 ไมโครเมตร และส่วนที่สองนำมาแช่กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 โมลาร์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อปรับปรุงสมบัติของถ่าน จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไปบดให้ละเอียดแล้วใช้ตะแกรงร่อน จากนั้นบรรจุลงในภาชนะเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น

3. วิธีการสังเคราะห์ซิลิคอนคาร์ไบด์

3.1 บดผสมผงซิลิกาที่เตรียมได้จากแกลบกับผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนด้วยอัตราส่วนผงซิลิกาต่อผงคาร์บอน 1:2 โดยน้ำหนัก ในโถรงบดสารเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้สารทั้งสองชนิดผสมกันดี (Patompong et al., 2018) จากนั้นนำผงตัวอย่างที่ได้ไปเผาในเตาแบบท่อแนวนอนภายใต้บรรยากาศของก๊าซอาร์กอนที่มีอัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อนาที่ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 1,300, 1,400 และ 1,500 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ตามลำดับ แล้วตรวจสอบโครงสร้างของตัวอย่างด้วย XRD และศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

3.2 ดำเนินการตามวิธีการใน 3.1 โดยเปลี่ยนผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียน เป็นผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก ตามเงื่อนไขการเตรียมในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงเงื่อนไขต่าง ๆ ในการเตรียมซิลิคอนคาร์ไบด์

สาร	อัตราส่วน (โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราการไหลของแก๊สอาร์กอน
$\text{SiO}_2 : \text{C}_{(1)}$	1:2	1,300, 1,400 และ 1,500	0.5 ลิตร/นาที่
$\text{SiO}_2 : \text{C}_{(2)}$	1:2	1,300, 1,400 และ 1,500	0.5 ลิตร/นาที่

หมายเหตุ: $\text{C}_{(1)}$ คือ คาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียน

$\text{C}_{(2)}$ คือ คาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนที่ผ่านการแช่ HCl

4. การตรวจสอบทางเคมี

เมื่อเตรียมคาร์บอนจากถ่านของเปลือกทุเรียนแล้ว ตัวอย่างจะถูกตรวจสอบทางเคมีด้วยเครื่อง Energy Dispersive Spectrometry (EDS) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบ

5. การศึกษาสัณฐานโครงสร้างของตัวอย่าง

เมื่อทราบธาตุที่เป็นองค์ประกอบจาก EDS แล้ว ยืนยันผลด้วยวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอย่างโดยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ X-ray diffraction ที่สามารถบอกลักษณะโครงสร้าง และชนิดของสารประกอบได้

6. การตรวจสอบทางสัณฐานวิทยา

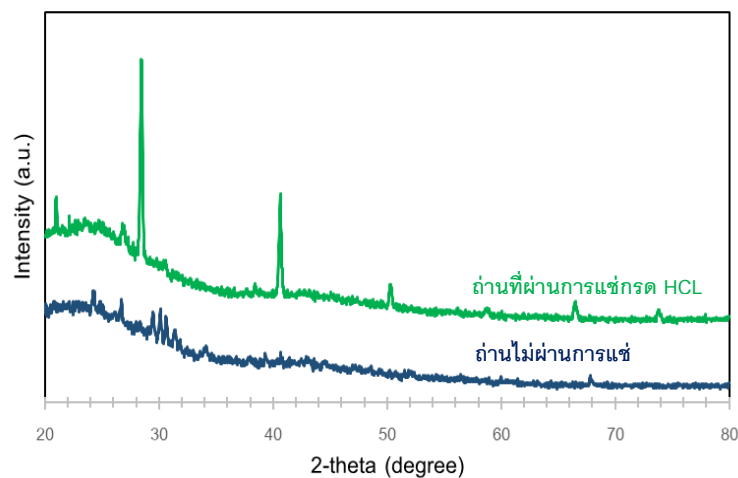
ตรวจสอบสัณฐานวิทยาของตัวอย่าง เพื่อศึกษาลักษณะและขนาดของอนุภาค ด้วย กำลังขยาย 20,000 เท่า

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

เตรียมผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนโดยใช้เงื่อนไขการเตรียมที่แตกต่างกันสองกลุ่ม กลุ่มที่หนึ่งไม่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก กลุ่มที่สองผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 โมลาร์ แล้วตรวจสอบสมบัติทางเคมีด้วย EDS ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ถ่านที่ได้จากเปลือกทุเรียนมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 68.73 โดยน้ำหนัก และมีโครงสร้างเป็นคาร์บอนอสัณฐาน จากผลของการวิเคราะห์โดย XRD ดังภาพที่ 1 เมื่อปรับปรุงสมบัติของถ่านด้วยการแช่กรดไฮโดรคลอริกพบว่าองค์ประกอบคาร์บอนมีค่าสูงขึ้นเป็นร้อยละ 80.76 โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 2 เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริกได้กำจัดสารประกอบออกไซด์ และสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ ออกไปจากโครงสร้าง จึงทำให้มีองค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนในร้อยละที่สูงขึ้น และมีพีคที่แสดงโครงสร้างของคาร์บอนสูงขึ้น เนื่องจากโครงสร้างมีความเป็นผลึกมากขึ้น ดังภาพประกอบที่ 1

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างถ่านเปลือกทุเรียน โดยเทคนิค EDS

ธาตุ	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	
	ถ่านที่ไม่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก	ถ่านที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก
C	68.73	80.76
O	24.78	13.76
K	4.99	1.20
Cl	0.09	3.45
Other	1.41	0.83

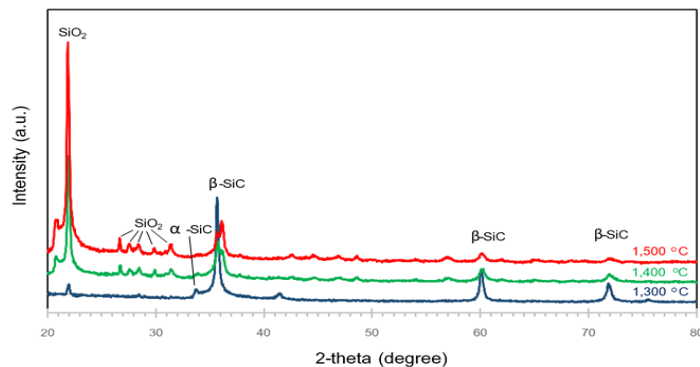


ภาพประกอบที่ 1 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ของถ่านจากเปลือกทุเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่ด้วยกรดไฮโดรคลอริก

ผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างของตัวอย่างจากการเตรียมด้วยถ่านเปลือกทุเรียน

จากกระบวนการเตรียมซิลิกอนคาร์ไบด์ ด้วยการบดผสมผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนกับซิลิกาจากเกลบในอัตราส่วน 2 : 1 โดยน้ำหนัก แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,300 1,400 และ 1,500 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศของก๊าซอาร์กอน เมื่อตรวจสอบโครงสร้างของทั้ง 3 ตัวอย่าง ด้วย XRD แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ได้จากการเผาในอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส มีพีคเด่นชัดที่สุดที่มุม 2-theta = 35.68 องศา, 60.07 องศา และ 71.79 องศา ตามลำดับ ซึ่งพีคดังกล่าวแสดงโครงสร้าง β -SiC โดยมีพีคไม่สูงมากนักที่มุม 2-theta = 33.81 องศา แสดงโครงสร้าง α -SiC เนื่องจากโดยธรรมชาติแล้ว α -SiC จะเกิดได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า β -SiC คือสูงกว่า 1,700 องศาเซลเซียส และตัวอย่างนี้ยังแสดงโครงสร้างของ SiO₂ เล็กน้อย จากพีคที่มุม 2-theta = 21.95 องศา จากนั้น เพิ่มอุณหภูมิการเผาเป็น 1,400 และ 1,500 องศาเซลเซียส พบว่าพีคที่แสดงโครงสร้างของ β -SiC ลดลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ในขณะที่พีคที่มุม 2-theta = 21.95 องศา ที่แสดงโครงสร้าง SiO₂ สูงขึ้นและเป็นพีคที่เด่นชัดที่สุด

ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2 จากผลของ XRD นี้ได้แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก (1,300 องศาเซลเซียส) คาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียน ที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐาน สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับซิลิกาจากแกลบ ทำให้เกิดซิลิกอนคาร์ไบด์ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น (1,400 และ 1,500 องศาเซลเซียส) อะตอมของซิลิกอนและออกซิเจนในโครงสร้างของซิลิกาจับคู่กันได้ดีขึ้น และมีความเป็นผลึกซิลิกามากขึ้น ทำให้อะตอมซิลิกอนที่เข้าคู่กับอะตอมคาร์บอนจึงน้อยลง การเกิดโครงสร้างซิลิกอนคาร์ไบด์จึงลดลงด้วย โดยพิจารณาโครงสร้างจากผลของ XRD ที่เกิดขึ้น

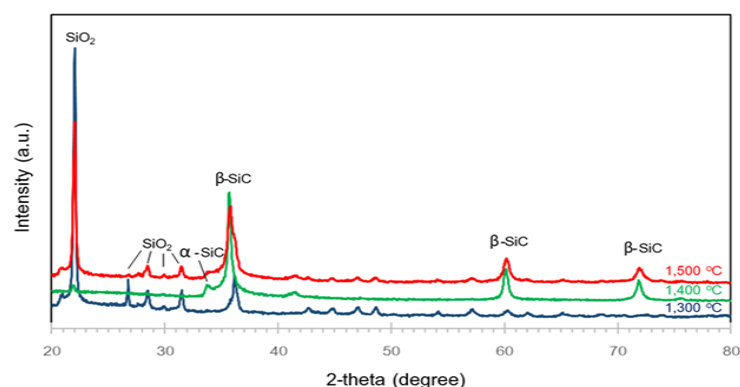


ภาพประกอบที่ 2 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของตัวอย่างที่เกิดจากการบดผสมผงคาร์บอนจากถ่านที่ไม่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริกกับซิลิกาจากแกลบ เผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ภายใต้บรรยากาศของก๊าซอาร์กอน

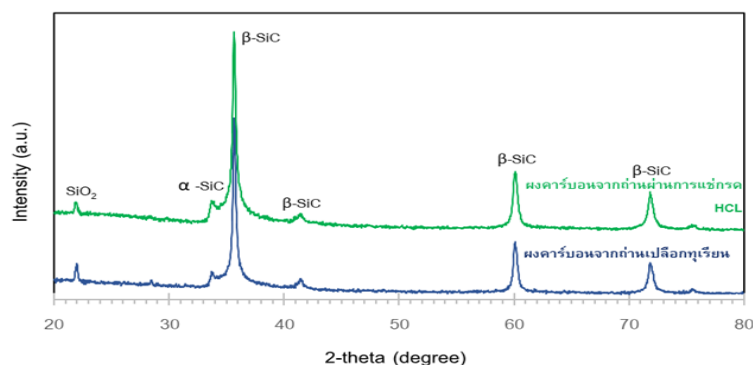
ผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างของตัวอย่างจากการเตรียมด้วยถ่านจากเปลือกทุเรียนที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก (HCL)

เตรียมซิลิกอนคาร์ไบด์ด้วยกระบวนการเดียวกับการเตรียมด้วยผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียน แต่เปลี่ยนเป็นผงคาร์บอนจากถ่านที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริกบดผสมกับซิลิกาจากแกลบในอัตราส่วน 2 : 1 โดยน้ำหนัก เผาที่อุณหภูมิ 1,300 1,400 และ 1,500 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศของก๊าซอาร์กอน จากผล XRD แสดงให้เห็นว่าเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส มีพีคที่เด่นชัดที่สุดที่มุม 2-theta เท่ากับ 20.3 องศา แสดงโครงสร้าง SiO_2 และมีพีคที่ไม่สูงมากนักแสดงโครงสร้าง $\beta\text{-SiC}$ จากนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการเผาเป็น 1,400 องศาเซลเซียส จะปรากฏพีคที่แสดงโครงสร้าง $\beta\text{-SiC}$ เป็นพีคที่เด่นชัดที่สุด และปรากฏพีคที่แสดงโครงสร้าง $\alpha\text{-SiC}$ ในขณะที่พีคแสดงโครงสร้าง SiO_2 ซึ่งเป็นพีคที่ไม่สูงมากนักที่มุม 2-theta เท่ากับ 22.00 องศา เท่านั้น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการเผาเป็น 1,500 องศาเซลเซียส พีคที่แสดงโครงสร้าง $\beta\text{-SiC}$ จะต่ำลง และพีคของโครงสร้าง SiO_2 จะแสดงเด่นชัดที่สุด ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3

เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของตัวอย่างที่แสดงโครงสร้างซิลิกอนคาร์ไบด์ที่เตรียมด้วยผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียน เผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส กับตัวอย่างที่เตรียมด้วยผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนที่ผ่านการแช่กรด เผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส พบว่า ทั้งสองเงื่อนไขแสดงโครงสร้างซิลิกอนคาร์ไบด์โดยมีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่เหมือนกัน ซึ่งการเตรียมซิลิกอนคาร์ไบด์ด้วยผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก จะใช้อุณหภูมิสูงกว่า เนื่องจากโครงสร้างของผงคาร์บอนที่นำมาเตรียมตัวอย่างมีความเป็นผลึกมากกว่า ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4



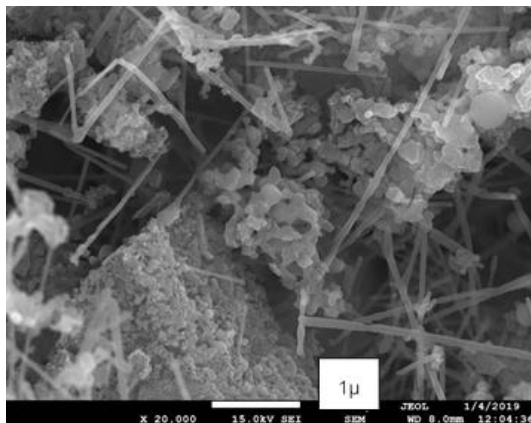
ภาพประกอบที่ 3 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของตัวอย่างที่เกิดจากการบดผสมผงคาร์บอนจากถ่านที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก กับซิลิกาจากแกลบ เผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ภายใต้บรรยากาศของก๊าซอาร์กอน



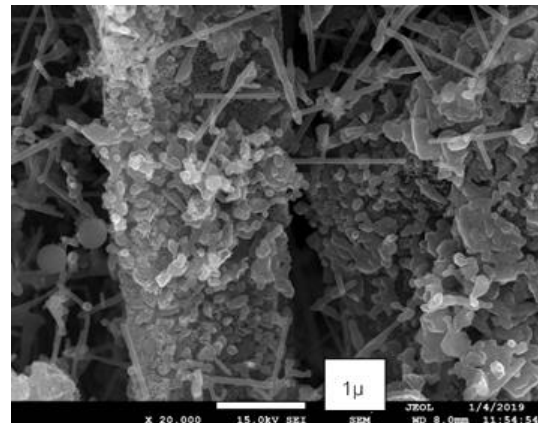
ภาพประกอบที่ 4 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของตัวอย่างที่แสดงโครงสร้าง SiC จากการเตรียมด้วยผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส และจากผงคาร์บอนที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก เผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส

ผลการตรวจสอบสัณฐานวิทยาของตัวอย่าง

จากผลการศึกษาโครงสร้างพบว่าตัวอย่างที่เตรียมได้จากการเผาผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนกับซิลิกาจากแกลบที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส จะแสดงโครงสร้างของซิลิกอนคาร์ไบด์ เมื่อตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วย SEM กำลังขยาย 20,000 เท่า พบว่ามีลักษณะเป็นเม็ดโค้งมน ติดกัน โดยมีขนาดใหญ่ และขนาดเล็กปะปนกันโดยเฉลี่ยประมาณ 100 นาโนเมตร และมีลักษณะเป็นแท่งยาวเฉลี่ยประมาณ 1 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพประกอบที่ 5 ก. สำหรับตัวอย่างที่เตรียมได้จากการเผาผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริกกับซิลิกาจากแกลบจะแสดงโครงสร้างซิลิกอนคาร์ไบด์เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส เมื่อตรวจสอบด้วย SEM กำลังขยาย 20,000 เท่า จะมีลักษณะเป็นเม็ดโค้งมน ติดกัน มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 50 นาโนเมตร และมีลักษณะเป็นแท่งยาวเฉลี่ยประมาณ 2 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพประกอบที่ 5 ข.



ก.



ข.

ภาพประกอบที่ 5 แสดงภาพจาก SEM กำลังขยาย 20,000 เท่า ก. SiC จากการเตรียมด้วยผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ข. SiC จากการเตรียมด้วยผงคาร์บอนที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก เผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการสังเคราะห์ผงนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์ด้วยผงซิลิกาจากแกลบและผงคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนพบว่า สามารถเตรียมผงนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์ด้วยซิลิกากับคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศของก๊าซอาร์กอน และสามารถเตรียมผงนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์ด้วยซิลิกากับคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก (HCL) เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส โดยลักษณะสัณฐานวิทยาของผงนาโนคาร์บอนจากทั้งสองเงื่อนไขมีลักษณะคล้ายกัน จากผลการทดลองจะเห็นว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา มีผลต่อการเตรียมผงนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์ ซึ่งการเตรียมผงนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์ด้วยซิลิกากับคาร์บอนจากถ่านเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการแช่กรดสามารถเตรียมได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจึงเหมาะสมที่จะต่อยอดในการเตรียมให้ได้ปริมาณสูงโดยมีต้นทุนต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ดที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ และห้องปฏิบัติการในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Chonlada. R., Yuttapun. K., Papaporn. J. and Sirisup. K. (2017). Study the Effect of Molasses Ratio to Fuel Properties made from Mangosteen and Rambutan Shell. NSRU Science and Technology Journal, 9 (10), 79-90. (In Thai)
- Haijuan. Z., Na. Z., Dan. W., Zhiqiang. W., Shuxian. B., Baojun. M. and Wanyi. L. (2019). Controlled synthesis of β -SiC with a novel microwave sintering method. Materials Letters, 255, 15 November, 126586
- Maria. S., Sergio. G., Carmela. S., Pierpaolo. I., Sabrina. P., Carmela. B. and Claudia. C. (2019). Dopamine sensor in real sample based on thermal plasma silicon carbide nanopowders. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 131, 213-222.
- Janghorban. K. and Tazesh. H. R. (1999). Effect of catalyst and process parameters on the production of silicon carbide from rice hulls. Ceramics International, 25 (1), 7-12.

- Omidi. Z., Ghasemi. A. and RezaBakhshi. S. (2015). Synthesis and characterization of SiC ultrafine particles by means of sol-gel and carbothermal reduction methods. *Ceramics International*, 41(4), 5779-5784.
- Patompong. C., Thunyalux. J., Konkanok. Y. and Nattanicha. C. (2018). Study on the Synthesis of Nano-Silicon Carbide Powder from Rice Husk in Roi Et. In *The 2nd National and International Conference on Educational and Technology 2018 ICET II: Critical Innovation*. (pp. 2-10). Roi Et, Thailand.
- Qamar. A., Mahmood. A., Sarwar. T. and Ahmed. N. (2011). Synthesis and characterization of porous crystalline SiC thin films prepared by radio frequency reactive magnetron sputtering technique. *Applied Surface Science*, 257(15), 6923-6927.
- Wang. F., Xiang. D., Wang. Y. and Li. J. (2017). Rapid synthesis of SiC powders by spark plasma-assisted carbothermal reduction reaction. *Ceramics International*, 43 (6), 4970-4975.