

การพัฒนาแผ่นรองเผาจากวัสดุเหลือทิ้ง A Development of kiln shelf for firing ceramic from waste

วรรณดา ต.แสงจันทร์^{1*}, ศันสนีย์ รักไทยเจริญชีพ¹, จุติภา บุญวิเศษ¹, สุทธิมา ศรีประเสริฐสุข¹
Wanna T.sangchantara^{1*}, Sansanee Rugthaicharoencheep¹, Jutipa Boonwiset¹, Sutthima Sriprasertsuk¹

บทคัดย่อ

เถ้าชานอ้อยเป็นวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานน้ำตาล เนื่องจากเถ้าชานอ้อยมี SiO_2 สูง และมี Al_2O_3 จึงนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นแทนดิน และอะลูมินา เพื่อทำแผ่นรองเผา โดยการสังเคราะห์คอร์เดียไรต์จากส่วนผสมของเถ้าชานอ้อย ดินขาว อะลูมินา และแมกนีไซต์ เผาที่อุณหภูมิ 1250°C และ 1300 °C จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เกิดคอร์เดียไรต์สูงสุด และไม่มีเฟสอื่นปนมา นำมาเตรียมชิ้นงาน โดยใช้ผงถ่าน ขนาดหยาบ (-35+50 เมช) หรือขนาดละเอียด (-200+325 เมช) เป็นตัวช่วยให้เกิดความพรุนในตัวในสัดส่วน 5 10 และ 15 ตามลำดับ บดส่วนผสมให้เข้ากัน เตรียมเป็นแกรนูลขนาด -35+50 เมช ขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบ ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ใช้แรงอัด 50 kg/cm² และ 180 kg/cm² เผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1250°C พบว่าสูตรที่มีเถ้าชานอ้อยร้อยละ 46 ดินขาวร้อยละ 11 อะลูมินาร้อยละ 14 และแมกนีไซต์ร้อยละ 29 ผงถ่านละเอียด 10 ส่วน ใช้แรงอัด 50 kg/cm² ให้ค่าความหนาแน่นบัลค์ 1.94 g/cm³ รูพรุนปรากฏ ร้อยละ 29.9 ความแข็งแรง 22.2 MPa และสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อน 4.09 x10⁻⁶/°C ตามลำดับ จึงได้เลือกไปทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และนำไปทดสอบสมบัติเปรียบเทียบกับแผ่นรองเผาที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 3 ยี่ห้อ พบว่าแผ่นรองเผาที่มีจำหน่ายในท้องตลาด มีค่าความหนาแน่นระหว่าง 1.84-2.20 g/cm³ ความพรุนตัวระหว่างร้อยละ 20.0-27.0 ความแข็งแรงระหว่าง 10.7-15.0 MPa และสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อน ระหว่าง 2.50-3.63 x10⁻⁶/°C

Abstract

Bagasse ash is waste material from sugar production. Bagasse ash is high in SiO_2 and some Al_2O_3 ; therefore it is used as starting material substitute for clay and alumina to produce ceramic kiln shelves. By synthesize cordierite from composition of bagasse ash, kaolin, alumina, and magnesite and fired at 1250 °C and 1300 °C. Then the composition exhibit the strongest cordierite and no other phase was selected to make the test samples. The 5, 10, and 15 portion of fine (-200+325 mesh) or course (-35+50 mesh) charcoal powder is added to the mixture to create pores in the final product. The mixture is then granulated size -35+50 mesh, and hydraulic pressed using 50 kg/cm² and 180 kg/cm² pressure. Green products are fired in electric kiln at temperature 1250°C. The results show that the formula with 46% ash, 11% kaolin, 14% alumina, 29% magnesite, and 10 portion of fine charcoal powder using 50 kg/cm² pressure exhibit 1.94 g/cm³ bulk density, 29.9% apparent porosity 22.2MPa MOR and 4.09 x10⁻⁶/°C COE. The pototype kiln shelf were prepared and tested the properties to compare with the commercial kiln shelves 3 brands. The properties of the commercial kiln shelves show 1.84-2.20 g/cm³ bulk density , 20.0-27.0 % apparent porosity , 10.7-15.0 MPa MOR and 2.50-3.63 x10⁻⁶/°C COE.

คำสำคัญ: เถ้าชานอ้อย, คอร์เดียไรต์, แผ่นรองเผา

Keywords: Bagasse ash, Cordierite, Kiln shelf

¹ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

* Corresponding author E-mail address: wanna@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

เถ้าขานอ้อยเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเผาไหม้ขานอ้อยหลังจากหีบน้ำอ้อย เพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับใช้ในโรงงานของอุตสาหกรรมน้ำตาล ซึ่งในแต่ละปีจะมีเถ้าเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ประมาณ 500,000 ตันต่อปี จึงต้องใช้พื้นที่ในการจัดทิ้งเป็นบริเวณกว้าง ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการนำเถ้าขานอ้อยของโรงงานน้ำตาลมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า เถ้าขานอ้อยมีปริมาณ SiO_2 สูง นอกจากนั้นยังพบ Al_2O_3 , K_2O , Fe_2O_3 , CaO , MgO , P_2O_5 และ Na_2O ตามลำดับ มีขนาดอนุภาคอยู่ระหว่าง 1-20 ไมครอนเมื่อบดละเอียด

มีงานวิจัยศึกษาการนำเถ้าขานอ้อยไปใช้ประโยชน์เพื่อลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการนำเถ้าขานอ้อยไปใช้ในงานวัสดุก่อสร้าง เช่น นำเถ้าขานอ้อยไปใช้ทดแทนควอร์ตซ์ [1] และทดแทนดิน [2] ในการทำอิฐ และนำเถ้าขานอ้อยไปผสมกับดินเพื่อทำกระเบื้องหลังคา [3] นอกจากนั้นมีการนำเถ้าขานอ้อยไปสังเคราะห์เป็นคอร์เดียไรต์ [4] อีกด้วย

คอร์เดียไรต์เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมอะลูมิเนียมซิลิเกต มีสูตรเคมี คือ $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ ซึ่งเกิดในธรรมชาติมีน้อยมาก แต่สามารถสังเคราะห์ได้จากแร่หรือวัตถุดิบที่มี MgO , Al_2O_3 และ SiO_2 เป็นองค์ประกอบ คอร์เดียไรต์เป็นสารที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนต่ำ คือ อยู่ระหว่าง $1.5\text{--}4.0 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ทำให้มีสมบัติทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้ดี จึงนิยมนำคอร์เดียไรต์ไปใช้งานในสภาวะที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอยู่เสมอ เช่น อุปกรณ์ในเตาเผา (kiln furniture) ตัวกรองไอเสียในรถยนต์ (catalytic converter) และแผงวงจรไฟฟ้า (electronic panel) เป็นต้น

อุปกรณ์ในเตาเผาเป็นวัสดุทนไฟ เช่น แผ่นรองเผา (shelf) ขาตั้ง (post) แซกเกอร์ (sagger) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวางชิ้นงานเซรามิกภายในเตาเผา และสามารถเคลื่อนย้ายได้ อุปกรณ์ในเตาเผาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโดยเฉพาะแผ่นรองเผามีลักษณะเนื้อแน่น (dense) เพื่อช่วยในเรื่องความแข็งแรง การที่แผ่นรองเผามีมวลมาก ทำให้มีผลต่อพลังงานที่ใช้ในการเผาชิ้นงานเซรามิก การใช้แผ่นรองเผาที่มีเนื้อแน่นมากก็จะยังใช้พลังงานในการเผาไหม้ เพราะวัสดุดังกล่าวจะดูดซับความร้อนไว้ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อน [5] ดังนั้น การทำให้แผ่นรองเผามีลักษณะพรุนจะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ การทำเซรามิกพรุนสามารถทำได้หลายเทคนิค เช่น Replica technique Foaming technique และการเติมสารอินทรีย์ [6] มีการสังเคราะห์คอร์เดียไรต์พรุนโดยใช้ Coal powder เป็นสารช่วยให้เกิดความพรุนตัว [7]

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นรองเผาจากเถ้าขานอ้อย เพื่อช่วยลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมและเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ โดยศึกษาหาส่วนผสมและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคอร์เดียไรต์พรุนสำหรับใช้ทำแผ่นรองเผาเซรามิก

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

2.1 วัตถุดิบที่ใช้

- เถ้าขานอ้อย (Bagasse Ash) จากบริษัทเกษตรไทยอุตสาหกรรมน้ำตาล จำกัด
- แมกนีไซต์ (MgCO_3) จากบริษัทเซอร์นิคอนเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
- ดินขาว ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ชนิด cerafast จากบริษัทอินดัสเตรียลมีนเนอรัลดีเวลอปเมนต์ จำกัด
- อะลูมินา (Al_2O_3) ชนิด A31 จากบริษัทไนโซ จำกัด
- ผงถ่าน (Activated Carbon) จากบริษัทคาร์โบกายูจน์ จำกัด

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง แสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

องค์ประกอบ (Composition) (%)	เถ้าขานอ้อย (Bagasse ash)	แมกนีไซต์ (Magnesite)	ดินขาว (Kaolin)	อะลูมินา (Alumina)
SiO_2	71.12	-	47.2	0.02
Al_2O_3	8.96	0.05	37.3	99.6
CaO	7.81	0.55	0.1	-
Fe_2O_3	4.73	0.05	1.0	0.02
K_2O	2.61	-	1.7	-
MgO	1.58	41.88	0.06	-
P_2O_5	1.06	-	0.06	-
TiO_2	0.67	-	-	-
Na_2O	0.43	-	0.4	0.30
SO_3	0.28	-	-	-
MnO	0.26	-	-	-
ZrO_2	0.05	-	-	-

ตารางที่ 1 (ต่อ)

BaO	0.03	-	-	-
L.O.I.	0.43	54.81	13.0	0.10

2.2 ส่วนผสมที่ใช้ในการสังเคราะห์คอร์เดียไรต์

เลือกใช้สูตรส่วนผสมจากงานวิจัย การสังเคราะห์คอร์เดียไรต์จากเถ้าขานอ้อย [4] โดยมีสูตรส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 2 นำเถ้าขานอ้อยบดไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช ซึ่งวัตถุดิบและส่วนผสมด้วยโครงไฟฟ้าเป็นเวลา 30 นาที นำส่วนผสมเทใส่เบ้าอะลูมินา และเผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1250°C และ 1300°C อัตราแรงไฟ 2.5°C ต่อนาที ยืนไฟ 60 นาที จากนั้นนำไปวิเคราะห์เฟสที่ได้

ตารางที่ 2 สูตรส่วนผสมในการสังเคราะห์คอร์เดียไรต์

สูตร	วัตถุดิบ (กรัม)			
	เถ้าขานอ้อย	แมกนีไซต์	ดินขาว	อะลูมินา
A	57	16	13	14
B	51	21	13	15
C	46	29	11	14
D	42	23	19	16
E	38	23	24	15
F	44	16	26	14
G	42	21	23	14
H	46	19	21	14

2.3 วิธีเตรียมชิ้นทดสอบ

เลือกสูตรที่เกิดคอร์เดียไรต์สูงสุด และไม่มี Spinel Quartz และ Cristobalite เกิดขึ้น และใช้ผงถ่าน 2 ขนาด ได้แก่ ขนาดหยาบ(-35+50 เมช) หรือ ขนาดละเอียด(-200+325 เมช) เป็นตัวช่วยให้เกิดความพรุนตัวโดยเติมในสัดส่วน 5 10 และ 15 ตามลำดับ และใช้ PVA เป็นตัวประสานเพื่อเพิ่มความเหนียวในการขึ้นรูปชิ้นทดสอบ สูตรส่วนผสมแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งวัตถุดิบตามสูตรและส่วนผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำไปทำเป็นแกรนูลขนาด -35+50 เมช และขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบในแบบพิมพ์โลหะขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 30 x 130 x 10 mm³ ด้วยวิธีอัด โดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก ใช้แรงอัด 50 kg/cm² และ 180 kg/cm² สำหรับสูตรส่วนผสมที่ใช้ผงถ่านละเอียดเท่านั้น นำชิ้นทดสอบที่ขึ้นรูปและอบแห้งแล้วไปเผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1250°C ด้วยอัตราแรงไฟ 2.5°C ต่อนาที ยืนไฟ 60 นาที

ตารางที่ 3 สูตรส่วนผสมที่ใช้ในการเตรียมชิ้นทดสอบ

สูตร	วัตถุดิบ (กรัม)							แรงอัดที่ใช้ในการขึ้นรูป (kg/cm ²)
	เถ้าขานอ้อย	แมกนีไซต์	ดินขาว	อะลูมินา	PVA(ml)	ผงถ่านละเอียด	ผงถ่านหยาบ	
CL0	46	29	11	14	12	-	-	50
CRL1						-	5	50
CRL2						-	10	50
CRL3						-	15	50
CFL1						5	-	50
CFL2						10	-	50
CFL3						15	-	50
CH0						-	-	180
CFH1						5	-	180
CFH2						10	-	180
CFH3						15	-	180

โดย CL0 : สูตรที่ไม่มีผงถ่าน และใช้แรงอัด 50 kg/cm²
 CRL : สูตรที่มีการเติมผงถ่านขนาดหยาบ และอัดด้วยแรงอัด 50 kg/cm²
 CFL : สูตรที่มีการเติมผงถ่านขนาดละเอียด และอัดด้วยแรงอัด 50 kg/cm²
 CHO : สูตรที่ไม่มีผงถ่าน และใช้แรงอัด 180 kg/cm²
 และ CFH : สูตรที่มีการเติมผงถ่านขนาดละเอียด และอัดด้วยแรงอัด 180 kg/cm²

2.4 การทดสอบสมบัติหลังเผา

นำชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาแล้วมาทดสอบสมบัติต่างๆ ดังนี้

2.4.1 วิเคราะห์เฟส โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟร็กโตมิเตอร์ (XRD) ยี่ห้อ Bruker รุ่น D8-Advance มี Cu เป็นตัวกำเนิดรังสี และ Ni เป็น filter โดยมีค่า 2θ ตั้งแต่ 5 ถึง 80 องศา ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการเผาอุณหภูมิ 1250°C และ 1300 °C บดให้เป็นผงละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช

2.4.2 ทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่นบด (Bulk density) และรูพรุนปรากฏ (Apparent porosity) โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 373-88 (Reapproved 2006)

2.4.3 ทดสอบค่าความแข็งแรง (Modulus of Rupture ,MOR) โดยใช้เครื่อง universal testing ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น Autograph AG-Xplus

2.4.4 ทดสอบการขยายตัวเมื่อร้อน (Thermal expansion coefficient,COE) โดยใช้เครื่อง Dilatometerยี่ห้อ NETZSCH รุ่น DIL 402 PC

2.5 การทดลองทำแผ่นรองเผาต้นแบบ และทดสอบสมบัติ

คัดเลือกสูตรที่มีความพรุนต่ำสูง ความแข็งแรงสูง และราคาต้นทุนวัตถุดิบต่ำสุด ทดลองทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยเตรียมส่วนผสมจำนวน 20 กิโลกรัม หลังจากนั้นนำไปทำให้เป็นเม็ดแกรนูลขนาด -35+50 เมช และอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นรองเผาขนาด 240×120×15 mm³ ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ใช้แรงอัด 50 Kg/cm² นำชิ้นงานที่อัดขึ้นรูปไปอบแห้งและเผาที่อุณหภูมิ 1250°C ยืนไฟ 60 นาที และนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่นบด รูพรุนปรากฏ ค่าความแข็งแรง(MOR) และค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อน (COE) เพื่อเปรียบเทียบกับแผ่นรองเผาที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 3 ยี่ห้อ

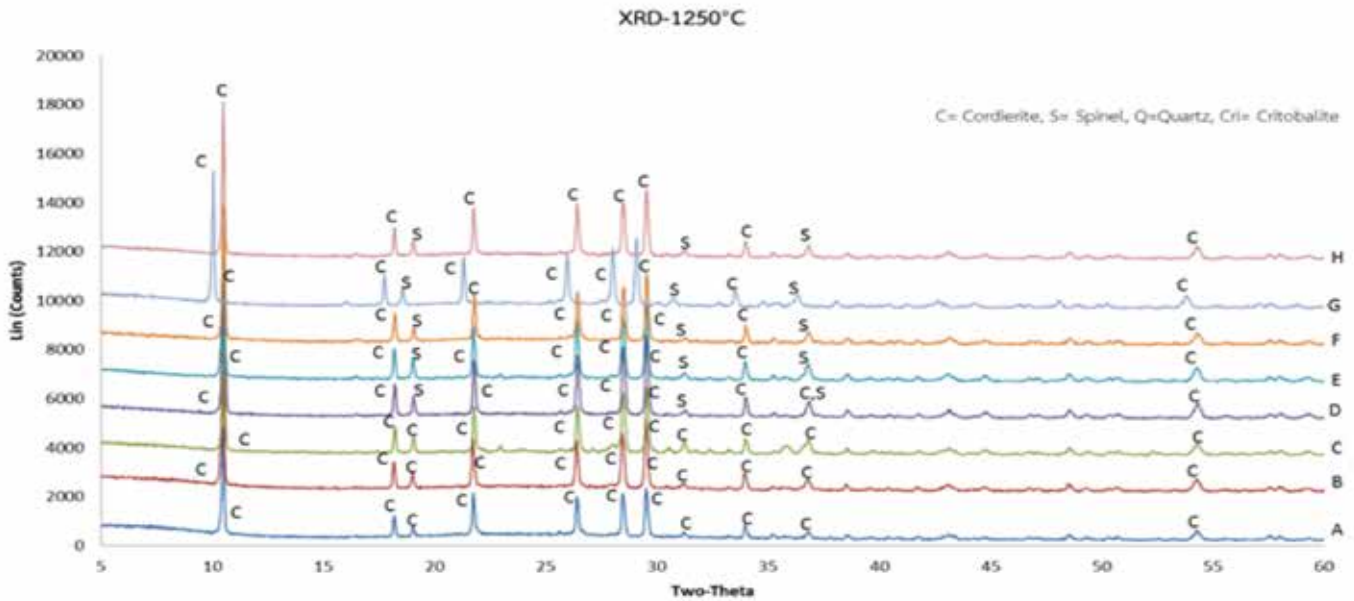
3. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

3.1 ผลการทดลองสังเคราะห์คอร์เดียไรต์

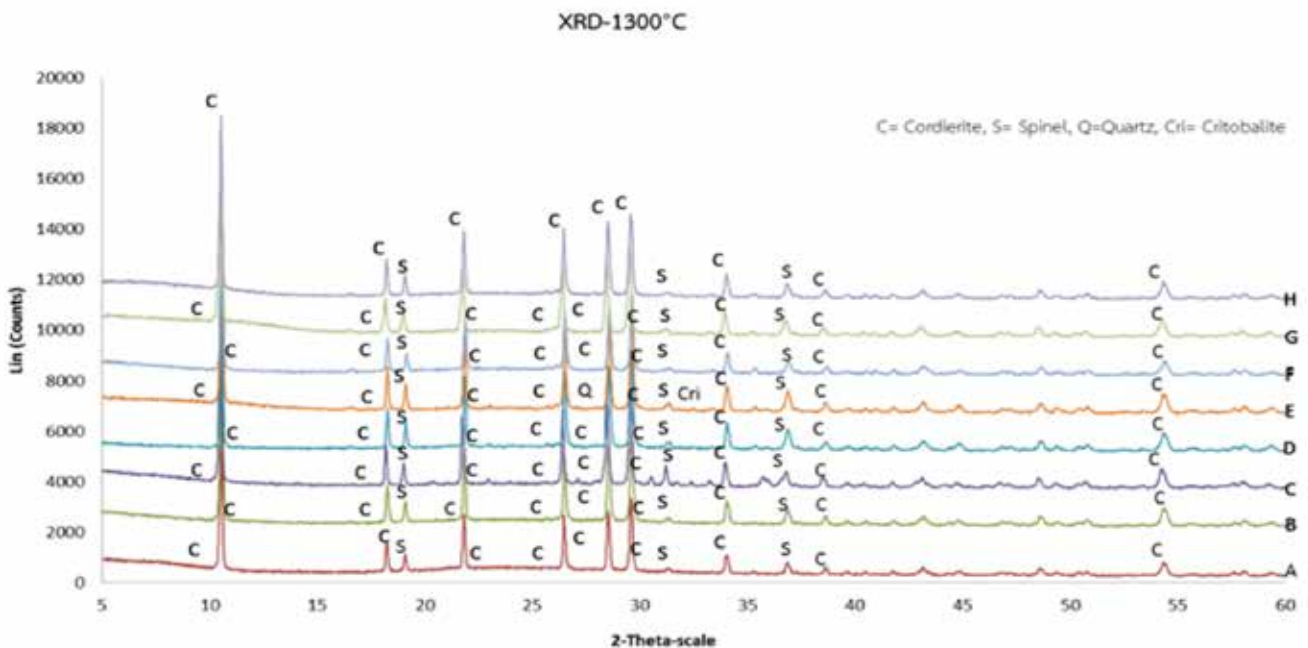
การทดลองสังเคราะห์คอร์เดียไรต์จากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย แมกนีไซต์ ดินขาว และอะลูมินา เผาที่อุณหภูมิ 1250 และ 1300°C แสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 1,2 เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์เฟสโดย XRD พบว่า ทุกสูตรสามารถเกิดคอร์เดียไรต์ ที่อุณหภูมิ 1250°C และ 1300°C และมีบางสูตรที่มีสปิเนล (Spinel) ควอตซ์ (Quartz) และคริสโตบาไรต์ (Cristobalite) ปนมาเล็กน้อย โดยสูตร C เกิดคอร์เดียไรต์ได้สูงสุด และไม่มี spinel ปนมาที่อุณหภูมิ 1250 °C จึงได้เลือกสูตร C ไปทดลองขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบ

ตารางที่ 4 ตัวอย่างชิ้นทดสอบการสังเคราะห์คอร์เดียไรต์จากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย แมกนีไซต์ ดินขาว และอะลูมินา เผาที่อุณหภูมิ 1250 °C และ 1300 °C

อุณหภูมิ (°C)	สูตร							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1250								
1300								



รูปที่ 1 XRD pattern ของสูตร A – H เผาที่อุณหภูมิ 1250 °C



รูปที่ 2 XRD pattern ของสูตร A – H เผาที่อุณหภูมิ 1300 °C

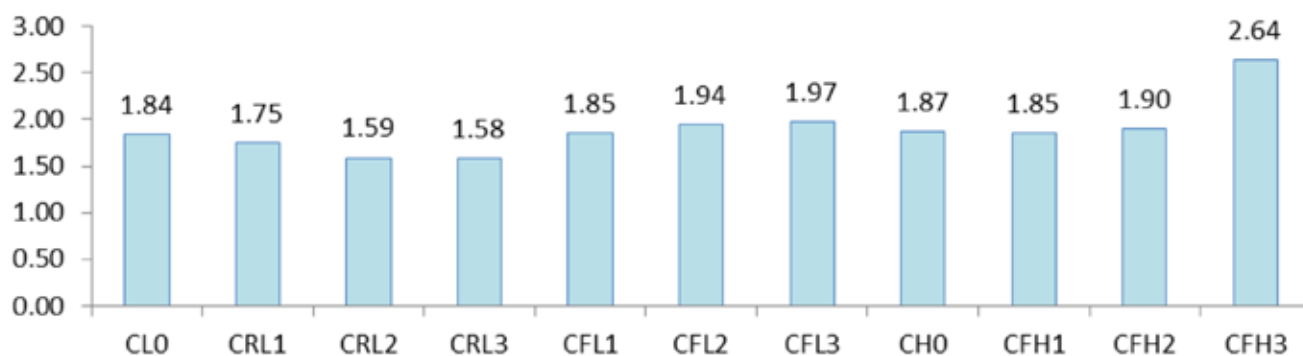
3.2 ผลการทดสอบสมบัติหลังเผาของชิ้นทดสอบ

ผลการทดสอบชิ้นตัวอย่างที่ขึ้นรูปโดยเติมผงถ่านขนาดหยาบ (-35+50 เมช) หรือขนาดละเอียด (-200+325 เมช) ใช้แรงอัด 50 kg/cm² และเติมผงถ่านขนาดละเอียด (-200+325 เมช) ใช้แรงอัด 180 kg/cm² แสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 3 พบว่า ที่แรงอัด 50 kg/cm² เมื่อใช้ผงถ่านหยาบในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ความหนาแน่นลดลง รูพรุนปรากฏเพิ่มขึ้น เนื่องจากผงถ่านถูกเผาไหม้เกิดเป็นก๊าซที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดเป็นรูพรุนและความแข็งแรงจะลดลงตามรูพรุนที่เพิ่มขึ้น [7] แต่การใช้ผงถ่านละเอียด จะทำให้ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น รูพรุนปรากฏลดลง เนื่องจากผงถ่านละเอียดมีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก จึงช่วยทำให้การเผาไหม้เกิดได้ดีขึ้น ส่วนผลการทดลองเมื่อใช้แรงอัด 180 kg/cm² และผงถ่านละเอียด พบว่า รูพรุนมีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้จะเติมปริมาณผงถ่านละเอียดเพิ่มขึ้น ส่วนความหนาแน่นบด และความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณผงถ่านละเอียดเพิ่มขึ้น

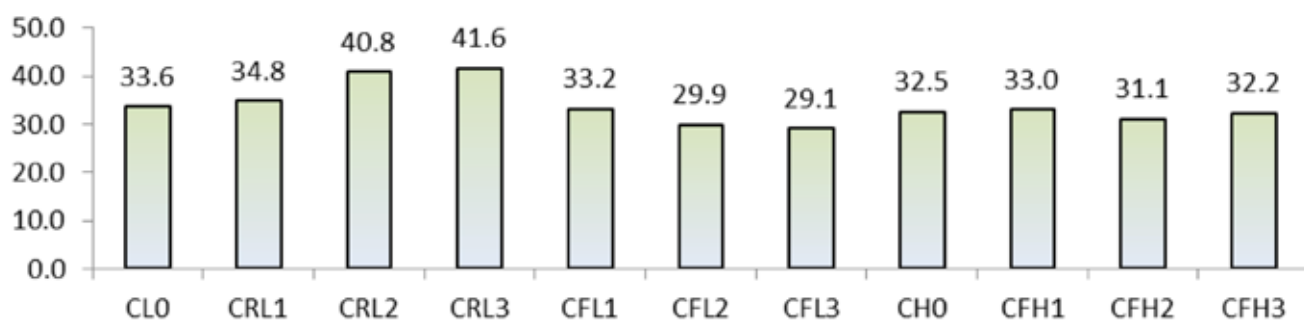
ตารางที่ 5 ค่าความหนาแน่นบด รุพรูปปรากฏ และความแข็งแรงของชิ้นงานทดสอบสูตรต่างๆ เเผาที่อุณหภูมิ 1250 °C

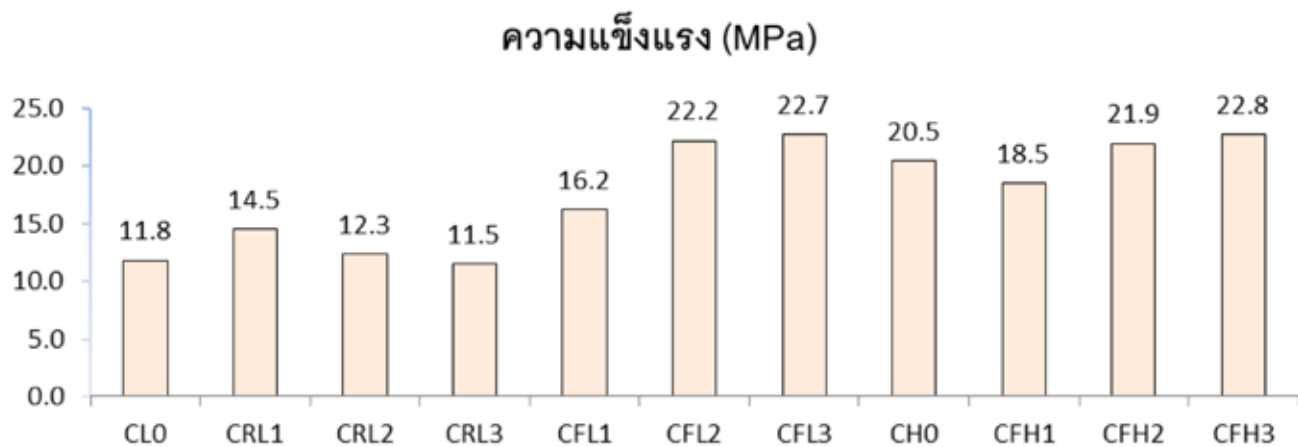
สูตร	ความหนาแน่นบด (g/cm^3)	รุพรูปปรากฏ (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (MPa)
CL0	1.84	33.6	11.8
CRL1	1.75	34.8	14.5
CRL2	1.59	40.8	12.3
CRL3	1.58	41.6	11.5
CFL1	1.85	33.2	16.2
CFL2	1.94	29.9	22.2
CFL3	1.97	29.1	22.7
CH0	1.87	32.5	20.5
CFH1	1.85	33.0	18.5
CFH2	1.90	31.1	21.9
CFH3	2.64	32.2	22.8

ความหนาแน่น(g/cm^3)



รุพรูปปรากฏ(ร้อยละ)





รูปที่ 3 ค่าความหนาแน่นบัลค์ รูปพูนปรากฏ และความแข็งแรงของชิ้นงานทดสอบสูตรต่างๆ เมาที่อุณหภูมิ 1250 °C

3.3 ผลการทดลองทำแผ่นรองเผาต้นแบบและการทดสอบ

ในการผลิตคอร์เดียไรต์พูนสำหรับทำแผ่นรองเผาเซรามิก สมบัติที่พิจารณาเบื้องต้นได้แก่ รูปพูนปรากฏ และความแข็งแรง ดังนั้นเมื่อพิจารณาสมบัติของชิ้นทดสอบคอร์เดียไรต์พูนจากตารางที่ 5 พบว่าสูตร CFL2 CFL3 และ CFH3 มีรูปพูนปรากฏร้อยละ 29.9 29.1 และ 32.2 ตามลำดับ และมีความแข็งแรง 22.2 22.7 และ 22.8 MPa ตามลำดับซึ่งสูงกว่าสูตรอื่นๆ และเมื่อพิจารณาราคาวัตถุดิบในการผลิตพบว่าสูตร CFL2 ใช้ต้นทุนที่ต่ำกว่าสูตร CFL3 และ CFH3 (ภาคผนวก ก) ดังนั้นจึงได้คัดเลือกสูตร CFL2 มาทำแผ่นรองเผาต้นแบบ ผลการทดสอบแผ่นรองเผาต้นแบบเปรียบเทียบกับแผ่นรองเผาที่จำหน่ายในท้องตลาด แสดงในตารางที่ 6 พบว่า แผ่นรองเผาต้นแบบมีความพรุนตัวสูงกว่าแผ่นรองเผาที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และมีความแข็งแรงสูงกว่า ซึ่งเป็นสมบัติที่จำเป็นสำหรับการใช้งาน เนื่องจากต้องรับน้ำหนักชิ้นงานที่จะเผา และการที่มีความพรุนตัวสูงกว่า จะสามารถช่วยให้การดูดซับความร้อนไว้ที่แผ่นรองเผาน้อยกว่า ส่วนค่าการขยายตัวเมื่อร้อนของแผ่นรองเผาที่ทดลองสูงกว่าในท้องตลาดโดยมีค่า $4.09 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ส่วนของท้องตลาด A ท้องตลาด C และท้องตลาด B มีค่าการขยายตัวเท่ากับ 3.63 2.75 และ 2.50 ตามลำดับ และได้นำไปทดลองใช้งานเป็นแผ่นรองเผาที่อุณหภูมิ 1200 °C จำนวน 5 รอบ จากการตรวจพินิจ ไม่พบแผ่นรองเผามีรอยแตกร้าวเสียหายเกิดขึ้น

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบแผ่นรองเผาเซรามิก จากเจ้าชานอ้อยแสดงใน รูปที่ 4



รูปที่ 4 ก) ชิ้นงานขึ้นรูปก่อนเผา



รูปที่ 4 ข) ชิ้นงานขึ้นรูปหลังเผา

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบแผ่นรองเผาต้นแบบเปรียบเทียบกับแผ่นรองเผาที่จำหน่ายในท้องตลาด

สูตร	สมบัติแผ่นรองเผาเนื้อคอร์เดียไรต์			
	ความหนาแน่นบัลค์ (g/cm ³)	รูปพูนปรากฏ (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (MPa)	สัมประสิทธิ์การขยายตัว เมื่อร้อน (25-1,000 °C) $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
ท้องตลาด A	2.20	20.0	15.0	3.63
ท้องตลาด B	1.84	27.0	12.0	2.50
ท้องตลาด C	2.01	26.5	10.7	2.75
CFL2	1.94	29.9	22.2	4.09

4. สรุป (Conclusion)

การทดลองทำแผ่นรองเผาเซรามิกจากเถ้าขานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้ง สามารถเตรียมได้จากเถ้าขานอ้อย ร้อยละ 46 แมกนีไซต์ ร้อยละ 29 ดินขาวร้อยละ 11 และ อะลูมินา ร้อยละ 14 โดยใช้ผงถ่านละเอียดย 10 ส่วน ช่วยให้เกิดความพรุนตัว ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ดินแบบขนาด $240 \times 120 \times 15 \text{ mm}^3$ ด้วยวิธีการอัด โดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิค เเผาที่อุณหภูมิ 1250°C ยืนไฟ 1 ชั่วโมง จะได้แผ่นรองเผาที่มีความหนาแน่น 1.94 g/cm^3 ความพรุนตัวร้อยละ 29.9 ความแข็งแรง 22.2 MPa สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อน $4.09 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ จากงานวิจัยนี้ เถ้าขานอ้อยสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์คอร์เตียไรต์ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตแผ่นรองเผาเซรามิกได้ ซึ่งเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งไปใช้ให้เกิดประโยชน์

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณผู้บังคับบัญชาและเจ้าหน้าที่ สำนักเทคโนโลยีชุมชนทุกท่านที่ช่วยสนับสนุนการทําวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ศูนย์เชี่ยวชาญด้านแก้ว โครงการฟิสิกส์ และวิศวกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อน บริษัทเกษตรไทยอุตสาหกรรมน้ำตาลจำกัด อนุเคราะห์เถ้าขานอ้อย และ บริษัท อิมเมอริส คลีน เพอร์นิเจอร์ จำกัด อนุเคราะห์การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ดินแบบ

(ภาคผนวก ก)

รวมสูตรแผ่นรองเผา	
สูตร	ราคา (บาท/kg)
CL0	23
CRL1	26
CRL2	28
CRL3	31
CFL1	26
CFL2	28
CFL3	31
CH0	23
CFH1	26
CFH2	28
CFH3	31

6. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] TEIXEIRA, S.R., A.E.DE SOUZA, G.T. DE ALMEIDA SANTOS, A. F. VILCHE PEÑA and Á.G. MIGUEL. Sugarcane Bagasse ash as a potential quartz replacement in red ceramic. *J. Am. Ceram. Soc.* 2008, 91(6), 1883–1887.
- [2] FARIA, K.C.P., R.F. GURGEL and J.N.F. HOLANDA. Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks, *Journal of Environmental Management*. 2012, 101(30), 7-12.
- [3] SOUZA, A.E., S.R. TEIXEIRA, G.T.A. SANTOS, F.B. COSTA and E. LONGO. Reuse of sugarcane bagasse ash (SCBA) to produce ceramic materials. *Journal of Environmental Management*. 2011, 92(10), 2774-2780.
- [4] วรณมา ต.แสงจันทร์ และคณะ. การสังเคราะห์คอร์เตียไรต์จากเถ้าขานอ้อย. *Bulletin of Applied Sciences*, 2014, 3(3), 9-14.
- [5] SCHEFFER, MICHAEL and PAOLO COLOMBO. *Cellular ceramics structure, manufacturing, properties and applications*. Weinheim : Wiley-VCH, 2005, pp. 158-175.
- [6] STUDART, ANDRÉ R., URS T. GONZENBACH, ELENA TERVOORT and LUDWIG J. GAUCKLER. Processing routes to macroporous ceramics: A review. *J. Am. Ceram. Soc.* 2006, 89(6), 1771–1789.
- [7] ZHANG FANG, CHANG-XING QI, SHENGJUN WANG, JIN-HUAI LIU and HONG CAO. A study on preparation of cordierite gradient pores porous ceramics from rectorite. *Solid State Sciences*. 2011, 13(5), 929-933.