



การพัฒนาเทคนิคการแปรรูปผงเถ้าเป็นเถ้าอัดเม็ดที่มีตัวประสานโพลีไวนิลแอลกอฮอล์

Development of Ash Powder Processing Technique to Ash Pellets with Polyvinyl Alcohol Binder

นุชนาฏ แก่นจันทร์, มธุรดา ศุภกุลธาดาศิริ และ นุชจิรา ดีแจ่ม

Nutchanat Kaenchan, Maturada Supakuntadasiri and Nuchjira Dejang

สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Apply Physics, Physics Department, Faculty of Science, Naresuan University

Received : 6 July 2022

Revised : 8 December 2022

Accepted : 29 March 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการพัฒนาการแปรรูปผงเถ้าแกลบเป็นเถ้าอัดเม็ดสำหรับดูดซับของเหลว ภายใต้เงื่อนไขความเข้มข้นของสารละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 10.7 และ 13.8 โดยมวล ที่มีปริมาณการเติมสารละลาย 90, 180, 270 และ 360 ไมโครลิตร ต่อผงเถ้า 2 กรัม นำผงเถ้าที่ผสมสารประสานอัดขึ้นรูปเป็นเถ้าอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดไฮโดรริกที่ความดัน 6.7 เมกะปาสคาล อบเถ้าอัดเม็ดด้วยความร้อน 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผงเถ้าแกลบมีองค์ประกอบทางเคมี คือ SiO_2 , CCaO_3 , C_2CaO_4 , CaO_2 และโครงสร้างผลึกแบบอสัณฐาน ค่าความหนาแน่นของเถ้าอัดเม็ดและค่าความแข็งเถ้าอัดเม็ดมีค่าลดลง ค่าร้อยละการดูดซับน้ำของเถ้าอัดเม็ดมีปริมาณเพิ่มขึ้น ตามปริมาณการเติมตัวสารละลายตัวประสานเพิ่มขึ้น เถ้าอัดเม็ดยังคงรูปไม่เกิดการแตกหักภายหลังจากแช่น้ำนาน 14 วัน ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของเถ้าอัดเม็ดมีการเกาะตัวของอนุภาคผงเถ้าอย่างหนาแน่นและปรากฏรูพรุนภายในเถ้าอัดเม็ด พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 13.8 โดยมวล ที่มีปริมาณการเติมสารละลายมากกว่า 90 ไมโครลิตร เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการผสมกับผงเถ้าเพื่อผลิตเถ้าอัดเม็ด

คำสำคัญ : เถ้าแกลบ ; โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ; เถ้าอัดเม็ด ; การดูดซับ



Abstract

The main purpose of the research is the development of the ash pellet processing for liquid adsorption under the polyvinyl alcohol binder concentrations of solution percent by mass of 10.7 and 13.8, with various solution additives of 90, 180, 270, and 360 microliters per ash powder of 2 g. The ash powder mixed binder was poured into the mold and compressed for forming the ash pellet with hydronic pressure of 6.7 MPa. The ash pellets had been dried at a temperature of 110°C for 24 hr. The chemical composition of ash has appeared in the SiO_2 , CCaO_3 , C_2CaO_4 , CaO_2 , and amorphous phases. The density and hardness of ash pellets were presented to reduce value while the water adsorption percentage was increased, with binder solution addition. After that, 14 days of soaking the ash pellet, it is still the shape of a pellet. The microstructure of the ash pellet was presented the densely agglomerated ash particles and porous. Therefore, the polyvinyl alcohol binder with concentrations of solution percent by mass 13.8 with a solution addition volume of more than 90 microliters was the optimum condition for mixing with ash powder to produce pellets.

Keywords : rice husk ash ; polyvinyl alcohol ; ash pellet ; adsorption



บทนำ

ข้าวถือเป็นอาหารหลักของประเทศไทยและเป็นพืชเศรษฐกิจลำดับต้นของประเทศ แกลบจึงเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตข้าวสาร การนำแกลบมาใช้ประโยชน์สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไป เช่น เป็นฉนวนทางความร้อน (Haryati *et al.*, 2017) แปรรูปเป็นถ่านกัมมันต์ (Hanum *et al.*, 2017) เป็นส่วนผสมในดิน อาหารสัตว์ (Thongburan *et al.*, 2018) และเป็นเชื้อเพลิงทางความร้อน (JunYoon *et al.*, 2012) อย่างไรก็ตาม การนำแกลบไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทางความร้อนของกิจกรรมในชุมชนและอุตสาหกรรม ได้แก่ การผลิตอิฐมอญ ส่วนประกอบเชื้อเพลิงจากการผลิตถ่าน และเชื้อเพลิงโรงไฟฟ้าชีวมวล เป็นต้น ส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้แกลบ คือ ขี้เถ้า (ash) การใช้ประโยชน์จากขี้เถ้ามีหลายวิธี ได้แก่ การนำขี้เถ้าไปใช้เป็นปุ๋ยในดิน (Yin *et al.*, 2022) หรือเป็นส่วนผสมในปูนซีเมนต์ (Kumar *et al.*, 2016) เป็นต้น นอกจากนี้ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการผลิตซิลิกาบริสุทธิ์จากเถ้าของแกลบมาเคลือบบนปูนซีเมนต์สำหรับป้องกันการเกาะตัวของน้ำที่ผิว (Husni *et al.*, 2017) การเพิ่มทางเลือกการนำแกลบมาใช้ งาน ด้วยการพัฒนาหรือแปรรูปให้มีความสามารถใช้งานด้านการดูดซับจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่ง ทั้งนี้องค์ประกอบของเถ้าจากแกลบส่วนมากยังมีโครงสร้างความพรุนอยู่ภายในตามโครงสร้างพื้นฐานทางชีวภาพของแกลบ (Habeeb *et al.*, 2010) ซึ่งจำกัดการนำขี้เถ้าไปใช้ประโยชน์สำหรับการดูดซับของเหลว คือ การที่เถ้ามีลักษณะเป็นอนุภาคผงมีความเบา สามารถฟุ้งกระจายและสามารถกระจายตัวในแหล่งน้ำได้ง่าย

การเลือกใช้ตัวประสานในการขึ้นรูปให้เป็นเม็ด (Pellet) จำเป็นต้องคำนึงถึงความสามารถในการยึดเกาะอนุภาคให้รวมตัวกันได้ดี มีความแข็งแรง ต้นทุนต่ำ และทนความร้อนต่อการขึ้นรูป ดังนั้น ตัวประสานออร์แกนิก (Organic binder) จึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมในการใช้งานเป็นตัวประสาน (Alsaqoor *et al.*, 2022) งานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวประสานโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVA) เป็นเทอร์โมพลาสติกที่สามารถละลายน้ำได้มีจุดหลอมเหลวสูงถึง 230 องศาเซลเซียส น้ำหนักโมเลกุลของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์มีผลต่อการละลายภายในน้ำ จัดเป็นตัวประสานที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีจุดเด่นคือ เพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะ มีความอ่อนตัวสูง ละลายน้ำได้ และราคาถูก (Waitayawongkul, 2000) จึงเหมาะนำมาเป็นตัวประสานผงเถ้าแกลบ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาการแปรรูปผงเถ้าจากแกลบเป็นเถ้าอัดเม็ดสำหรับการดูดซับ ใช้น้ำเป็นสารทดสอบความสามารถดูดซับ ที่มีเงื่อนไขการเติมสารละลายตัวประสานโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 10.7 และ 13.8 โดยมวลแตกต่างกัน เป็นตัวประสาน นำเถ้าอัดเม็ดที่ได้ทดสอบสมบัติทางกายภาพ ความหนาแน่น ความแข็งแรงแบบ Shore A และการดูดซับน้ำ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ ศึกษาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

วิธีดำเนินการวิจัย

นำผงเถ้าจากแกลบที่ได้จากการเผ่าถ่าน ณ ตำบลท่าโพธิ์ จังหวัดพิษณุโลก นำมาร่อนผงเถ้าผ่านตะแกรงร่อน Sieve No. 35 เพื่อแยกเศษฟางหรือเศษถ่านออก นำผงเถ้ามาแช่น้ำทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง เทน้ำออกให้เหลือเถ้าที่อยู่ก้นถัง ทำการเตรียมเถ้าอัดเม็ดและการทดสอบตามแผนการดำเนินงานดังภาพที่ 1 นำผงเถ้าที่ได้มาตากให้แห้งสนิท วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ของผงเถ้าจากแกลบด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (รุ่น D2Phaser, Detector: Lynxeye XE-T บริษัท Bruker) ผสมสารละลายตัวประสานโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (ยี่ห้อ Ajax Finechem Pty Ltd.) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10.77 และ 13.8 โดยมวล ทำการกวนผสมผงโพลีไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำโดยให้ความร้อนไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส จนละลายหมดเป็นเนื้อเดียวกัน นำผงเถ้าแกลบปริมาณ 2 กรัม มาผสมตัวประสานที่ปริมาณแตกต่างกันตามเงื่อนไขในตารางที่ 1 กวนผสมกันจนสารตัวประสานกระจายอยู่ที่วงผงเถ้าแกลบ เทเถ้าแกลบที่ผสมสารละลายตัวประสานเหลวแบบอัดเม็ดและอัดขึ้นรูปภายใต้ความดันอัด 6.7 เมกะปาสคาล เป็นเวลา 2 นาที ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ความหนา 0.4-0.66 เซนติเมตร ดังภาพที่ 2 นำเถ้าอัดเม็ดที่ได้นำมาอบด้วยความร้อน 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชิ้นงานที่ได้มาเก็บไว้ในโถดูดความชื้น ศึกษาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของเถ้าอัดเม็ดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM รุ่น Leo1455VP บริษัท LEO) และทดสอบความแข็งของเถ้าอัดเม็ดด้วยวิธีการทดสอบความแข็งแบบ Shore A (รุ่น CV SHA0001 ยี่ห้อ CV Instruments Durometer) โดยทำการวัด 3 ครั้ง ทุก ๆ เงื่อนไขการเตรียมเถ้าอัดเม็ด

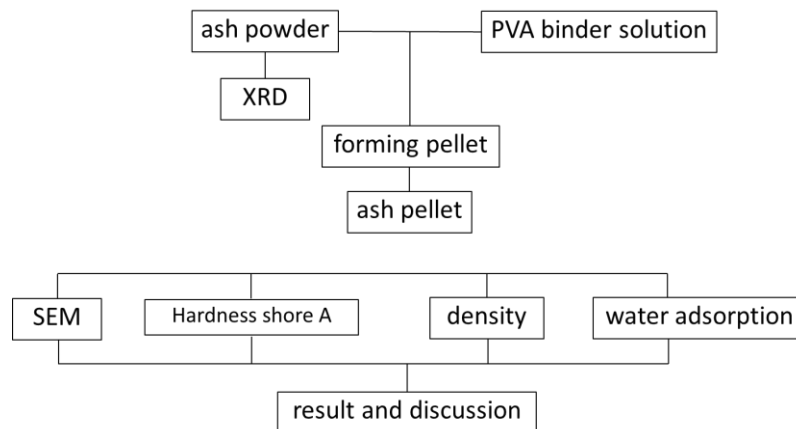


Figure 1 Action plan for preparation and measuring properties of fly ash pellets.



Figure 2 The physical ash pellets.

**Table 1** The conditions for additive the binder solution.

The concentration %W/W of polyvinyl alcohol binder	The amount of binder solution (microliter)			
10.7	90	180	270	360
13.8	90	180	270	360

ความหนาแน่นของเส้นใย (ASTM C 20 – 00, 2014) นำเส้นใยมาชั่งมวล (m) ด้วยเครื่องที่มีความละเอียดเทคนิคตำแหน่ง บันทึกค่า วัดความหนา (h) และเส้นผ่านศูนย์กลาง ϕ ของเส้นใยด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ คำนวณหาปริมาตรของเส้นใย (V) ดังสมการที่ 1 คำนวณหาความหนาแน่น (ρ) ดังสมการที่ 2

บันทึกค่าความหนาแน่น ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

$$V = \pi \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 h \quad (1)$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

ทดสอบการดูดซับน้ำ (ASTM C 20 – 00, 2014) ทดสอบหาความสามารถกักเก็บน้ำภายในเส้นใย ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับจะมีค่าสอดคล้องกับความพรุนภายในโครงสร้างเส้นใย นำเส้นใยที่อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเก็บในโถดูดความชื้น นำเส้นใยดังกล่าวมาชั่งมวล (m_0) ด้วยเครื่องชั่งเทคนิค 4 ตำแหน่ง (รุ่น PA214C ยี่ห้อ OHAUS) นำมาแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลาสอง 2 นาที นำเส้นใยออกมาชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าทำซ้ำจนกระทั่งมวลของเส้นใยไม่มีการเปลี่ยนแปลง บันทึกมวลสุดท้าย (m) คำนวณหาอัตราการดูดซับน้ำ (A, adsorption %) ที่ถูกกักเก็บภายในรูพรุนของเส้นใย ดังสมการที่ 3

$$A = \frac{(m - m_0)}{m_0} \times 100 \quad (3)$$

ผลการวิจัย

ผลการทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้จากแถบ ดังภาพที่ 3 ปรากฏองค์ประกอบทางเคมีที่ประกอบไปด้วย ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) ตำแหน่งพีคที่ 26.65° (JCPDF 046-1045) อย่างไรก็ตาม แถบแถบมักปรากฏเฟสของซิลิคอนไดออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบภายในแถบ (Hossain *et al.*, 2018) แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ตำแหน่งพีค 29.45° (JCPDF 072-1651) แคลเซียมซัลเฟต (CaO) ตำแหน่งพีค 50.26° (JCPDF 028-0775) และเฟสของแคลเซียมออกไซด์ (C_2CaO_4) ตำแหน่งพีค 27.97° (JCPD 018-0297) นอกจากนี้ลักษณะของกราฟความเข้มสูงฐานกว้างแสดงถึง

โครงสร้าง อัดแน่นฐานที่ของผงเถ้าแกลบ ระหว่างมุม 15-35° จากองค์ประกอบทางเคมีที่ได้สอดคล้องกับกรรมวิธีการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้แบบทั่วไปและมีความร้อนจากการเผาไหม้ไม่สูงมาก จึงปรากฏเฟส C_2CaO_4 เป็นผลจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (Abu *et al.*, 2016)

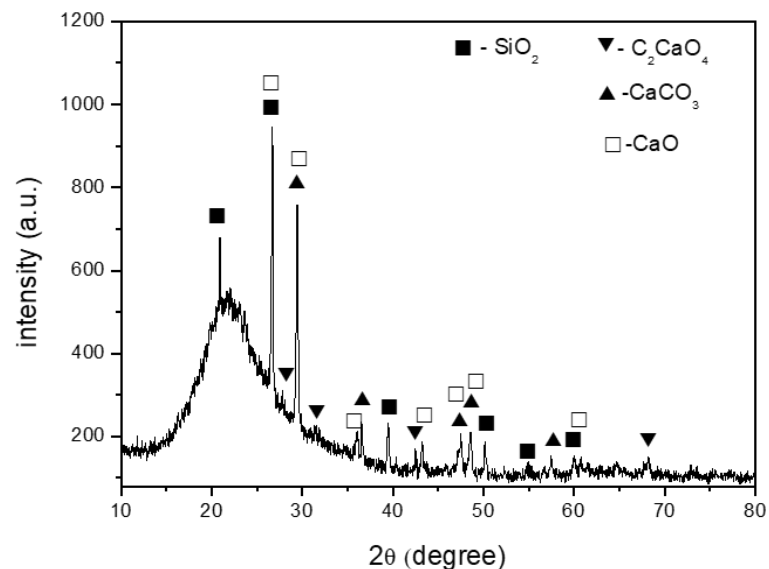


Figure 3 The chemical composition of ash powder by X-ray diffraction analysis.

พิจารณาภาพที่ 4 แสดงค่าความหนาแน่นเถ้าอัดเม็ด พบว่าสารละลายตัวประสานความเข้มข้นร้อยละ 10.7 และ 13.8 โดยมวล ที่เติมสารละลายลงในผงเถ้าแกลบปริมาณ 90, 180, 270 และ 360 ไมโครลิตร ค่าความหนาแน่นของเถ้าอัดเม็ดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมสารละลายตัวประสาน มีค่าความหนาแน่นระหว่าง 973.54-1075.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ปริมาณการเติมสารละลายตัวประสาน 270 ไมโครลิตร ของทั้งสองความเข้มข้นร้อยละโดยมวลมีค่าความหนาแน่นมากที่สุด และมีค่าลดลงเมื่อมีการเติมสารละลายตัวประสานเพิ่มขึ้นมากกว่า 270 ไมโครลิตร ทั้งนี้สารละลายตัวประสานที่เติมลงในผงเถ้าจะกระจายตัวอยู่ระหว่างอนุภาคผง ทำให้ปริมาณตัวประสานที่อยู่ภายในผงเถ้าที่ขึ้นรูปมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาผลการทดสอบค่าความแข็งของเถ้าอัดเม็ด ดังภาพที่ 5 พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมสารละลายตัวประสานทั้งสองเงื่อนไขความเข้มข้นร้อยละโดยมวล อย่างไรก็ตาม ค่าความแข็งที่ปริมาณการเติมสารประสาน 90 ไมโครลิตร ของทั้งสองเงื่อนไขความเข้มข้นมีค่าเป็นเท่ากันกับศูนย์ เนื่องจากชิ้นงานเกิดการแตกหักขณะทดสอบความแข็ง

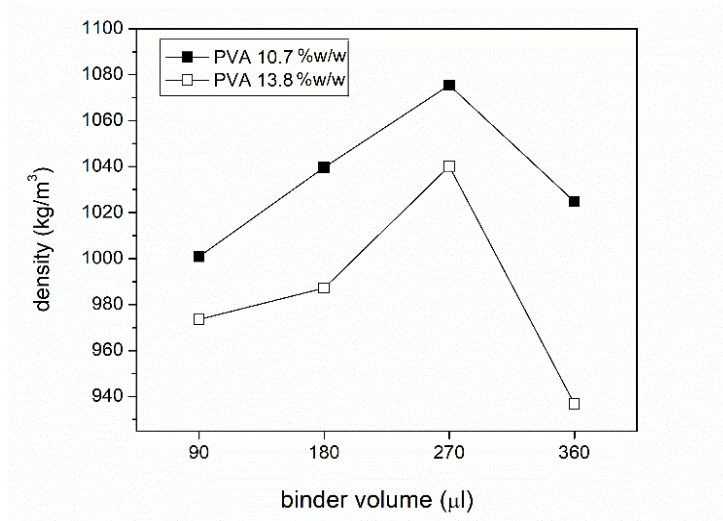


Figure 4 The ratio of density and binder additive quantity.

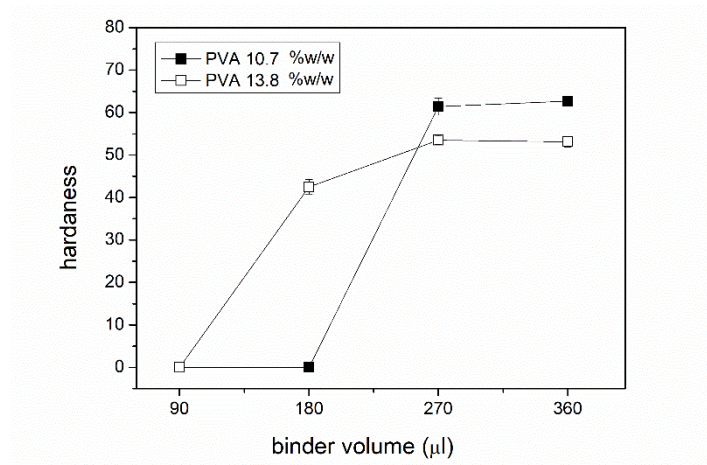


Figure 5 Hardness versus binder addition contents.

ค่าการดูดซับน้ำ ภาพที่ 6 แก้วอัดเม็ดที่ปริมาณการเติมตัวสารละลายประสานจำนวน 90 ไมโครลิตร ของทั้งสองความเข้มข้นร้อยละโดยมวล เกิดการแตกตัวเมื่อแช่ในน้ำจึงไม่ปรากฏค่าการดูดซับน้ำ จากผลการทดลองพบว่าแก้วอัดเม็ดที่เตรียมได้มีการดูดซับน้ำได้รวดเร็วในช่วงเวลา 0-2 นาที เมื่อเวลาการแช่น้ำมากกว่า 2 นาที ค่าร้อยละการดูดซับน้ำมีค่าคงตัว ผลของร้อยละการดูดซับน้ำของแก้วอัดเม็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมสารละลายตัวประสานที่มีความเข้มข้นร้อยละ 13.8

โดยมวล ขณะที่สารละลายตัวประสานความเข้มข้นร้อยละ 10.7 โดยมวล มีค่าลดลงเมื่อปริมาณการเติมตัวประสานเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ความสามารถการดูดซับน้ำเป็นผลจากโครงสร้างที่มีรูพรุนเปิด (open pore) อยู่ภายในเก้าอี้เม็ดที่เป็นวัสดุมีรูพรุนสูง และมีการเชื่อมต่อของรูพรุนเป็นเครือข่ายจึงทำให้สามารถการดูดซับน้ำไว้ภายใน (Chen *et.al.*, 2021, ASTM C 20 – 00, 2014) เมื่อทำการทดสอบความคงสภาพของเก้าอี้เม็ดในน้ำด้วยการแช่เป็นเวลา 14 วัน ลักษณะเก้าอี้เม็ดที่ได้ยังคงสภาพไม่ปรากฏการแตกตัวของเก้าอี้เม็ด

จากลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของเก้าอี้เม็ด ดังภาพที่ 7 พบว่าพื้นผิวมีลักษณะเกาะตัวกันแน่นและมีการกระจายตัวของอนุภาคเถ้าอย่างสม่ำเสมอ อนุภาคผงเถ้าภายในเก้าอี้เม็ดยังคงปรากฏอย่างชัดเจน กล่าวได้ว่าการอัดขึ้นรูปไม่ส่งผลต่อโครงสร้างความเป็นรูพรุน ผลความเข้มข้นของตัวประสานและปริมาณตัวประสานที่เติมลงในเก้าอี้เม็ดไปสร้างการยึดเกาะของอนุภาคผงให้เกาะกลุ่มกันได้ดี โดยมีลักษณะเป็นเส้นใยโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ไปยึดเกาะผิวของอนุภาค ดังภาพที่ 8

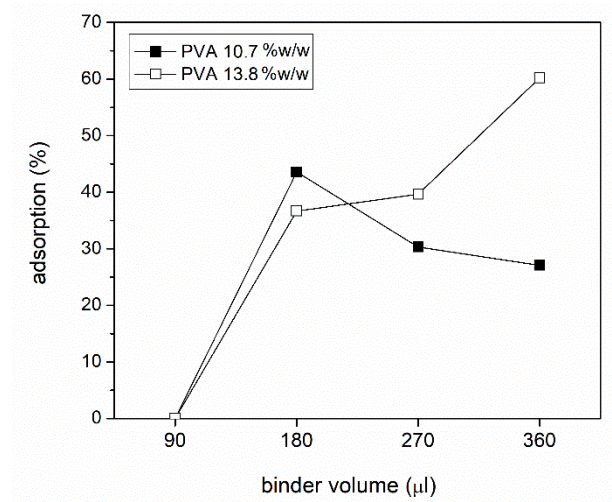


Figure 6 The water absorption percentage and amount of binder contents into ash pellets

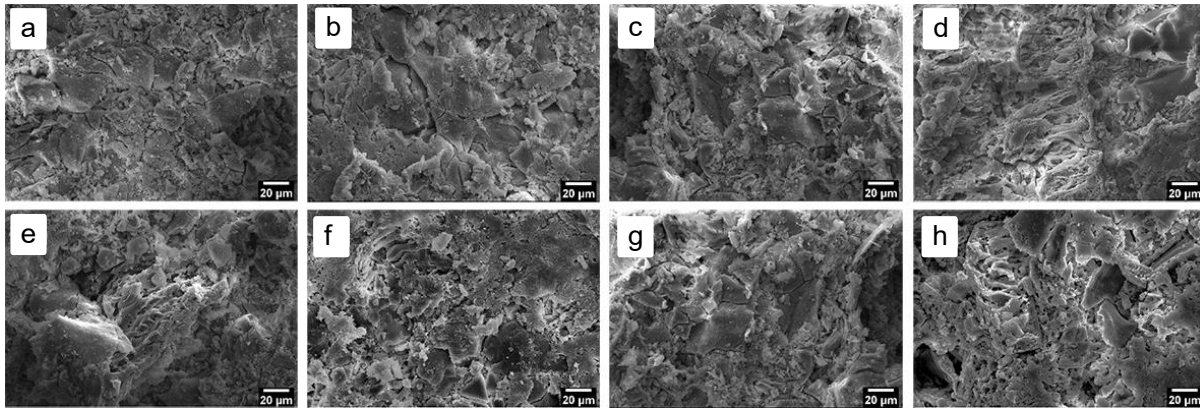


Figure 7 The SEM micrograph of ash pellet structure for the binder additions 90, 180, 270, and 360 microliters condition for (a)-(d) the concentration 10.7 %WW and (e)-(g) for the concentration 13.8 %WW of polyvinyl alcohol binder, respectively.

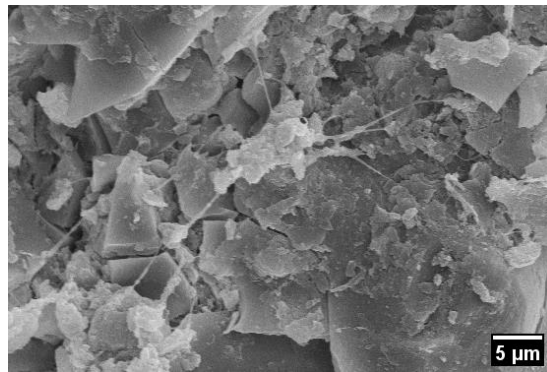


Figure 8 The SEM micrograph presents the polyvinyl alcohol binder adhesion of the ash particles in the pellet.

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการเติมตัวประสานมีผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างทางจุลภาคของเก้าอี้เม็ด พบว่าค่าความหนาแน่นที่มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงการเติมสารละลายตัวประสาน 90-270 ไมโครลิตร และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วที่การเติม 360 ไมโครลิตร ขณะที่ค่าความแข็งของเก้าอี้เม็ดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมสารละลายตัวประสานทั้งสองเงื่อนไขความเข้มข้น ทั้งนี้สารตัวประสานที่เติมลงในผงเก้าอี้จะมีการกระจายตัวมากขึ้นตามปริมาณการเติมสารประสานและมีจำนวนของสารโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้นภายในเก้าอี้เม็ดตามความเข้มข้นร้อยละโดยมวลของสารละลายตัวประสาน ทำให้ปริมาณของ



สารโพลีไวนิลแอลกอฮอล์มีค่าเพิ่มขึ้นภายในเก้าอัดเม็ด เมื่อมีการเติมสารละลายตัวประสานมากกว่า 270 ไมโครลิตร ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ค่าความแข็งของเก้าอัดเม็ดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมสารละลายตัวประสาน ทั้งนี้สารประสานทำหน้าที่ในการยึดเกาะผงเก้าอัดเม็ดและเสริมแรงในเก้าอัดเม็ด ส่งผลให้ช่วยด้านการแตกหักเมื่อมีแรงมากกระทำ สอดคล้องกับการทดสอบการหาค่าความแข็งด้วยเทคนิคการวัดความแข็งแบบ Shore A ที่ปริมาณการเติมสารละลายตัวประสานที่น้อยกว่า 180 ไมโครลิตร จากเงื่อนไขดังกล่าวสามารถอัดขึ้นรูปเป็นเก้าอัดเม็ดได้ แต่เมื่อมีแรงกดมากกระทำบนผิวเก้าอัดเม็ดเก้าอัดเม็ดเกิดการแตกตัวออก เนื่องจากปริมาณสารประสานที่ทำหน้าที่ยึดเกาะภายในเก้าอัดเม็ดที่มีปริมาณน้อยทำให้ความแข็งแรงของการยึดเกาะผงเก้าอัดเม็ดลดลง อย่างไรก็ตาม ค่าความแข็งของเก้าอัดเม็ดที่เงื่อนไขสารละลายตัวประสานที่ความเข้มข้นร้อยละ 13.8 โดยมวล มีค่าความแข็งน้อยกว่าสารละลายตัวประสานความเข้มข้นร้อยละ 10.7 โดยมวล จากลักษณะความแข็งแรงของเก้าอัดเม็ดที่มีการเติมสารประสานจำนวน 90 ไมโครลิตร ของทั้งสองเงื่อนไขความเข้มข้นเกิดการแตกตัวเมื่อทดสอบและมีค่าการดูดซับที่มีปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 13.8 โดยมวลของสารประสานการดูดซับน้ำมากกว่าร้อยละ 30 ขณะที่ความเข้มข้นร้อยละ 10.7 โดยมวล มีค่าร้อยละการดูดซับน้ำแนวโน้มลดลง กล่าวได้ว่า ปริมาณสารประสานและปริมาณของสารประสาน ที่เติมลงในผงเก้าอัดเม็ดต่อการอัดขึ้นรูปของผงเก้าอัดเม็ดให้เป็นเก้าอัดเม็ด รวมถึงความสามารถการดูดซับน้ำของเก้าอัดเม็ดที่เตรียมได้

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น ค่าความแข็งและค่าร้อยละการดูดซับน้ำมีปริมาณและความเข้มข้นร้อยละ โดยมวลของสารละลายตัวประสานโพลีไวนิลแอลกอฮอล์มีผลต่อลักษณะทางกายภาพและความสามารถดูดซับน้ำของเก้าอัดเม็ด โดยปริมาณของสารประสานที่มีความเข้มข้นร้อยละ 13.8 โดยมวล ปริมาณการเติมสารละลายตัวประสานมากกว่า 90 ไมโครลิตร เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการอัดขึ้นรูปเก้าอัดเม็ด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ และ สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านปิโตรเลียม ปิโตรเคมี และวัสดุขั้นสูง มหาวิทยาลัยนเรศวรที่อำนวยความสะดวกในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

Abu, R., Rosiyah, B., S., Yahyaa, Gan, N. (2016) Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk, *Procedia Chemistry*, 19, 189-195.

Alsaqoor, S., Borowski, G., Alahmer, A., Beithou, N. (2022). Using of Adhesives and Binders for Agglomeration of Particle Waste Resources: *Advances in Science and Technology Research Journal*, 16, 124-135.



- ASTM Standard C 20-00. (2014). Apparent Porosity, Water Absorption, Apparent Specific Gravity, and Bulk Density of Burned Refractory Brick and Shapes by Boiling Water. *ASTM International*. West Conshohocken. PA.
- Chen Y., Wang N., Ola O., Xia Y., Zhu Y. (2021) Porous ceramics: Light in weight but heavy in energy and environment technologies. *Materials Science & Engineering R*, 143, 100589.
- Habeeb, G.A., Mahmud, H.B. (2010). Study on properties of rice husk ash and its use as cement replacement material, *Materials Research*. 13(2), 185-190.
- Hanum, F., Bani, O., Wirani, L. I. (2017). Characterization of activated carbon from rice husk by HCl activation and its application for lead (Pb) removal in car battery wastewater, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 180, 012151.
- Haryati, S., Mohadi, R., Syah, K. (2017). Insulation material from rice husk granule. *Chemical Engineering Transactions*, 56, 571- 576.
- Husni, H., Nazari, M.R., Yeea H.M., Rohim, R., YusuffaMoh, A., Ariff, A.M., Ahmad, N.N.R., Leo, C.P., Junaidi, M.U.M. (2017). Superhydrophobic rice husk ash coating on concrete, *Construction and Building Materials*, 144, 385-391.
- Hossain, SK S., Mathur, L., Roy, P.K. (2018). Rice husk/rice husk ash as an alternative source of silica in ceramics: A review, *Journal Asian Ceramic Societies*, 6(4), 299–313.
- JunYoon, S., IISon, Y., KuKim, Y., GooLee, J. (2012). Gasification and power generation characteristics of rice husk and rice husk pellet using a downdraft fixed-bed gasifier. *Renewable Energy*, 42, 163-167.
- Kumar, A., Gupta, D. (2016) Behavior of cement-stabilized fiber-reinforced pond ash, rice husk ash–soil mixtures, *Geotextiles and Geomembranes*, 44(3), 466-474.



Thongburan, A., Boonthai Iwai, C. (2018). The influence of using rice husk ash on the growth and reproduction of earthworms, *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia foetida* during vermicomposting. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 46(1), 105-116. (in Thai)

Waitayawongkul S. (2000). Polyvinyl alcohol: binder in the ceramic industry. *Material Technology Magazine MTEC*, 18, 14-18. (in Thai)

Yin, M., Li, X., Liu, Q., Tang, F. (2022). Rice husk ash addition to acid red soil improves the soil property and cotton seedling growth. *Science Report*, 12, 1704.