



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ อว ๐๖๓๐.๐๗/พส๑๓

วันที่ ๑๙ สิงหาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอส่งหลักฐานเพื่อเบิกเงินค่าตอบแทนนอกเหนือจากเงินค่าจ้างสำหรับพนักงานมหาวิทยาลัยที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ

เรียน คณบดี

ตามที่ข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โยธิน กัลยาเลิศ อาจารย์ประจำหลักสูตรฟิสิกส์ประยุกต์ ได้ส่งเอกสารการตีพิมพ์งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ตามเกณฑ์ กพอ.กำหนด เพื่อประกอบการเบิกเงินค่าตอบแทนนอกเหนือจากเงินค่าจ้างสำหรับพนักงานมหาวิทยาลัยที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ ตามปีงบประมาณ ๒๕๖๖ โดยมีบทความวิจัยเรื่อง โครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน (Microstructure and Elements of Activated Carbon from Durian Peel) ในวารสาร Journal of Physics and General Science ปีที่ ๗ ฉบับที่ ๒ หน้า ๑-๙

ทั้งนี้เพื่อให้เป็นไปตามประกาศมหาวิทยาลัยเรื่องแนวทางปฏิบัติในการเบิกเงินค่าตอบแทนนอกเหนือจากเงินค่าจ้างสำหรับพนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ ที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ พ.ศ.๒๕๖๒ ข้อ ๖.๓ และข้อ ๗ ข้าพเจ้าจึงขอส่งหลักฐานดังกล่าว เพื่อให้คณะกรรมการบริหารคณะพิจารณากันกรองผลงานทางวิชาการเบื้องต้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โยธิน กัลยาเลิศ)

อาจารย์ประจำหลักสูตรฟิสิกส์ประยุกต์

**แบบกลั่นกรองผลงานทางวิชาการของพนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ
ที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ ของคณะกรรมการวิชาการคณะ**

๑. ชื่อผู้เสนอ โยธิน กัลยาเลิศ ตำแหน่งวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สังกัดหลักสูตร พิสัยศึกษา
๒. ชื่อผลงาน โครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน (Microstructure and Elements of Activated Carbon from Durian Peel) ในวารสาร Journal of Physics and General Science ปีที่ ๗ ฉบับที่ ๒
๓. คณะกรรมการวิชาการคณะ ได้ตรวจสอบผลงานตามประกาศมหาวิทยาลัย เรื่อง แนวทางปฏิบัติในการเบิกเงินค่าตอบแทนนอกเหนือจากเงินค่าจ้างสำหรับพนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ ที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ พ.ศ.๒๕๖๒ ข้อ ๖.๓ และข้อ ๗ แล้วพบว่า
- ☒ ผลงานทางวิชาการปรากฏในเดือน มกราคม-เมษายน ปี พ.ศ.๒๕๖๖ และอยู่ในวงรอบปีงบประมาณ ๒๕๖๖ ที่ขอรับการประเมิน (๑ ตุลาคม ๒๕๖๕ – ๓๐ กันยายน ๒๕๖๖)
 - ☒ เป็นผลงานที่ไม่ลอกเลียนผู้อื่น
 - ☒ ผลงานทางวิชาการที่ผู้เสนอขอรับการประเมินตามเกณฑ์ กพอ. กำหนด
 - ☐ บทความวิชาการ ☐ ตำรา
 - ☐ หนังสือ ☒ งานวิจัย/บทความวิจัย
 - ☐ ผลงานวิชาการลักษณะอื่นๆ
 - ☐ สิ่งประดิษฐ์สร้างสรรค์ ☐ ผลงานด้านศิลปะ
 - ☐ ผลงานบริการสังคม ☐ สารานุกรม
 - ☐ งานแปล
 - ☒ ผลงานทางวิชาการตามเกณฑ์ที่ กพอ. กำหนด มีการเผยแพร่
 - ☐ บทความวิชาการ
 - ☐ ในวารสารทางวิชาการ ☐ หนังสือรวมบทความที่มีบรรณาธิการ
 - ☐ ในหนังสือประมวลผลการประชุมทางวิชาการ (Proceeding)
 - ☐ เผยแพร่ตำรา
 - ☐ ด้วยการพิมพ์โดยโรงพิมพ์หรือสำนักพิมพ์
 - ☐ ด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น ซีดีรอม
 - ☐ เผยแพร่หนังสือ
 - ☐ ด้วยการพิมพ์โดยโรงพิมพ์หรือสำนักพิมพ์
 - ☐ ด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น ซีดีรอม

- ☒ เผยแพร่บทความวิจัย
- ☒ ในวารสารทางวิชาการ ☐ ในหนังสือรวมบทความที่มีบรรณาธิการ
- ☐ ในหนังสือประมวลผลการประชุมทางวิชาการ (Proceeding)
- ☒ สืบส่วนของผลงาน
- ☐ ร้อยละ ๑๐๐
- ☒ ร้อยละ ๘๐

ลงชื่อ

(.....)

ประธานคณะกรรมการวิชาการระดับคณะ

วันที่ / /

หมายเลขโทรศัพท์

แบบแสดงหลักฐานการมีส่วนร่วมในผลงานทางวิชาการ

☒ บทความวิจัย ☐ ตำรา ☐ หนังสือ ☐ งานวิจัย ☐ ผลงานทางวิชาการในลักษณะอื่น

ผู้ร่วมงาน จำนวน 4 คน แต่ละคนมีส่วนร่วมดังนี้ :

ชื่อผู้ร่วมงาน	ปริมาณงานร้อยละและหน้าที่ความรับผิดชอบ
ผศ.ดร. โยธิน กัลยาเลิศ Asst.Pro. Dr. Yotin Kallayalert	ปริมาณงานร้อยละ 80 - วางแผนงานทดลอง - ทดลองสูตรตัวอย่าง วิเคราะห์ตัวอย่างและเก็บผลทดลอง - วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง - เขียนรายงานและบทความวิจัย
ผศ.ดร. นพมาศ ประทุมสูตร Asst.Pro. Dr. Noppamas Pratummasoot	ปริมาณงานร้อยละ 10 - วิเคราะห์ผลการทดลอง
ดร. วิชัย กองศรี Dr. Wichai Kongsri	ปริมาณงานร้อยละ 5 - เรียบเรียงภาษาต่างประเทศ
ดร. ชุมพล บุษบก Dr. Chumphol Busabok	ปริมาณงานร้อยละ 5 - วางแผนการทดลอง

หมายเหตุ :

Yotin Kallayalert, Wichai Kongsri, Noppamas Pratummasoot and Chumphol Busabok (2023).

Microstructure and Elements of Activated Carbon from Durian Peel. ในวารสาร Journal of Physics and General Science ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 หน้า 1-9 (Published: 2023-08-22)

ลงชื่อ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โยธิน กัลยาเลิศ)

ลงชื่อ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพมาศ ประทุมสูตร)

ลงชื่อ
(ดร. วิชัย กองศรี)

ลงชื่อ
(ดร. ชุมพล บุษบก)

Journal of Physics and General Science

[Current](#) [Archives](#) [Submissions](#) [For Reviewers](#) [About](#) ▾ [Home](#) / [About the Journal](#)

The Journal of Physics and General Science has been established in 2017, with an open access policy. The Journal of Physics and General Science has the policy to publish quality academic works, both Thai and English articles. The academic works that are considered publications are academic articles and research articles in physics, science, technology, and education. If any research is relevant to humans or laboratory animals, Journals of Physics and General Science will only accept articles with evidence that only have been ethically certified by the human or animal research ethics committee. For human-related research, the author of the article must demonstrate that the participants were informed and decided to voluntarily participate in the trial.

How to consider articles:

1. Articles submitted for publication must never be published or pending for publication in other journals.
2. The author of the article must comply with the guidelines for the presentation of academic articles or research articles for publication including the reference system that must follow the rules of the journal.
3. Criteria for acceptance of published articles: The articles must be reviewed by peer-reviewed at least 3 experts with an expertise in related fields, with single-blinded assessments and approval from the editorial team.

Language of publication:

Thai and English

Schedule of issue:

The journal published 2 issues per year.

Issue 1 : January - June

Issue 2 : July - December

Journal sponsors:

Faculty of Science and Technology and Science Center, Songkla Rajabhat University.

Copyright information:

Copyright of the article appearing in the Journal of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology, Songkla Rajabhat University belongs to the author and the Faculty of Science and Technology, Songkla Rajabhat University. All articles have been checked for academic accuracy by experts. Text and information of articles in the journal is the concept of the author is not the opinion of the editorial team and is not the responsibility of the Faculty of Science and Technology, Songkla Rajabhat University.

Information

[For Readers](#)

[For Authors](#)

[For Librarians](#)



ISSN 2697-4444

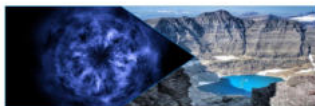
Indexed in



Journal of Physics and General Science

[Current](#) [Archives](#) [Submissions](#) [For Reviewers](#) [About](#)

[Home](#) / [Archives](#) / Vol 7 No 2 (2023): Printed Online by Songkhla Rajabhat University



Vol 7 No 2 July - December 2023
Volume 7 No. 2 July - December 2023

Published: 2023-08-22

Research Articles

Microstructure and Elements of Activated Carbon from Durian Peel

Yotin Kallayalert, Wichai Kongsri, Noppamas Pratummasoot, Chumphol Busabok

1-9



PDF

Mechanical and Thermal Properties of Polymer Blends of Polyvinyl Acetate and Natural Rubber Incorporated with Kaolin

Abedeen Dasaesamoh, Amanee Chedeh, Rokiyoh A-wang, Mohamadsamree Tohwaehayee, Suradet Matchawet

10-19



PDF

Application of Mannitol and Tea Seed Oil in Lower-calorie Thai Coffee Petal Cookie

Wanchat Sirisarn, Thitimaporn Srirak

20-30



PDF

A Model for Human Resource Development in Producing Research Results: Aranyaprathet District Public Health Office, Sa Kaeo Province

Adul Hanchingchai, Worraphol Waengnork, Prapaporn Muangkaew, Samarn Phalahan, Duangsamorn Duangjai
31-43



Information

[For Readers](#)

[For Authors](#)

[For Librarians](#)



Approved by TCI during 2022 - 2024

ISSN 2697-4444

Indexed in



Editor : Assist. Prof. Dr. Thanapong Phanthong

Platform &
workflow by
OJS / PKP

โครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน

Microstructure and Elements of Activated Carbon

from Durian Peel

โยธิน กัลยาเลิศ^{1*}, วิชัย กองศรี¹, นพมาศ ประทุมสุตร¹ และชุมพล บุษบก²Yotin Kallayalert^{1*}, Wichai Kongsri¹, Noppamas Pratummasoot¹ and Chumphol Busabok²¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี¹Program in Physics, Faculty of Science and Technology, Valaya alongkorn Rajabhat University

under the Royal Patronage, Pathum Thani

²ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) จังหวัดปทุมธานี²Expert Centre of Innovative Materials, Thailand Institute of Scientific and Technological Research

(TISTR), Pathum Thani

*Corresponding author e-mail: yotin@vru.ac.th.

(Received: May 12, 2023, Revised: June 27, 2023, Accepted: July 20, 2023)

บทคัดย่อ

การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน ด้วยกระบวนการเผาแบบไพโรไลซิส (pyrolysis) ด้วยเตาเผาขนาด 200 ลิตร ที่อุณหภูมิ 500-600 องศาเซลเซียส เพื่อให้เป็นถ่านชีวภาพ จากนั้น นำถ่านชีวภาพที่ได้ไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากการผลิตเยื่อกระดาษจากใบอ้อย ที่มีค่าความเป็นเบส pH 13 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำถ่านที่ได้มาล้างน้ำสะอาดจนถ่านมีค่าความเป็นกรด-เบส ที่ pH 7 จากนั้น นำถ่านไปอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนบรรจุถ่านลงในถ้วยกระเบื้อง (crucible) เผาด้วยกระบวนการไพโรไลซิสอีกครั้ง ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำถ่านที่เผาเสร็จแล้วมาวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุด้วย SEM-EDS สำหรับการตรวจโครงสร้างผลึกของถ่านกัมมันต์ถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) และวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวด้วยเทคนิค BET ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์ด้วย EDS พบว่า มีคาร์บอนร้อยละ 62.72 เป็นธาตุหลัก รองลงมาได้แก่ ออกซิเจนร้อยละ 27.70 โพแทสเซียมร้อยละ 8.03 แมกนีเซียมร้อยละ 1.02 และแคลเซียมร้อยละ 0.52 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของถ่านกัมมันต์ด้วย XRD พบเฟสคาร์บอนอสัณฐาน และแกรไฟต์ ซึ่งมีโครงสร้างผลึกแบบรอมโบฮีดรอล นอกจากนี้ ยังพบโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซิลิเกต ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของถ่านกัมมันต์ด้วย SEM พบว่า โครงสร้างจุลภาคถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนมีขนาดรูพรุนอยู่ในช่วง 8-10 ไมโครเมตร (μm) และมีรูพรุนขนาดเล็กในรูพรุนใหญ่แทรกอยู่ ซึ่งมีขนาดรูพรุนอยู่ในช่วง 2-5 ไมโครเมตร (μm) และผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวโดยใช้ Gas adsorption ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน พบว่า มีพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) 682.42 ตารางเมตรต่อกรัม

คำสำคัญ: ถ่านชีวภาพ ถ่านกัมมันต์ ไพโรไลซิส องค์ประกอบธาตุ คาร์บอนอสัณฐาน

ABSTRACT

This study investigates the microstructure and elements of activated carbon derived from pyrolysis burning of Durian peel in a 200-liter incinerator at temperatures ranging from 500 to 600 degree Celsius, resulting in biochar. The biochar was then soaked in residual water obtained from sugar cane leaves used in pulp production. The soaking solution consisted of

sodium hydroxide (NaOH) with a pH of 13 and lasted for 24 hours. Subsequently, the charcoal was washed with water until reaching a pH value of 7, followed by drying in hot air at 70 degree Celsius for 24 hours. The dried charcoal was packed into a crucible and subjected to calcination through a pyrolysis process at 700 degree Celsius for 1 hour. The activated charcoal was analyzed using scanning electron microscopy (SEM) for microstructure examination and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) for elemental composition analysis. X-ray diffraction (XRD) and Brunauer-Emmett-Teller (BET) techniques were employed to determine the activated carbon's crystal structures and surface area, respectively. The EDS analysis revealed that carbon accounted for 62.72 % of the elemental composition, followed by oxygen (27.70 %), potassium (8.03 %), magnesium (1.02 %), and calcium (0.52 %). XRD analysis indicated the presence of an amorphous carbon phase, graphite with a rhombohedral crystal structure, and Potassium Aluminum Silicate. SEM analysis showcased the microstructure of the activated carbon obtained from Durian peel, which exhibited pores ranging from 8 to 10 μm in size, with smaller pores in the range of 2 to 5 μm embedded within them. Furthermore, gas adsorption surface area analysis demonstrated a specific surface area of 682.42 m^2/g for the activated carbon derived from Durian peel.

Keywords: charcoal, activated carbon, pyrolysis, elements analysis, amorphous carbon

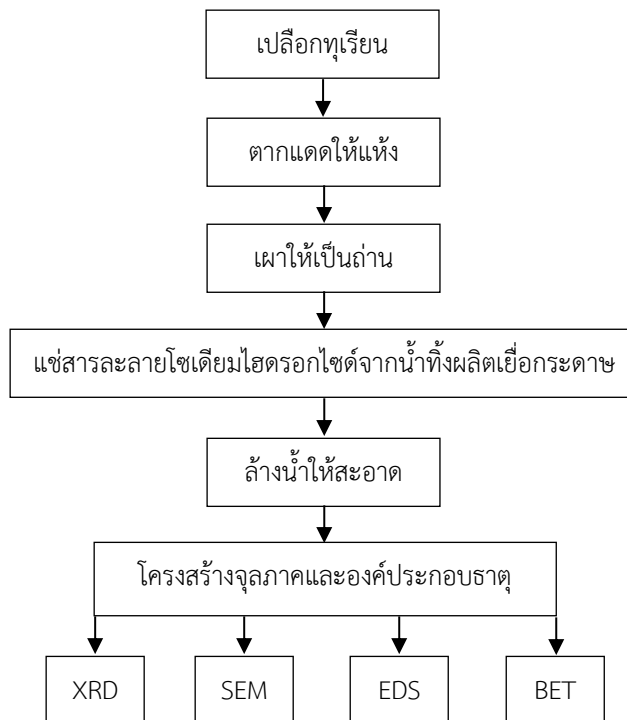
บทนำ

ถ่านกัมมันต์ (activated charcoal หรือ activated carbon) โดยทั่วไปเป็นวัสดุที่ประกอบด้วย คาร์บอนที่ได้จาก ถ่าน [1] ที่มีรูพรุนและพื้นที่ผิวจำเพาะสูง มีความสามารถในการดูดซับสารต่าง ๆ ได้ดี [2] การเตรียมถ่านกัมมันต์ คือ การทำให้คาร์บอน หรือถ่านมีความสามารถในการดูดซับสูงขึ้นด้วยการก่อกัมมันต์ เนื่องจากการเพิ่มพื้นที่ผิว (surface area) หรือการทำให้พื้นผิวมีความว่องไวมากขึ้น การเตรียมถ่านกัมมันต์ในปัจจุบันมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบและสมบัติที่ต้องการ โดยทั่วไปประกอบด้วย 2 วิธี ได้แก่ การกระตุ้นทางเคมี เป็นการกระตุ้นด้วยการใช้สารเคมี ซึ่งใช้พลังงานในการกระตุ้นค่อนข้างต่ำ [3] แต่มีข้อเสีย คือ วิธีนี้ต้องล้างสารเคมีออกให้หมดไม่ให้เหลือสารตกค้าง และการกระตุ้นทางกายภาพ เป็นการกระตุ้นด้วยการใช้แก๊สหรือไอน้ำ โดยรูพรุนที่ได้มีรูพรุนขนาดเล็ก ซึ่งเหมาะสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์ เพื่อดูดซับกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ มีข้อเสีย คือ ใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นค่อนข้างสูง ค่าใช้จ่ายในการกระตุ้นค่อนข้างแพงและต้องใช้เวลาอันยาวนาน ส่งผลให้ได้ผลผลิตต่ำ [2], [4], [5] โดยสารเคมีที่ใช้ในการกระตุ้นทางเคมีส่วนใหญ่ ได้แก่ H_3PO_4 [6], [7] จากงานวิจัยของ Liou and Wu [8] ได้ใช้ NaOH เป็นสารก่อกัมมันต์ ทำให้ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง เช่นเดียวกับ จิราภรณ์ ธรรมศรี [9], Khu Le Van and Thu Thuy Luong Thi [10], D. Kalderis [11] และ Ayhan [16] ได้ศึกษาถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่อุณหภูมิระหว่าง 650–800 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิที่ดีที่สุดที่ทำให้ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวมากและมีรูพรุนมาก คือ 700 องศาเซลเซียส

ในอุตสาหกรรมการผลิตถ่านกัมมันต์นั้น มีปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบและมีราคาสูง ส่งผลให้ราคาของถ่านกัมมันต์มีราคาสูง [3] จึงจำเป็นต้องหาวัตถุดิบที่มีราคาถูก หาได้ง่าย โดยวัตถุดิบที่นำมาเตรียมถ่านกัมมันต์ควรเป็นของแข็ง มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง (โดยปกติสูงกว่า 45 %) และมีปริมาณสารระเหยต่ำ [12] วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาพัฒนาเป็นถ่านกัมมันต์ เช่น กะลามะพร้าว ชังข้าวโพด เปลือกมะพร้าว เปลือกขนุน ไม้มะกอก เมล็ดมะกอก เปลือกปาล์มน้ำมัน แกลบข้าว และกากกาแฟ [13] ซึ่งล้วนเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ถูกนำมาพัฒนาเป็นถ่านกัมมันต์ เนื่องจากหาได้ง่าย ราคาถูก และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [14] เปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่มีปริมาณมากที่กลายเป็นขยะที่ส่งกลิ่นเหม็น ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม วิธีการจัดการ คือ การนำไปทิ้งให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค ก่อให้เกิดก๊าซมีเทน หรือเผาทิ้งทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดภาวะโลกร้อน [15] ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเปลือกทุเรียนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาพัฒนาเป็น

ถ่านกัมมันต์ และเพื่อที่จะได้ศึกษาโครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบธาตุโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากการผลิตเยื่อกระดาษจากใบอ้อยเป็นสารก่อกัมมันต์ ซึ่งเป็นการกำจัดสารมลพิษในน้ำอย่างมีนัยสำคัญ

กรอบแนวคิด



การดำเนินงานวิจัย

ทำความสะอาดเปลือกทุเรียน หั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 5-10 เซนติเมตร แล้วนำไปตากแดดเป็นเวลา 5 วัน จนน้ำหนักไม่มีการเปลี่ยนแปลง (แห้งสนิท) ดังภาพที่ 1



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 1 การเตรียมเปลือกทุเรียนและทำให้แห้ง

(ก) การหั่นเปลือกทุเรียนเป็นชิ้น (ข) การล้างน้ำหนัก (ค) วิธีตากแดด

นำเปลือกทุเรียนเผาด้วยกระบวนการไพโรไลซิส โดยนำเปลือกทุเรียนที่แห้งแล้วบรรจุในถังขนาด 20 ลิตร จนเต็มถึงปิดฝาด้านบน ล็อกให้แน่น ยานวดด้วยดินเหนียวตามรอยฝาลังที่ปิด แล้วนำไปใส่ในเตาเผาถึงน้ำมัน 200 ลิตร เเผาที่อุณหภูมิ 400-600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปิดปล่องควันและปิดหน้าเตาเผาถึงน้ำมัน 200 ลิตร เป็นเวลา 1 วัน ดังภาพที่ 2



(ก)



(ข)



(ค)

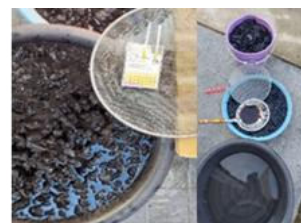
ภาพที่ 2 การเผาถ่านด้วยกระบวนการไพโรไลซิส

(ก) การเผาเปลือกทุเรียนในถัง 200 ลิตร (ข) การวัดอุณหภูมิในการเผา (ค) ถ่านที่ได้จากการเผา

นำถ่านจากเปลือกทุเรียนออกจากเตาเผา และนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งเป็นน้ำเหลือทิ้งจากการผลิตเยื่อกระดาษจากใบอ้อย ที่มีค่าความเป็นเบส pH 13 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำถ่านที่ได้มาล้างน้ำสะอาดจนถ่านมีค่าความเป็นกรด-เบส ที่ pH 7 ดังภาพที่ 3



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3 การวัดความเป็นกรด-เบสของถ่านจากเปลือกทุเรียน

(ก) ก่อนการล้าง (ข) หลังจากล้าง

นำถ่านไปอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบรรจุถ่านลงในถ้วยกระเบื้อง (crucible) และเผาด้วยกระบวนการไพโรไลซิสอีกครั้ง ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4 การเผาถ่านในกระบวนการไพโรไลซิสด้วยเตาไฟฟ้า

(ก) การอบถ่านภายในตู้อบ (ข) ลักษณะของเตาเผาไพโรไลซิส

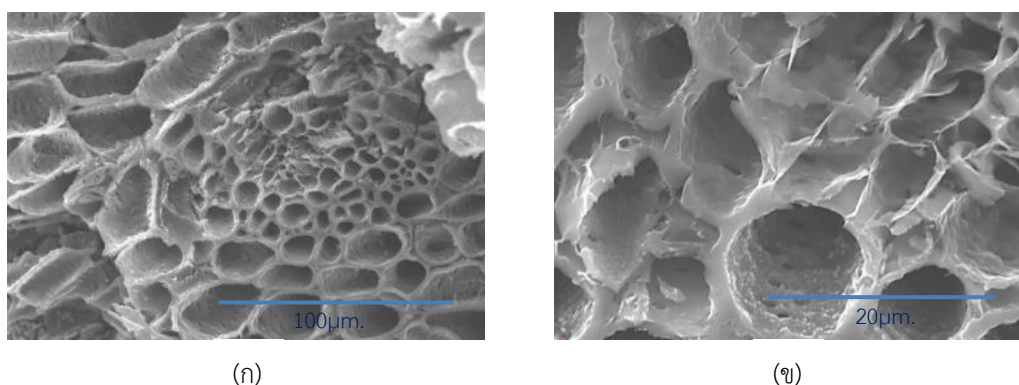
จากนั้น นำถ่านที่เผาเสร็จมาวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบธาตุด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ

ส่องกราดและเครื่องวิเคราะห์สเปกโทรสโกปีแบบกระจายพลังงาน (SEM-EDS) และวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) นอกจากนั้น ยังวิเคราะห์การดูดซับทางกายและหาพื้นที่ผิว โดยใช้เทคนิค Brunauer–Emmett–Teller (BET)

ผลการวิจัย

หลังจากการเผาด้วยกระบวนการเผาแบบไพโรไลซิส จึงนำถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนไปวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์ ดังนี้

1. การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนด้วย Scanning Electron Microscopy (SEM, Prisma E, Thermo Scientific, United States) ได้ผลการทดลอง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ภาพถ่าย SEM โครงสร้างจุลภาคของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน
(ก) ขนาด 100 μm (ข) ขนาด 20 μm

จากภาพที่ 5 (ก) ผลวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนด้วย SEM พบว่า โครงสร้างจุลภาคถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนมีขนาดรูพรุนอยู่ในช่วง 8-10 μm และเมื่อเพิ่มกำลังขยายขึ้น พบว่า มีรูพรุนขนาดเล็ก ๆ ในรูพรุนใหญ่แทรกอยู่ในช่วง 2-5 μm ดังภาพที่ 5 (ข) ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวโดยใช้เทคนิค Gas adsorption พบว่า ถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนมีพื้นที่ผิวจำเพาะ 682.42 ตารางเมตรต่อกรัม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Y. Sun and P.A. Webley [17] และ T. H. Liou and S. J. Wu [8] ที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารก่อกัมมันต์ ทำให้ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง โดยมีรูพรุนอยู่ในช่วง 3-10 μm ซึ่งรูพรุนส่วนใหญ่เป็นรูพรุนขนาดกลาง (mesopore) และรูพรุนขนาดใหญ่ (macropore) ซึ่ง Khu Le Van and Thu Thuy Luong Thi [10] และ D. Kalderis [11] ได้ศึกษาถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิระหว่าง 650–800 องศาเซลเซียส เช่นกัน พบว่า อุณหภูมิที่ดีที่สุด ซึ่งทำให้ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวมาก และมีรูพรุนมาก คือ 700 องศาเซลเซียส

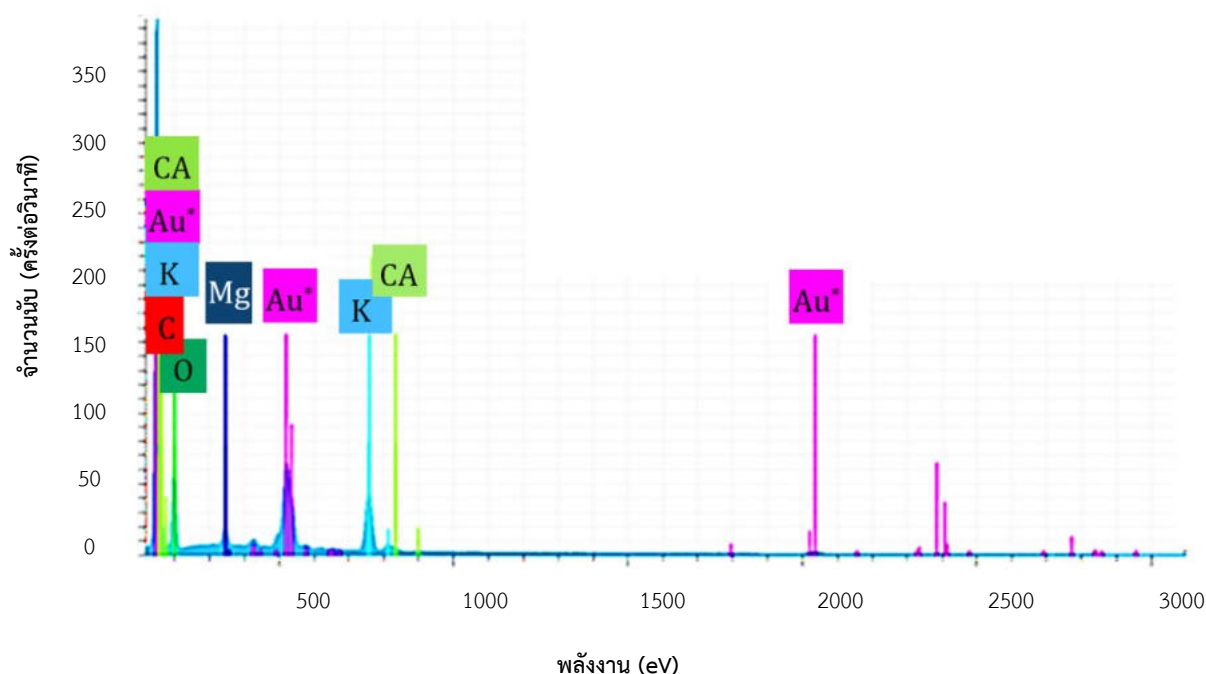
2. ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเครื่องดูดซับด้วยก๊าซ (gas adsorption) ของบริษัท Quantachrome รุ่น Autosorb iQ ซึ่งถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนมีพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) 682.42 ตารางเมตร/กรัม ซึ่งสอดคล้องกับภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนในภาพที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับ ธีรดิษฐ์ โพธิ์ตันติมงคล [18] ที่กล่าวว่า พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ควรมีค่าประมาณ 600-2,400 ตารางเมตรต่อกรัม ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุตั้งต้นและกระบวนการกระตุ้น

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน โดยเครื่อง Energy Dispersive Spectrometer (EDS-SEM, Prisma E, Thermo Scientific, United States) ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 6

ตารางที่ 1 องค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนด้วย EDS

ธาตุ	ร้อยละโดยมวล	ร้อยละโดยอะตอม
คาร์บอน (C)	62.72	72.39
ออกซิเจน (O)	27.70	24.00
แมกนีเซียม (Mg)	1.02	0.58
โพแทสเซียม (K)	8.03	2.85
แคลเซียม (Ca)	0.52	0.18
ทอง (Au)	0	0
รวม ร้อยละ 100		

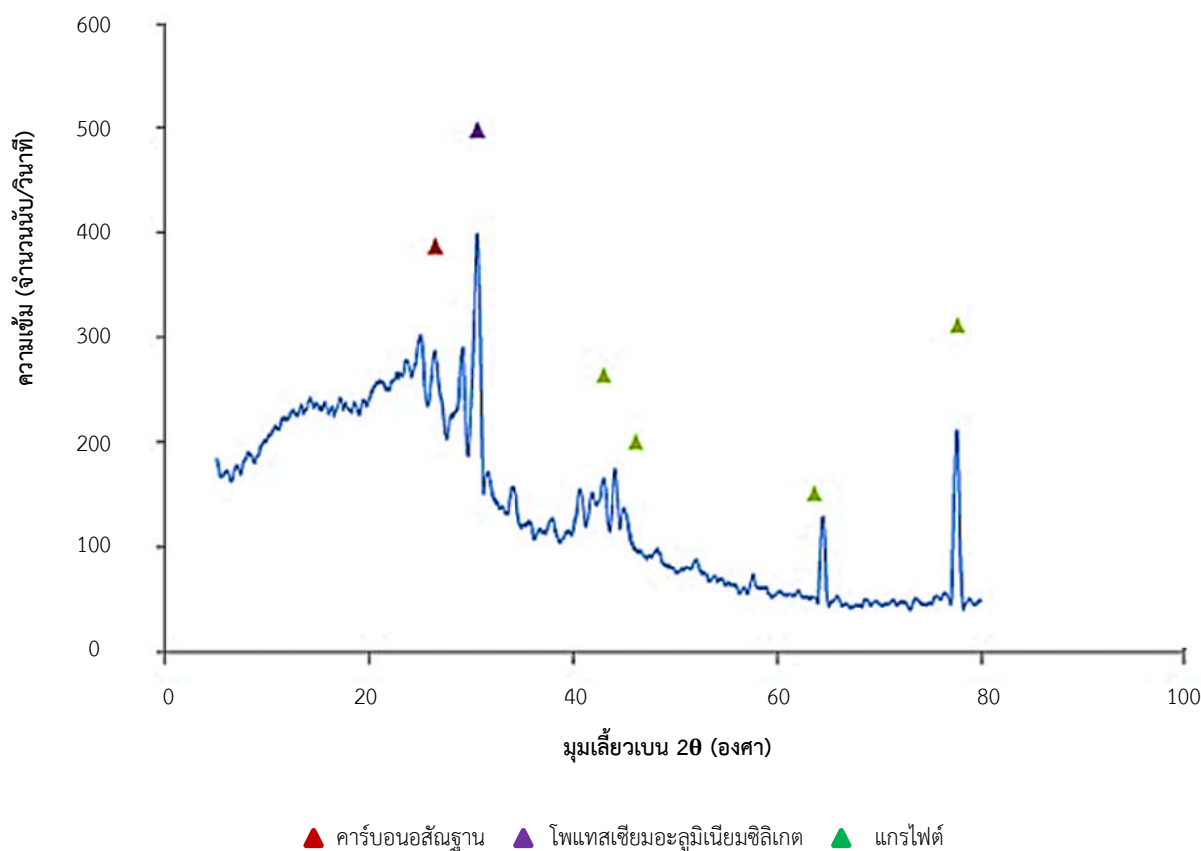
หมายเหตุ Au คือ ธาตุทองที่เคลือบผิวชิ้นงานเพื่อให้เกิดการนำไฟฟ้า



ภาพที่ 6 องค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่ได้จากเครื่อง EDS

จากตารางที่ 1 และภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนด้วยเครื่อง EDS พบว่า มีคาร์บอน ร้อยละ 62.72 ออกซิเจน ร้อยละ 27.70 โพแทสเซียม ร้อยละ 8.03 แมกนีเซียม ร้อยละ 1.02 และแคลเซียม ร้อยละ 0.52 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ M. Ahmedna *et al.* [13] ซึ่งกล่าวว่า ถ่านกัมมันต์ควรมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง โดยปกติสูงกว่าร้อยละ 45

4. การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (Shimadzu 6000, Cu target, $\lambda = 1.54\text{\AA}$, Japan) XRD ได้ผลการทดลอง ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนด้วยเครื่อง XRD

จากภาพที่ 7 การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนด้วยเครื่อง XRD ได้พบว่า มุมที่ทำการวัด ซึ่งเท่ากับ 2θ พบเฟส คาร์บอนอสัณฐาน ที่มุม 24° ซึ่งมีลักษณะบรอดพีค หรือมีลักษณะคล้ายภูเขา แสดงให้เห็นว่า คาร์บอนในส่วนนี้ยังไม่ได้เปลี่ยนเฟสกลายเป็นผลึก และพบแกรไฟต์ ที่มุม 42° , 45° , 65° และ 78° ซึ่งมีโครงสร้างผลึกแบบ รอมโบอีตรอล นอกจากนั้น ยังพบโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซิลิเกต ที่มุม 30° ซึ่งสอดคล้องกับ Kumar *et al.* [19] ที่การจัดเรียงตัวของคาร์บอนอะตอมส่วนใหญ่เป็นอสัณฐานที่มุม 24° และ 43° ซึ่งเป็นโครงสร้างของคาร์บอนกัมมันต์ จากภาพที่ 7 ยังพบลักษณะของพีคที่เกิดขึ้นมีฐานพีคกลางและยอดพีคไม่สูงแหลม ซึ่งทำให้คาร์บอนมีการจัดเรียงตัวเป็นอสัณฐาน มีโครงสร้างเกาะกันไม่เป็นระเบียบ สามารถอธิบายได้ว่า ระหว่างกระบวนการให้ความร้อนเกิดการการจัดเรียงตัวของคาร์บอนเป็นชั้นระนาบของแกรไฟต์ และในระหว่างการคาร์บอนไนซนั้น มีการกระจายตัวของโครงสร้างแกรไฟต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยใน [20] ซึ่งกล่าวว่า การให้ความร้อนที่สูงขึ้นของการคาร์บอนไนซ์และการกักกัมมันต์นั้น ทำให้มีผลึกขนาดเล็กของแกรไฟต์ ซึ่งมีความสมบูรณ์ขึ้นและส่งผลต่อพื้นที่ผิวจำเพาะที่ดีขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากการผลิตเยื่อกระดาษจากใบอ้อยเป็นสารกักกัมมันต์นั้น พบว่า จากการศึกษาด้วยเครื่อง EDS เพื่อหาองค์ประกอบธาตุของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน พบว่า มีคาร์บอน ร้อยละ 62.72 เป็นธาตุหลัก รองลงมา ได้แก่ ออกซิเจน ร้อยละ 27.70 โพแทสเซียม ร้อยละ 8.03 จากการศึกษาด้วยเครื่อง XRD เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของถ่านกัม-

มันต์จากเปลือกทุเรียน พบเฟสคาร์บอนอสัณฐาน แกรไฟต์ และโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซิลิเกต และผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่อง SEM พบว่า โครงสร้างจุลภาคถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนมีขนาดรูพรุนอยู่ในช่วง 8-10 μm และเมื่อเพิ่มกำลังขยายขึ้น พบว่า มีรูพรุนขนาดเล็ก ๆ 2-5 μm แทรกอยู่ในรูพรุนใหญ่ และผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิคการดูดซับด้วยก๊าซ พบว่า ถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนมีพื้นที่ผิวจำเพาะ 682.42 ตารางเมตร/กรัม

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัญพิสิษฐ์ พวงจิก, “ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*, ปีที่ 23, ฉ. 6 (พิเศษ), น. 945-954, 2558.
- [2] J. Hayashi, A. Kazezaya, K. Muromiya and A. P. Watkinson, “Preparation of activated carbon from lignin by chemical activation,” *Carbon*, vol. 38, no. 13, pp. 1873-1878, 2000.
- [3] P. Jutakradsada, C. Prajaksud, L. Kuboonya-Aruk, S. Theerakulpisut and K. Kamwilaisak, “Adsorption characteristics of activated carbon prepared from spent ground coffee,” *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 18, no. 3, pp. 639-645, 2016.
- [4] K. Fu, Q. Yue, B. Gao, Y. Sun and L. Zhu, “Preparation, characterization and application of lignin-based activated carbon from black liquor lignin by steam activation,” *Chemical Engineering Journal*, vol. 228, pp. 1074-1082, 2013.
- [5] A. Aworn, P. Thiravetyan and W. Nakbanpote, “Preparation of CO₂ activated carbon from corncob for monoethylene glycol adsorption,” *Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 333, pp. 19-25, 2009.
- [6] D. Prahas, Y. Kartika, N. Indraswati and S. Ismadji, “Activated carbon from jackfruit peel waste by H₃PO₄ chemical activation: Pore structure and surface chemistry characterization,” *Chemical Engineering Journal*, vol. 140, no. 13, pp. 32-42, 2008.
- [7] I. C. Kantarli and J. Yanik, “Activated carbon from leather shaving wastes and its application in removal of toxic materials,” *Journal of Materials*, vol. 179, pp. 348-356, 2010.
- [8] T. H. Liou and S. J. Wu, “Characteristics of microporous/mesoporous carbons prepared from rice husk under base-and acid-treated conditions,” *Journal of Materials*, vol. 172, pp. 693-698, 2009.
- [9] จิราภรณ์ ธรรมศรี, “การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้โซเดียมคลอไรด์,” *รายงานการวิจัย*, สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2545.
- [10] K. L. Van and T. T. L. Thi, “Activated carbon derived from rice husk by NaOH Activation and its application in supercapacitor,” *Progress in Natural Science: Materials International*, vol. 24, pp. 191-198, 2014.
- [11] D. Kalderis, D. Koutoulakis, P. Paraskeva, E. Diamadopoulos, E. Ota, J. O. del Valle and C. Fernandez-Pereira, “Adsorption of polluting substances on activated carbons prepared from rice husk and sugarcane bagasse,” *Chemical Engineering Journal*, vol. 144, no. 1, pp. 42-50, 2008.
- [12] Y. B. Tong, Q. Liu and F. Chen, “Preparation and characterization of activated carbon from waste ramulus mori,” *Chemical Engineering Journal*, vol. 203, pp. 19-24, 2012.
- [13] M. Ahmedna, W. E. Marshall and R. M. Rao, “Production of granular activated carbon from select

- agricultural by product and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties,” *Bioresource Technology*, vol. 71, no. 2, pp. 113-123, 2000.
- [14] H. Saygili, F. Güzel and Y. Önal, “Conversion of grape industrial processing waste to activated carbon sorbent and its performance in cationic and anionic dyes adsorption,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 93, pp. 84–93, 2015.
- [15] O. Ioannidou and A. Zabaniotou, “Agricultural residues as precursors for activated carbon production – A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 1, pp. 1966–2005, 2007.
- [16] D. Ayhan, “Determination of calorific values of bio-chars and pyro-oils from pyrolysis of beech Trunkbarks,” *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 72, pp. 215–219, 2004.
- [17] Y. Sun and P. A. Webley, “Preparation of activated carbons from corncob with large specific surface area by a variety of chemical activators and their application in gas storage,” *Chemical Engineering Journal*, vol. 162, pp. 883–892, 2010.
- [18] อธิติธ โพธิ์ตันติมงคล, “ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยการกระตุ้นทางเคมีเพื่อการประยุกต์ใช้กำจัดสารมลพิษในน้ำ,” *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, ปีที่ 8, ฉ. 1, น. 196-214, 2560
- [19] A. Kumar and H. M. Jena, “High surface area microporous activated carbons prepared from Fox nut (*Euryale ferox*) shell by zinc chloride activation,” *Applied Surface Science*, vol. 356, pp. 753-761, 2015
- [20] C. C. Small, Z. Hashisho and A. C. Ulrich, “Preparation and characterization of activated carbon from oil sands coke,” *Fuel*, vol. 92, pp. 69-76, 2012.