



รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยใช้การ
กระตุ้นด้วยไอน้ำ

Production of activated carbon from rubber seed shell using steam
activation

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไชยยันต์ ไชยยะ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2551

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

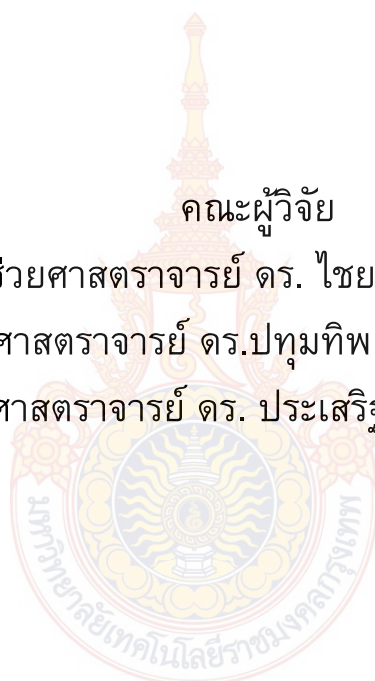
รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยใช้การ
กระตุ้นด้วยไอน้ำ

Production of activated carbon from rubber seed shell using steam
activation

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไชยยันต์ ไชยยะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ



โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2551
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทคัดย่อ

การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยใช้ไอน้ำ ถูกแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การคาร์โบไนซ์ และการกระตุ้นด้วยไอน้ำ การคาร์โบไนซ์เปลือกเมล็ดยางพาราประกอบการแปรผิวนอุณหภูมิ 400, 500 และ 600°C เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง จากนั้นทดสอบพื้นที่ผิวของถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas sorption analyzer พบว่าถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราที่มีพื้นที่ผิวสูงสุด คือ 426.0 m²/g ที่ภาวะอุณหภูมิ 600°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นถ่านดังกล่าวนี้กระตุ้นด้วยไอน้ำ โดยอัตราไหลไอน้ำ 55.56 cm³/min ด้วยการแปรผิวนอุณหภูมิ 700, 800 และ 900°C เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าผลได้ (yield) การผลิตสูงสุดของถ่านกัมมันต์ คือ 99.98 % ที่ภาวะการกระตุ้น 700°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวสูงสุดคือ 633.1 m²/g ที่ภาวะการกระตุ้น 900°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนเฉลี่ยของถ่านกัมมันต์อยู่ในช่วงเมโซพอร์ (mesopore) คือ 2.3-2.9 nm



ABSTRACT

The production of activated carbon from rubber seed shell using steam activation contained two steps which were carbonization and steam activation. Rubber seed shell was carbonized by varied temperature as 400, 500 and 600°C at time 1, 2 and 3 h. The gas sorption analyzer results showed that the highest surface area of carbon was 426.0 m²/g, at the temperature of 600°C for 3 h. Then, carbon was activated at 55.56 cm³/min of steam flow rate by varied temperature as 700, 800 and 900°C at time 1, 2 and 3 h. The results showed that the highest yield of activated carbon was 99.98 % at the condition of temperature 700°C for 1 h. While, the highest surface area was 633.1 m²/g at the condition of 900°C for 3 h. In addition, the average pore diameter of activated carbon played a role in mesopore range as 2.3-2.9 nm.



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดินปี 2551 ในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ค
ABSTRACT	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 ถ่านกัมมันต์	3
2.2 เปลือกเมล็ดยางพารา	10
บทที่ 3 วิธีการทำวิจัย	
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	14
3.2 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์	15
3.3 การทดสอบสมบัติถ่านกัมมันต์	17
บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	
4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกเมล็ดยางพารา ด้วยวิธี Proximate Analysis	18
4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาการคาร์โบไนซ์ที่มีผลต่อผลได้ (yield) ลักษณะพื้นผิว และพื้นที่ผิวของถ่านเปลือกเมล็ดยางพารา	18
4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลากระตุ้นที่มีผลต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ จากเปลือกเมล็ดยางพารา	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 ผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกเมล็ดยางพารา	27
5.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาการโม่ไนซ์ที่มีต่อผลได้ และพื้นที่ผิว ของถ่านเปลือกเมล็ดยางพารา	27
5.3 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการกระตุ้นที่มีต่อผลได้ และพื้นที่ผิว ของถ่านกัมมันต์	27
5.4 ข้อเสนอแนะ	27
บรรณานุกรม	28
ประวัติคณะวิจัย	30



สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

4.1 Proximate analysis

18



สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของกราฟไฟต์	3
2.2 โครงสร้างของถ่านกัมมันต์	4
2.3 ลักษณะของเปลือกเมล็ดยางพารา	11
3.1 ลักษณะของเปลือกเมล็ดยางพาราที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำให้เป็นถ่าน	15
3.2 ลักษณะของถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำ	17
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและผลได้ของถ่านเปลือกเมล็ดยางพารา ที่อุณหภูมิต่างๆ	19
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและพื้นที่ผิวของถ่านเปลือกเมล็ดยางพารา ที่อุณหภูมิต่างๆ	20
4.3 ถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราที่อุณหภูมิ 600°C เวลา 3 ชั่วโมง กำลังขยาย 500 เท่า และ 2,500 เท่า	21
4.4 ผลของเวลากระตุ้นที่มีต่อผลได้ของถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิต่างๆ	22
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากระตุ้นและพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ ที่อุณหภูมิต่างๆ	23
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากระตุ้นและปริมาตรรูพรุนของถ่านกัมมันต์ ที่อุณหภูมิต่างๆ	24
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากระตุ้นและขนาดรูพรุนเฉลี่ยของถ่านกัมมันต์ ที่อุณหภูมิต่างๆ	25
4.8 ลักษณะรูพรุนที่สภาวะอุณหภูมิ 700°C เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง	25
4.9 ลักษณะรูพรุนที่สภาวะอุณหภูมิ 800°C เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง	26
4.10 ลักษณะรูพรุนที่สภาวะอุณหภูมิ 900°C เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง	26
4.11 ลักษณะรูพรุนที่สภาวะอุณหภูมิ 900°C เวลา 3 ชั่วโมง กำลังขยาย 500 เท่า และ 2,500 เท่า	27
4.11 ลักษณะรูพรุนที่สภาวะอุณหภูมิ 800°C เวลา 3 ชั่วโมง กำลังขยาย 500 เท่า และ 2,500 เท่า	27

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุหนึ่งที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน ส่วนของกระบวนการแยกสาร เช่น การบำบัดของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Water treatment) การดูดซับ (Adsorption) และการกรอง (Filtration) เป็นต้น ซึ่งโดยปกติแล้วในประเทศไทย เรา สามารถผลิตถ่านกัมมันต์ได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยเฉพาะวัสดุที่มีองค์ประกอบเป็น คาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ปริมาณมาก จะสามารถทำให้ผลิตถ่านกัมมันต์ที่มีความแข็งแรงและ พื้นที่ผิวสูง ซึ่งในปัจจุบันวัสดุที่นิยมถูกนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ คือ กะลามะพร้าว ไม้ยูคาลิปตัส หรือไม้เนื้อแข็งทั่วไป เป็นต้น โดยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากวัสดุดังกล่าวมีแนวโน้มของลักษณะ โครงสร้างเป็นรูพรุนขนาดเล็ก (Micropore) กล่าวคือ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนเฉลี่ยประมาณ 2 นาโนเมตร หรือน้อยกว่า ซึ่งเหมาะกับกระบวนการดูดซับสารที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก เช่น สารละลาย โลหะหนัก ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น แต่เนื่องจากวัตถุดิบเหล่านี้จะสามารถถูก ป้อนเข้ากระบวนการผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ในบางช่วงเวลาของแต่ละปีเท่านั้น ขึ้นอยู่กับช่วงเวลา เก็บเกี่ยวของพืชชนิดนั้นๆ ดังนั้นการหาวัสดุทางการเกษตรอื่นๆ มาช่วยเป็นวัสดุเสริมในการผลิต ถ่านกัมมันต์ จึงถูกให้ความสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เปลือกนอกของเมล็ดยางพารา (Rubber seed shell) ซึ่งมีความหนาของชั้นเปลือกต่ำกว่ากะลามะพร้าว แต่โดยทางกายภาพแล้วมีความแข็งแรง คล้ายคลึงกับกะลามะพร้าว นอกจากนี้ ในปัจจุบันยังมีการปลูกต้นยางพารากันอย่างแพร่หลาย ในทั่ว ทุกภาคของประเทศไทย ทำให้ประเทศไทยติดอันดับประเทศที่ปลูกยางพาราอันดับต้นๆ ในโลก เนื่องจาก การที่เราสามารถนำส่วนประกอบต่างๆ ของต้นยางพารามาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น เป็นส่วนประกอบของรถยนต์ ชิ้นส่วนยางในอุตสาหกรรม เฟอร์นิเจอร์ หรือ อุปกรณ์ใช้สอย ภายในบ้าน เป็นต้น ในส่วนที่เป็นเมล็ดผู้วิจัยพบว่า ยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์กันแพร่หลายนัก ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาองค์ประกอบทั้งทางกายภาพ และเคมีของเปลือก เมล็ดยางพารา ทั้งก่อนและแปรรูปเป็นถ่านกัมมันต์ และทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับ เพื่อ เปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์เชิงอุตสาหกรรม อันจะได้มาซึ่งองค์ความรู้ใหม่ๆ ในการใช้ประโยชน์วัสดุ ธรรมชาติที่มีภายในประเทศไทยได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งผู้วิจัยจะใช้ระบบฟลูอิดาเซชันไอน้ำ เป็น ขั้นตอนการกระตุ้นเพื่อผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ในงานวิจัยนี้ ซึ่งจะทำให้ได้ ถ่านกัมมันต์ที่สะอาดและไม่ มีสารเคมีตกค้าง และลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพารา
- 1.2.2 เพื่อศึกษาตัวแปรการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์โดยใช้ฟลูอิดเซชันไอน้ำ เช่น อัตราการป้อนไอน้ำ อุณหภูมิคาร์บอนไนซ์ เวลาคาร์บอนไนซ์ อุณหภูมิกระตุ้น และเวลาในการกระตุ้น
- 1.2.3 เพื่อทดสอบสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ เช่น ค่าพื้นที่ผิว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนเฉลี่ย และ หมู่หน้าที่ทางเคมี เป็นต้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 สร้างชุดการกระตุ้นถ่านแบบฟลูอิดเซชันไอน้ำ
- 1.3.2 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ เช่น อัตราการป้อนไอน้ำ อุณหภูมิคาร์บอนไนซ์ เวลาคาร์บอนไนซ์ อุณหภูมิกระตุ้น และเวลาในการกระตุ้น
- 1.3.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้โดยเครื่องวิเคราะห์การดูดซับด้วยแก๊ส (Gas sorption analyzer) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาแปรรูปให้เกิดมูลค่า
- 1.4.2 สามารถนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ต่อกระบวนการอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ได้

บทที่ 2

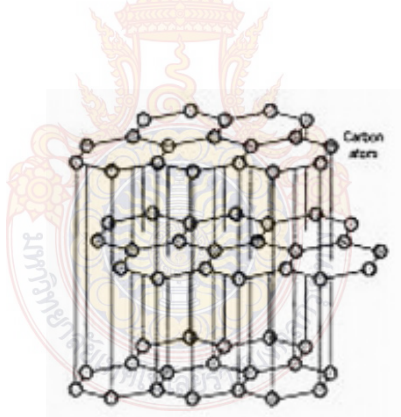
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)

ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่สังเคราะห์ขึ้นด้วยกระบวนการพิเศษ เพื่อให้เกิดรูพรุนและพื้นที่ผิวสัมผัสจำนวนมาก โดยทั่วไปถ่านกัมมันต์จะมีพื้นที่ผิวสัมผัสประมาณ $600-2,000 \text{ m}^2/\text{g}$ รูพรุน (Pores) ของถ่านกัมมันต์มีขนาดอยู่ระหว่าง $20-20,000 \text{ \AA}$ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์มีหลายชนิด ได้แก่ ไม้ กะลามะพร้าว ถ่านหิน กระดุก ชีเลื้อย กากเมล็ดกาแฟ เปลือกของผลไม้บางชนิด เป็นต้น ถ่านกัมมันต์ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบต่างกันจะมีคุณภาพแตกต่างกัน

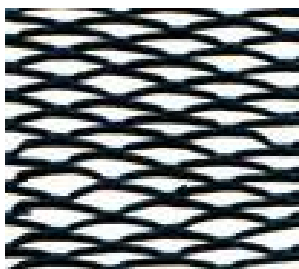
2.1.1 โครงสร้างผลึกของถ่านกัมมันต์

จากการศึกษาถ่านกัมมันต์ที่ผ่านมาพบว่า มีโครงสร้างเป็นกลุ่มของคาร์บอนมีลักษณะคล้ายกราไฟต์ (Graphite) แต่แตกต่างกันที่พื้นที่ผิวภายในของถ่านกัมมันต์ซึ่งมีมากมาย กราไฟต์ประกอบด้วยแผ่นชั้นที่เกิดจากอะตอมของคาร์บอน ซึ่งเรียงตัวกับแบบหกเหลี่ยมด้านเท่า (Regular hexagons) ระยะห่างระหว่างอะตอมคาร์บอนในแต่ละชั้นมีขนาด $1.42 \text{ \AA}$ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของกราไฟต์

โครงสร้างของถ่านกัมมันต์แตกต่างจากกราไฟต์ ซึ่งจะมีโครงสร้างเป็นผลึกที่เล็กมาก (Micro crystallites) ประกอบด้วยวงหกเหลี่ยมด้านเท่าของอะตอมคาร์บอนผสมกัน เส้นผ่านศูนย์กลางของชั้นคาร์บอนที่สร้างผลึกเล็กๆ มีขนาดประมาณ $150 \text{ \AA}$ และระยะทางระหว่างผลึกเล็กๆนี้มีค่าระหว่าง $20-50 \text{ \AA}$ (สกล ศิริรัตน์. 2546: 20) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของถ่านกัมมันต์

2.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ส่วนใหญ่ได้จากธรรมชาติ เช่น เมล็ดหรือเปลือกของพืช วัตถุดิบที่ดีควรมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูง วัตถุดิบที่นิยมใช้ผลิตถ่านกัมมันต์สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ

2.1.2.1 วัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูง มีองค์ประกอบคาร์บอนสูงกว่า 60 % เป็นวัตถุดิบที่ถูกเผาโดยธรรมชาติหรือเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผา ได้แก่ ถ่านหินแอนทราไซต์ (Anthracite) บิทูมินัส (Bituminous) ซับบิทูมินัส (Sub-bituminous) และลิกไนต์ (Lignite) เป็นต้น วัตถุดิบเหล่านี้สามารถทำการเผากระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ได้เลย หรืออาจทำการเผาถ่าน วัตถุดิบที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อไล่ความชื้นออก

2.1.2.2 วัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบต่ำ ส่วนใหญ่เป็นส่วนประกอบของพืช ได้แก่ ไม้ เปลือกของไม้ กะลามะพร้าว เมล็ดของผลไม้ หรืออาจเป็นพวงพลาสติคและหนังสือตัว วัตถุดิบกลุ่มนี้มีราคาต่ำและมีปริมาณมาก แต่ต้องผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่านก่อนนำมากระตุ้น จึงจะได้ถ่านกัมมันต์ที่ดี

2.1.3 กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์

โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

2.1.3.1 การทำให้ได้ขนาด (Granulation)

เป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบให้มีขนาดที่เหมาะสม โดยเฉพาะในการผลิต ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด หรือกรณีที่ใช้วัตถุดิบซึ่งมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูง เมื่อนำวัตถุดิบมาบด และคัดขนาดจนได้ขนาดตามต้องการแล้ว ส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดที่ต้องการจะนำไปผลิตเป็น ถ่านกัมมันต์ชนิดผง หรืออัดเป็นแท่งสำหรับใช้ในถังปฏิกรณ์ การคัดขนาดก่อนการเผากระตุ้นที่ อุณหภูมิสูงนี้เหมาะสำหรับวัตถุดิบที่มีการหดตัวน้อยได้แก่ ถ่านหิน กะลามะพร้าว และเปลือก วอลนัท เป็นต้น ถ้าวัตถุดิบมีการหดตัวสูงควรนำไปเผาให้เป็นถ่านก่อนแล้วจึงทำการคัดขนาดต่อไป

2.1.3.2 การทำให้เป็นถ่าน (Carbonization)

เป็นขั้นตอนการเผาไล่ธาตุอื่นๆ ที่ไม่ใช่คาร์บอนในวัตถุดิบออกไป ถ่านที่ได้จะมีปริมาณของคาร์บอนสูงขึ้น โดยทำการเผาภายใต้ภาวะออกซิเจนต่ำหรือไร้ออกซิเจน ด้วยความร้อนประมาณ $300-600^{\circ}\text{C}$ สารที่สลายตัวส่วนใหญ่เป็นสารที่ไม่ใช่ธาตุคาร์บอน ได้แก่ ธาตุไฮโดรเจน ธาตุออกซิเจน ที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุดิบ แต่คาร์บอนบางส่วนจะเกิดการเผาไหม้ได้เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอื่นๆ ซึ่งสลายตัวในขณะที่เผาให้เป็นถ่านด้วย เช่น เมทานอล กรดน้ำส้ม และน้ำมันดิบ เป็นต้น ในช่วงแรกของการเผา ไอน้ำจะระเหยออกไป วัตถุดิบจึงแห้งขึ้น จนกระทั่งอุณหภูมิสูงถึง 170°C สารอินทรีย์บางส่วนจะสลายตัวพร้อมกับการเกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และกรดน้ำส้ม ที่อุณหภูมิ $270-290^{\circ}\text{C}$ จะเกิดการเผาสลายสารอินทรีย์และเกิดความร้อนขึ้นด้วย ในช่วงนี้จะเกิดน้ำมันดิน เมทานอล และสารประกอบอื่นๆ ขึ้นมากมาย และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 300°C ก็จะเป็นถ่าน กล่าวคือเนื้อของวัตถุดิบจะเปลี่ยนเป็นสีดำ แต่ยังคงมีสารอื่นๆ ปนอยู่ ทำให้ได้ถ่านที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งเรียกว่า หัวถ่าน แต่ถ้าทำการเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 600°C พบว่าถ่านที่ได้จะสูญเสียน้ำหนักคาร์บอนมากเกินไป ดังนั้นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำให้เป็นถ่าน จะอยู่ระหว่าง $300-600^{\circ}\text{C}$ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ แต่อย่างไรก็ตามถ่านที่ผลิตได้ยังมีความสามารถในการดูดซับต่ำมาก เพราะการทำให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิ $300-600^{\circ}\text{C}$ เท่านั้น จึงยังคงมีน้ำมันดิบ (Tar) ตกค้างอยู่ในรูพรุน หรือเกาะอยู่ที่ผิวของถ่าน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการเผากระตุ้นถ่านที่ได้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับต่อไป

ถ่านที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะดังนี้

- มีสีดำ (Uniformly black)
- มีลักษณะแข็งแรงแรง ไม่แตกหักง่าย
- เมื่อหักดู ส่วนที่หักจะมีผิวที่มันเงา (Shiny surface)
- ปลายที่หักมีลักษณะแหลมคม (Sharp)
- เมื่อเคาะหรือตกระแทกพื้น ต้องมีเสียงดังกังวานคล้ายโลหะ
- ปราศจากฝุ่นผง ไม่มีขี้เถ้าและส่วนที่ยังไม่เป็นถ่านติดอยู่
- มีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่มาก มีความชื้นน้อย

2.1.3.3 การเผากระตุ้น (Activation)

การเผากระตุ้นเป็นขั้นตอนที่ทำให้ถ่านมีความพรุนมากขึ้นและช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสจำเพาะ เป็นการกำจัดน้ำมันดินให้หลุดออกจากถ่าน ทำให้พื้นที่ผิวของถ่านมีอะตอม

1) การกระตุ้นทางกายภาพ (Physical activation)

กระบวนการนี้ใช้แก๊สที่เป็นตัวออกซิไดซ์ (Oxidizing gas) เช่น ไอน้ำ อากาศ หรือคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อออกซิไดซ์น้ำมันดิน อะตอมของคาร์บอนในโครงสร้างผลึกของถ่าน ทำให้ถ่านมีรูพรุนกว้างขึ้น มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้นตามภาวะการกระตุ้นจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแก๊สที่ใช้เป็นตัวกระตุ้น ข้อดีของการกระตุ้นทางกายภาพคือ สามารถนำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นแล้วไปใช้งานได้ทันที และไม่มีปัญหาในการล้างสารเคมีตกค้างที่อาจเป็นอันตราย แต่มีข้อเสีย คือ ต้องใช้อุณหภูมิในการเผาไหม้ค่อนข้างสูงกว่าวิธีการกระตุ้นด้วยสารเคมีเช่น การกระตุ้นด้วยไอน้ำจะต้องใช้ไอน้ำยิ่งยวด ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแต่รูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นทางกายภาพจะมีขนาดเล็กกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตด้วยวิธีการทางเคมี กล่าวคือส่วนใหญ่เป็นรูพรุนที่มีขนาดเล็ก ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ดูดกลืนไอ หรือแก๊สพิษ

ก. การกระตุ้นด้วยไอน้ำ (Steam activation)

เป็นการกระตุ้นทางกายภาพ โดยผ่านไอน้ำร้อนยิ่งยวดเข้าไปในถ่าน และทำการเผาที่อุณหภูมิ $950-1,100^{\circ}\text{C}$ ภายใต้ภาวะอับอากาศหรือมีอากาศน้อยที่สุด โดยใช้เวลาและความดันที่เหมาะสม ขณะที่ถ่านสัมผัสกับไอน้ำ จะเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic reaction) ดังนี้



กลไกของปฏิกิริยาแสดงได้ดังนี้



แก๊สไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะหลุดออกไปจากผิวถ่าน ทำให้เกิดเป็นรูพรุน แต่แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ส่วนใหญ่จะทำปฏิกิริยาเกิดเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอน ดังสมการ

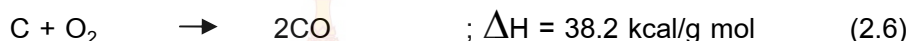


ในระหว่างการเผากระถุน ถ่านจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระถุนด้วยไอน้ำ จะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบประมาณ 97-98 % และยังคงมีรูปร่างเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของรูพรุนที่เกิดขึ้นหลังการกระถุน ได้แก่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของถ่านในระหว่างการกระถุน ชนิดของวัตถุดิบและวิธีการเผาให้เป็นถ่าน ข้อดีของการกระถุนด้วยไอน้ำคือ สามารถนำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระถุนไปใช้ได้เลย แต่มีข้อเสียคือต้องใช้อุณหภูมิสูงในการกระถุน ทำให้ต้องสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก

ข. การกระถุนด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

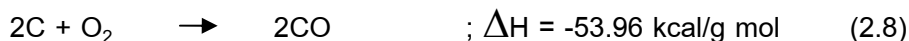
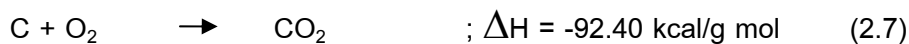
เป็นการกระถุนโดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวออกซิไดซ์ เกิดปฏิกิริยาดูดความร้อนขึ้นดังนี้



จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยานี้ จำเป็นต้องใช้พลังงานความร้อนมากกว่าการกระถุนด้วยไอน้ำ จึงต้องใช้ อุณหภูมิสูงประมาณ $1,000-1,200^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิที่ใช้ในการกระถุนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของ วัตถุดิบ ในทางปฏิบัตินิยมใช้แก๊สเชื้อเพลิงเผาไหม้ ซึ่งประกอบด้วยไอน้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และอาจมีออกซิเจนส่วนเกินบ้างเล็กน้อย หรืออาจจะมีการเติมไอน้ำเข้าไปด้วย ซึ่งเป็นการกระถุน โดยวิธีร่วม ถ้าไม่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาร่วมจะใช้แก๊สไนโตรเจน

ค. การกระถุนด้วยอากาศ

เป็นการกระถุนโดยใช้ออกซิเจนในอากาศ เป็นตัวออกซิไดซ์คาร์บอน ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เกิดปฏิกิริยาคายความร้อน ดังนี้



การใช้อากาศในการกระถุนมีการใช้น้อยมาก ทั้งนี้เพราะควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในภาวะที่ต้องการได้ ยากกว่าปฏิกิริยาดูดความร้อน นอกจากนั้นออกซิเจนยังทำให้ผิวของถ่านไหม้ เกิดการสูญเสียเนื้อ ถ่านมาก จึงได้ถ่านกัมมันต์น้อยมาก

ง. การกระถุนด้วยแก๊สไอเสีย

ในแก๊สไอเสียจะมีแก๊สที่มีคุณสมบัติในการกระถุนถ่านให้เป็นถ่านกัมมันต์ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สออกซิเจนที่เหลืออยู่และไอน้ำ การกระถุนด้วยแก๊สไอเสียนี้

2) การกระตุ้นด้วยสารเคมี (Chemical activation)

เป็นกระบวนการกระตุ้นโดยใช้สารเคมีเป็นตัวกระตุ้น ซึ่งสารเคมีที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสารละลายกรดหรือเกลือของโลหะ เช่น กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) สังกะสีคลอไรด์ ($ZnCl_2$) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) เป็นต้น เมื่อแช่ถ่านทิ้งไว้ในสารเคมีก่อนนำมาเผากระตุ้น สารประกอบที่เหลืตกค้างบนผิวถ่านบางส่วนจะละลายออกจากถ่าน จากนั้นถ่านจะดูดซับเอาสารละลายนั้นเข้าไปแทรกตัวอยู่ตามรูพรุนบนผิวถ่าน เมื่อนำถ่านไปเผาที่อุณหภูมิสูง จะเกิดการสลายตัวของสารประกอบเหล่านี้และเปลี่ยนเป็นแก๊สระเหยออกไป ทำให้เกิดรูพรุนขึ้นมากมาย การกระตุ้นด้วยสารเคมีจะใช้อุณหภูมิต่ำกว่าการกระตุ้นทางกายภาพ ส่วนใหญ่ใช้อุณหภูมิเผากระตุ้นประมาณ $500-800^{\circ}C$ ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารละลายสังกะสีคลอไรด์ จะมีรูพรุนขนาดเล็ก (micro pores) มากกว่าการกระตุ้นโดยใช้สารเคมีอื่น แต่มีข้อเสียคือ การล้างสังกะสีคลอไรด์ที่เหลือใช้ ออกจากถ่านกัมมันต์ทำได้ยาก ต้องล้างด้วยน้ำเดือดนานกว่า 48 ชั่วโมง ดังนั้นในปัจจุบันนิยมใช้สารละลายกรดฟอสฟอริกเป็นตัวกระตุ้นแทน เนื่องจากเป็นสารที่มีความสามารถในการทำละลายสูง สามารถแทรกตัวเข้าไปในเนื้อถ่านอย่างสม่ำเสมอได้ดีกว่าสังกะสีคลอไรด์ และยังเป็นตัวออกซิแดนท์ ทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเกิดขึ้นมาก ข้อดีของการใช้สารเคมีเป็นตัวกระตุ้น คือ ใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นต่ำกว่า จึงเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงสามารถแทรกซึมลงไปยังผิวถ่านได้อย่างทั่วถึง เกิดรูพรุนในถ่านกัมมันต์มาก และลดขั้นตอนการผลิตได้มาก แต่มีข้อเสียคือ การล้างเอาสารเคมีที่ตกค้างทำได้ยาก สารเคมีที่ใช้มีราคาแพง และอาจมีแก๊สผลิตภัณฑ์ที่เป็นพิษ

2.1.4 ชนิดและคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์สามารถแบ่งออกได้หลายประเภท

2.1.4.1 แบ่งตามชนิดของกระบวนการกระตุ้น

1) ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารเคมี (Chemical activated carbons)

ถ่านกัมมันต์ชนิดนี้ใช้สารเคมีเป็นตัวกระตุ้น เช่น สังกะสีคลอไรด์ กรดฟอสฟอริก เป็นถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนชนิดเมโซพอร์และมาโครพอร์

2) ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นทางกายภาพ (Physical activated carbons)

ถ่านกัมมันต์ที่ใช้แก๊สออกซิไดซ์เป็นตัวกระตุ้น เช่น ไอ้ น้ำ แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ ถ่านกัมมันต์นี้มีขนาดรูพรุนชนิดไมโครพอร์เป็นจำนวนมาก นิยมใช้ในการดูด แก๊สและไอระเหย

2.1.4.2 แบ่งตามขนาดรูพรุนบนผิวของถ่านกัมมันต์

- 1) ถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนไมโครพอร์อยู่มาก เป็นถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนเล็กกว่า 1 นาโนเมตร นิยมใช้ในการดูดซับแก๊สและไอระเหย
- 2) ถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนเมโซพอร์อยู่มาก เป็นถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนตั้งแต่ 1 ถึง 25 นาโนเมตร มักนำไปใช้ประโยชน์ในงานที่หลากหลายทั่วไป เช่น ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือใช้ในการดูดซับของเสียจากสารละลาย
- 3) ถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนมาโครพอร์อยู่มาก เป็นถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนมากกว่า 25 นาโนเมตร มักนิยมใช้ประโยชน์ในการฟอกสีและผลิตยา

2.1.4.3 แบ่งตามความหนาแน่นของถ่านกัมมันต์

- 1) ถ่านกัมมันต์ที่มีความหนาแน่นต่ำ ถ่านกัมมันต์ชนิดนี้มักใช้ประโยชน์ใน ภาวะที่เป็นสารละลาย เช่น ใช้ในการฟอกสีน้ำตาลดิบ หรือการทำน้ำให้บริสุทธิ์
- 2) ถ่านกัมมันต์ที่มีความหนาแน่นสูง ถ่านกัมมันต์ชนิดนี้มักใช้ในการดูดแก๊ส หรือไอระเหย

2.1.4.4 แบ่งตามชนิดของสารที่ถูกดูดซับ

- 1) ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับแก๊ส (Gas absorbent activated carbon) โดยมาก ใช้การทำแก๊สให้บริสุทธิ์ เช่น การดูดซับไอของตัวทำละลายแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ การแยกแก๊สหรือ การนำไปใส่กันกรองของบูหรี่
- 2) ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับของเหลว (Liquid absorbent activated carbon) โดยมากใช้กับสารฟอกสี หรือทำให้ของเหลวให้มีความบริสุทธิ์สูงขึ้น
- 3) ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับแก๊ส และถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับของเหลว มีการกระจายขนาดของรูพรุน และชนิดของรูพรุนที่แตกต่างกันถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับแก๊สจะมีรูพรุน ไมโครพอร์อยู่มากกว่าถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับของเหลว แต่มีพื้นที่ผิวสัมผัสไม่แตกต่างกัน

2.1.4.5 แบ่งตามขนาดถ่านกัมมันต์

- 1) ถ่านกัมมันต์แบบผง (Power Activated Carbon หรือ PAC) มีขนาดอยู่ ระหว่าง 10-50 ไมโครเมตรหรือน้อยกว่า ใช้มากในการบำบัดกลิ่น และดูดซับสารจากสารละลาย

2) ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด (Granular Activated Carbon หรือ GAC) มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของเม็ดทรายกรองน้ำ (240-280 ไมโครเมตร) แข็งแต่เปราะ และมีน้ำหนักเบากว่าทรายกรองน้ำ ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ดที่ใช้งานมานานจนประสิทธิภาพลดลงแล้ว สามารถนำไปทำการฟื้นฟูสภาพ (Regeneration) เพื่อให้มีอำนาจการดูดซับที่ผิวมากขึ้น และนำกลับมาใช้งานใหม่ได้

2.2 เปลือกเมล็ดยางพารา

ยางเป็นสิ่งที่ชาวพื้นเมืองในทวีปแอฟริกาและเอเชียรู้จักกันมาช้านานแล้ว จากการขุดค้นสำรวจโบราณวัตถุพบว่าการใช้ยางทำเป็นวัตถุบูชารูปต่างๆมาเป็นเวลาหลายศตวรรษ จนกระทั่งระหว่างปี พ.ศ. 2036-2039 ขณะที่ Christopher Columbus ออกเดินสำรวจทวีปอเมริกาเป็นครั้งที่สองเขาได้สังเกตพบว่าชาวเกาะซึ่งในปัจจุบันเรียกเกาะ Haiti เล่นกีฬาชนิดหนึ่งโดยใช้ลูกบอลซึ่งทำมาจากยางของต้นไม้ จึงนับว่า Columbus เป็นชาวยุโรปคนแรกที่ได้สัมผัสชั้นยางด้วยความสนใจ

ชาวยุโรปได้รู้จักยางกันอย่างกว้างขวาง และคำว่า “Rubber” ได้มาจากการนำยางไปใช้ประโยชน์ในการลบรอยดินสอ ซึ่งผู้เผยแพร่การใช้ประโยชน์ดังกล่าวนี้คือ นักเคมีผู้ซึ่งค้นพบแก๊สออกซิเจน ท่านผู้นี้คือ Joseph Priestley เมื่อปี พ.ศ. 2313 ก่อนที่จะมีการนำคำว่า Rubber มาใช้ผู้ที่เขียนเรื่องราวเกี่ยวกับยางจะใช้คำพื้นเมืองของอเมริกาใต้ โดย Charles de la Condamine เป็นคนแรกที่นำมาใช้คือคำว่า “Caotchouc” ซึ่งออกเสียง “Kow chook” มีความหมายว่าต้นไม้ร้องไห้ (Weeping wood) ในปัจจุบันคำว่า Caotchouc ใช้เป็นคำภาษาอังกฤษที่หมายถึงยางที่บริสุทธิ์ (Pure rubber hydrocarbon)

ต้นยางพาราถูกนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยตั้งแต่สมัยที่ยังใช้ชื่อว่า “สยาม” ประมาณกันว่าควรเป็นหลัง พ.ศ. 2425 ซึ่งช่วงนั้นได้มีการขยายเมล็ดกล้ายางพาราจากพันธุ์ 22 ต้น นำไปปลูกในประเทศต่างๆของทวีปเอเชีย และมีหลักฐานเด่นชัดว่า เมื่อปี พ.ศ. 2442 พระยารัษฎานุประดิษฐ์

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตยางพารามากเป็นอันดับ 1 ของโลก ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นจำนวนมากในรูปของยางแผ่นรมควัน ยางเครฟ ยางแท่งและอื่นๆ นอกเหนือจากน้ำยางพารา ซึ่งเป็นผลผลิตโดยตรงแล้ว ส่วนต่างๆ ของยางพาราก็ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ตลอดจนถึงในอุตสาหกรรมได้มากมาย เช่น ไม้ยางพารานำไปใช้ทำไม้ค้ำยัน ไม้แบบก่อสร้าง ลังไม้ เฝือกถ่าน เครื่องเรือน เยื่อกระดาษ และใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง

เปลือกเมล็ดยางพารามีสีน้ำตาลขาวคล้ายสีของเมล็ดละหุ่ง ยาวประมาณ 2-2.5 cm กว้างประมาณ 1.5-2.5 cm หนักประมาณ 3-6 g ดังรูปที่ 2.3 เมล็ดยางพาราเมื่อหล่นใหม่ๆ จะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกนั้นจะลดลงประมาณ 80 % อย่างรวดเร็วในสภาพปกติ เมล็ดยางพาราจะรักษาสมบัติความงอกไว้ได้ประมาณ 20 วันเท่านั้น



รูปที่ 2.3 ลักษณะของเปลือกเมล็ดยางพารา

โดยปกติแล้วต้นยางพาราในประเทศไทย จะให้ปริมาณผลผลิตลูกยางประมาณ 109,000 ตัน หรือ 109,000,000 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งจะมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ถูกนำมาเพาะเป็นกล้ายางต่อไป ดังนั้นจะมีปริมาณของเปลือกเมล็ดยางพาราเหลืออีกเป็นจำนวนมาก เปลือกเมล็ดยางพาราจะนำมาแปรรูปเป็น ของเล่นเด็ก พวงกุญแจ หรือของประดับในบ้าน เป็นต้น (สำนักคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ. 2545:1)

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ พบว่ามีผู้วิจัยหลายท่านได้ทำการวิจัยไว้ก่อนหน้านี้ ได้แก่

ชนิกา โสภณสิริ และคณะ ได้ศึกษาขั้นต้นสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกปาล์ม ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ อุณหภูมิและเวลาของการคาร์บอนไนเซชัน ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ถูกนำไปหาค่าประสิทธิภาพการดูดซับด้วยวิธีการหาค่า Iodine Number จากการวิจัยพบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับมากนัก แต่เวลาของการคาร์บอนไนเซชันมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับมีค่ามากขึ้น

ทวีวรรณ เกษอินทร์ และอลิษา ใจเอื้อ ได้ทดลองผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ซิงค์คลอไรด์ ตัวแปรที่ศึกษา คือ อุณหภูมิ เวลาและอัตราส่วนโดยน้ำหนักกากกาแฟและซิงค์คลอไรด์ จากการวิจัยพบว่าผลได้ของการผลิตถ่านกัมมันต์สูงสุดเท่ากับ 43.0 % ซึ่งอัตราส่วนโดยน้ำหนักกากกาแฟและซิงค์คลอไรด์เท่ากับ 1 : 1 ที่อุณหภูมิ 600°C เป็นเวลา 90 min จะให้ค่าตัวเลขไอโอดีนสูงสุดเท่ากับ 800 mg/g

นิชชรี นิลนนท์ ได้ทดลองผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้โกงกางด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอนไนซ์ คือ อุณหภูมิ 300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และทำการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 850°C เป็นเวลา 60 นาที ขนาดอนุภาค 0.6-1.2 mm โดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตราการไหล 5 l/min ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีสมบัติดังนี้ คือค่าการดูดซับไอโอดีน 675 mg/g ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 254 mg/g ความหนาแน่นปรากฏ 0.32 g/cm³ และพื้นที่ผิว 640 m²/g

พิณพิมล สิงขรวงศ์ ได้ทดลองผลิตถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย ตัวแปรที่ศึกษา คือ อุณหภูมิของปฏิกิริยาและเวลาที่ใช้ในการคาร์บอนไนซ์ และผลของปริมาณความชื้นและเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น ถ่าน จากการวิจัยพบว่า อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการคาร์บอนไนซ์ คืออุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 20 นาที ซึ่งจะให้อายุของผลผลิตประมาณ 20 % โดยน้ำหนักเริ่มต้น ส่วนในการกระตุ้น ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากถ่านที่มีความชื้น 63 % และใช้เวลาในการกระตุ้น 30 นาที จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุดเมื่อศึกษาด้วย Molasses test

วีระพงศ์ กริชพิพรรธ และสุกัญญา ศรีสถาพร ได้ทดลองผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านกะลามะพร้าวด้วยไอน้ำโดยวิธีฟลูอิดไอเซชัน ตัวแปรที่ศึกษา คือ เวลา อุณหภูมิ อัตราการไหลของไอน้ำและขนาดอนุภาคเฉลี่ยของถ่านกะลามะพร้าวเริ่มต้น โดยภาวะที่เหมาะสมในการผลิต คือ ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของถ่านกะลามะพร้าวเริ่มต้นเท่ากับ 512.5 μ m อุณหภูมิการกระตุ้น 750-800°C และอัตราการไหลของไอน้ำประมาณ 2 เท่าของความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดไดซ์เบด โดยความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดไดซ์เบดมีค่าเท่ากับ 0.2102 และ 0.9058 m/s สำหรับอนุภาคถ่านกะลามะพร้าวเท่ากับ

สุกัลยา จิตรนงค์ และโสธิญา มุ้ยแก้ว ได้ศึกษาอิทธิพลของเวลาและอุณหภูมิที่มีผลต่อถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากกาแฟในระบบฟลูอิดไอเซชันไอน้ำ ถูกแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก การคาร์โบไนเซชัน โดยตัวแปรที่ศึกษา คือ เวลาและอุณหภูมิ พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการคาร์โบไนเซชันคือ เวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ 600°C ขั้นตอนที่สอง การกระตุ้นด้วยระบบฟลูอิดไอเซชันไอน้ำ โดยศึกษาตัวแปรที่ศึกษา คือ เวลาและอุณหภูมิ จากการวิจัยพบว่าผลได้ (yield) การผลิตสูงสุดของถ่านกัมมันต์ คือ 82.57 % ที่ภาวะในการกระตุ้น 700°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พื้นที่ผิวสูงสุดคือ $1,067 \text{ m}^2/\text{g}$ ที่ภาวะในการกระตุ้น 900°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

Juan F. Gonzalez และคณะ ได้ทดลองเตรียมถ่านกัมมันต์จากยางรถยนต์โดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ วิธีการกระตุ้นแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ไพโรไลซิส ที่ 800°C ในบรรยากาศของไนโตรเจน ร่วมกับไอน้ำ หรือคาร์บอนไดออกไซด์ ผลของการกระตุ้น $750\text{-}900^{\circ}\text{C}$ และเวลาที่ใช้กระตุ้น 1-3 ชั่วโมง การทดสอบพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์โดยการดูดซับไอโซเทอมของไนโตรเจนที่ 77 K ทดสอบด้วยปริมาตรรูพรุนขนาดเมโซพอร์ ปริมาตรรูพรุนไมโครพอร์ และพื้นที่ผิวของ BET มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น โดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำจะให้รูพรุนขนาดไมโครพอร์สูงกว่า และการกระตุ้นด้วยคาร์บอนไดออกไซด์จะให้รูพรุนขนาดเมโซพอร์

บทที่ 3

วิธีการทำวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

- 3.1.1.1 ขวดเก็บตัวอย่าง (Vial)
- 3.1.1.2 เครื่องชั่ง (Balance)
- 3.1.1.3 จานเพาะเชื้อ (Peti disc)
- 3.1.1.4 ช้อนตักสาร (Spoon)
- 3.1.1.5 เดซิเคเตอร์ (Desiccators)
- 3.1.1.6 เตาเผา (Furnace)
- 3.1.1.7 เตาอบ (Oven)
- 3.1.1.8 ถ้วยทนความร้อน
- 3.1.1.9 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 mL

3.1.2 อุปกรณ์ชุดทดลองไอน้ำ

- 3.1.2.1 คอลัมน์บรรจุตัวอย่าง
- 3.1.2.2 เตาเผาจากบริษัทสวนหลวง ฮีตเตอร์ จำกัด
- 3.1.2.3 ถังน้ำ
- 3.1.2.4 ท่อสแตนเลสยาว 6 เมตร ขนาด $\varnothing$ 1/4 นิ้ว
- 3.1.2.5 ไนโตรเจนจากบริษัทไทยอินดัสเทียลแก๊ส จำกัด
- 3.1.2.6 ป้อนน้ำจากบริษัทคอนโทล จำกัด
- 3.1.2.7 หม้อไอน้ำจากบริษัทสวนหลวง ฮีตเตอร์ จำกัด
- 3.1.2.8 ลวดให้ความร้อนจากบริษัทสวนหลวง ฮีตเตอร์ จำกัด
- 3.1.2.9 Ball valve ยี่ห้อ Hylok ขนาด $\varnothing$ 1/4 นิ้ว
- 3.1.2.10 Metering valve ยี่ห้อ Swagelok ขนาด $\varnothing$ 1/4 นิ้ว
- 3.1.2.11 Tee way ยี่ห้อ Hylok $\varnothing$ 1/4 นิ้ว
- 3.1.2.12 Union ยี่ห้อ Hylok $\varnothing$ 1/4 นิ้ว

3.1.3 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.3.1 เปลือกเมล็ดยางพาราจากจังหวัด สุราษฎร์ธานี



รูปที่ 3.1 ลักษณะของเปลือกเมล็ดยางพาราที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำเป็นถ่าน

3.2 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์

3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมเปลือกเมล็ดยางพารา

3.2.1.1 เลือกและล้างเปลือกเมล็ดยางพารา

3.2.1.2 อบเปลือกเมล็ดยางพาราเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นในเดซิกเคเตอร์

3.2.1.3 บดเปลือกเมล็ดยางพาราโดยเครื่อง Cutting Machine

3.2.1.4 คัดขนาดเปลือกเมล็ดยางพาราโดยใช้ขนาดของตะแกรงเบอร์ 8 และ 10

3.2.1.5 เก็บเปลือกเมล็ดยางพาราในเดซิกเคเตอร์ เพื่อเป็นวัตถุดิบในการคาร์บอนไนซ์ และการกระตุ้น

3.2.2 ขั้นตอนการทำเปลือกเมล็ดยางพาราให้เป็นถ่าน (Carbonization)

3.2.2.1 ชั่งเปลือกเมล็ดยางพาราที่ผ่านการอบและคัดขนาดแล้วปริมาณ 60-80 g ใส่ในถ้วยทนความร้อน ปิดฝา

3.2.2.2 คาร์บอนไนซ์เปลือกเมล็ดยางพาราที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นในเดซิกเคเตอร์

3.2.2.3 ชั่งน้ำหนักถ่านหลังการคาร์บอนไนซ์และเก็บในภาชนะที่ป้องกันความชื้นได้

3.2.2.4 ทำการทดลองซ้ำในข้อ 3.2.2.1 ถึง 3.2.2.3 โดยเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 500 และ 600°C ตามลำดับ

3.2.2.5 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราที่ได้จากการคาร์โบไนซ์ทั้งหมด 9 ตัวอย่าง โดยเครื่องวิเคราะห์การดูดซับด้วยแก๊ส (Gas sorption analyzer) เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ในขั้นตอนต่อไป

3.2.2.6 หลังจากทราบภาวะที่เหมาะสมในการคาร์โบไนซ์แล้ว ก็ทำการเตรียมวัตถุดิบสำหรับการกระตุ้น โดยการคาร์โบไนซ์เปลือกเมล็ดยางพาราที่ภาวะดังกล่าวให้เพียงพอสำหรับการกระตุ้น แล้วเก็บตัวอย่างที่ได้ในเดซิกเคเตอร์

3.2.3 ขั้นตอนการกระตุ้นด้วยไอน้ำ

3.2.3.1 เตรียมชุดทดลองสำหรับการกระตุ้น

- 1) หุ้มฉนวนบริเวณที่เป็นทางผ่านของไอน้ำไปยังหอกระตุ้น
- 2) เติมน้ำลงในถังน้ำและหม้อไอน้ำให้เพียงพอ
- 3) ตรวจสอบเช็คควาล์วทุกจุด

3.2.3.2 ชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ในการกระตุ้นประมาณ 20 g

3.2.3.3 ใส่วัตถุดิบที่ชั่งน้ำหนักแล้วลงในคอลัมน์บรรจุตัวอย่างทางด้านบน แล้วปิดฝาครอบให้สนิท

3.2.3.4 เปิดสวิตช์ควบคุมการทำงานของหม้อไอน้ำ และปรับอุณหภูมิที่ 120°C หลังจากนั้นสังเกตว่าเมื่ออุณหภูมิในหม้อไอน้ำถึง 120°C ก็ปรับอุณหภูมิของฮีตเตอร์ที่ 150°C เพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิของไอน้ำเป็นไอน้ำร้อนยิ่งยวด

3.2.3.5 เปิดสวิตช์ควบคุมการทำงานของเตาเผาและปรับอุณหภูมิที่ 700°C

3.2.3.6 เริ่มทำการจับเวลาหลังจากที่อุณหภูมิถึง 700°C โดยเวลาที่ใช้คือ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง

3.2.3.7 ต้องสังเกตการทดลองตลอด และคอยเติมน้ำลงในถังน้ำและหม้อไอน้ำ เพื่อป้องกันการไหม้ของหม้อไอน้ำ และป้องกันการรั่วจากข้อต่อต่างๆได้

3.2.3.8 เมื่อทำการกระตุ้นครบเวลาที่กำหนดแล้ว ทำการปิดสวิตช์ของเตาเผา ฮีตเตอร์ หม้อไอน้ำ และเปิดแก๊สไนโตรเจน

3.2.3.9 ทิ้งเครื่องเตาเผาให้เย็นลง จึงปิดถังไนโตรเจน

3.2.3.10 ชั่งถ่านกัมมันต์ที่ได้ และเก็บในภาชนะที่สามารถป้องกันความชื้นได้จากนั้นนำไปไว้ในเดซิกเคเตอร์

3.2.3.11 ทำความสะอาดคอลัมน์บรรจุตัวอย่างเพื่อเตรียมการทดลองในครั้งต่อไป

3.2.3.12 ทำการทดลองซ้ำในข้อ 3.2.3.3 ถึง 3.2.3.10 โดยการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 800 และ 900°C



รูปที่ 3.2 ลักษณะของถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำ

3.3 การทดสอบสมบัติถ่านกัมมันต์

3.3.1 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงกายภาพของถ่านที่ผลิตได้

โดยเครื่องวิเคราะห์การดูดซับด้วยแก๊ส (Gas sorption analyzer) ยี่ห้อ Quantachrom รุ่น Autosorb-1C ที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3.2 วิเคราะห์โครงสร้างของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้

โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-6400 ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกเมล็ดยางพาราด้วยวิธี Proximate Analysis

การวิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกเมล็ดยางพารา อ้างอิงโดยวิธี ASTM D31202-31205 แสดงให้เห็นว่าเปลือกเมล็ดยางพาราประกอบไปด้วย เถ้า (Ash) 0.66 % ความชื้น (Moisture) 3.55 % สารระเหย (Volatile matter) 76.47 % และคาร์บอนคงตัว (fixed carbon) ประมาณ 19.13 % ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของสุกัลยา จิตรณรงค์ และโสธิญา มุ้ยแก้ว (2548: 37) ซึ่งผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟ พบว่ามีคาร์บอนคงตัว ที่ประมาณ 14.03 % ทำให้สามารถประเมินได้เบื้องต้นว่าผลได้ (Yield) ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพารา น่าจะมากกว่าถ่านกัมมันต์ผลิตจากกากกาแฟ เนื่องจากโดยปกติแล้วคาร์บอนคงตัว เป็นคาร์บอนที่สามารถทนการสลายตัวต่ออุณหภูมิสูงได้ ดังนั้นจึงถูกนำมาใช้เป็นดัชนีตัวหนึ่งในการช่วยประเมินปริมาณถ่านกัมมันต์ที่จะผลิตได้ของวัสดุชนิดนั้นๆ

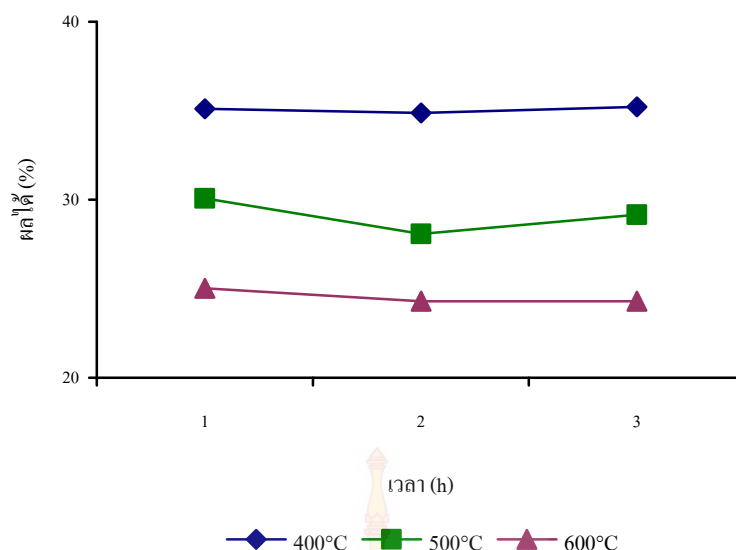
ตารางที่ 4.1 Proximate Analysis

ตัวอย่าง	ค่า PROXIMATE ANALYSIS			
	%Ash content	%Moisture	%Volatile matter	%Fixed carbon
เปลือกเมล็ดยางพารา	0.66±0.01	3.55±0.32	76.47±0.20	19.13±0.17
กากกาแฟ	0.59±0.01	5.51±0.27	79.86±0.11	14.03±0.4

4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาการคาร์โบไนซ์ที่มีผลต่อผลได้ (yield) ลักษณะพื้นผิว และพื้นที่ผิวของถ่านเปลือกเมล็ดยางพารา

4.2.1 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาการคาร์โบไนซ์ที่มีผลต่อผลได้

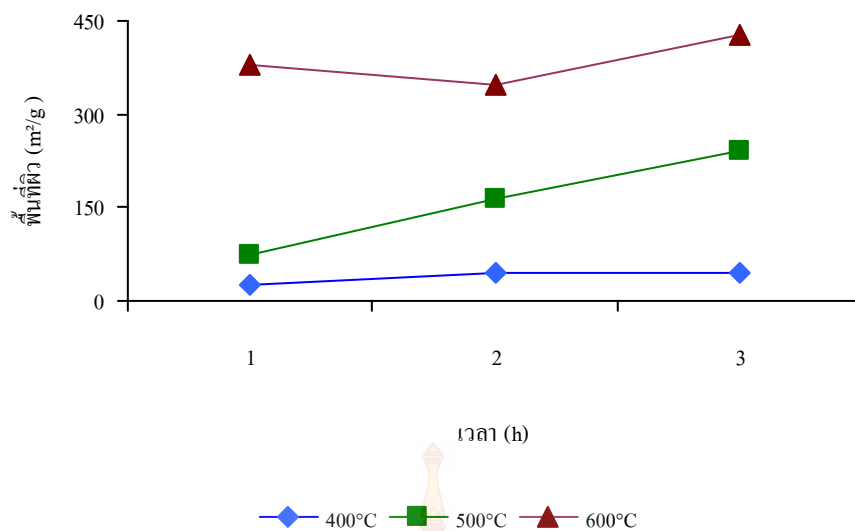
จากการคาร์โบไนซ์ที่อุณหภูมิ 400, 500 และ 600°C เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ผลการวิจัยสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 4.1 โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 400°C เวลา 1-3 ชั่วโมง ผลได้ของถ่านมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีผลต่างเพียง ± 0.33 % ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณความร้อนที่ให้แก่ระบบยังไม่เพียงพอต่อการสลายโครงสร้างของเปลือกเมล็ดยางพารา ในขณะที่อุณหภูมิ 500-600°C ผลได้มีแนวโน้มที่ลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้นจาก 1-3 ชั่วโมง ซึ่งผลได้ที่มีค่าน้อยที่สุดปรากฏที่ภาวะ 600°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะมีค่าผลได้เท่ากับ 24.29 % อย่างไรก็ตาม การพิจารณาภาวะการคาร์โบไนซ์เพื่อให้ได้ถ่านไปใช้ในกระบวนการกระตุ้นต่อไป มิได้พิจารณาเฉพาะผลได้อย่างเดียว แต่ต้องคำนึงถึงตัวแปรอื่น เช่น พื้นผิว ซึ่งจะได้นำเสนอในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและผลได้ของถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราที่อุณหภูมิต่างๆ

4.2.2 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาการคาร์โบไนซ์ที่มีผลต่อพื้นที่ผิว

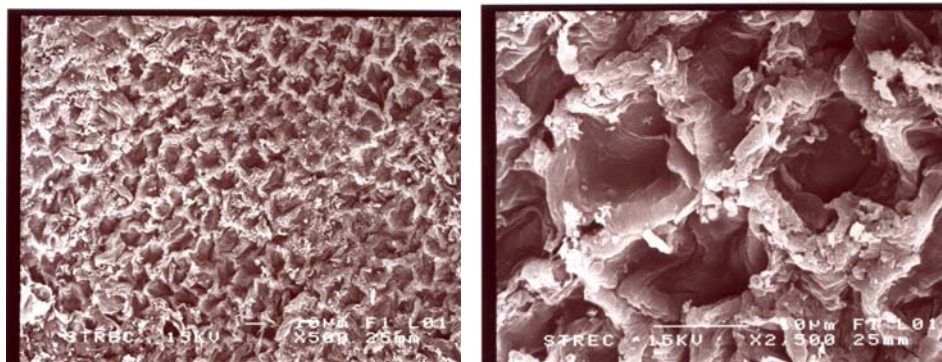
จากการแปรผันภาวะการคาร์โบไนซ์ พบว่า อุณหภูมิและเวลาที่มากขึ้น ส่งผลให้ถ่านมีพื้นที่ผิวมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas sorption analyzer ยี่ห้อ Quantachrom รุ่น Autosorb-1C พบว่าที่ภาวะ 600°C เวลา 3 ชั่วโมง ถ่านจะมีพื้นที่ผิวสูงสุด คือ 426 m²/g บ่งถึงปริมาณรูพรุนที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากการหายไปของสารระเหยที่มีอยู่ก่อนหน้านี้ถึง 76 % ทำให้คาร์บอนคงตัวที่เหลืออยู่เกิดโพรงมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณพื้นที่ผิวสูงตามไปด้วย จากการวิเคราะห์ผลในหัวข้อ 4.2.1 ทำให้ทราบว่าที่ภาวะดังกล่าวนี้มีค่าผลได้เท่ากับ 24.29 % ซึ่งเป็นค่าที่ผู้ทำการวิจัยยอมรับได้ในเชิงของการวิจัย ดังนั้นถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราที่เตรียมได้จากภาวะดังกล่าวจะถูกใช้เป็นวัตถุดิบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งเป็นการวิจัยกระตุ้นด้วยไอน้ำ



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและพื้นที่ผิวของถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราที่อุณหภูมิต่างๆ

4.2.3 อิทธิพลของการคาร์บอนไชน์ที่มีผลต่อลักษณะพื้นผิว

จากการศึกษาลักษณะพื้นผิวของถ่านเปลือกเมล็ดยางพารา โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-6400 พบว่าเมื่อผ่านการคาร์บอนไชน์แล้ว ถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราที่ภาวะอุณหภูมิ 600°C เวลา 3 ชั่วโมงมีลักษณะโครงสร้างรูพรุนเกิดขึ้น ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับก่อนการคาร์บอนไชน์ พื้นผิวของเปลือกเมล็ดยางพาราจะมีลักษณะเรียบเสมอกัน ลักษณะรูพรุนที่เกิดขึ้นนี้ มีความไม่เป็นระเบียบซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ เช่น การใช้กะลามะพร้าวหรือเปลือกมะกอก (A. Zabaniotou, 2551: 324) เป็นวัตถุดิบ จะส่งผลให้รูพรุนที่เกิดขึ้นมีความสม่ำเสมอและมีความเป็นรูพรุนอย่างชัดเจนมากขึ้น



กำลังขยาย 500 เท่า

กำลังขยาย 2,500 เท่า

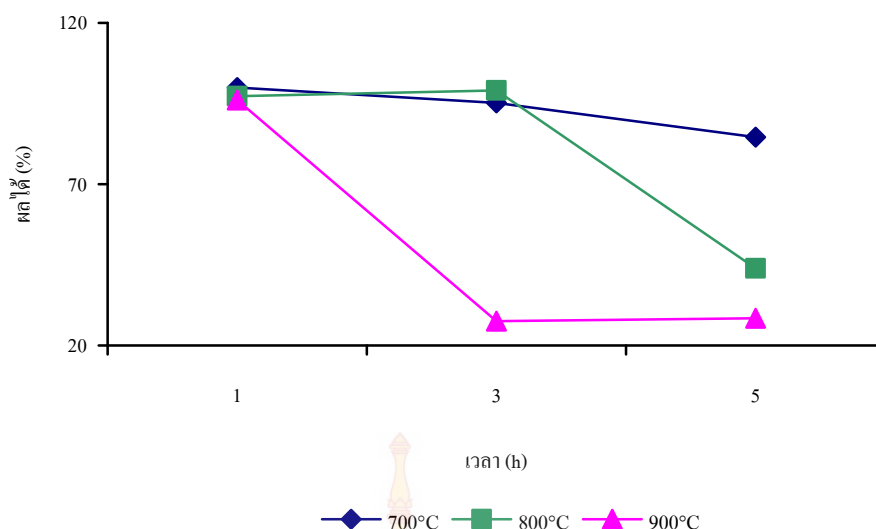
รูปที่ 4.3 ถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราที่อุณหภูมิ 600°C เวลา 3 ชั่วโมง ที่กำลังขยาย 500 เท่าและ 2,500 เท่า

4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลากระตุ้นที่มีผลต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพารา

4.3.1 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลากระตุ้นที่มีผลต่อผลได้

การวิจัยผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำจะใช้ถ่านที่คาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 600°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และกำหนดอัตราไหลของไอน้ำ 55.56 cm³/min โดยศึกษาอุณหภูมิกระตุ้นที่อุณหภูมิ 700, 800 และ 900°C เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง

พบว่าผลได้มากที่สุดของถ่านกัมมันต์คือ 99.98 g ที่อุณหภูมิ 700°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นผลได้ที่มากเป็นผลมาจากการขั้นตอนการคาร์บอนไนซ์นั้น อุณหภูมิในการเผาไปทำลายพันธะและสารระเหยออกจนหมดเหลือเพียงคาร์บอนที่คงตัวอยู่ ทำให้ผลได้ของการกระตุ้นถ่านกัมมันต์คงเหลือเกือบ 100 % แต่ผลได้ของถ่านกัมมันต์ที่ได้มีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิและเวลาในการกระตุ้น ดังแสดงตามรูปที่ 4.4 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้าซึ่งผลิตถ่านกัมมันต์จากเมล็ดของอินทผลัม (N.M. Haimour และคณะ. 2549: 655) พบว่าถ่านกัมมันต์จากเมล็ดของอินทผลัมมีผลได้ที่อุณหภูมิ 600°C เป็น 58 % และลดลงเหลือเพียง 9.5% อุณหภูมิ 800°C ซึ่งมีแนวโน้มในการลดของผลได้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่จะมีอัตราการลดลงที่ชัดเจนกว่าในงานวิจัยนี้เนื่องจากโครงสร้างของเมล็ดอินทผลัมประกอบไปด้วยเส้นใยที่ไม่มีความแข็งแรงและมีน้ำเป็นส่วนประกอบจำนวนมาก

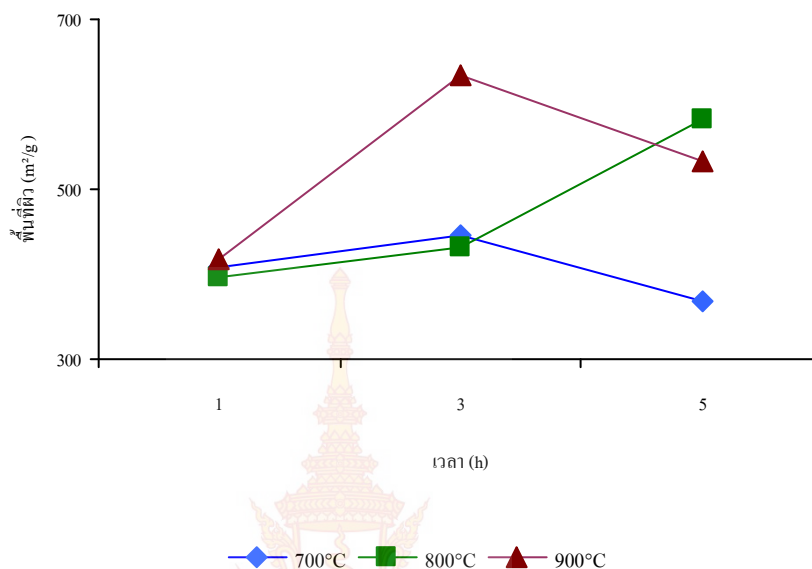


รูปที่ 4.4 ผลของเวลากระตุ้นที่มีต่อผลได้ของถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิต่างๆ

4.3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาการกระตุ้นที่มีผลต่อพื้นที่ผิว

พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จากถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำ ผลการวิจัยแสดงได้ดังรูป 4.5

พบว่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราเพียงเล็กน้อย จากการศึกษการวิจัยพบว่าการผิปกติของผลการวิจัย เนื่องมาจากในช่วงของการวิจัยเกิดการผิดพลาดในการกระตุ้นด้วยไอน้ำและคอลัมน์ที่ใช้ในการกระตุ้น โดยพบว่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่ศึกษามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาในการกระตุ้น แต่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ที่อุณหภูมิกระตุ้น 700°C เวลา 1 ชั่วโมง พื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์เท่ากับ 407.5 m²/g เวลา 3 ชั่วโมง พื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์เท่ากับ 446.2 m²/g เวลา 5 ชั่วโมง พื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์เท่ากับ 367.9 m²/g แต่ที่อุณหภูมิกระตุ้น 800°C เวลา 1 ชั่วโมง พื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์เท่ากับ 397.5 m²/g เวลา 3 ชั่วโมง พื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์เท่ากับ 432.5 m²/g เวลา 5 ชั่วโมง พื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์เท่ากับ 582.2 m²/g และที่อุณหภูมิกระตุ้น 900°C เวลา 1 ชั่วโมง พื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์เท่ากับ 416.6 m²/g เวลา 3 ชั่วโมง พื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์เท่ากับ 633.1 m²/g เวลา 5 ชั่วโมง พื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์เท่ากับ 533.9 m²/g มีความเป็นไปได้ว่าในบางครั้งที่ทำทดลอง เมื่อใช้เวลาในการกระตุ้นนานเกินไป (มากกว่า 5 ชั่วโมง) ส่งผลให้อุณหภูมิสะสมภายในปฏิกรณ์สูงกว่า 1000°C ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะถูกควบคุมด้วยความต้านทานการแพร่ (diffusion resistance controlled) ซึ่งอะตอมของคาร์บอนที่อยู่

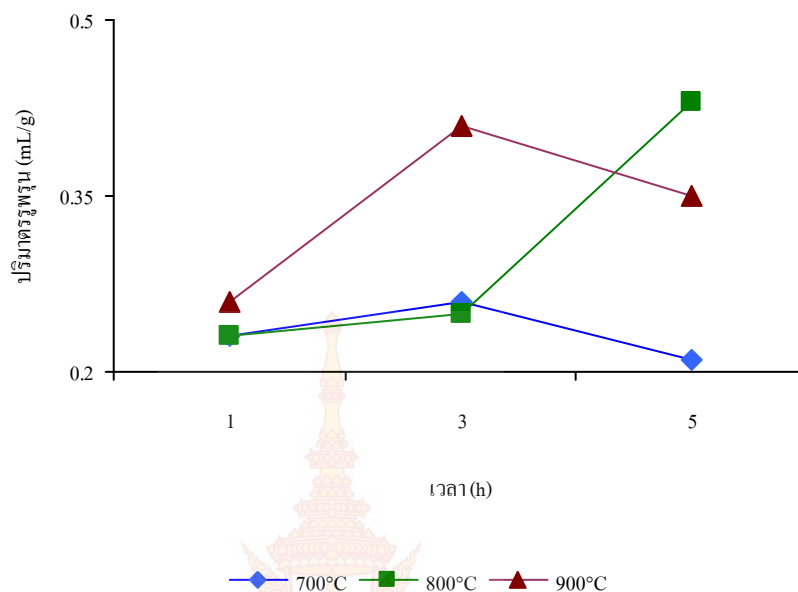


รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากระตุ้นและพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิต่างๆ

ในการวิจัยการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพารา เราได้ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านขั้นตอนการคาร์โบไนซ์ โดยศึกษาที่อุณหภูมิกระตุ้น 800°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์เท่ากับ 473.9 m²/g

4.3.4 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาการกระตุ้นที่มีผลต่อปริมาณรูพรุนเฉลี่ยของถ่านกัมมันต์

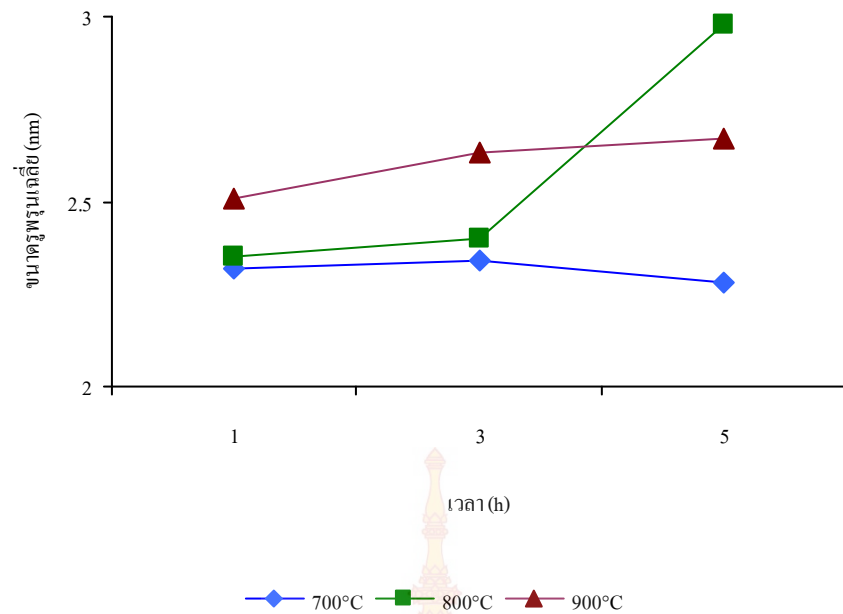
จากผลการวิจัยการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิกระตุ้น 700, 800 และ 900°C เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ผลการวิจัยแสดงได้ดังรูปที่ 4.6 พบว่า ปริมาตรรูพรุนเฉลี่ยของถ่านกัมมันต์มีแนวโน้มเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์ คือ มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาในการกระตุ้น แต่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น เช่น ที่อุณหภูมิกระตุ้น 700°C เวลา 1 ชั่วโมง ปริมาตรรูพรุนเฉลี่ยถ่านกัมมันต์เท่ากับ 0.23 mL/g เวลา 3 ชั่วโมง ปริมาตรรูพรุนเฉลี่ยถ่านกัมมันต์เท่ากับ 0.26 mL/g เวลา 5 ชั่วโมง ปริมาตรรูพรุนเฉลี่ยถ่านกัมมันต์เท่ากับ 0.21 mL/g จะได้แนวโน้มเช่นเดียวกับอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้น 900°C ทั้งนี้เป็นผลมาจากการสะสมของความร้อนในการกระตุ้นมากเกินไปเช่นเดียวกับพื้นที่ผิว



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากระตุ้นและปริมาณรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิต่างๆ

4.3.5 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาการกระตุ้นที่มีผลต่อขนาดรูพรุนเฉลี่ยของถ่านกัมมันต์

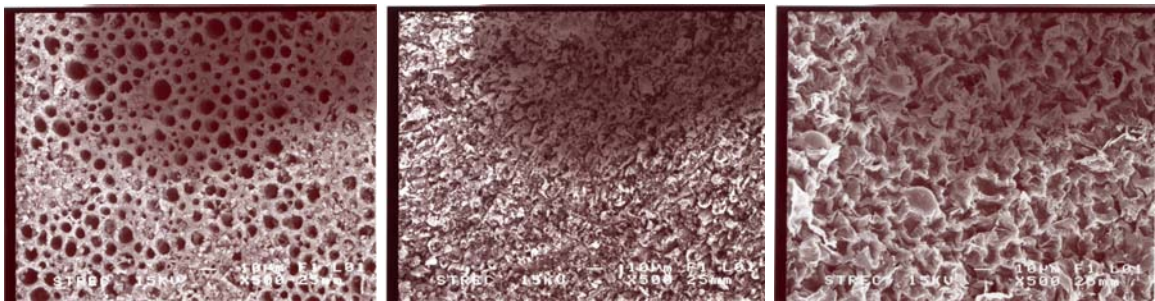
จากผลการวิจัยการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิกระตุ้น 700, 800 และ 900°C เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ผลการวิจัยแสดงได้ดังรูปที่ 4.7 พบว่าความสัมพันธ์ของขนาดรูพรุนเฉลี่ยกับเวลามีแนวโน้มที่ไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ขนาดรูพรุนเฉลี่ยโดยส่วนใหญ่แล้วเป็นรูพรุนขนาดกลาง อยู่ในช่วง 2.3-2.9 nm สามารถบ่งบอกได้ว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการผลิตนี้สามารถนำไปดูดซับสารที่มีโมเลกุลใหญ่ได้



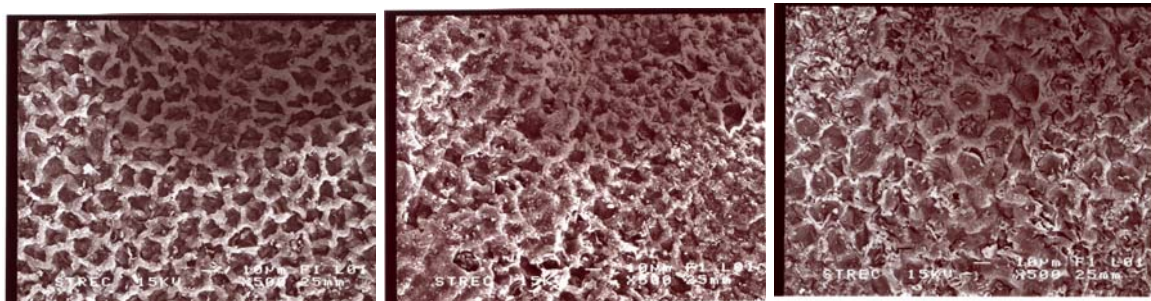
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากระตุ้นและขนาดรูปพูนเฉลี่ยของถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิต่างๆ

4.3.6 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาการกระตุ้นที่มีผลต่อลักษณะพื้นผิว

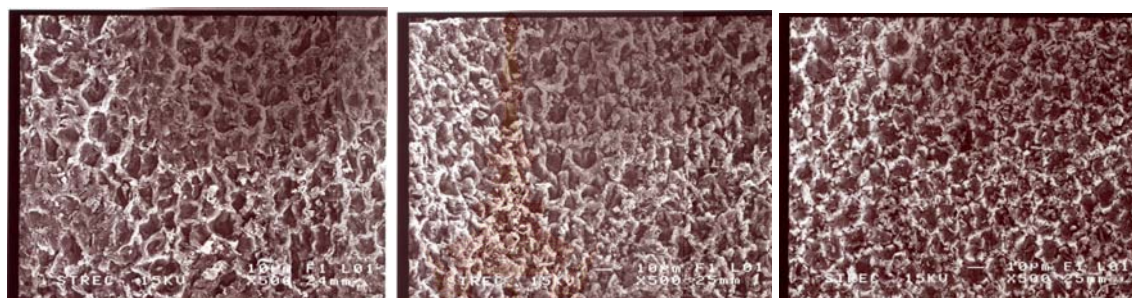
การศึกษาโครงสร้างรูปพูนของถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพารา โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่ภาวะอุณหภูมิ 700, 800 และ 900°C เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง กำลังขยาย 500 เท่า เพื่อพิจารณาโครงสร้างรูปพูนและลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่ทดลองได้ ดังแสดงในรูป 4.8-4.10 โดยพบว่าลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จะมีโครงสร้างที่เกิดรูปพูนให้เห็นน้อย และมีสารปนเปื้อนมาเกาะปิดบังโครงสร้างรูปพูน



รูปที่ 4.8 ลักษณะรูปพูนที่สภาวะอุณหภูมิ 700°C เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง

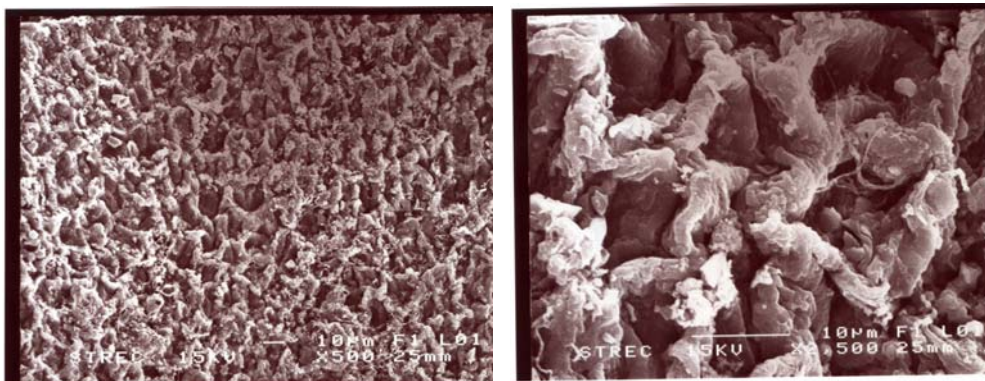


รูปที่ 4.9 ลักษณะรูพรุนที่สภาวะอุณหภูมิ 800°C เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง



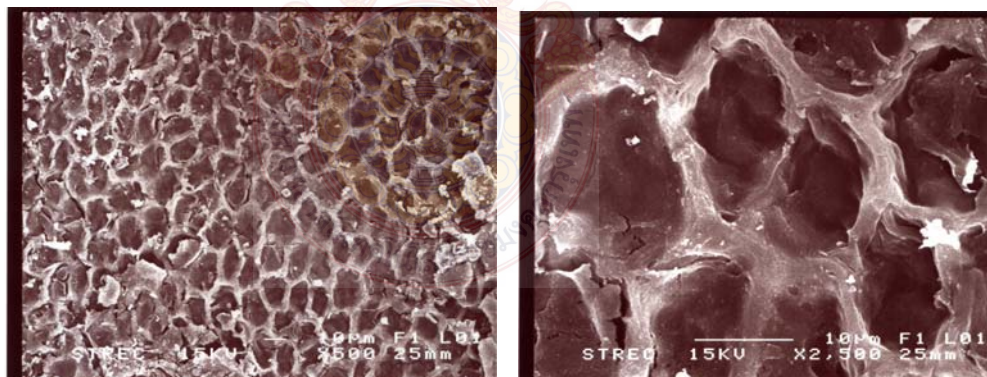
รูปที่ 4.10 ลักษณะรูพรุนที่สภาวะอุณหภูมิ 900°C เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง

การเลือกวิเคราะห์ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ อุณหภูมิ 900°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวสูงสุดคือ 633.1 m²/g ดังแสดงในรูป 4.11 โดยพบว่าลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จะมีโครงสร้างที่เกิดรูพรุนน้อย แต่ลักษณะพื้นผิวมีความขรุขระมาก เพราะปฏิกิริยาของไอน้ำและอะตอมคาร์บอนบางอะตอมในผลึกของถ่านหลุดออกไป และมีสารปนเปื้อนมาเกาะปิดบังโครงสร้างรูพรุน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นนั้นมีผลต่อโครงสร้างของรูพรุนของถ่านกัมมันต์ รวมถึงปริมาณการดูดซับที่มากขึ้นจากโครงสร้างของรูพรุนที่มากขึ้นด้วย



รูปที่ 4.11 ลักษณะรูพรุนที่สภาวะอุณหภูมิ 900°C เวลา 3 ชั่วโมง กำลังขยาย 500 เท่า และ 2,500 เท่า

ส่วนถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นจากเปลือกเมล็ดยางพารา โดยไม่ผ่านขั้นตอนการคาร์ไบไนซ์ ศึกษาที่อุณหภูมิกระตุ้น 800°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ดังแสดงในรูป 4.12 พบว่าลักษณะพื้นผิวและโครงสร้างของรูพรุนที่แสดงออกมาให้เห็นนั้นไม่เกิดรูพรุนอย่างชัดเจน แต่มีลักษณะของพื้นผิวที่เรียบมีสารปนเปื้อนมาเกาะน้อย



รูปที่ 4.12 ลักษณะรูพรุนที่สภาวะอุณหภูมิ 800°C เวลา 3 ชั่วโมง กำลังขยาย 500 เท่า และ 2,500 เท่า

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกเมล็ดยางพารา

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกเมล็ดยางพารา แสดงให้เห็นว่าเปลือกเมล็ดยางพารา ประกอบไปด้วย เถ้า ประมาณ 0.66 % ความชื้น ประมาณ 3.55 % สารระเหย ประมาณ 76.47 % และคาร์บอนคงตัว ประมาณ 19.13 %

5.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาคาร์โบไนซ์ที่มีต่อผลได้และพื้นที่ผิวของถ่านเปลือกเมล็ดยางพารา

จากการวิจัยในขั้นตอนการนำเปลือกเมล็ดยางพารามาคาร์โบไนซ์ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลได้ และพื้นที่ผิว พบว่าเปลือกเมล็ดยางพาราที่อุณหภูมิคาร์โบไนซ์ 600°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งมีผลได้ เท่ากับ 24.29 % จะให้ค่าพื้นที่สูงสุดเท่ากับ $426\text{ m}^2/\text{g}$ และภาวะนี้เป็นภาวะที่เหมาะสมสำหรับนำไป กระตุ้นด้วยไอน้ำในงานวิจัยนี้

5.3 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการกระตุ้นที่มีต่อผลได้ และพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์

จากการวิจัยการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพารา จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลได้และพื้นที่ผิว พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิกระตุ้น 700°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะให้ผลได้ของถ่านกัมมันต์เท่ากับ 99.98 % และถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิกระตุ้น 900°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะให้ค่าพื้นที่ผิวสูงสุดเท่ากับ $633.1\text{ m}^2/\text{g}$ ทั้งนี้ เนื่องมาจากการกระตุ้นที่อุณหภูมิสูงจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเผา กล่าวคือ สารที่อยู่ภายในรูพรุนของถ่านเปลือกเมล็ดยางพารา สามารถหลุดออกไปได้ง่ายกว่าที่อุณหภูมิกระตุ้นที่ต่ำ ส่งผลให้ช่องว่างหรือรูพรุนเกิดขึ้นภายในโครงสร้างของถ่านกัมมันต์มากกว่าที่อุณหภูมิกระตุ้นต่ำ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นพื้นที่ผิวจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ผลได้มีแนวโน้มลดลง

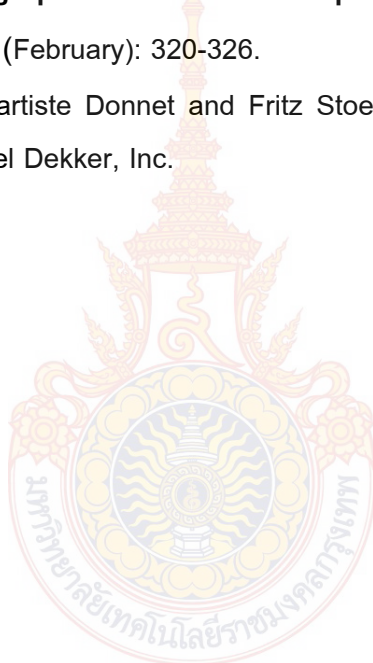
5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ทดสอบสมบัติการดูดซับสารชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์เชิงพาณิชย์

บรรณานุกรม

- จากุพจน์ อาชนะะบูล, มนูญ จารุกการ และพิศาล อรรถคำ. 2538. การผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่าน
กะลามะพร้าวด้วยไอน้ำโดยเตาเผาแบบหมุน. โครงการวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ทวีวรรณ เกษอินทร์ และอลิษา ใจเอื้อ. 2546. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ซิงค์
คลอไรด์. โครงการวิทยาศาสตร์บัณฑิต. คณะเทคโนโลยีเคมี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ.
- พลวัฐ์ โสภณกิจโกศล. 2544. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวเพื่อใช้ในการดูดซับ
โลหะโครเมียม. โครงการวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พิณพิมล สิงชีวงศ์. 2537. การผลิตถ่านกัมมันต์จากขานอ้อย. โครงการวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- แมน อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. 2539. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ.
กรุงเทพฯ: ชวนพิมพ์.
- วราภรณ์ ขจรไชยกุล. 2549. ยางธรรมชาติ การผลิตและการใช้งาน. กรุงเทพฯ: สำนักงาน
กองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- วีระพงษ์ กริชพิพรรธ และสุกัญญา ศรีสถาพร. 2532. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว
ด้วยไอน้ำโดยวิธีฟลูอิดาเซชัน. โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สกล ศิริรัตน์. 2546. การกำจัดสีย้อมรีแอคทีฟและสีย้อมเบสิดจากสารละลายโดยใช้ถ่าน
กัมมันต์ชนิดเกล็ดเคลือบไคโตซาน. โครงการวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สุกัลยา จิตรทนต์ และโสธิญา ม้วยแก้ว. 2548. อิทธิพลของเวลาและอุณหภูมิที่มีผลต่อถ่าน
กัมมันต์ที่ผลิตจากกากกาแฟในระบบฟลูอิดาเซชันไอน้ำ. โครงการวิทยาศาสตร์บัณฑิต.
คณะเทคโนโลยีเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ.
- สำนักคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ. 2545. ฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์พืช ยางพารา. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ
เกษตร.
- Anton R. Reed and Paul T. Williams. 2005. "Development of activated carbon pore
structure via physical and chemical activation of biomass fiber waste" Journal of
biomass & bio-energy. 2006, 30 (December): 144-152.

- A. Hellal, A. Namane, A. Mekarzia, K.Benrachedi and N. Belhaneche-Bensemra. 2005. **“Determination of the adsorption capacity of activated carbon made from coffee grounds by chemical activation with ZnCl_2 and H_3PO_4 ”** Journal of Hazardous Materials. 2005, 119 (January): 189-194.
- A. Macias-Garcia, C. Gonzalez-Garcia, E. Sabio-Rey, J. Ganan-Gomez and M.A. Diaz-Diez. 2005. **“Preparation and characterization of activated carbons from impregnation pitch by ZnCl_2 ”** Journal of applied surface science. 2006, 252 (December): 5976-5979.
- A. Zabaniotou , G. Stavropoulos and V. Skoulou. 2007. **“Activated carbon from olive kernels in a two-stage process: Industrial improvement”** Journal of Bioresource Technology. 2008, 99 (February): 320-326.
- Roop Chand Bansal, Jean-Bartiste Donnet and Fritz Stoeckli. n.d. Active Carbon. New York and Basel: Marcel Dekker, Inc.



ประวัติคณะนักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย ไชยยันต์ ไชยยะ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Chaiyan Chaiya
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-1202-00156-44-0
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระดับ 8
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ
รหัสไปรษณีย์ 10120 โทรศัพท์ 0 2287 9600 ต่อ 1201
E-mail address chaiyan.c@rmutk.ac.th
5. ประวัติการศึกษาปริญญาเอก Ph.D.
สาขาวิชา Environmental Technology,
Joint Graduate school of Energy and Environment
(JGSEE), Thailand
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
Chemical Engineering, Activated carbon, Adsorption technology,
Material science
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :
 - การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ฟลูอิดไอเซชันไอน้ำ งบประมาณแผ่นดิน 2548
 - การสังเคราะห์เส้นใยซิลิกาด้วยวิธีโซล-เจลโดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง งบประมาณแผ่นดิน 2548
 - การแยกโลหะหนักออกจากสารละลายด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้หลอดดูดแบบชั้นตรึง งบประมาณแผ่นดิน 2549
 - อิทธิพลของสารกระตุ้นที่มีต่อหมู่หน้าที่และประสิทธิภาพในการดูดซับ ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากกาแฟ งบประมาณแผ่นดิน 2550
 - การผลิตไบโอดีเซลในเครื่องปฏิกรณ์แบบกึ่งกะโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ งบประมาณแผ่นดิน 2550
 - การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์แบบเส้นใยด้วยวิธีโซล-เจลโดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง สกว.
 - การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยใช้ฟลูอิดไอเซชันไอน้ำ งบประมาณแผ่นดิน 2551

- การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วโดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิธีพันธะ งบประมาณแผ่นดิน 2551
- อิทธิพลของสารกระตุ้นที่มีต่อหมุ่ทำหน้าทีและประสิทธิภาพในการดูดซับ ของ ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกเมล็ดยางพารา งบประมาณแผ่นดิน 2552
- การสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ผ่านกระบวนการทอดเนื้อหมูโดยใช้ตัวเร่งแบบ วิธีพันธะ สนว.2551

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

1. Chaiya C., Synthesis of Silica Fiber with Sol-Gel Method by Electro-Spinning Technique, Proceedings of the 55th Canadian Chemical Engineering Conference, Metro Toronto Convention Centre, Ontario, Canada, 2005
2. ไชยยันต์ ไชยยะ ทวีวรรณ เกษอินทร์ และอลิษา ใจเอื้อ, การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ซิงค์คลอไรด์, 2548, การประชุมสัมมนาทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21, 28-30 มีนาคม 2548, โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, จังหวัดเชียงใหม่
3. ไชยยันต์ ไชยยะ และ ภาวิณี สายอุดม, การสังเคราะห์เส้นใยซิลิกาโดยวิธีโซล-เจล โดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง, งานประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 15, นานาเทคโนโลยีและพลังงานกับการพัฒนาอุตสาหกรรมเคมี, 27-28 ตุลาคม 2548, มหาวิทยาลัยบูรพา, จังหวัดชลบุรี
4. ไชยยันต์ ไชยยะ และโสธิญา มัยแก้ว, การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ฟลูอิดไอเซนไอน้ำ, งานประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 16, 26-27 ตุลาคม 2549, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
5. Boonamnuyvitaya V., Chaiya C. and Jarudilokkul S., Removal of heavy metals by adsorbent prepared from pyrolyzed coffee residues and clay, Separation and Purification Technology, 35, 11-22.
6. Boonamnuyvitaya V., Chaiya C. and Tanthapanichakoon W., The preparation and characterization of activated carbon from coffee residue, Journal of Chemical Engineering of Japan, 37, 1504-1512.
7. Chaiya, C. and Boonamnuyvitaya, V. 2000. The Adsorption of Heavy Metal Ions with Adsorbent Comprised of Coffee Residue, Proceedings of the 1st Asian Particle Technology Symposium, Bangkok, Thailand, 66.
8. Chaiya, C. and Boonamnuyvitaya, V. 2003. Adsorption of Toluene Vapor under Humid Condition by Activated Carbon Produced from Coffee Residue, Proceedings of the 2nd Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment, Phuket, Thailand, 2 : 1079-1085.

9. Chaiya, C. and Boonamnuayvitaya, V. 2003. Adsorption of Toluene Vapor under Humid Condition by Activated Carbon produced from Coffee Residue, proceedings of the Regional Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers in the New Millennium, 22-25 July 2003, Le royal meridian hotel, Bangkok.
10. Chaiya, C. and Boonamnuayvitaya, V. 2003. Production and Characterization of Activated Carbon from Coffee Bean Residuals, Proceedings of the Materials Development and Particle Technology (MaDPart2003), The Center of the Excellence in Particle Technology, 14 Oct 2003, Mandarin hotel, Bangkok.
11. Chaiya, C. and Boonamnuayvitaya, V. 2003. Preparation of Activated Carbon from Coffee Residue : Characterization and Toluene Vapor Adsorption under Humidity, Proceedings of the 2nd Asian Particle Technology Symposium, Department of Chemical & Process Engineering, Universiti Kebangsaan, 16-19 Dec 2003, Penang, Malaysia.



นักวิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ นางสาวปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง

Miss Pathumthip Tonthubthimthong

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

โทรศัพท์/โทรสาร 0 2287 9734, 0 2287 9600 ต่อ 1210, 1201

e-mail : tpathumthip@hotmail.com

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการ ศึกษา	ระดับ ปริญญา	อักษรย่อ ปริญญา และชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	เอก	วศ.ด. วิศวกรรมศาสตร ดุษฎีบัณฑิต	วิศวกรรม เคมี	วิศวกรรม เคมี	มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระ จอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2538	โท	วท.ม. วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต	เคมีเทคนิค	เคมีเทคนิค	จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	ไทย
2531	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตร์ บัณฑิต	เคมี	เคมี	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
การสกัดสารด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด การดูดซับ

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่
ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

-

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

ลำดับ ที่	ชื่อโครงการวิจัย	แหล่งทุน	ปีงบประมาณ
1	การพัฒนากระถางต้นไม้จากไยมะพร้าว	เครือข่ายงานวิจัยภาค กลางตอนล่าง	2547
2	การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา	งบประมาณ ผลประโยชน์	2548
3	กระถางต้นไม้ชำร่วยจากวัสดุเหลือใช้ ทางการเกษตร	งบประมาณ ผลประโยชน์	2548
4	การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ	งบประมาณ ผลประโยชน์	2548
5	กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทาง การเกษตร	งบประมาณแผ่นดิน	2548
6	สกัดสารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจร ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด	งบประมาณแผ่นดิน	2549
7	การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้ กฤษณา	งบประมาณแผ่นดิน	2550
8	การพัฒนาการผลิตน้ำอบไทย	งบประมาณแผ่นดิน	2551
9	การพัฒนาวิธีการอบควันเทียน	งบประมาณ ผลประโยชน์	2551
10	การสกัดน้ำมันจากเมล็ดชะมดต้น (<i>Hibiscus abelmoschus</i> Linn.)	งบประมาณแผ่นดิน	2552

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึงและจิรพล กลิ่นบุญ. “การพัฒนากระถางต้นไม้จากไยมะพร้าว” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเครือข่ายภูมิภาคกลางตอนล่าง ประจำปีงบประมาณ 2547.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง. “การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึง, มาริสา จินะดิษฐ์ และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์. “การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

สุรัตน์ บุญพึง และปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง. “การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึง, มาริสา จินะดิษฐ์, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วังสะจันทานนท์. “กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, โสริยา ชินอม, สุรัตน์ บุญผึ้ง, มาริสา จินะดิษฐ์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วงษ์จันทานนท์. “กระถางต้นไม้ช่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

มาริสา จินะดิษฐ์ และปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง. “การผลิตกระถางต้นไม้จากเศษใบไม้” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2549.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง และมาริสา จินะดิษฐ์. “สกัดสารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2549.

International Journal

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P. and Luewisuttichat, W., Wittaya Teppaitoon and La-eid Pengsopa. 2004. “Nimbin Extraction from Neem Seeds using Supercritical CO₂ and a Supercritical CO₂ -Methanol Mixture” **Journal of Supercritical fluids**. 30: 287-301. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P. and Luewisuttichat, W. 2001. “Supercritical CO₂ Extraction of Nimbin from Neem Seeds-an Experimental Study” **Journal of Food Engineering**. 47: 289-293. (ผู้วิจัย)

International & Regional Conference

Tonthubthimthong, P., Ajchariyapagorn, A., Douglas, S., Douglas, P. L. and Pongamphai, S. 2005. “Simulation of Nimbin Extraction by Using Aspen Plus” **the 88th Canadian Chemistry Conference and Exhibition**. May 28-June 1. Saskatoon Centennial Convention Centre Saskatoon Saskatchewan Canada. (ผู้ร่วมวิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chinadit, M., Boonpong, S., Supanya, C., Tanuwong, S. and Tanakulrungsank, W. 2005. “Cultivate Flowerpot Production from Agricultural Waste Materials”, **The 3rd EMSES International Symposium Eco-Energy and Material Science and Engineering Symposium**. April 6-9. Lotus Hotel Pang Suan Kaew Chiangmai Thailand. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon, W. and Pengsopa, L. 2002. “Nimbin Extraction from Neem Seed using Supercritical CO₂ and a Supercritical CO₂ – Methanol Mixture” **International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering**. December 11 – 13. AIT Thailand. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon W. and Pengsopa, L. 2001. “Effect of Particle Size, Methanol:CO₂ Ratio and Temperature on Nimbin Extraction from Neem Seeds using Supercritical CO₂” **Canadian Society for Chemical Engineering 2001 Conference**. October 17. Halifax Nova Scotia Canada. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S. and Luewisuttichat, W. 1999. “Extraction of Medicinal Substances from Neem Seeds using Supercritical Fluid Extraction-A Preliminary Study”

Regional Symposium on Chemical Engineering 1999. November 22-24. B.P. Smilar Beach Hotel
Songkla Thailand. (ผู้วิจัย)

Local Conference

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, 2551, “การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา” มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลวิชาการ ครั้งที่ 1 “ถ่ายทอดงานวิจัยสู่สังคม เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน”, 27–29
สิงหาคม, โรงแรมธรรมรินทร์ ธนา จังหวัดตรัง.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, 2550, “เทคนิคการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา” การประชุมวิชาการ
ชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 3 “ทรัพยากรไทย : ประโยชน์แท้แก่มหาชน”, 30
ตุลาคม – 2 พฤศจิกายน 2550, ณ อาคารพิพิธภัณฑสถานชาติวิทยาเกาะและทะเลไทย เขาหมาจอ อำเภอ
สตึก จังหวัดชลบุรี.

เจษฎา มณีพงษ์สวัสดิ์, สุชาติ วาสิตบุตร, ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง และมาริสา จินะดิษฐ์. 2550.
“การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากฟ้าทะลายโจรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด” การประชุมวิชาการ
ครั้งที่ 45 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยา
เขตบางเขน. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึง, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์,
ธิดารัตน์ มานิตย์ และอุษาวดี ไม้คง. 2548. “การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร” การ
ประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21. 28–30 มีนาคม. โรงแรมเชียงใหม่
ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้วิจัย)

ชัชวาลย์ สุขมัน, ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, กฤษณ์ หวังเจริญกุลชัย และ คมเดช
งามสมจิตร. 2548. “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไวน์สระแหน่” การประชุมสัมมนาทาง
วิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21. 28–30 มีนาคม. โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ อำเภอเมือง
จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้ร่วมวิจัย)

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, จุฑาลักษณ์ จีระรัตนกุล และ ประทุมรัตน์ แสนพล. 2547. “การ
ปรับปรุงคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังโดยการตัดแปรแป้งด้วยสารโซเดียมไดฟอสเฟต” การ
ประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20. 11–13 กุมภาพันธ์. โรงแรม
อมรินทร์ ลากูน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์
และละเอียด เพ็งโสภา. 2546. “การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและ
คาร์บอนไดออกไซด์-เมทานอลวิกฤตยิ่งยวด” การประชุมวิชาการและงานแสดงผลภัณฑ์วิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29. 20–22 ตุลาคม. ศูนย์ประชุมเอนกประสงค์กาญจนาภิเษก
มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์
และ ละเอียด เพ็งโสภา. 2545. “การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด :
ผลของขนาดอนุภาค, อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิ” การประชุม

ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ และ วิไล ลือวิสุทธิชาติ. 2543. “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด” การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10. 26–28 ตุลาคม. ไปเทคบางนา กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)



นักวิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Prasert Reubroycharoen
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1020 01186 47 2
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์ 02-2187523-25 โทรสาร 02-2555831
E-mail: Prasert.r@chula.ac.th
5. ประวัติการศึกษา ปริญญาเอก Doctor of Engineering
สาขาวิชา Material Science & Technology,
Toyama University, Japan
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
Catalysis, Fischer-Tropsch Synthesis, Chemical Engineering
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ (โดยระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือ
ผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย)
- 7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :
 - การพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาการสังเคราะห์เมทานอลและไดเมทิลอีเทอร์ผลิตเมทานอล
 - การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากยางในรถจักรยานยนต์และรถจักรยาน
 - การผลิตน้ำตาลจากเซลลูโลส
 - การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากแก๊สสังเคราะห์
- 7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :
 1. Prasert Reubroycharoen, Suwattana Teppood, Tharapong Vitidsant, Noritatsu Tsubaki "DME synthesis at low temperature" Topics in Catalysis, Accepted (2008) แหล่งทุน สกว. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและ ปตท.
 2. Prasert Reubroycharoen, Jun Bao, Yi Zhang, and Noritatsu Tsubaki "Continuous Supercritical Low-temperature Methanol Synthesis with n-Butane as a Supercritical Fluid" Chemistry letter, 37 (2008) 790-791. แหล่งทุน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. P. Reubroycharoen, N. Tsubaki, "Methanol Synthesis in Inert or Catalytic Supercritical Fluid" Studies in surface science and catalysis, 163 (2007) 367-378. แหล่งทุน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. P. Reubroycharoen, Y. Liu, G. Yang, N. Tsubaki, "Highly Active Fischer-Tropsch Synthesis Co/SiO₂ Catalysts Prepared from Microwave Irradiation" Catalysis Communications, 8 (2006) 375-378. แหล่งทุน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. R. Prasert, Y. Yoneyama, V. Tharapong, N. Tsubaki, "Development of A New Low-Temperature Methanol Synthesis Process" Catalysis Today, 89 (2004) 447-454.
6. P. Reubroycharoen, T. Yamagami, Y. Yoneyama, M. Ito, T. Vitidsant, N. Tsubaki, "A New low-temperature methanol synthesis process from low-grade syngas" Studies in Surface Science and Catalysis, 147 (2004) 409-414.

