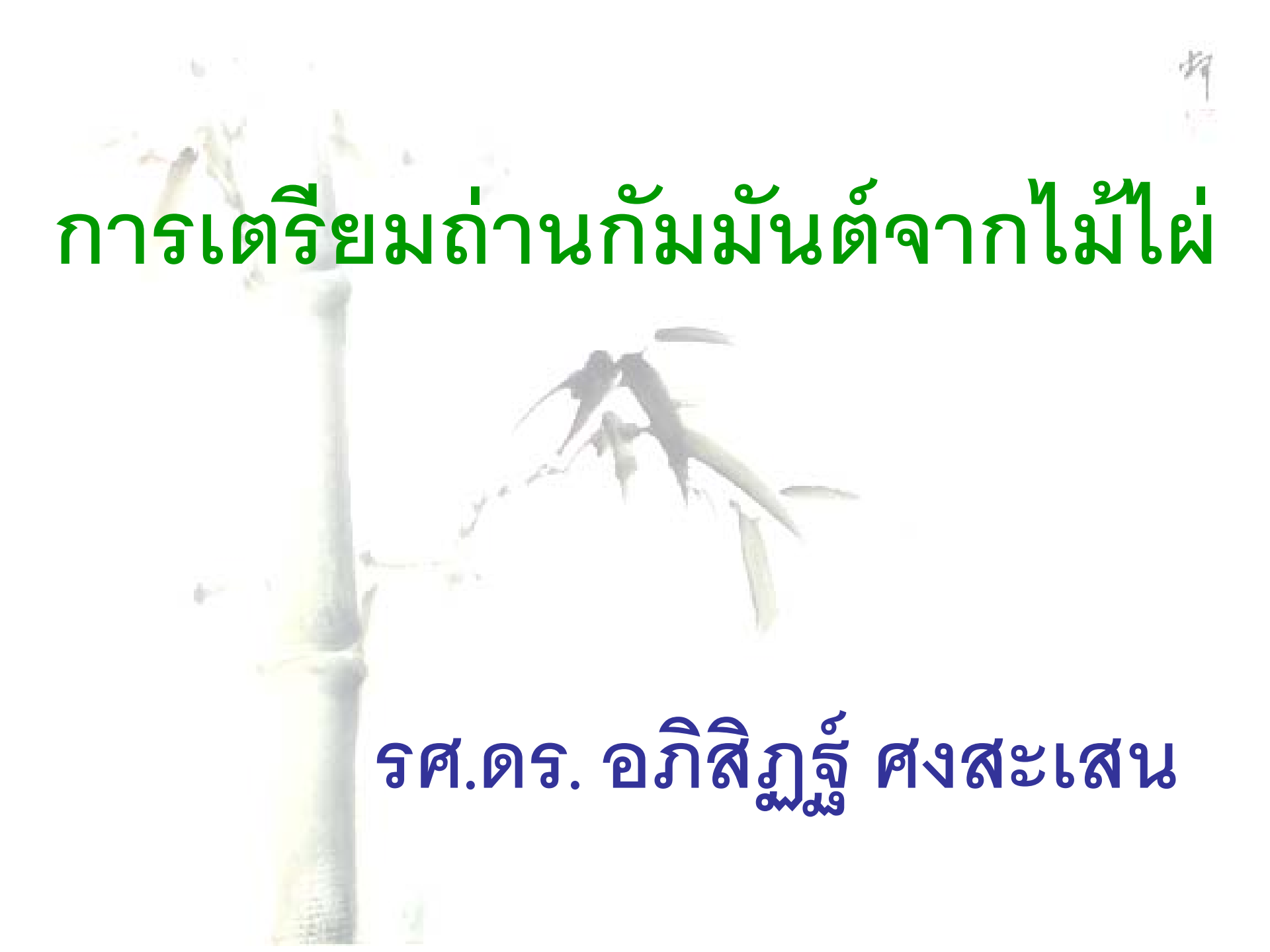


การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่

รศ.ดร. อภิสิฏฐ์ ศงสะเสน

ถ่านกัมมันต์คืออะไร ?

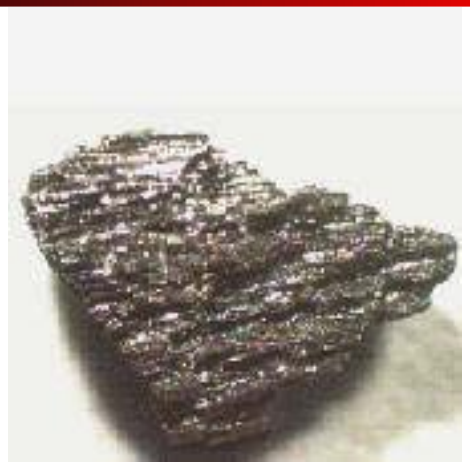
- ผลิตภัณฑ์ของคาร์บอน ซึ่งเป็นสารดูดซับชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งสีดำ อาจอยู่ในรูปของผงหรือเม็ดก็ได้
- มีโครงสร้างรูพรุนขนาดเล็ก พื้นที่ผิวดูดซับสูง ทำให้มีสมบัติการดูดซับที่ดี
- ใช้ประโยชน์ในการกำจัดกลิ่น สี หรือแก๊ส
- โดยทั่วไปมักจะเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ โดยเป็นของเหลือทิ้ง หรือมีราคาถูก มีปริมาณคาร์บอนสูง มีปริมาณสารอนินทรีย์ต่ำ มีปริมาณเถ้าต่ำ
- วัตถุดิบส่วนใหญ่ เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มาผ่านกระบวนการกระตุ้น เช่น กะลามะพร้าว ชานอ้อย กะลาปาล์ม ไม้ไผ่ หรือ พวกถ่านหินประเภทลิกไนต์ เป็นต้น

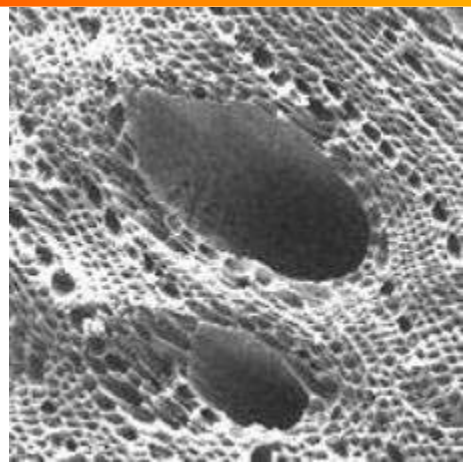
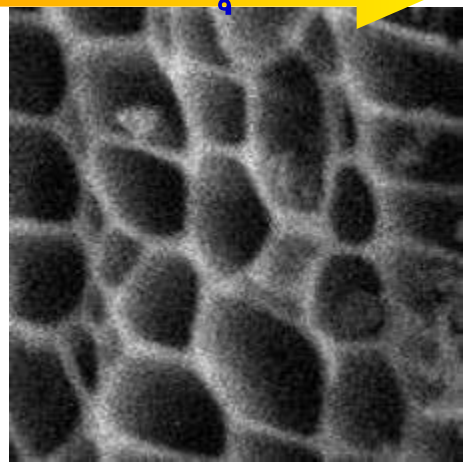
มอก. 900-2532

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบตามธรรมชาติ ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก มาผ่านกรรมวิธีก่อกัมมันต์จนได้ผลิตภัณฑ์สีดำ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีสมบัติในการดูดซับสารต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

สมบัติพิเศษของถ่านกัมมันต์

กำลังขยายกล้องจุลทรรศน์



ถ่านกัมมันต์มีรูเล็กๆ (cavernous pores) จำนวนมาก ทำให้มีพื้นที่ผิวมากกว่าสารชนิดอื่นที่มีน้ำหนักเท่ากัน

D<2nm…micropores
D=2-50nm…mesopores
D>50nm…macropores

ชนิดของถ่านกัมมันต์

Powder
ขนาดเล็กกว่า 0.18 มม.

Powder
ขนาด 0.2 ถึง 5 มม.

Powder
ขนาดมากกว่า 5 มม.

Size predominantly less than 0.18mm. Mainly used in liquid phase applications and for flue gas treatment.

sizes ranging from 0.2 - 5 mm. Used in both liquid and gas phase applications

Diameters from 0.8 to 5 mm. Mainly used for gas phase applications.

Cloth and fibres activated carbon

สารที่มีอำนาจดูดซับ (adsorption)

1. สารอนินทรีย์

ดินเหนียว, แอคติเวตเตทซิลิกา, แมกนิเซียมออกไซด์

พื้นที่ผิวจำเพาะ 50-200 m^2/g
จับโมเลกุลได้ไม่กี่ชนิด

2. สารอินทรีย์สังเคราะห์

เรซินแลกเปลี่ยนไอออน

พื้นที่ผิวจำเพาะ 300-500 m^2/g

3. ถ่านกัมมันต์

พื้นที่ผิวจำเพาะ 600-1,000 m^2/g

วัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ควรมีสมบัติดังต่อไปนี้

- มีปริมาณสารระเหยต่ำ
- มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง
- มีราคาถูกและหาได้ง่าย
- มีคุณสมบัติคงที่

ตัวอย่างเช่น ถ่านหิน ลิกไนต์ ไม้ แกลบ และกะลามะพร้าว

กระบวนการเตรียมถ่านกัมมันต์

ประกอบด้วยวิธีการ 2 ขั้นตอน

กระบวนการคาร์บอไนซ์
(Carbonization)

กระบวนการกระตุ้น
(Activation)

กระบวนการคาร์บอไนซ์

เป็นการไพโรไรซิสซึ่งเกิดขึ้นในที่อับอากาศ เพื่อเพิ่มสัดส่วนคาร์บอนของสารอินทรีย์ ขณะเดียวกันก็ได้ผลิตภัณฑ์อื่นที่เป็นของเหลวและแก๊สออกมาด้วย

โครงสร้างวงอะโรมาติกหลักที่เหลือกลายเป็น โครงสร้างของถ่านชาร์ ส่วนกลุ่มโครงสร้างโมเลกุลหรือ หมู่ที่มีขนาดเล็กกว่าจะกลั่นสลายตัวออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ น้ำ แอมโมเนีย น้ำมันทาร์ และแก๊สต่างๆ

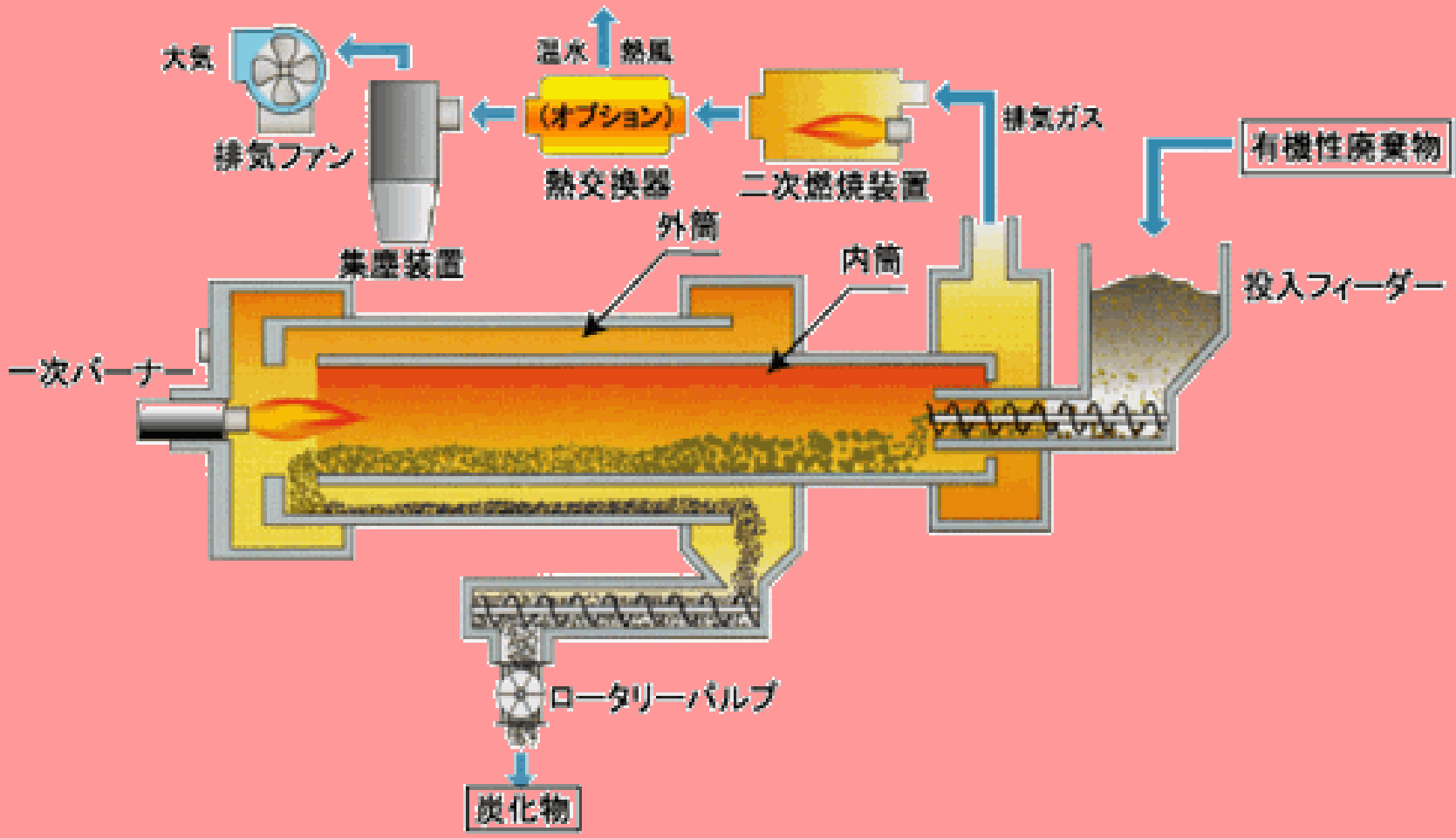
กระบวนการคาร์บอไนเซชั่นสามารถแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน

1. การสูญเสียน้ำออกจากโครงสร้างวัตถุดิบที่ช่วงอุณหภูมิ 27- 197 องศาเซลเซียส

2. การไพโรไลซิสโดยเกิดแก๊สและน้ำมันทาร์ในโครงสร้างที่ช่วงอุณหภูมิ 197 –497 องศาเซลเซียส

3. ช่วงที่มีการเกาะตัวกันของโครงสร้างถ่านชาร์ โดยในช่วงนี้น้ำหนักของวัตถุดิบจะลดลงไปมาก ที่ช่วงอุณหภูมิ 497 – 847 องศาเซลเซียส

แสดงแผนภาพของเตาเผา



การทำคาร์บอไนเซชัน (ต่อ)

1) การเตรียมหลุม ขุดหลุมลึกประมาณ 0.5-1 เมตร กว้าง 1 เมตร
2) นำเชื้อเพลิงวางก้นหลุม โดยวางหนาประมาณ 20-30 เซนติเมตร เชื้อเพลิงที่ใช้ ได้แก่ เศษใบไม้ กิ่งไม้เล็กๆ ฟางข้าว
3) จุดไฟเผาเชื้อเพลิงที่ก้นหลุม เมื่อไฟเริ่มติดบริเวณผิวด้านบนของเชื้อเพลิงให้ใส่ไม้ไผ่ทีละน้อยจนเต็มหลุม รอจนสังเกตเห็นว่าไฟเริ่มลุกติดไม้ไผ่
4) นำแกลบปิดทับด้านบนให้หนาพอที่ควันไฟไม่สามารถขึ้นมาได้ ในช่วงนี้ต้องคอยเติมแกลบในช่วง 4-6 ชั่วโมงหลังจากเผา
5) เปิดปากหลุม นำถ่านที่ได้ใส่ในโอ่งเคลือบปิดฝาโอ่งให้แน่นไม่ให้อากาศเข้าไป เพื่อลดการเกิดขี้เถ่า ทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน จนถ่านเย็นสนิท

กระบวนการกระตุ้น

เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพสำหรับคาร์บอน ด้วยการเพิ่มพื้นที่ผิวให้มากขึ้น โดยการทำให้มีรูพรุนมากขึ้น หรือเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับสารอื่น ๆของถ่านกัมมันต์

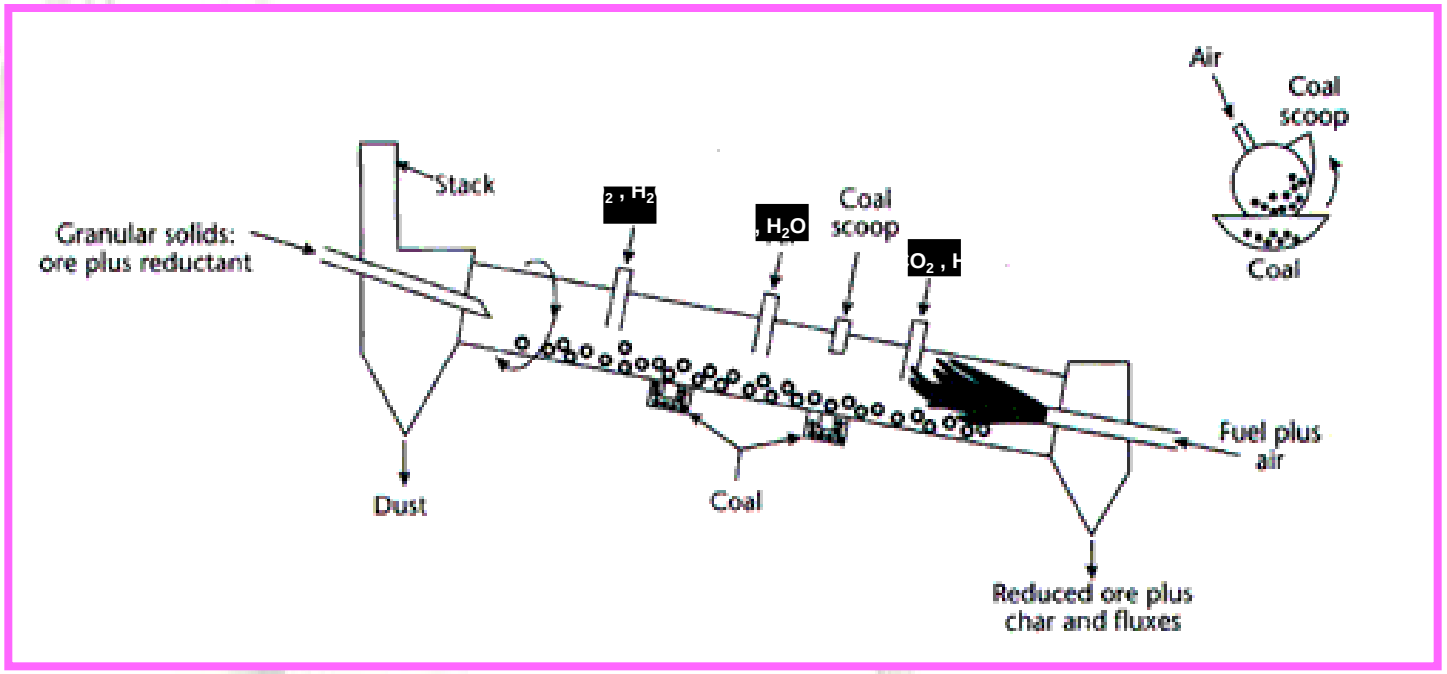
การกระตุ้นทางกายภาพ
(Physical Activation)

การกระตุ้นทางเคมี
(Chemical Activation)

การกระตุ้นทางกายภาพ

เป็นการกระตุ้นด้วยการใช้ *แก๊ส หรือไอน้ำ* ซึ่งใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้น ค่อนข้างสูงประมาณ 800-1000 องศาเซลเซียส เพราะไอน้ำที่ใช้จะต้องเป็นไอน้ำที่ร้อนยิ่งยวด (superheated stream) เพื่อทำให้สารอินทรีย์ต่าง ๆสลายไป ทำให้โครงสร้างภายในมีลักษณะรูพรุนอยู่ทั่วไป ขนาดของรูพรุนที่ได้จะมีขนาดเล็กกว่าการกระตุ้นทางเคมี ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยวิธีนี้มีข้อดี คือสามารถนำมาใช้งานได้เลยทันทีโดยไม่ต้องล้างสารที่เหลือตกค้าง

การกระตุ้นด้วยไอน้ำในเตาเผาที่หมุนได้ (Rotary kiln)



เตาเผาจะอยู่ในแนวนอนและหมุนได้รอบตัว โดยใช้มอเตอร์ ซึ่งจะทำให้ถ่านคลุกเคล้ากับไอน้ำได้มากขึ้น ไอน้ำที่ออกมาจากเครื่องทำไอน้ำจะถูกทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยผ่านเข้าไปในท่อทองแดง จนเกิดเป็น Super heated stream แล้วเข้าเตาเผาที่หมุน ซึ่งก็จะทำปฏิกิริยากับถ่าน

ไอน้ำเป็นสารกระตุ้นทางกายภาพที่มีการใช้กันมาก เนื่องจากโมเลกุลของน้ำนั้นมีขนาดเล็กกว่าโมเลกุลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และในการกระตุ้นด้วยไอน้ำนั้นจะมีข้อดีคือ

1. โมเลกุลของน้ำจะแพร่เข้าไปได้อย่างรวดเร็วในโครงสร้างรูพรุน
2. เนื่องจากโมเลกุลที่เล็กจึงสามารถเข้าไปในรูพรุนขนาดเล็กได้
3. มีการเกิดปฏิกิริยาที่รวดเร็ว ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเร็วกว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ปฏิกิริยา $C + H_2O \rightarrow H_2 + CO - 31\ kcal$

กลไก

$C + H_2O \rightarrow C(H_2O)$

$C(H_2O) \rightarrow H_2 + C(O)$

$C(O) \rightarrow CO$

H_2 และ CO จะหลุดออกไปทำให้เกิดรูพรุน

ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นโดยวิธีนี้ จะยังคงมีรูปร่างเดิมไม่เปลี่ยนแปลงทำให้สามารถตรวจชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ทำถ่านกัมมันต์ได้จากกล้องจุลทรรศน์

ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำถ่านกัมมันต์มีความสำคัญยิ่งต่อความสามารถที่จะเป็นตัวดูดซับได้ดีหรือไม่ ไม้ที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีความสามารถในการดูดซับได้ดีกว่าทั้งแก๊ส และสี

การกระตุ้นทางเคมี

เป็นวิธีการเพิ่มปริมาตรรูพรุนและพื้นที่ผิวโดยปฏิกิริยากับสารเคมี ซึ่งการกระตุ้นชนิดนี้ นิยมใช้กับวัตถุดิบที่เป็นไม้ อุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นอยู่ในช่วง 150 -900 องศาเซลเซียส และสารกระตุ้นที่นิยมใช้ทั่วไปในทางอุตสาหกรรม เช่น ซิงค์คลอไรด์, กรดฟอสฟอริก, โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ฯลฯ ซึ่งเมื่อทำการกระตุ้นแล้ว จะต้องล้างสารเคมีออกด้วยน้ำจนหมด

การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$)

โดยใช้สารละลาย $ZnCl_2$ ผสมกับวัตถุดิบโดยใช้สภาวะที่อุณหภูมิประมาณ 130 องศาเซลเซียส หลังจากนี้จะนำไปทำการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิ 600-850 องศาเซลเซียส ซึ่งในระดับอุตสาหกรรม จะคำนึงถึงประสิทธิภาพ ในการนำเอา $ZnCl_2$ กลับมาใช้ใหม่ เป็นอย่างมาก ด้วยประสิทธิภาพการนำ $ZnCl_2$ กลับมาใช้ใหม่นั้นที่ค่อนข้างจำกัด ประกอบกับปัญหาการกัดกร่อนต่อเตาเผา ทำให้การใช้ $ZnCl_2$ เป็นสารกระตุ้นในระยะหลังจึงลดลง

การกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก

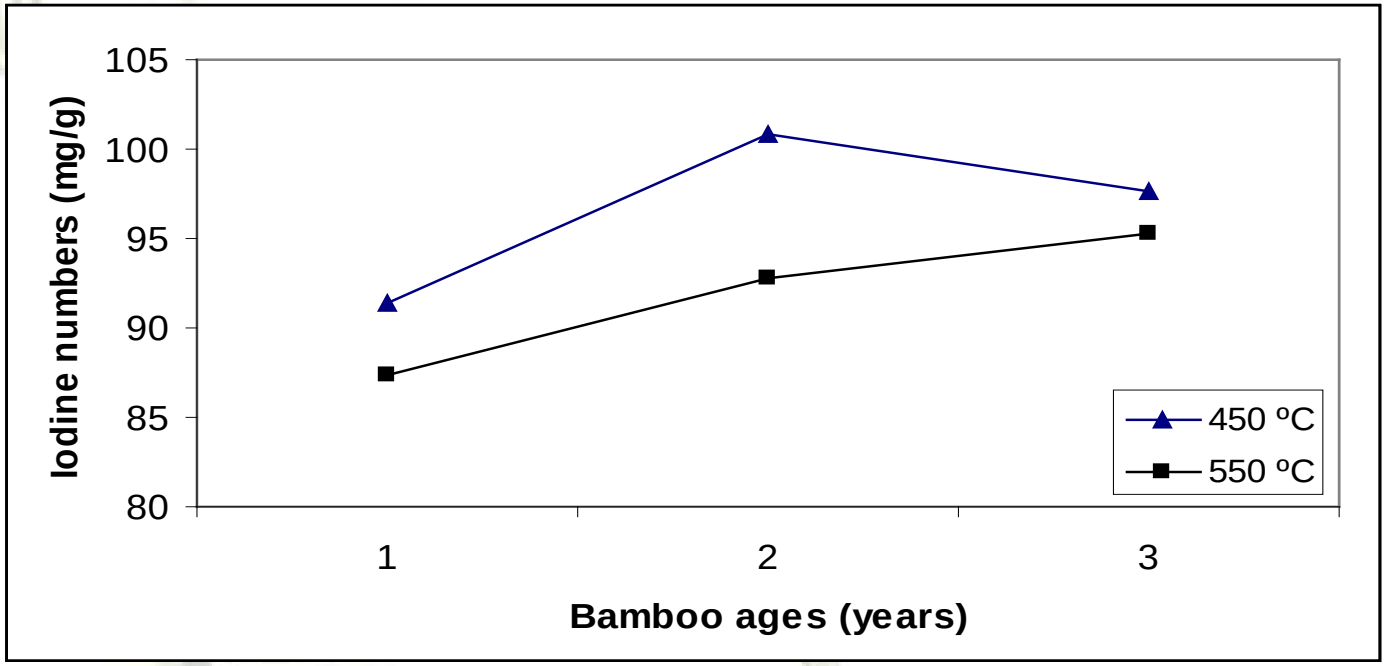
กระบวนการกระตุ้นทางเคมีโดยใช้กรดฟอสฟอริกเป็นสารกระตุ้น จะใช้อุณหภูมิในการกระตุ้น ที่ค่อนข้างต่ำคือ 400-500 องศาเซลเซียส ซึ่งการใช้กรดฟอสฟอริกนั้นสามารถผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยยังได้กรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้นสูง พบว่าวัตถุดิบที่เป็นไม้สามารถผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพดีโดยวิธีนี้

ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความพรุนของถ่านกัมมันต์

ดัชนีบางตัวที่ใช้วัดคุณภาพถ่านกัมมันต์

1. เลขไอโอดีน
2. เลขฟีนอล
3. การดูดซับเมทิลลีนบลู
4. การดูดซับไอออนของโลหะหนัก

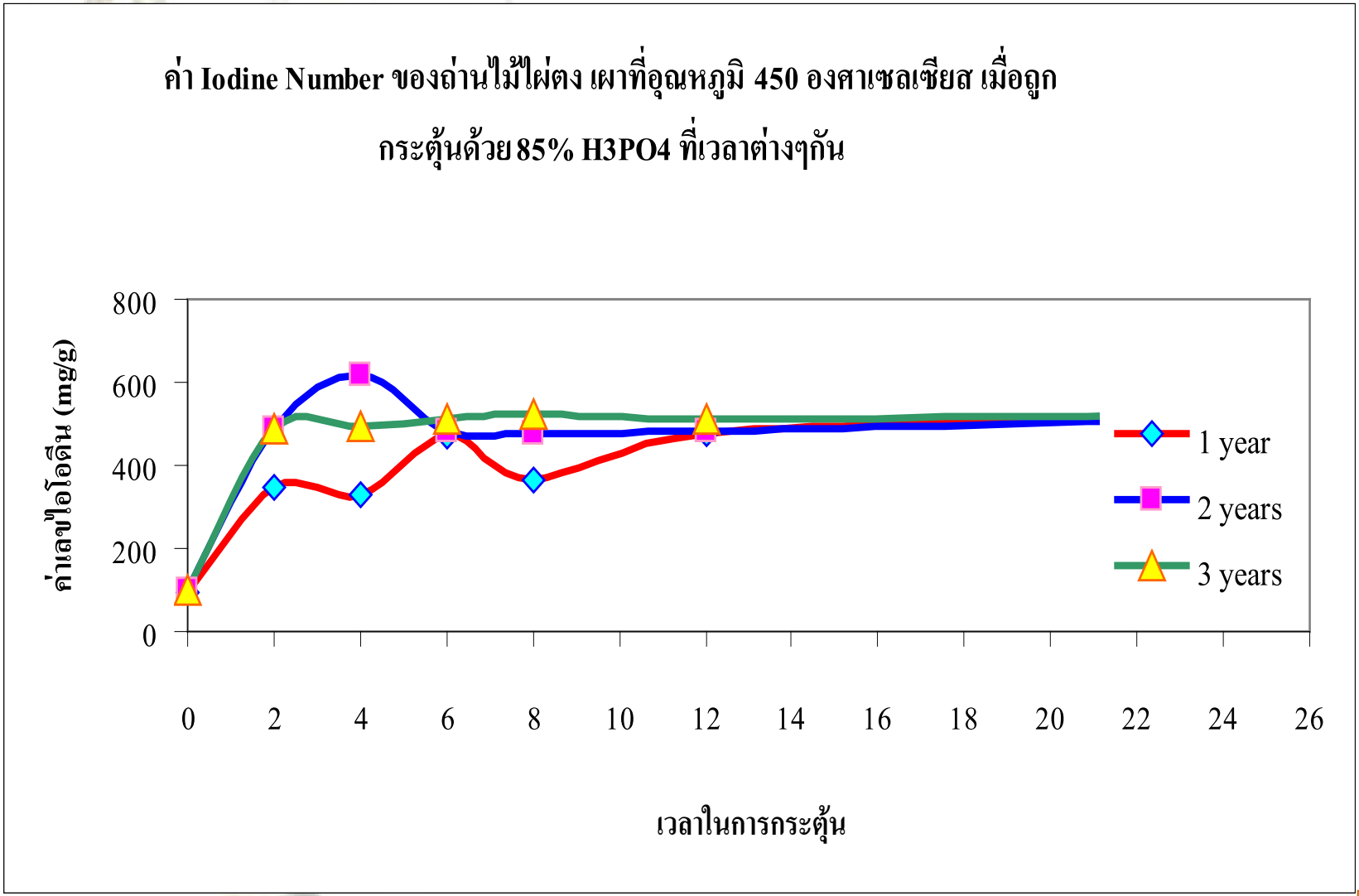
ผลของอุณหภูมิในการเผาถ่านไม้ไผ่ตงต่อค่าเลขไอโอดีน



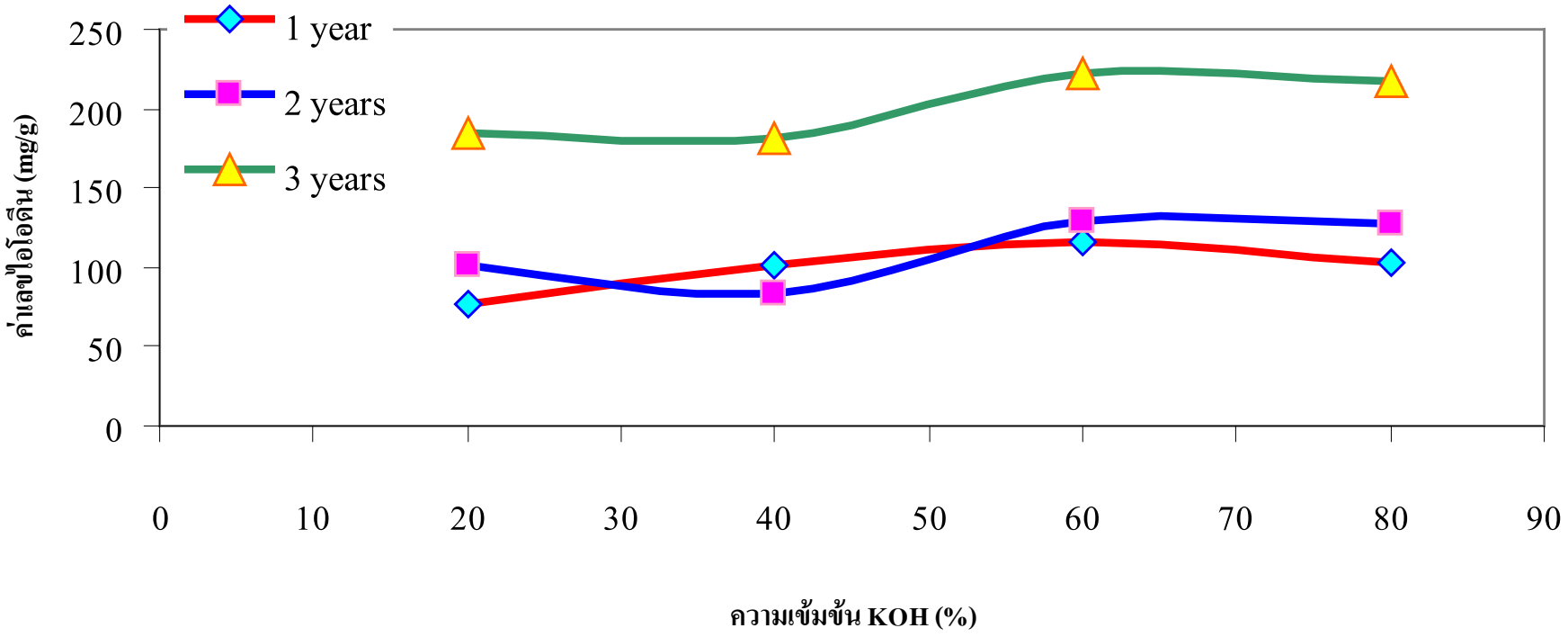
ภาพ แสดงค่าเลขไอโอดีนของถ่านไม้ไผ่ตงที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 450 °C และ 550 °C

พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไม้ไผ่ที่ 450 °C และ 550 °C ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเลขไอโอดีนของถ่านไม้

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงโดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและ KOH

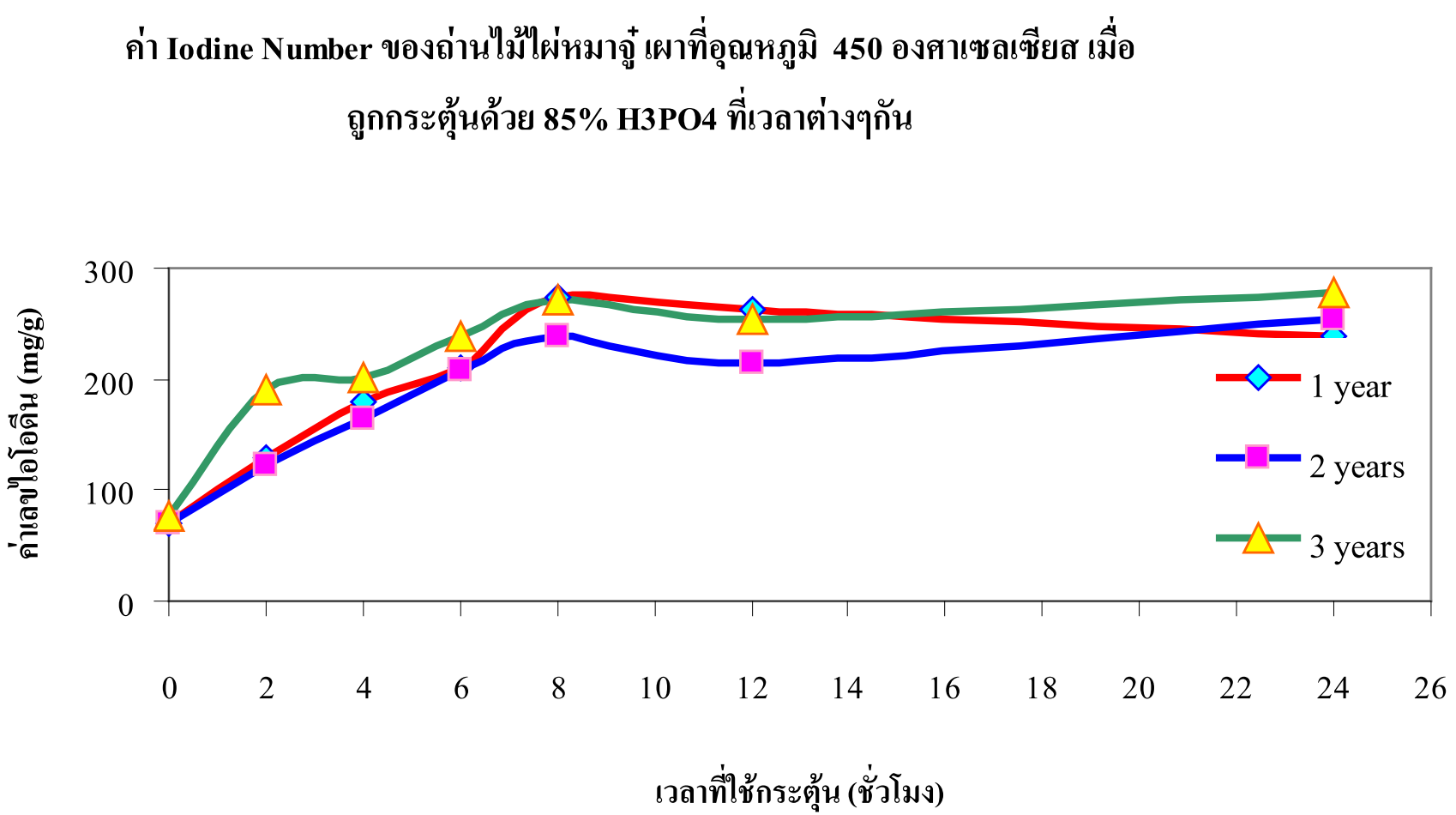


ค่า Iodine Number ของถ่านไม้ไผ่ตง เผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เมื่อถูกกระตุ้นด้วย KOH ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

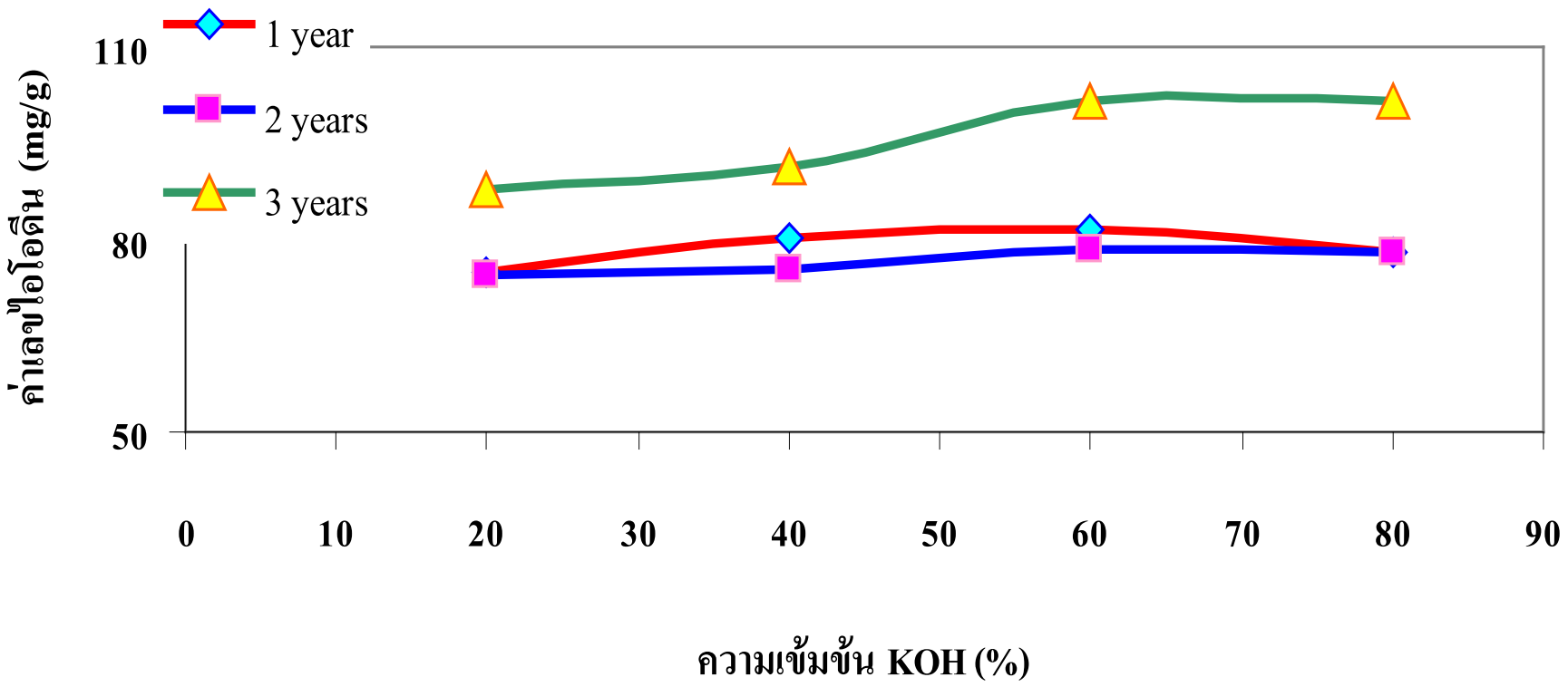


พบว่า ถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงที่ได้จากการกระตุ้นโดย KOH จะมีค่าเลขไอโอดีนที่ต่ำกว่าจากการถูกกระตุ้นโดย 85% H_3PO_4

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไผ่หมาจู๋โดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและ KOH

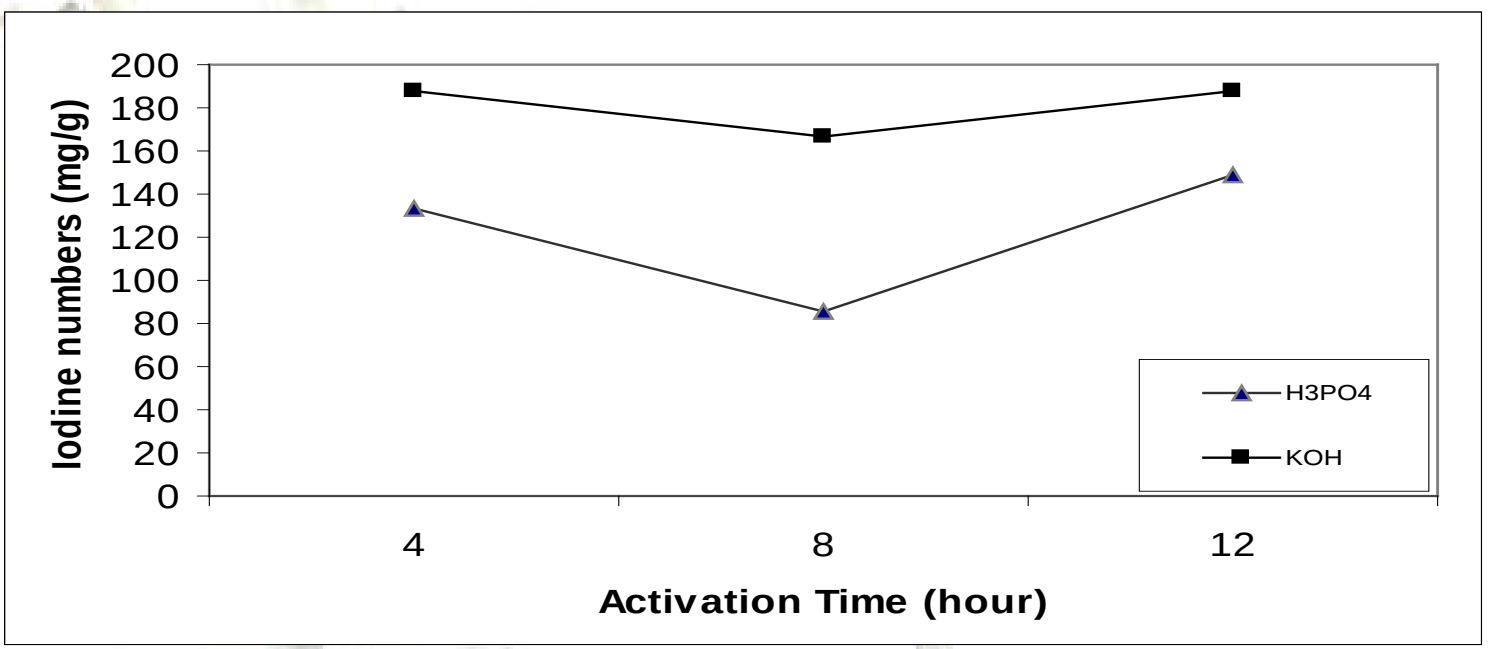


ค่า Iodine Number ของถ่านไม้ไผ่หมาจู๋เผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เมื่อถูกกระตุ้นด้วย KOH ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง



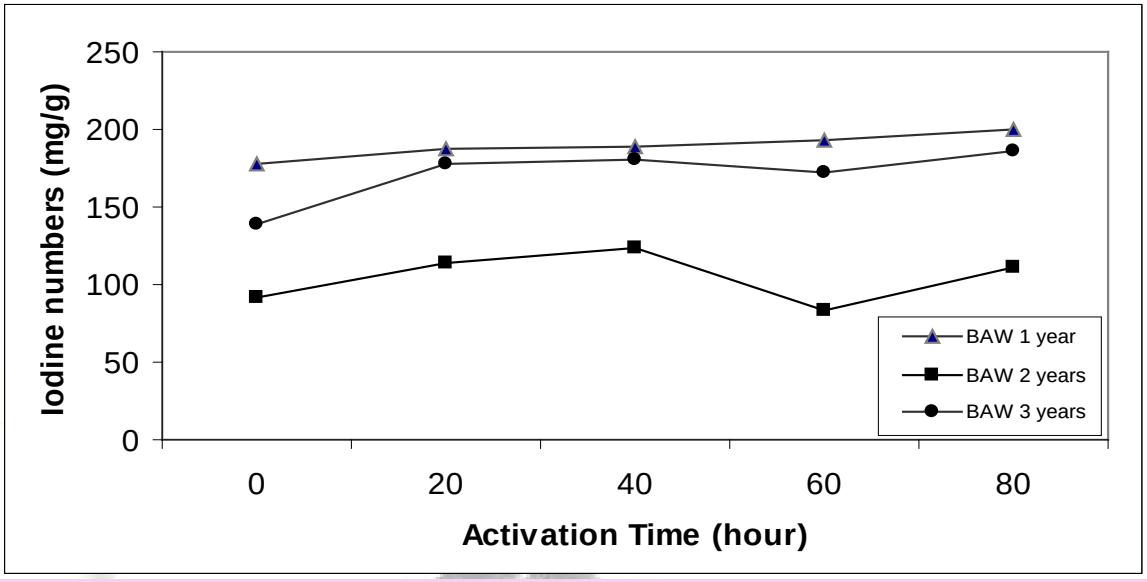
พบว่า ถ่านกัมมันต์จากไผ่หมาจู๋ที่ได้จากการกระตุ้นโดย KOH จะมีค่าเลขไอโอดีนที่ต่ำกว่าจากการถูกกระตุ้นโดย 85% H_3PO_4

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไผ่ป่าโดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและ KOH

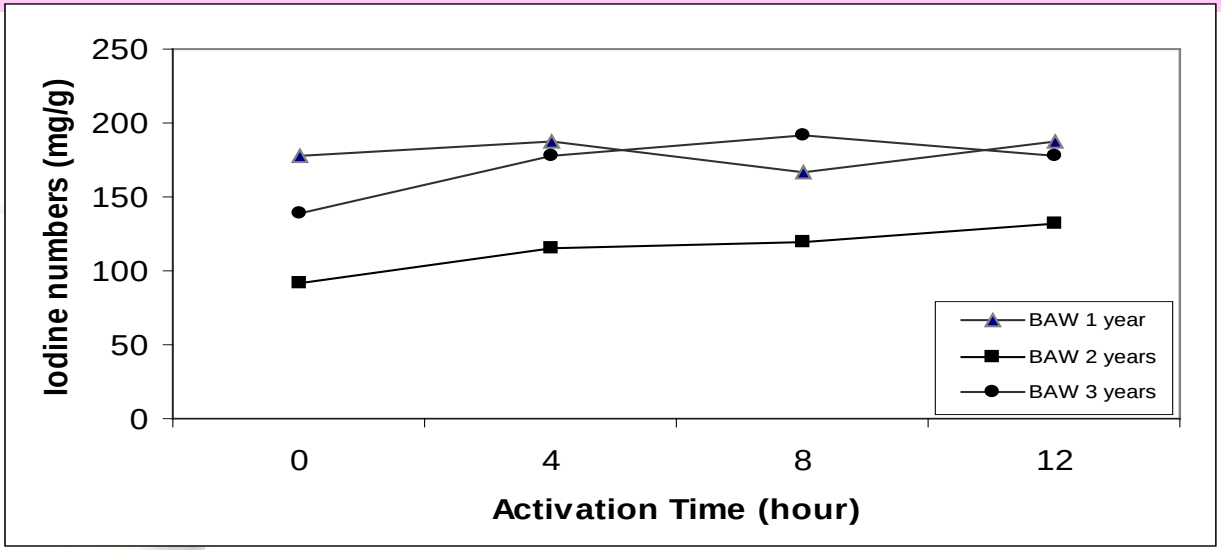


ภาพ แสดงค่าเลขไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากไผ่ป่าโดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85% และสารละลาย KOH เข้มข้น 20 %

พบว่า ถ่านกัมมันต์จากไผ่ป่าที่ได้จากการกระตุ้นโดย 20% KOH จะมีค่าเลขไอโอดีนที่สูงกว่าจากการถูกกระตุ้นโดย 85% H_3PO_4



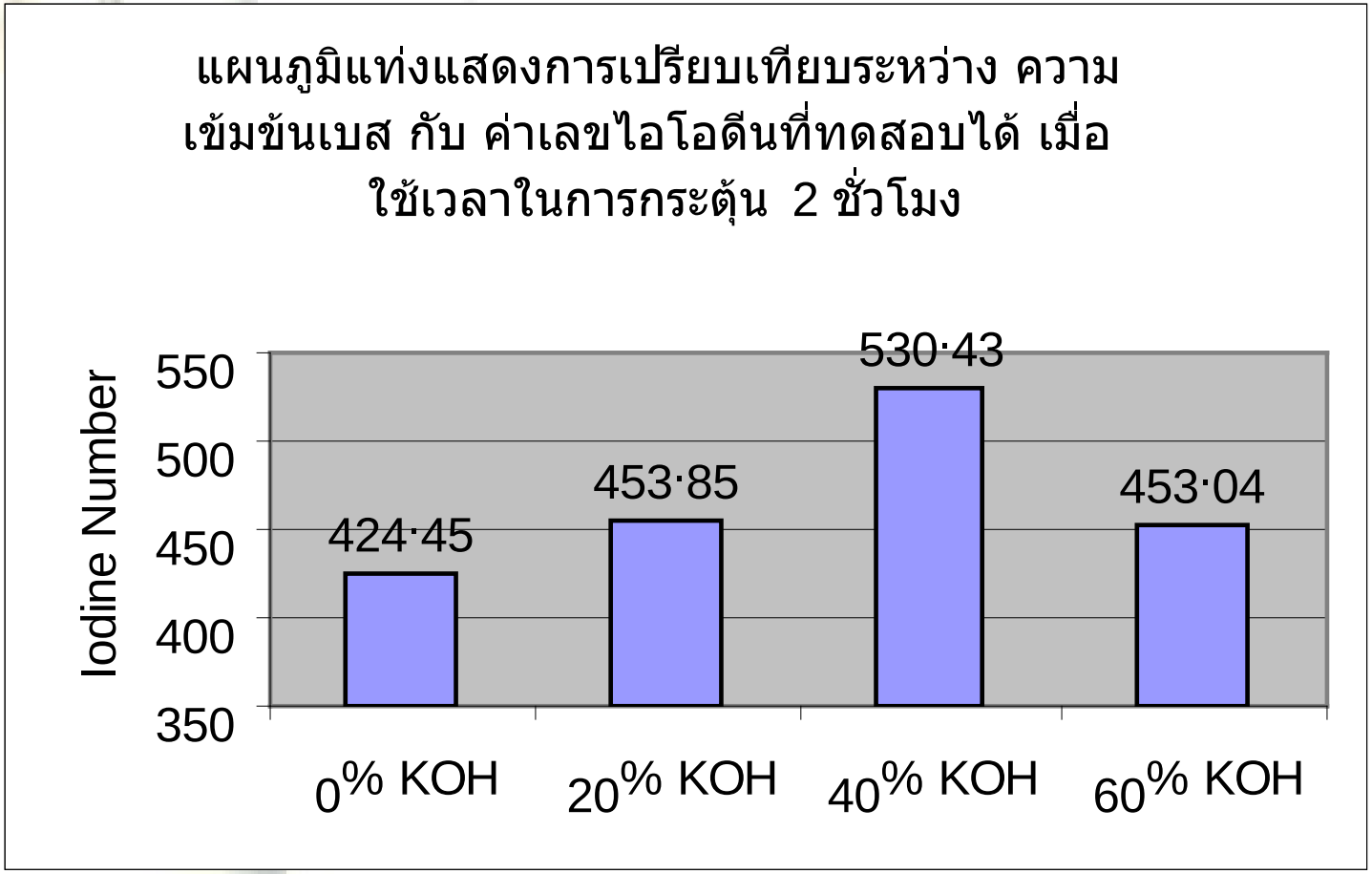
ภาพ แสดงผลของความเข้มข้นของ KOH ต่อค่าเลขไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากไผ่ป่า



ภาพ แสดงผลของเวลาในการกระตุ้น ต่อค่าเลขไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากไผ่ป่า เมื่อกระตุ้นโดยสารละลาย 20% KOH

จากภาพที่ผ่านมาทั้ง 2 ภาพ จะเห็นว่าความเข้มข้นของสารละลาย KOH และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นไม่ได้มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเลขไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากไผ่ป่าอายุ 1-3 ปี โดยพบว่าถ่านกัมมันต์จากไผ่ป่าอายุ 1 ปี จะมีค่าเลขไอโอดีนสูงกว่าอายุ 2 ปี และ 3 ปี

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไผ่มันหมูโดยการกระตุ้นด้วยเบส KOH



การหาค่า phenol values ที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และไผ่ชนิดต่างๆ

ชนิดของถ่าน	อายุ	สภาวะที่ใช้ในการ activate
ไผ่ป่า	1	20% KOH , 4 ชั่วโมง
ไผ่มันหมู	1	20% KOH , 8 ชั่วโมง
ไผ่ตง	2	1:4(น้ำหนักถ่าน:H_3PO_4) ,4ชั่วโมง
ยูคาลิปตัส	ไม่ระบุ	-
commercial grade	ไม่ระบุ	-
ไผ่รวก	2	กรด HNO_3 เข้มข้น

Phenol values

ปฏิบัติตามระเบียบวิธีของ The American Water Works Association (AWWA) โดยค่า phenol value ที่ได้จะอยู่ในหน่วยของ grams / litre และค่า phenol value ที่ได้มีค่ายิ่งต่ำถือว่ามีประสิทธิภาพที่ดี ซึ่งได้จากการพล็อตกราฟ isotherm ระหว่าง ค่า %residual filtrate phenol กับ ค่า X/M โดยใช้ 2 x 2 cycle logarithmic paper จะได้เส้นตรงผ่านจุดต่างๆ จากนั้นหาค่า X/M ที่ 10% residual filtrate phenol เพื่อที่ใช้ในการคำนวณค่า phenol value ตามสมการดังนี้

Phenol value (g/L)

$$= \frac{90}{\text{ค่า X/M ที่ 10\% residual filtrate phenol}} \times \frac{\text{100\% - \%moisture}}{\text{100 \%}}$$

สมการที่เกี่ยวข้อง

$$\%\text{residual filtrate phenol} = \frac{\text{residual phenol (ppm)}}{\text{ความเข้มข้นของ phenol test solution}} \times 100$$

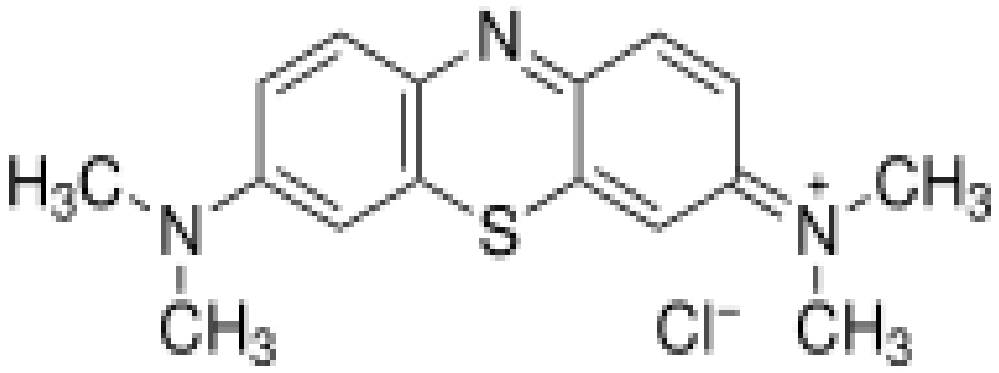
$$\%X\ (\text{adsobed phenol}) = 100 - \%\text{residual filtrate phenol}$$

ตารางสรุปค่า phenol value

ไผ่ชนิดต่างๆ	phenol value (g/L)
commercial activated carbon	2.32 → ประสิทธิภาพดีที่สุด
ไผ่ป่า activated	13.30
ไผ่ตง activated	5.50
ไผ่มันหมู activated	18.27
ไผ่ป่า non-activated	4.90
ไผ่ตง non-activated	4.40
ไผ่มันหมู non-activated	23.40
ไผ่รวก non-activated	28.83
ไผ่รวก activated	18.43

การเปรียบเทียบการดูดซับปริมาณ Methylene blue

ด้วยถ่านกัมมันต์ และถ่านจากไผ่ชนิดต่างๆ



$C_{16}H_{18}N_3ClS$
(319.85 g/mol)

3,7-bis(Dimethylamino)-phenazathionium chloride

Tetramethylthionine chloride

ตารางแสดงค่า Amount adsorbed และ% Removal efficiency ของไผ่ชนิดต่างๆ

ชนิดของถ่าน	Amount adsorbed	% Removal efficiency
ไผ่ป่า non activated	552	88.7
ไผ่ป่า activated	559	90.0
ไผ่ตง non activated	432	69.6
ไผ่ตง activated	418	67.3
ไผ่มันหมู non activated	579	93.3
ไผ่มันหมู activated	620	99.8
ยูคาลิปตัส	508	81.9
commercial grade	621	99.9

ตารางแสดงค่า Amount adsorbed และ% Removal efficiency ของถ่านชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกันเฉพาะ non activated charcoal

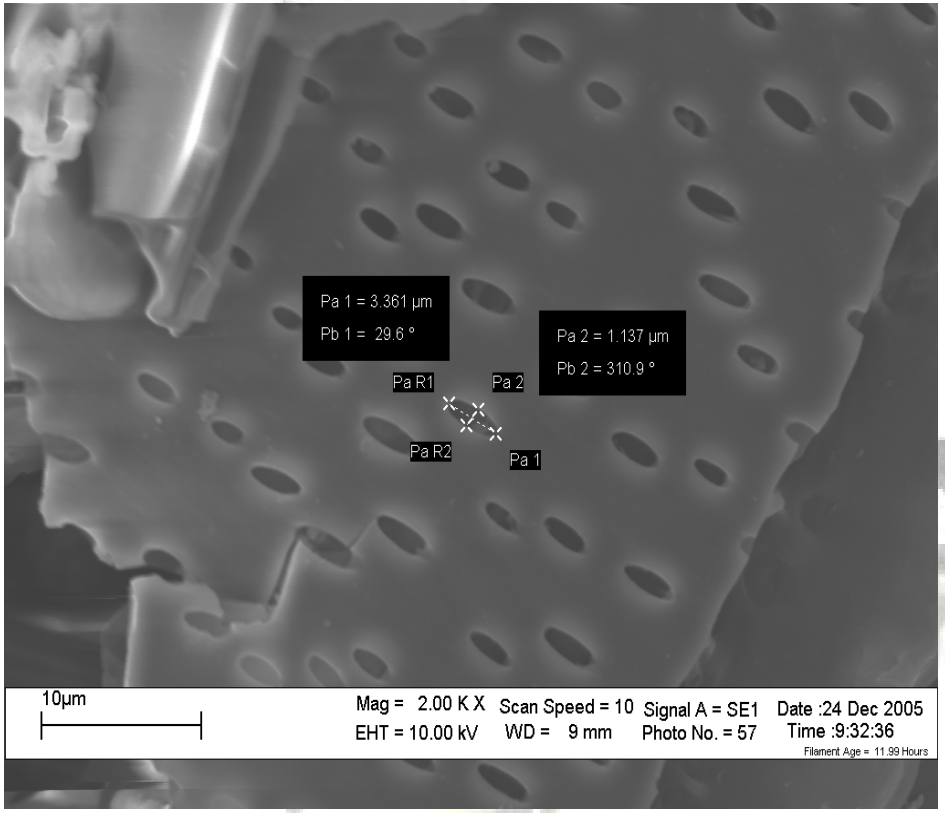
ชนิดของถ่าน	Amount adsorbed	% Removal efficiency
ไผ่ป่า non activated	552	88.7
ไผ่ตง non activated	432	69.6
ไผ่มันหมู non activated	579	93.3
ยูคาลิปตัส	508	81.9

ตารางแสดงค่า Amount adsorbed และ% Removal efficiency ของถ่านชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกันเฉพาะ activated charcoal

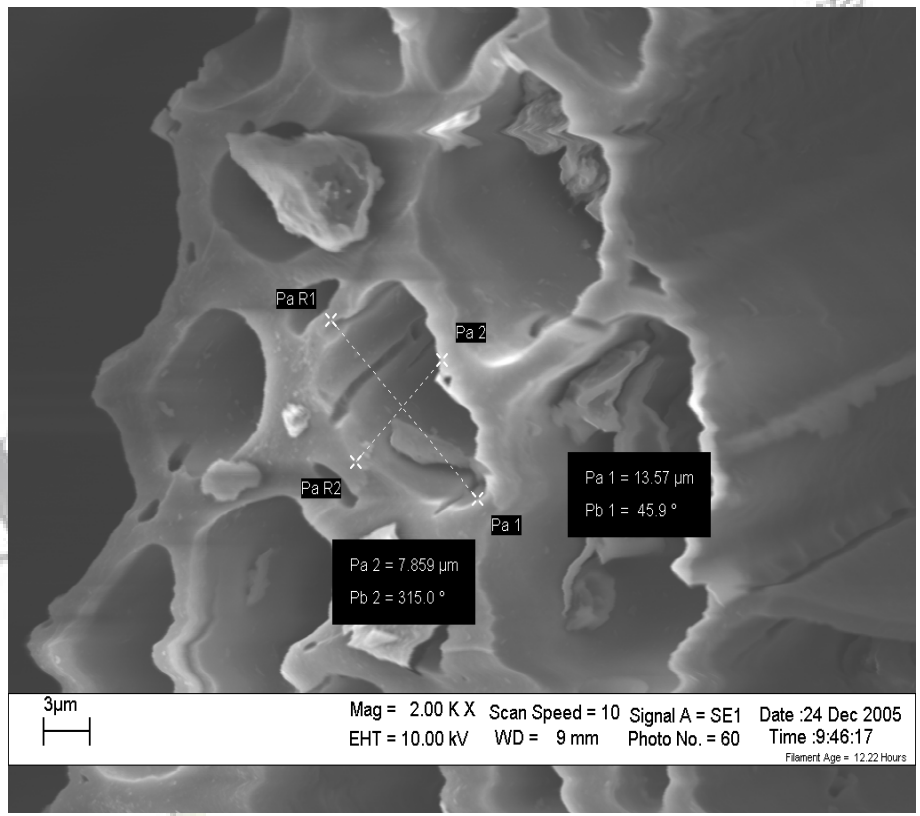
ชนิดของถ่าน	Amount adsorbed	% Removal efficiency
ไผ่ป่า activated	559	90.0
ไผ่ตง activated	418	67.3
ไผ่มันหมู activated	620	99.8
commercial grade	621	99.9

กรณีการดูดซับไอออนของโลหะหนัก

พบว่าถ่านกัมมันต์จากใผ่รวก ที่ถูกกระตุ้นด้วยกรดไนตริก จะสามารดดูดซับ ไอออนของโครเมียมได้ดีพอๆกับ ถ่านกัมมันต์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ



ภาพ ก

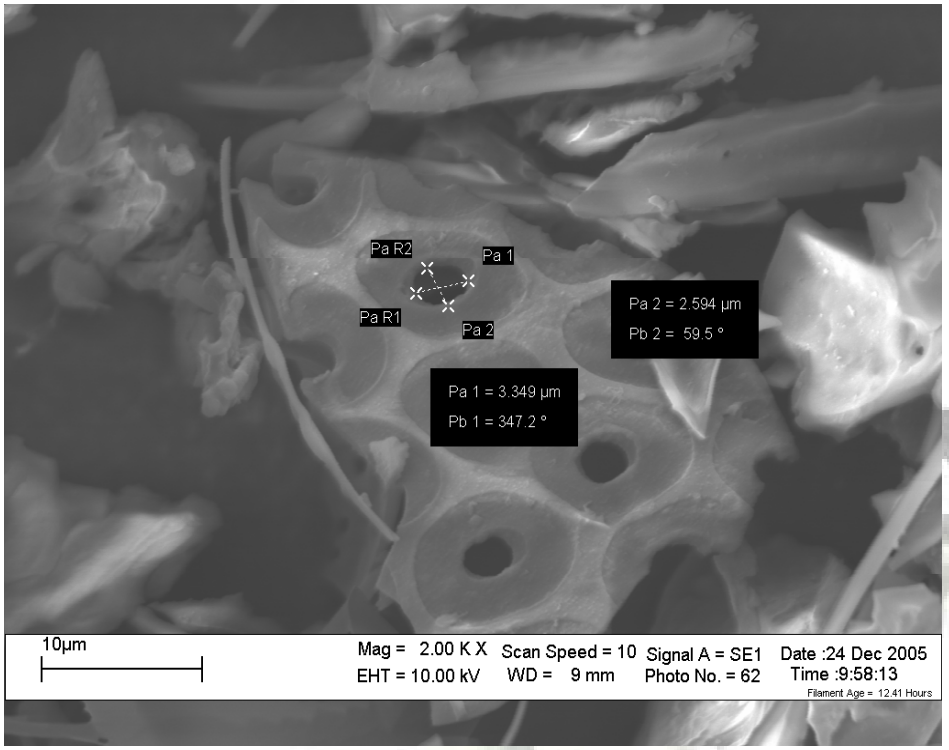


ภาพ ข

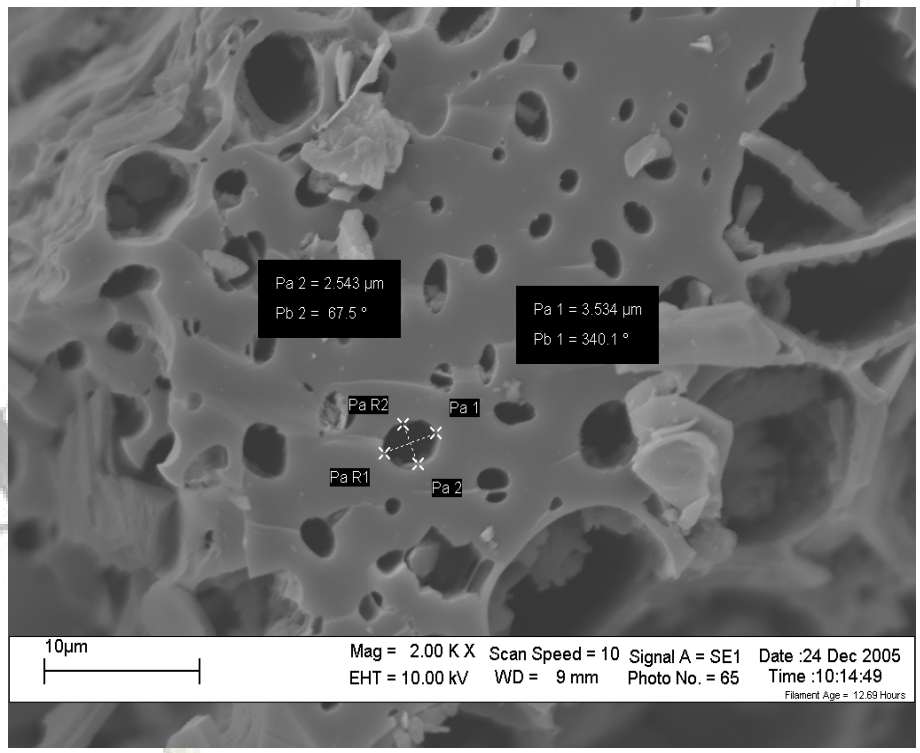
Scanning Electron Micrograph

ภาพ ก ถ่านไม้ไผ่ตง อายุ 1 ปี ก่อนการกระตุ้นด้วยกรด

ภาพ ข ถ่านไม้ไผ่ตง อายุ 1 ปี หลังการกระตุ้นด้วยกรด



ภาพ ก

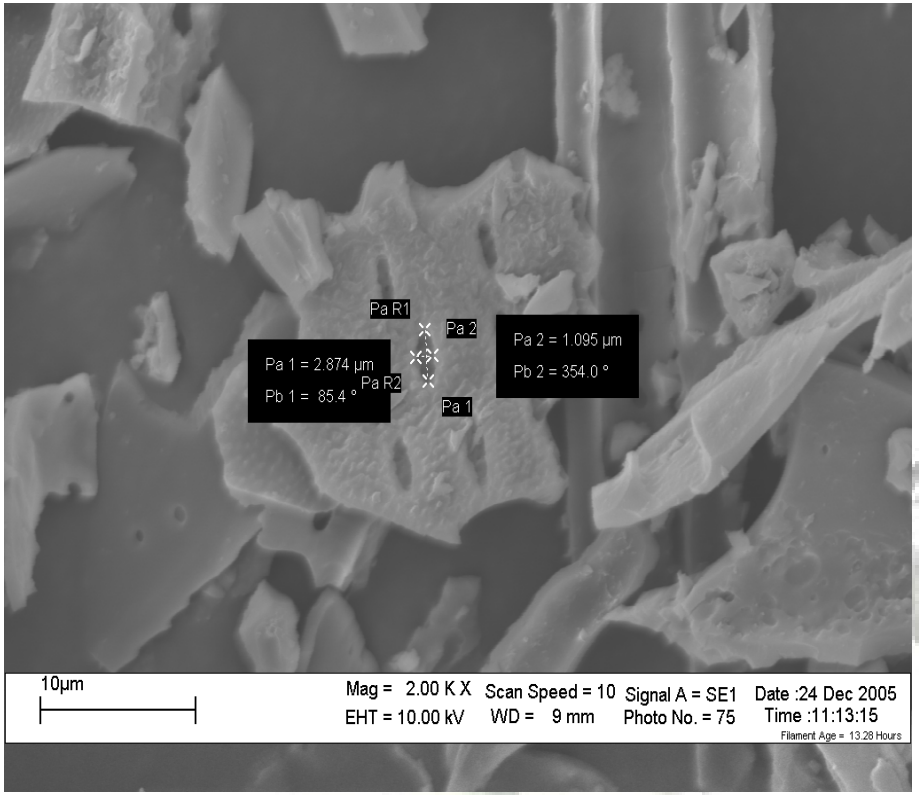


ภาพ ข

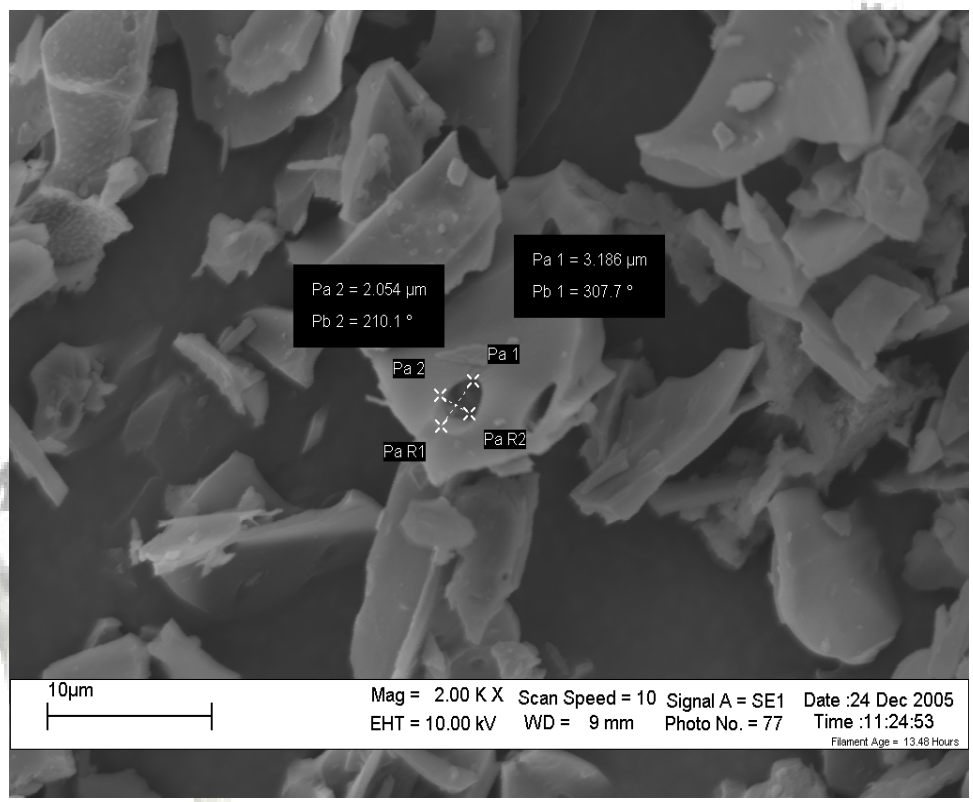
Scanning Electron Micrograph

ภาพ ก ถ่านไม้ไผ่ตง อายุ 2 ปี ก่อนการกระตุ้นด้วยกรด

ภาพ ข ถ่านไม้ไผ่ตง อายุ 2 ปี หลังการกระตุ้นด้วยกรด



ภาพ ก

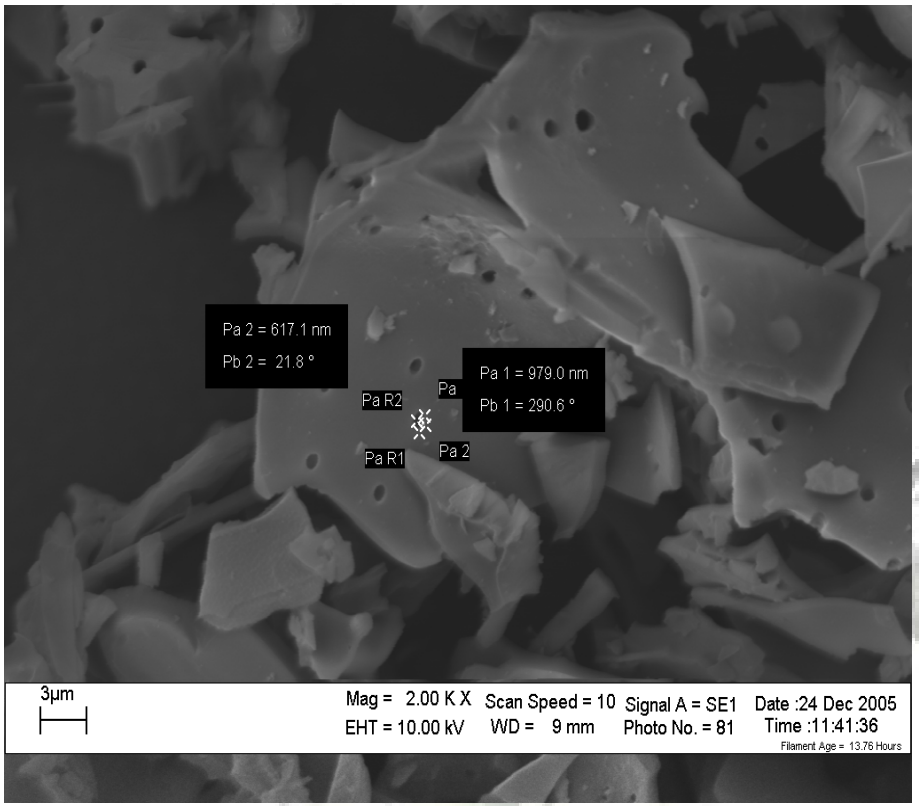


ภาพ ข

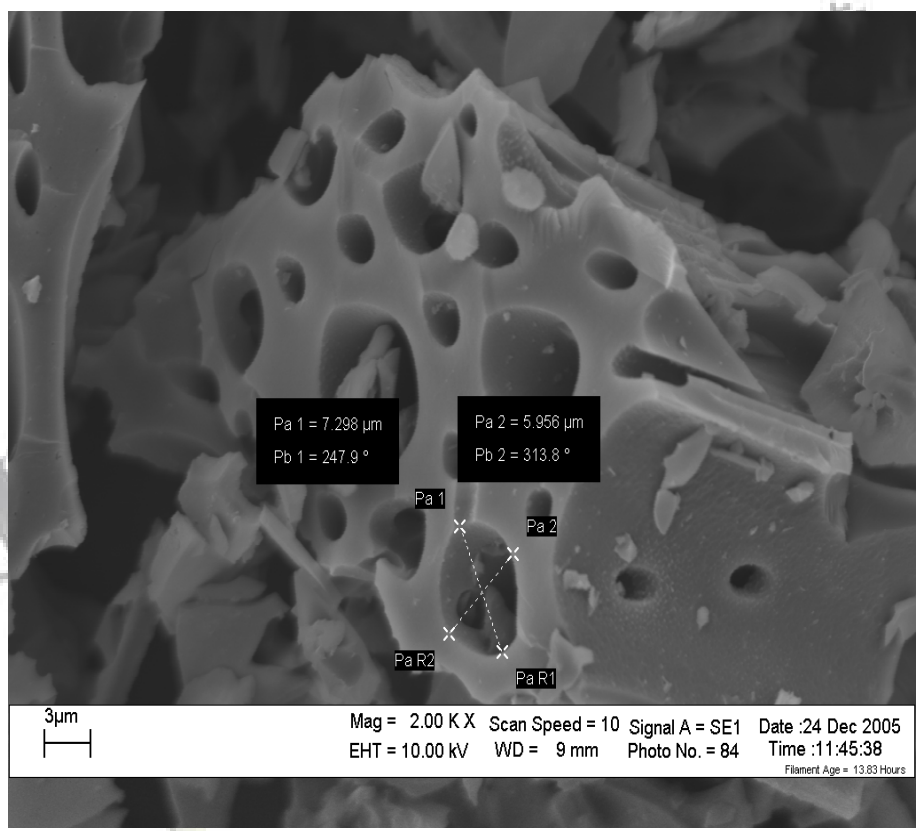
Scanning Electron Micrograph

ภาพ ก ถ่านไม้ไผ่หมาจู๋ อายุ1 ปี ก่อนการกระตุ้นด้วยกรด

ภาพ ข ถ่านไม้ไผ่หมาจู๋ อายุ 1 ปี หลังการกระตุ้นด้วยกรด



ภาพ ก

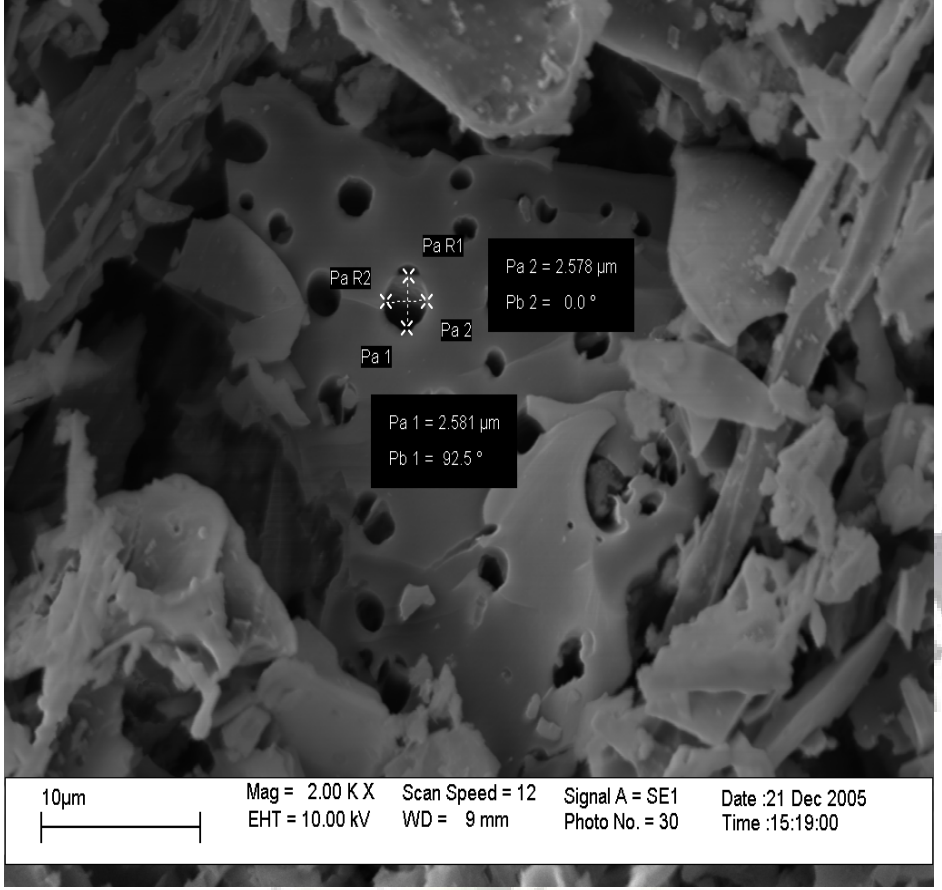


ภาพ ข

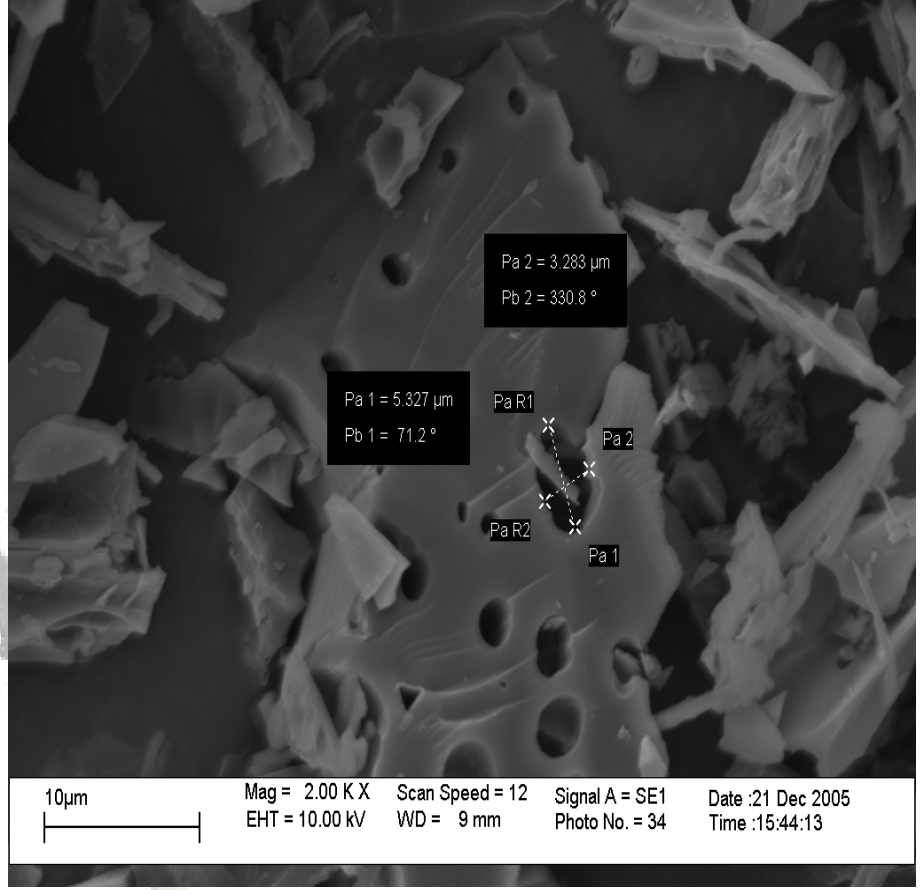
Scanning Electron Micrograph

ภาพ ก ถ่านไม้ไผ่หมาจู๋ อายุ 2 ปี ก่อนการกระตุ้นด้วยกรด

ภาพ ข ถ่านไม้ไผ่หมาจู๋ อายุ 2 ปี หลังการกระตุ้นด้วยกรด



ภาพ ก

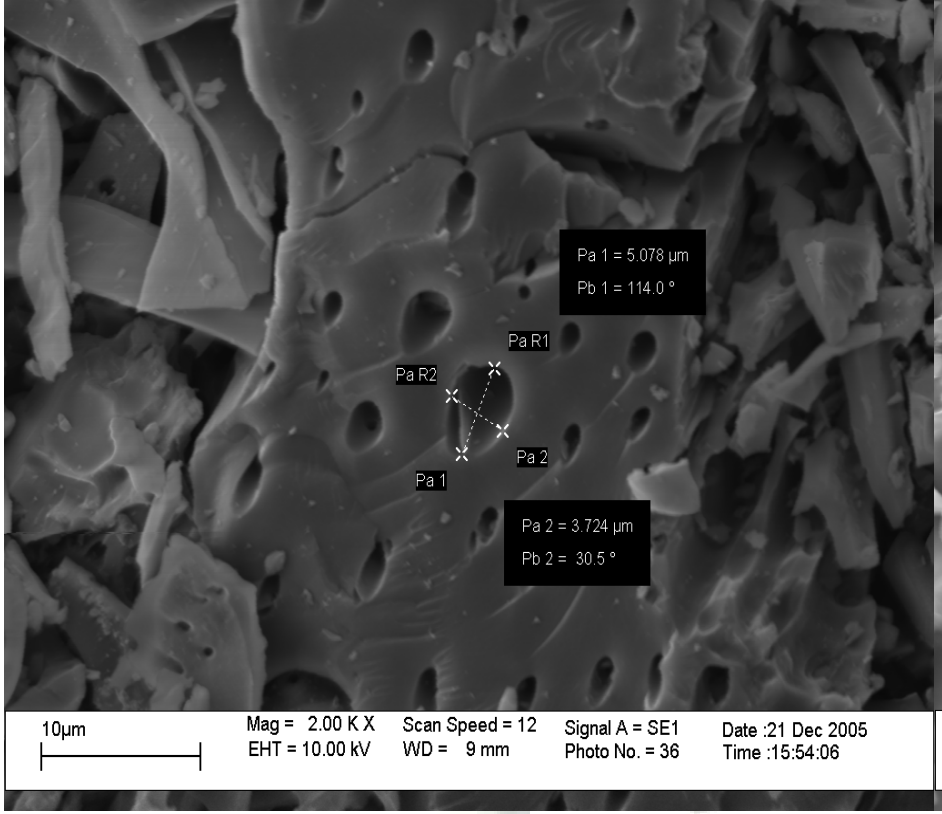


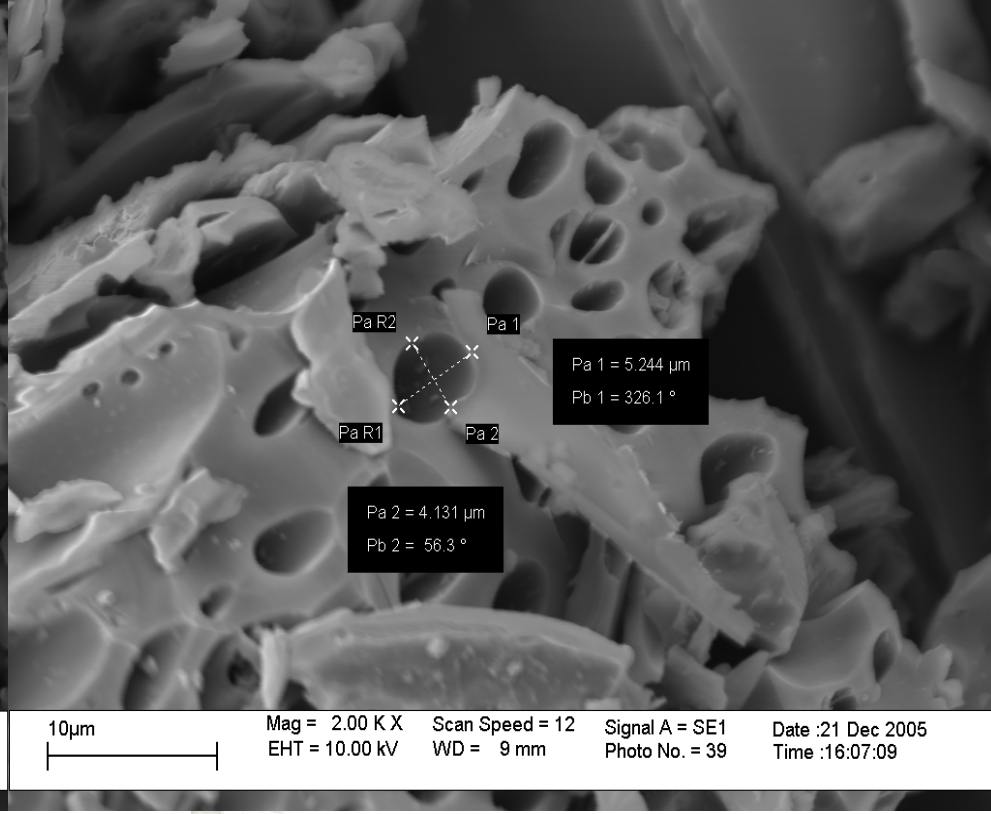
ภาพ ข

Scanning Electron Micrograph

ภาพ ก ถ่านไม้ไผ่ป่า อายุ1 ปี ก่อนการกระตุ้นด้วยกรด

ภาพ ข ถ่านไม้ไผ่ป่า อายุ 1 ปี หลังการกระตุ้นด้วยกรด



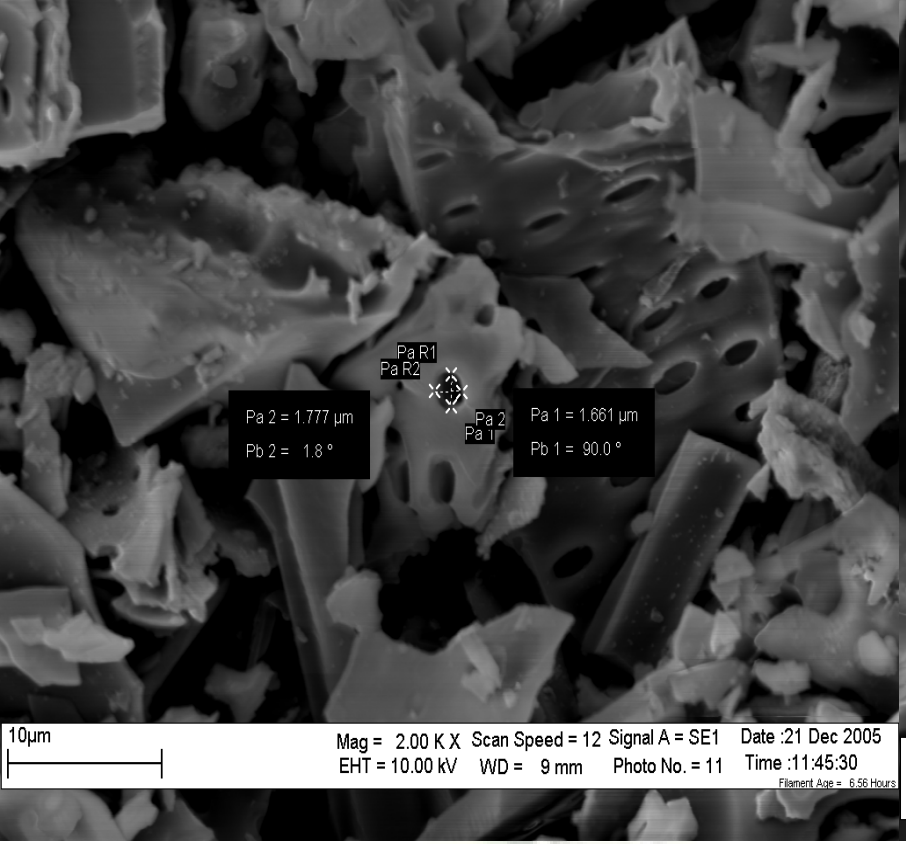


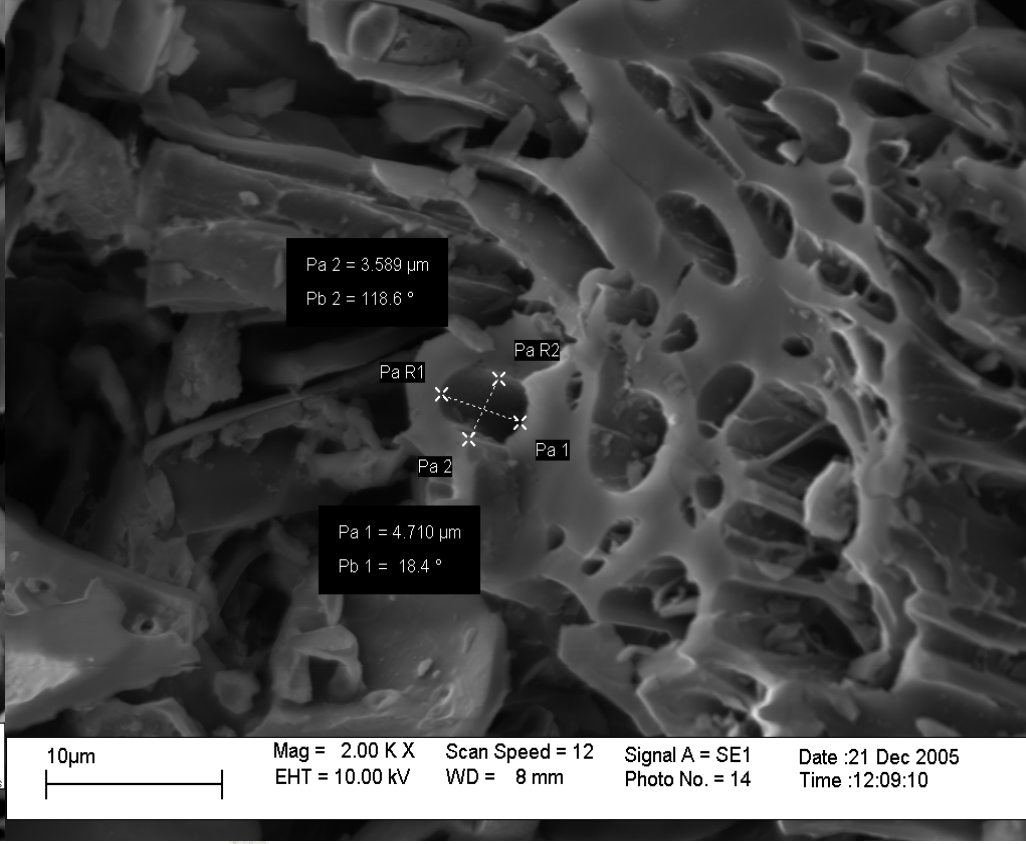
ภาพ ก **ภาพ ข**

Scanning Electron Micrograph

ภาพ ก ถ่านไม้ไผ่ป่า อายุ 2 ปี ก่อนการกระตุ้นด้วยกรด

ภาพ ข ถ่านไม้ไผ่ป่า อายุ 2 ปี หลังการกระตุ้นด้วยกรด





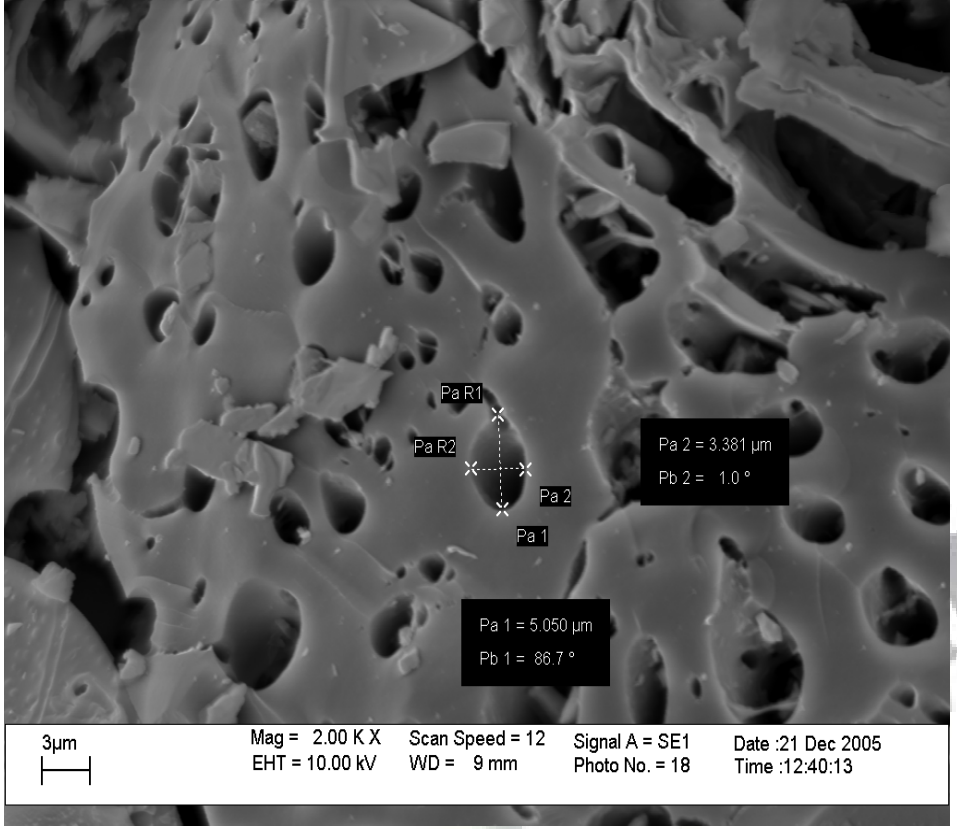
ภาพ ก

ภาพ ข

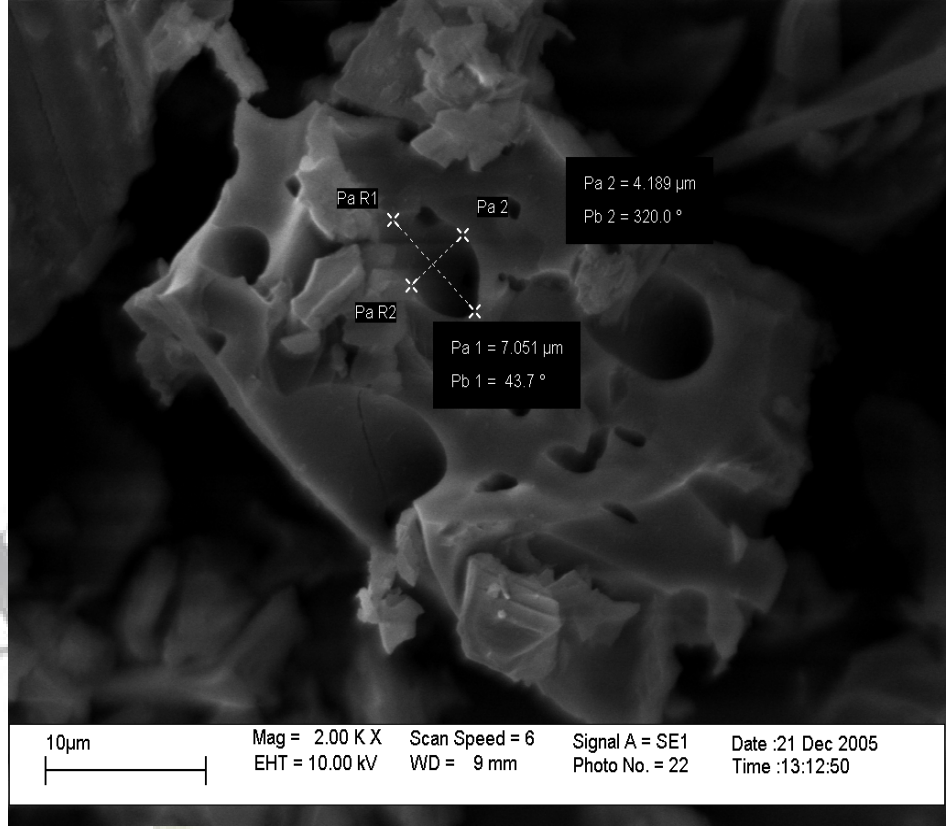
Scanning Electron Micrograph

ภาพ ก ถ่านไม้ไผ่มันหมู อายุ1 ปี ก่อนการกระตุ้นด้วยเบส KOH

ภาพ ข ถ่านไม้ไผ่มันหมู อายุ 1 ปี หลังการกระตุ้นด้วยเบส KOH



ภาพ ก

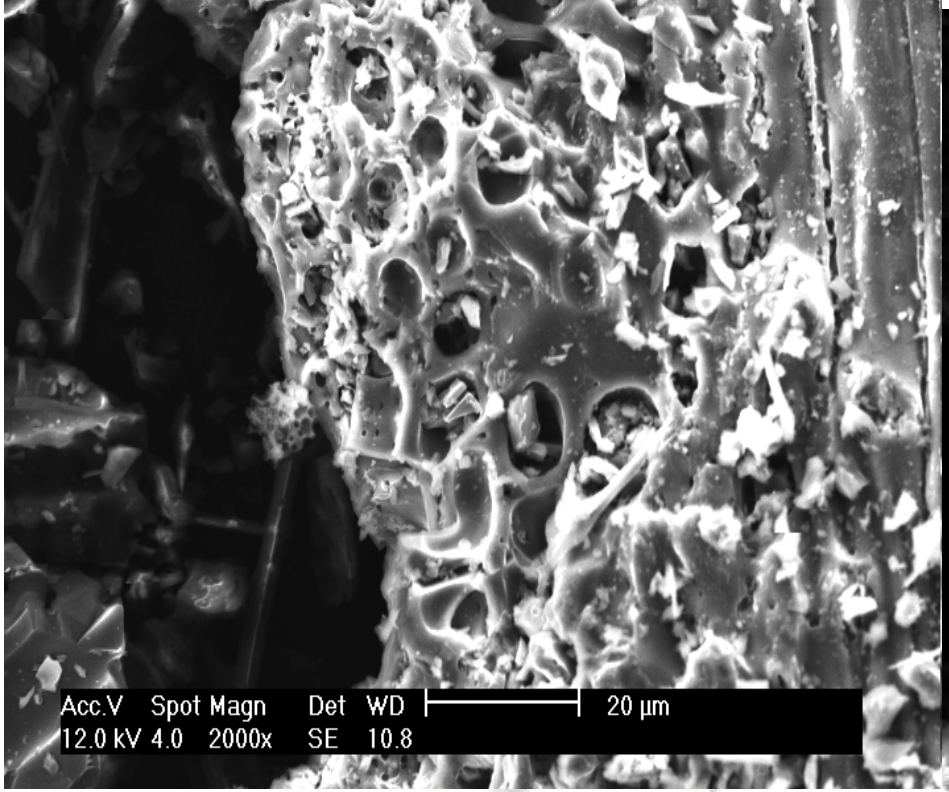


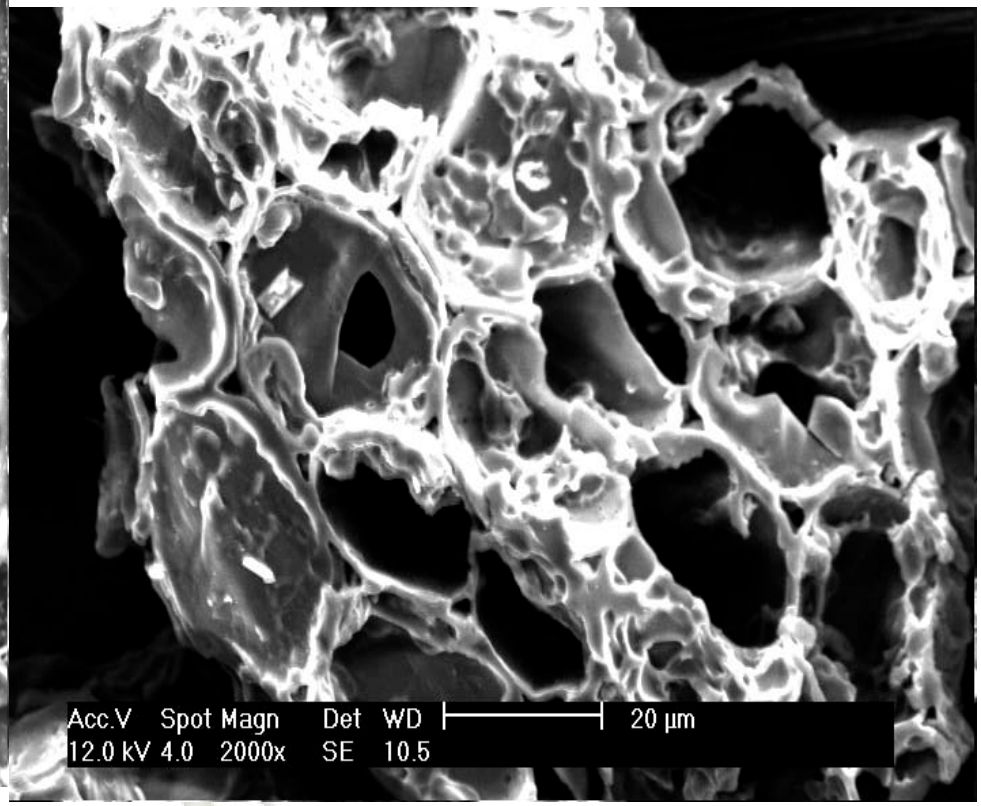
ภาพ ข

Scanning Electron Micrograph

ภาพ ก ถ่านไม้ไผ่มันหมู อายุ 2 ปี ก่อนการกระตุ้นด้วยเบส KOH

ภาพ ข ถ่านไม้ไผ่มันหมู อายุ 2 ปี หลังการกระตุ้นด้วยเบส KOH





ภาพ ก ภาพ ข

Scanning Electron Micrograph

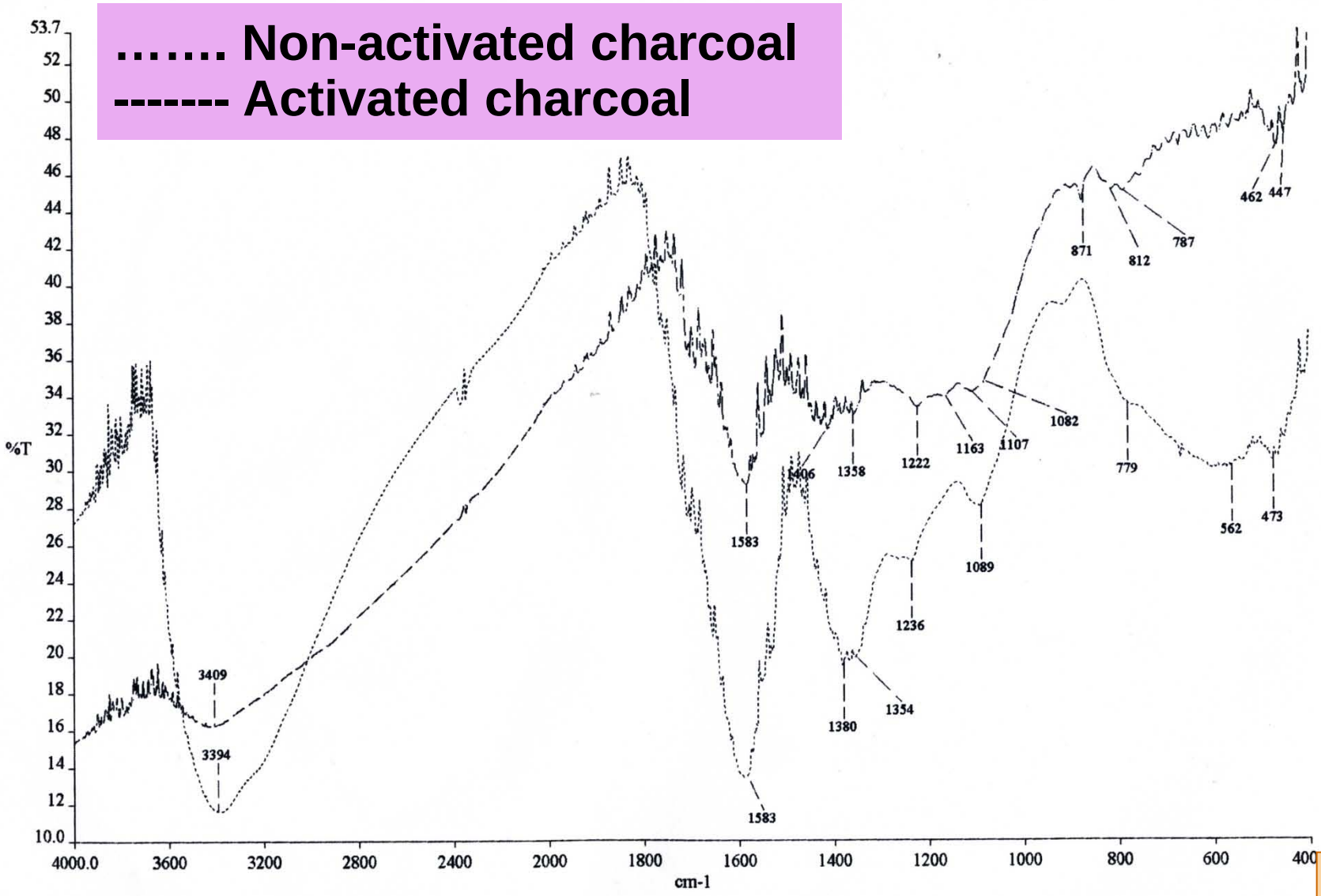
ภาพ ก ถ่านไม้ไผ่รวก อายุ1 ปี ก่อนการกระตุ้นด้วยกรด HNO_3

ภาพ ข ถ่านไม้ไผ่รวก อายุ 1 ปี หลังการกระตุ้นด้วยกรด HNO_3

จากข้อมูลของ SEM พบว่า ลักษณะโดยพื้นผิวโดยทั่วไปของถ่านกัมมันต์มีรูพรุนขนาดใหญ่กว่า มีความพรุนมากกว่าและมีจำนวนมากกว่า ถ่านที่ยังไม่ได้ผ่านการกระตุ้นด้วยวิธีทางเคมี

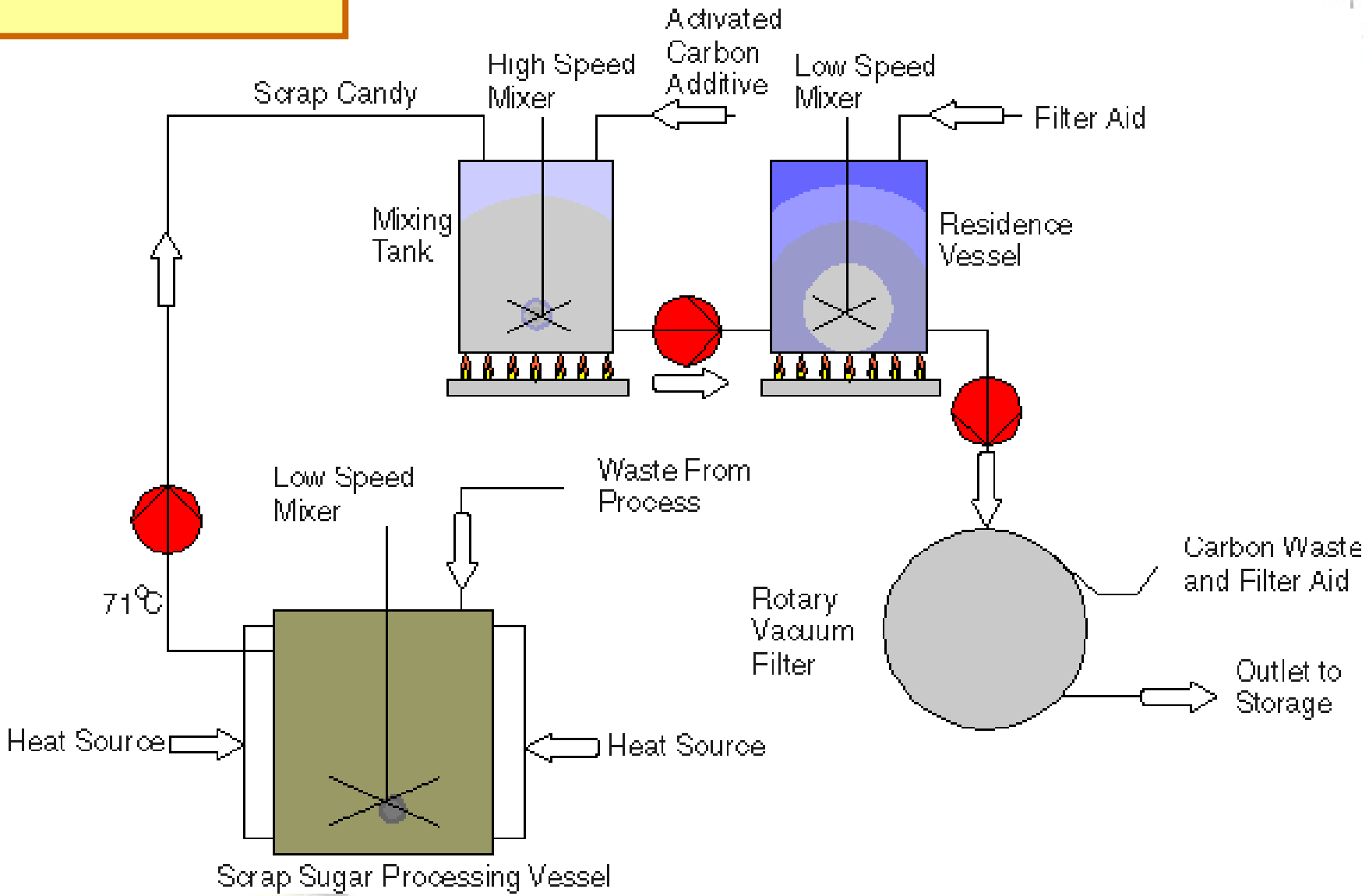
นอกจากนี้ถ่านกัมมันต์ ยังมีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามรูพรุนที่เห็นในภาพถ่าย SEM เป็นแบบ macropore (ขนาดรัศมี > 50 nm) และ mesopore (ขนาดรัศมี 2-50 nm) ซึ่งเป็น transitional pore ของโมเลกุล หรืออะตอมของสารเท่านั้น ส่วน micropore (ขนาดรัศมี <2 nm) ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดการดูดซับไม่สามารถเห็นได้

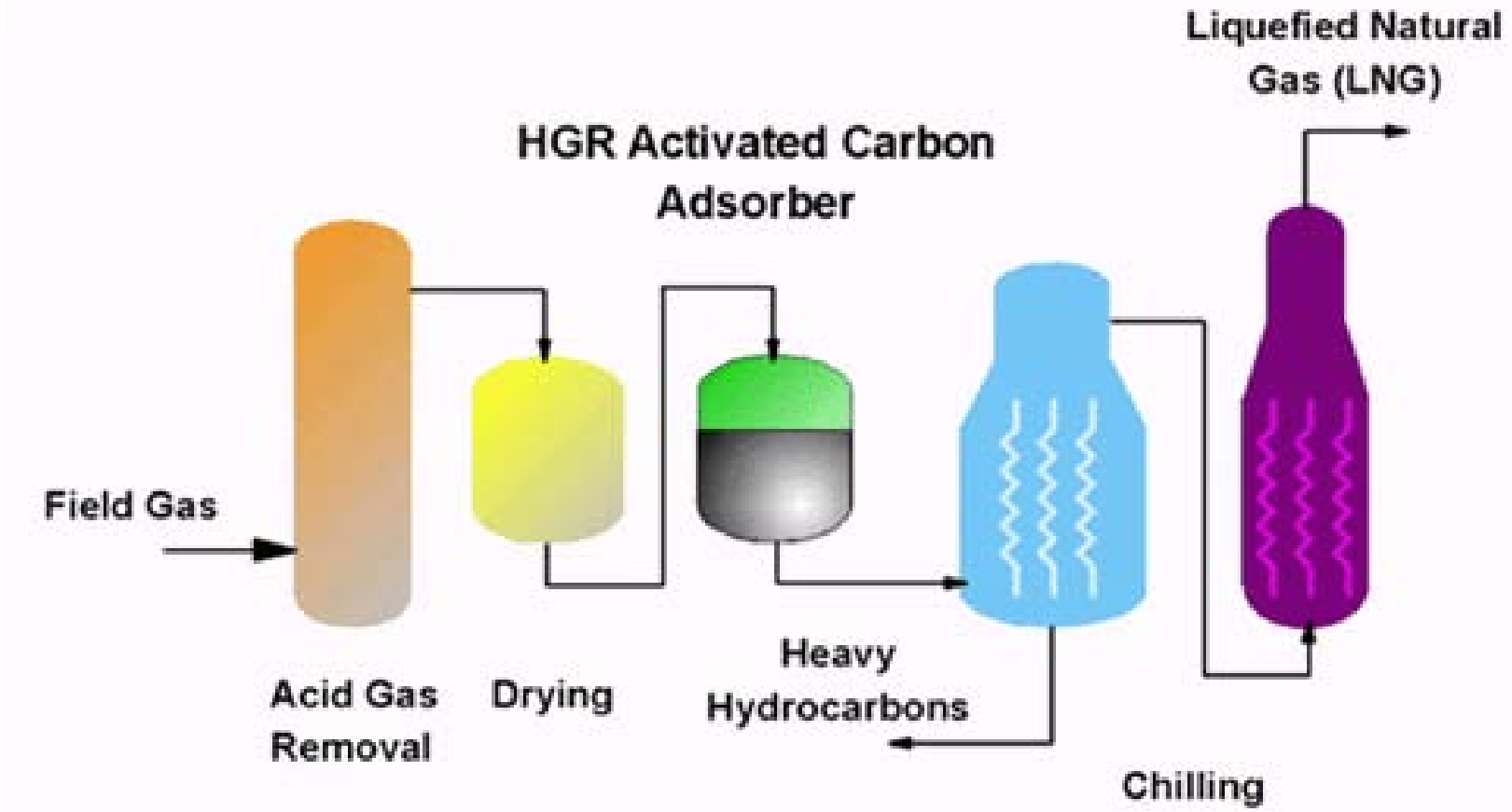
Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR)



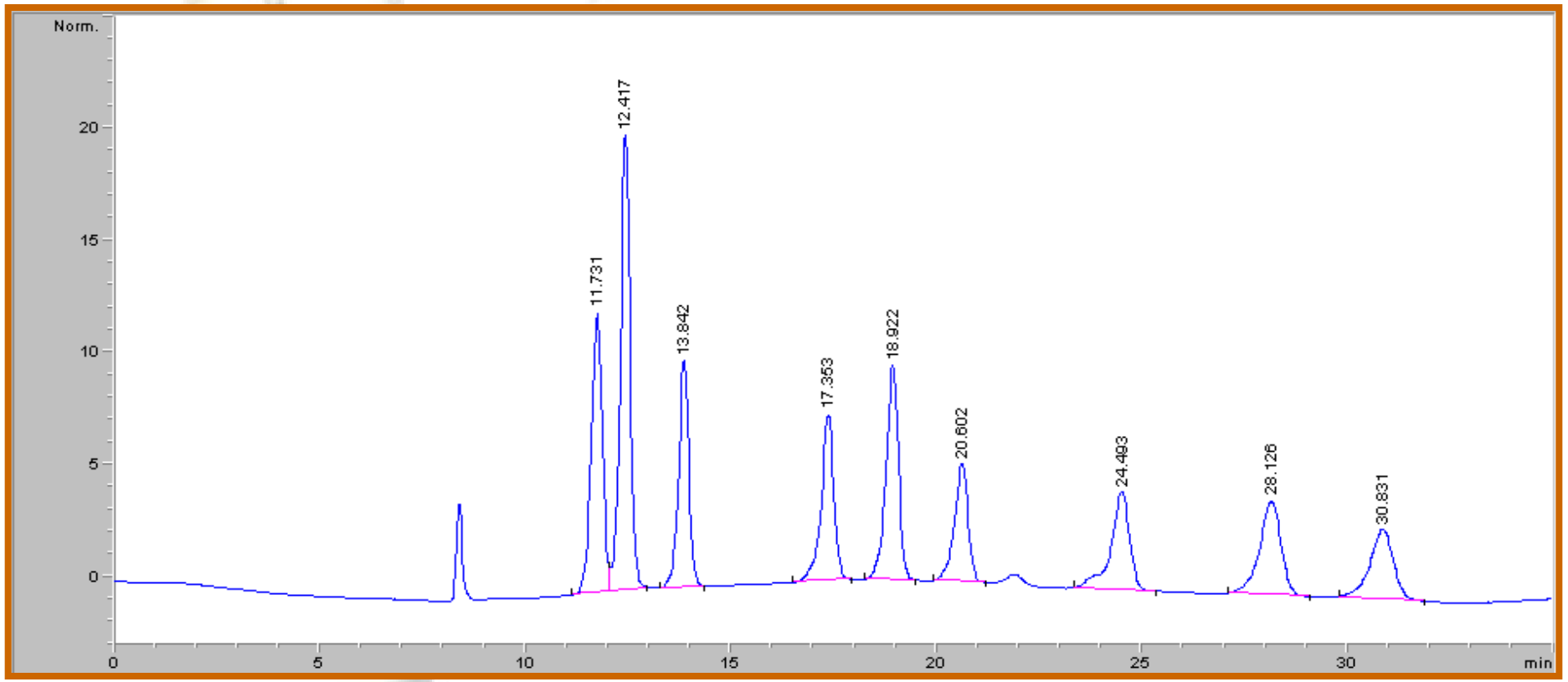
ตัวอย่างการนำถ่านกัมมันต์ไปประยุกต์ใช้

การฟอกสีน้ำตาล





HGR Mercury Removal Activated Carbon Adsorption System for LNG Production



<u>ภาพ</u> แสดงโครมาโทแกรมของการแยกกรดน้ำส้มผสม โดยใช้เทคนิค HPLC

ตาราง แสดงปริมาณและชนิดของกรดน้ำส้มในน้ำส้มไม้

ชนิดของกรดน้ำส้ม	ไม้ไผ่ตง (จากโรงงาน จ. ปราจีณบุรี) (ppm)	ไม้ไผ่ตง ที่ได้จากการกลั่นที่ 100 °C (ppm)	ไม้ไผ่ตง ที่เหลือจากการกลั่นที่ 100 °C (ppm)	ไม้ไผ่ป่า ที่ได้จากการกลั่นที่ 100 °C (ppm)	ไม้ไผ่ป่า ที่เหลือจากการกลั่นที่ 100 °C (ppm)
Citric	-	-	-	-	-
Tartaric	-	-	-	-	-
Malic	-	-	**142.92**	-	-
Lactic	**10.46**	15.13	**20.64**	-	**10.47**
Formic	**213.79**	455.90	**1,592.47**	**1,002.26**	**519.24**
Acetic	**26,676.90**	10,188.20	**17,661.32**	**12,737.28**	**9,981.84**
Propionic	**2,104.72**	**1,164.45**	**463.15**	**658.18**	**979.09**
Isobutyric	**240.21**	**3,725.12**	**12,582.51**	**491.03**	**728.47**
Butyric	**249.48**	**621.09**	**266.63**	-	**609.73**

Acknowledgement

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันวิจัยระบบนิเวศเกษตร

ดร. นิคม แหลมสัก