

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1. ชื่อโครงการวิจัย

(ภาษาไทย) การดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้แมกนีเซียมซิลิเกตที่เตรียมได้จากเถ้าแกลบ

(ภาษาอังกฤษ) Adsorption of free fatty acid from crude palm oil using Magnesium Silicate synthesis from rice husk ash

2. ผู้รับผิดชอบโครงการ

หัวหน้าโครงการวิจัย ดร. พรสวรรค์ อัสวเสงรัตน์

3. วัตถุประสงค์โครงการวิจัย

ศึกษาการสังเคราะห์สารดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตจากเถ้าแกลบ และทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ

4. ชิ้นงานที่ต้องส่งมอบคณะฯ เมื่อสิ้นสุดโครงการ

บทความทางวิชาการ และ ตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตที่เตรียมได้จากเถ้าแกลบ

5. จำนวนเงินวิจัยที่ได้รับอนุมัติ

100,000 บาท

6. สถานที่ทำการวิจัย

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
QP
452
F35
พ 284 ก
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 116904
วันเดือนปี 16 ส.ย. 2554

ลงชื่อ พรสวรรค์ อัสวเสงรัตน์ หัวหน้าโครงการวิจัย
(ดร. พรสวรรค์ อัสวเสงรัตน์)

b. 12726458
1.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ	การดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้แมกนีเซียมซilikेटที่เตรียมได้จากถ้ำเกลือ
ชื่อนักวิจัย	หัวหน้าโครงการวิจัย ดร. พรสวรรค์ อัสวเสงรัตน์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ (SiO_2/MgO) ของแมกนีเซียมซilikेटในการดูดซับกรดไขมันอิสระจากน้ำมันปาล์มดิบ แมกนีเซียมซilikेटได้จากการตกตะกอนของสารผสมระหว่างสารละลายโซเดียมซilikेटจากเกลือกับสารละลายแมกนีเซียมไนเตรดหรือสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต แมกนีเซียมซilikेटที่เตรียมได้จากการตกตะกอนโดยใช้สารละลายแมกนีเซียมไนเตรดมี SiO_2/MgO เท่ากับ 3.93, 3.75, 2.74, 2.40 และ 1.99 และที่เตรียมได้จากการตกตะกอนโดยใช้สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตมี SiO_2/MgO เท่ากับ 3.96, 3.61, 3.51, 2.91 และ 2.69 นำแมกนีเซียมซilikेटที่สังเคราะห์ได้ไปทดสอบการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ปริมาณตัวดูดซับ 1 กรัม ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม ที่ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มดิบก่อนการดูดซับ 2.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าที่ SiO_2/MgO เท่ากับ 1.99 มีความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระมากที่สุด คือสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้ 185 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ และความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระของแมกนีเซียมซilikेटลดลงเมื่อ SiO_2/MgO ของแมกนีเซียมซilikेटเพิ่มขึ้น คาดว่าเกิดจากความสามารถในการดูดซับทางเคมีบนแมกนีเซียมซilikेटลดลง นำแมกนีเซียมซilikेटที่ SiO_2/MgO เท่ากับ 1.99 มาศึกษาผลของปริมาณของแมกนีเซียมซilikेटต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่เวลาเข้าสู่สมดุลการดูดซับ พบว่าความสามารถในการดูดซับของกรดไขมันอิสระลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับ นำข้อมูลสมดุลการดูดซับมาหาแบบจำลองการดูดซับด้วยสมการ Langmuir และ Freundlich พบว่าไอโซเทิร์มของการดูดซับมีความสอดคล้องแบบจำลองของ Freundlich มากกว่าแบบจำลองของ Langmuir เนื่องจากในสมการของแบบจำลอง Langmuir ขอบเขตจำกัดความจุการดูดซับ (Q^0) และค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับ (b) มีค่าติดลบจึงส่งผลให้สมการไม่เป็นจริง และการดูดซับกรดไขมันอิสระบนแมกนีเซียมซilikेटเกิดจากการดูดซับทางกายภาพและทางเคมี ซึ่งมีความสอดคล้องกับสมมติฐานของแบบจำลองของ Freundlich มากกว่าแบบจำลองของ Langmuir

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แกลบ.....	4
2.2 กรดไขมัน.....	5
2.3 ปาล์มน้ำมัน.....	6
2.4 การดูดซับ.....	8
2.4.1 ประเภทของการดูดซับ.....	8
2.4.2 กลไกการดูดซับ.....	9
2.4.3 ตัวดูดซับ.....	10
2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ.....	10
2.5 สมดุลของการดูดซับ.....	11
บทที่ 3 อุปกรณ์และการดำเนินงานวิจัย.....	16
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	16
3.2 อุปกรณ์การทดลอง.....	16
3.3 สารเคมี.....	17
3.4 วิธีการทดลอง.....	17
3.4.1 การสังเคราะห์แมกนีเซียมซิติลเกิดจากแกลบ.....	17
3.4.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะและคุณสมบัติของแมกนีเซียมซิติลเกิด.....	18
3.4.3 การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมัน ปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติลเกิดที่สังเคราะห์จากแกลบกับ แมกนีเซียมซิติลเกิดทางการค้า.....	20

สารบัญ

หน้า

3.4.4	การศึกษาผลของอัตราส่วน โดยโมลระหว่างซิติกาต่อแมกนีเซียม ออกไซด์บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติกาที่สังเคราะห์จากแคลบต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ.....	20
3.4.5	การศึกษาผลของปริมาณตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติกาที่สังเคราะห์จากแคลบต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ และเวลาเข้าสู่สมดุลการดูดซับ.....	20
3.4.6	ทำการศึกษาไอโซเทิร์มการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบด้วยตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติกาที่สังเคราะห์จากแคลบ.....	21
บทที่ 4	ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	22
4.1	การวิเคราะห์คุณลักษณะและคุณสมบัติของแมกนีเซียมซิติกา.....	22
4.1.1	การตรวจวัดปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของตัวดูดซับ โดยวิธีการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์.....	22
4.1.2	การตรวจดูความเป็นผลึกของตัวดูดซับโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์	23
4.1.3	การวิเคราะห์พื้นที่ผิว ขนาดรูพรุน และปริมาตรของรูพรุนแบบมีโซพอร์สบนตัวดูดซับด้วยวิธี BET.....	25
4.1.4	การทำโครงสร้างของสาร โดยการวิเคราะห์การดูดกลืนรังสีอินฟราเรด.....	26
4.1.5	การตรวจวัดปริมาณตำแหน่งความเป็นกรด (Acid site) บนตัวดูดซับ...	27
4.2	การศึกษาความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่เวลา 1 ชั่วโมง.....	28
4.3	การศึกษาเวลาในการเข้าสู่สมดุลและผลของปริมาณตัวดูดซับต่อความสามารถการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ.....	32
4.4	ไอโซเทิร์มการดูดซับ.....	34
บทที่ 5	สรุปผลการทดลอง.....	38
	เอกสารอ้างอิง.....	40
	บทความทางวิชาการ.....	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของวิทยานิพนธ์

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญทั้งการบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปในตลาดโลก จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปี พ.ศ. 2550 ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวเปลือกได้ปีละประมาณ 32 ล้านตัน [1] และเมื่อข้าวเปลือกผ่านการสีแล้ว จะได้ผลผลิตเป็นสองส่วนคือข้าวสารและแกลบ ซึ่งปริมาณแกลบนั้นคิดเป็น 15-20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณข้าวเปลือก [2] นั่นคือในแต่ละปีประเทศไทยจะมีปริมาณแกลบที่เหลือจากการสีข้าวเปลือกประมาณ 6.4 ล้านตัน จากการศึกษาพบว่าแกลบมีองค์ประกอบเป็นซิลิกา โดยแกลบทั่วไปมีอัตราส่วนของซิลิกาประมาณ 13-29 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก [3] ส่วนประกอบที่เหลือเป็นสารประกอบออกไซด์และไฮโดรคาร์บอน ถ้าหากนำแกลบมาเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้จะสลายตัวเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และสารประกอบออกไซด์บางส่วนยังสามารถสลายตัวทางความร้อนได้ ทำให้แกลบนี้มีอัตราส่วนของซิลิกาที่สูงขึ้น และจากงานวิจัยของ สันติ รัตนวิรินทร์, 2547 [4] พบว่าถ้าแกลบทำปฏิกิริยากับกรดก่อนเผา แกลบที่ได้มีอัตราส่วนของซิลิกาที่สูงกว่าแกลบที่ไม่ทำปฏิกิริยากับกรด เมื่อทำการเผาที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมซิลิกาในแกลบจะมีอัตราส่วนสูงถึง 99.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากข้อมูลดังกล่าวแกลบนั้นมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นแหล่งของซิลิกาที่ใช้เตรียมสารละลายโซเดียมซิลิเกต [4,5] ซึ่งสามารถนำไปสังเคราะห์ ซิลิกอนบริสุทธิ์ [3] แมกนีเซียมซิลิเกต [6] เป็นต้น แมกนีเซียมซิลิเกตนี้เป็นตัวดูดซับที่มีความสามารถในการดูดซับสารต่างๆ เช่น กรด โอเลอิก [6] ฟีนอล [7] เป็นต้น ใช้ในการทำให้ไบโอดีเซลบริสุทธิ์ โดยไม่ต้องใช้น้ำในการล้าง [8] และลดปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน [9]

การทำไบโอดีเซลที่อาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง ตัวเร่งปฏิกิริยากรด และตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ในการผลิตไบโอดีเซลคือตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาณมาก มีความบริสุทธิ์สูง ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาน้อย และมีค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ต่ำ เมื่อเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยากรดและตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพที่มีความสามารถในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระปนอยู่ น้ำมันปาล์มเป็นหนึ่งในน้ำมันที่นิยมนำมาทำไบโอดีเซล แต่ น้ำมันปาล์มดิบมีกรดไขมันอิสระอยู่ประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบส่งผลต่อคุณภาพของไบโอดีเซลที่ผลิต เนื่องจากกรดไขมันอิสระจะทำปฏิกิริยากับด่างทำให้เกิดสบู่ในระหว่างการผลิตไบโอดีเซล ทำให้ยากต่อการแยกกลีเซอรอลซึ่งเป็นผลผลิตร่วมออกจากไบโอดีเซล ปรกติการลดปริมาณกรดไขมันอิสระจะใช้ด่างในการทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในน้ำมัน [10] หรือใช้

กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน [11] ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยากและทำให้สูญเสียน้ำมันไปบางส่วน แต่วิธีการลดกรดไขมันอิสระด้วยวิธีการดูดซับนั้นเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก แยกตัวดูดซับออกจากน้ำมันง่าย และมีประสิทธิภาพสูง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการสังเคราะห์แมกนีเซียมซลิเกตจากแคลบ ผลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ ผลของปริมาณของแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบที่ใช้ในการดูดซับต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่เวลาเข้าสู่สมดุลการดูดซับ และศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการอธิบายรูปแบบของกระบวนการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาการเตรียมตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกต
2. ศึกษาผลของอัตราส่วน โดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ
3. ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการอธิบายรูปแบบของกระบวนการดูดซับ

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาการเตรียมตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกต
2. ศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติของแมกนีเซียมซลิเกต
 - 2.1 วิเคราะห์ปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของแมกนีเซียมซลิเกต โดยวิธีการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์ (XRF)
 - 2.2 วิเคราะห์ความเป็นผลึกของแมกนีเซียมซลิเกต โดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD)
 - 2.3 วิเคราะห์พื้นที่ผิวและขนาดของรูพรุนของแมกนีเซียมซลิเกตด้วยวิธี Brunauer-Emmett-Teller (BET)
 - 2.4 วิเคราะห์โครงสร้างของแมกนีเซียมซลิเกต โดยการวิเคราะห์การดูดกลืนรังสีอินฟราเรด (FT-IR)
 - 2.5 วิเคราะห์ปริมาณตำแหน่งความเป็นกรด (Acid site) บนแมกนีเซียมซลิเกตด้วยวิธีการไทเทรตด้วยเอมีน

3. ศึกษาผลของอัตราส่วน โดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ ที่เวลา 1 ชั่วโมง

4. ศึกษาผลของปริมาณตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตต่อความสามารถการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่เวลาเข้าสู่สมดุลการดูด

5. ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการอธิบายรูปแบบของกระบวนการดูดซับ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเพิ่มมูลค่าของเกลบได้
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการดูดซับและกระบวนการดูดซับด้วยตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกต
3. สามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายรูปแบบของกระบวนการดูดซับด้วยตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตได้



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แกลบ [3-5,12]

ในปัจจุบันปริมาณการผลิตข้าวของประเทศไทยนั้นสูงขึ้นมากกว่าข้อมูลในปี 2544 เนื่องจากปัจจัยหลายด้าน และนั่นก็ส่งผลให้ปริมาณแกลบสูงขึ้นด้วย โดยแกลบเหล่านี้มักจะถูกนำมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น

- ใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากแกลบนั้นจะให้พลังงานความร้อนใกล้เคียงกับถ่านไม้
- ใช้ผสมกับดินเหนียวทำอิฐ
- ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์
- ใช้เป็นแหล่งอาหารของพืช โดยผสมในปุ๋ยแอม โมเนีย ซึ่งช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว
- ใช้เป็นฉนวนความร้อน

การนำแกลบมาเผา นั้นจะได้เถ้าแกลบประมาณ 16.4 – 18.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก [8] ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในเถ้าแกลบนั้นมีปริมาณซิลิกาสูงถึง 86.9 – 97.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งคุณสมบัติของเถ้าแกลบนี้จะแตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาในการเผา

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของเถ้าแกลบ [12]

องค์ประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
SiO ₂	86.9 - 97.3
K ₂ O	0.58 - 2.50
Na ₂ O	0.00 - 1.75
CaO	0.20 - 1.50
MgO	0.12 - 0.96
Fe ₂ O ₃	0.00 - 0.54
P ₂ O ₅	0.20 - 0.85
SO ₃	0.10 - 1.13
Cl ₂ O	0.00 - 0.42

โดยทั่วไปถ้าเกิดจากการเผาแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

– ถ้าเกิดจากคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 600 องศาเซลเซียส ทำให้สารประกอบคาร์บอนหลงเหลืออยู่มาก คือ ประมาณ 5 – 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งถ้าเกิดแบบนี้ก็นำไปใช้เป็นสารดูดซับคาร์บอนกัมมันต์

– ถ้าเกิดจากคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้ในช่วงอุณหภูมิ 600 – 800 องศาเซลเซียส ในที่ที่มีอากาศเพียงพอ ถ้าเกิดแบบนี้จะมีปริมาณซิลิกาที่สูงมาก

การที่จะได้ซิลิกาจากคาร์บอนที่อยู่ในรูปของถ่านหินซึ่งมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาจำเป็นต้องทำในอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากหากเผาเป็นเวลานานเกินไปจะส่งผลให้ซิลิกานั้นอยู่ในรูปของผลึก ซึ่งยากในการบดละเอียดและเฉื่อยในการทำปฏิกิริยา

2.2 กรดไขมัน (Fatty acid) [13, 14]

กรดไขมันเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอนอะตอมเกาะกันเป็นเส้นตรง ส่วนใหญ่มีน้ำหนักค่อนข้างน้อยพบกรดไขมันเป็นอิสระ โดยมักพบเป็นส่วนประกอบของไขมันหลายชนิด เช่น ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟกลีเซอไรด์ ในธรรมชาติมักพบกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นจำนวนคู่ระหว่าง 4 – 24 อะตอม ที่พบมากมีจำนวนคาร์บอน 16 และ 18 อะตอมมีสูตรทั่วไปคือ RCOOH มี 2 ประเภทดังนี้

1) กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid)

กรดไขมันที่โมเลกุลมีความอิ่มตัว มีหมู่คาร์บอกซิลิก (-COOH) 1 หมู่ต่ออยู่กับไฮโดรคาร์บอนที่เป็นสายยาว ซึ่งเป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีแต่พันธะเดี่ยวอย่างเดียว เช่น กรดปาล์มมิก (Palmitic) มีคาร์บอน 16 ตัวเป็นกรดไขมันอิ่มตัวมากที่มีมากในธรรมชาติและพบในร่างกาย

2) กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีทั้งพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ มีหมู่คาร์บอกซิลิก (-COOH) 1 หมู่ต่ออยู่กับไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะคู่รวมอยู่ด้วย อาจมีตั้งแต่ 1 พันธะคู่ เรียกรวมกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว และ 2 พันธะคู่ขึ้นไป เรียกรวมกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ทั้งนี้พันธะคู่ในกรดไขมันต้องอยู่ห่างกัน 3 คาร์บอนดังนี้ $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-$ เสมอ ตัวอย่างกรดไขมันที่พบในธรรมชาติแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างกรดไขมันที่พบในธรรมชาติ [15]

กรดไขมัน	สูตร	จำนวนคาร์บอน และพันธะคู่	แหล่งที่พบ
กรดไขมันอิ่มตัว			
กรดบิวทีริก (butyric acid)	C_4H_8COOH	4 : 0	เนย
กรดคาโพรอิก (caproic acid)	$C_6H_{12}COOH$	6 : 0	เนย น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว
กรดคาพริลิก (caprylic acid)	$C_8H_{16}COOH$	8 : 0	เนย น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว
กรดคาพริก (capric acid)	$C_{10}H_{20}COOH$	10 : 0	เนย น้ำมันมะพร้าว
กรดไขมันไม่อิ่มตัว			
กรดลอริก (lauric acid)	$C_{12}H_{24}COOH$	12 : 0	ไขปลาวาฬ น้ำมันมะพร้าว
กรดปาล์มิติก (palmitic acid)	$C_{16}H_{32}COOH$	16 : 0	ไขมันสัตว์และพืช
กรดสเตียริก (stearic acid)	$C_{18}H_{36}COOH$	18 : 0	ไขมันสัตว์และพืช
กรดไขมันไม่อิ่มตัว			
กรดโอเลอิก (oleic acid)	$C_{18}H_{34}COOH$	18 : 1	ไขมันสัตว์และพืช
กรดลิโนเลอิก (linoleic acid)	$C_{18}H_{32}COOH$	18 : 2	น้ำมันลินสีด
กรดลิโนเลนิก (linolenic acid)	$C_{18}H_{28}COOH$	18 : 3	น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันลินสีด
กรออราซิโตนิก	$C_{20}H_{36}COOH$	20 : 4	ไขมันสัตว์

2.3 ปาล์มน้ำมัน [16]

ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชขึ้นต้นที่ทนทานต่อผลกระทบจากภัยธรรมชาติมากกว่าพืชอายุสั้นอื่นๆ ลงทุนเพียงครั้งเดียวก็สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นาน 20 ปี อีกทั้งมีต้นทุนต่ำ ผลผลิตต่อพื้นที่สูง และมีราคาซื้อขายในตลาดไม่สูงนัก อีกทั้งเป็นพืชที่อนุรักษ์สภาพแวดล้อม (Ecofriendly crop) เมื่อปลูกปาล์มน้ำมันเป็นระยะเวลานานจะทำให้สภาพนิเวศที่เสียหายไปกลับคืนสู่สภาพธรรมชาติ นอกจากนี้ยังสามารถสกัดองค์ประกอบจากน้ำมันปาล์มได้แก่ กรดไขมันหลายชนิด วิตามินอี และวิตามินเอ นำมาใช้ประโยชน์และใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรม Oleochemical และพลังงานทดแทน

ผลปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้ำมัน 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์ม (Palm Oil) ได้จากการสกัดเนื้อปาล์ม และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Palm Kernel Oil) สกัดจากเมล็ดปาล์ม โดยน้ำมันที่สกัดจากผลปาล์มสดจะมีเบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene) โปรวิตามินเอ (Pro Vitamin A) และวิตามินอี (Vitamin E) ในปริมาณสูง

น้ำมันปาล์ม ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว และกรดไขมันที่อิ่มตัวในสัดส่วนที่สมดุล และด้วยเหตุที่มีวิตามินอีสูง จึงทำให้น้ำมันปาล์มมีเสถียรภาพสูง สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวนั้น ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยว โอลีอิก (Mono-unsaturated oleic acid) 40% ขณะที่กรดไขมันอิ่มตัวประกอบด้วย กรดปาล์มมิติก (palmitic acid) 44% และกรดสเตียริก (Stearic acid) 5% ด้วยสัดส่วนของส่วนผสมดังกล่าว ทำให้น้ำมันปาล์มมีคุณสมบัติพิเศษ เหมาะสำหรับการใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารหลายประเภท ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม

คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของน้ำมันปาล์มคือสามารถใช้ผลิตเป็นไขมันพืชที่มีสภาพเป็นของแข็ง (Solid-fat) โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการไฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation process) เป็นการหลีกเลี่ยงการก่อตัวของกรดไขมันทรานส์ (Trans fatty acids) ที่เกิดจากกระบวนการซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

คุณสมบัติพิเศษของน้ำมันปาล์มจึงนำไปใช้ในการปรุงอาหารได้หลากหลาย โดยปราศจากโคเลสเตอรอล และเป็นแหล่งพลังงานของร่างกาย นอกจากนี้ยังมีผลพลอยได้จากน้ำมันปาล์ม ในการนำไปเป็นส่วนผสมของเนยเหลือง หรือมาการีน อีกทั้งใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมผลิตสบู่ ผงซักฟอก เครื่องสำอาง ยา ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในครัวเรือนและอุตสาหกรรม

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม [17]

ชื่อของกรดไขมัน	ชนิดของกรดไขมัน	ปริมาณที่พบ (%)	
		อยู่ในช่วง	ค่าเฉลี่ย
กรดลอริก	C 12:0	0.1-1.0	0.2
กรดไมริสติก	C14:0	0.9-1.5	1.1
กรดปาล์มมิติก	C16:0	41.8-46.8	44.0
กรดปาล์มมิตโตเลอิก	C16 :1	0.1-0.3	0.1
กรดสเตียริก	C18:0	4.2-5.1	4.5
กรดโอเลอิก	C18 :1	37.3-40.8	39.2
กรดลิโนเลอิก	C18 :2	9.1-11.0	10.1
กรดลิโนเลนิก	C18 :3	0.0-0.6	0.4
กรดอร่าซิดิก	C 20:0	0.2-0.7	0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การดูดซับ [18]

การดูดซับ คือ กระบวนการจับโมเลกุลของของเหลวหรือก๊าซด้วยของแข็งหรือของเหลวโดยโมเลกุลของตัวดูดซับจะอยู่บนผิวของตัวดูดซับ ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นของแข็ง นิยมใช้สารประกอบที่มีรูพรุนเป็นตัวดูดซับ เพราะว่ามีพื้นที่ผิวภายในมาก เมื่อโมเลกุลของของไหลผ่านเข้าไปในตัวดูดซับจะถูกดูดไว้ภายในรูพรุน ซึ่งกระบวนการดูดซับขึ้นอยู่กับลักษณะ โครงสร้างที่ซับซ้อนของตัวดูดซับ คุณสมบัติของทั้งตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ จำนวนชั้นของโมเลกุลของ ตัวดูดซับที่ถูกดูดซับอยู่บนพื้นผิว และขนาดรูพรุนของตัวดูดซับ การดูดซับโมเลกุลของสารบนผิวของตัวดูดซับ อาจเกิดจากแรงทางกายภาพหรือแรงจากทางเคมีหรือจาก ทั้งสองแรงร่วมกัน

2.4.1 ประเภทของการดูดซับ [18-21]

การดูดซับแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง โมเลกุล คือ การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption) และการดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption)

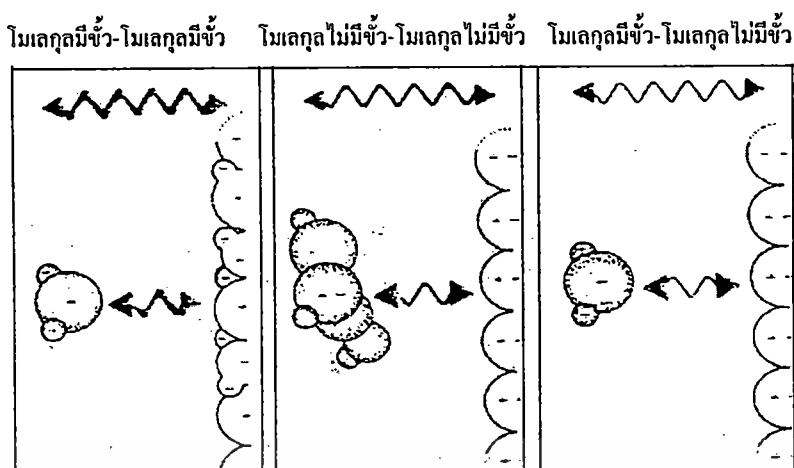
1. การดูดซับทางกายภาพ มีแรงแวนเดอร์วาลส์เป็นแรงในการดูดซับระหว่างกระบวนการ การดูดซับทางกายภาพ ตัวถูกดูดซับจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง การดูดซับทางกายภาพเป็นกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นเององค์ประกอบหลักของ การดูดซับทางกายภาพ คือ ธรรมชาติของสาร แรงระหว่างผิวสัมผัส และความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับ การดูดซับทางกายภาพเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ และเป็นกระบวนการคายความร้อน อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะถูกจำกัดโดยอัตราการเคลื่อนที่ของมวลในวัฏภาคก๊าซ หรือในตัวดูดซับความร้อนของการดูดซับทางกายภาพจะสูงเมื่อก๊าซมีอุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิวิกฤต

ลักษณะการจับตัวด้วยแรงทางกายภาพเกิดผล 3 อย่าง ดังรูปที่ 2.1

ก. เกิดจากแรงดึงดูดระหว่าง โมเลกุลที่มีประจุตรงกันข้าม ลักษณะการดูดซับแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของตัวถูกดูดซับและตัวดูดซับต่างเป็น โมเลกุลมีขั้วทั้งคู่

ข. เกิดจากหลักการที่ว่า โมเลกุลที่ไม่มีขั้ว สามารถเปลี่ยนเป็นไดโพลโมเลกุลได้ ถ้าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่มายู่ด้านใดด้านหนึ่งมาก และเมื่อมี โมเลกุลที่ไม่มีขั้วที่มีลักษณะแบบเดียวกันเข้ามาจะเกิดแรงดึงดูดกัน แรงที่เกิดขึ้นจะเป็นแรงอ่อนๆ ลักษณะการดูดซับแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของ ตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับต่างเป็น โมเลกุลที่ไม่มีขั้วทั้งคู่

ค. เกิดจาก โมเลกุลมีขั้วเข้ามาใกล้โมเลกุลที่ไม่มีขั้ว แล้วเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดประจุตรงกันข้ามแล้วเกิดการดึงดูดกัน ลักษณะการดูดซับแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของตัวถูกดูดซับเป็น โมเลกุลมีขั้วและ โมเลกุลของตัวดูดซับเป็น โมเลกุลไม่มีขั้ว



รูปที่ 2.1 การดูดซับในลักษณะต่างๆ ด้วยแรงทางกายภาพ [22]

2. การดูดซับทางเคมี มีพันธะทางเคมีเป็นแรงในการดูดซับ แรงที่เกิดจะมากกว่าแรงในการดูดซับทางกายภาพ การดูดซับทางเคมีขึ้นอยู่กับธรรมชาติของตัวถูกดูดซับกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับที่สามารถทำการดูดซับได้ (Surface site) โดยการดูดซับทางเคมีเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ คือ

ก. การดูดซับทางเคมีที่ต้องอาศัยพลังงานกระตุ้น (Activated chemisorption) การดูดซับลักษณะนี้ อัตราเร็วในการดูดซับจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิตามสมการของอาร์เรเนียส ($k_0 e^{-E/RT}$)

ข. การดูดซับทางเคมีที่ไม่ต้องอาศัยพลังงานกระตุ้น (Nonactivated chemisorption) การดูดซับลักษณะนี้อัตราเร็วในการดูดซับจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ค่าพลังงานการกระตุ้นต่ำ

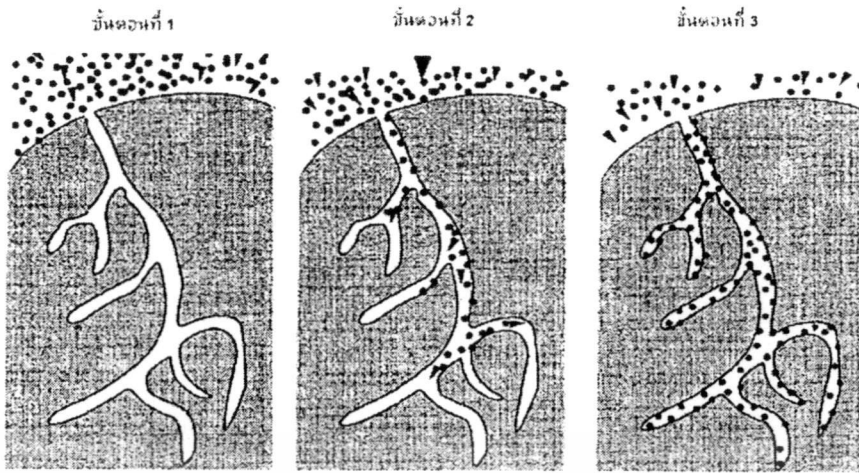
โดยทั่วไปแล้วการเกิดการดูดซับทางเคมีในช่วงเริ่มต้น มักจะเป็นการดูดซับที่ไม่ต้องอาศัยพลังงานกระตุ้น หลังจากนั้นกระบวนการดูดซับจะเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลงและมักจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

2.4.2 กลไกการดูดซับ

กลไกการดูดซับเกิดขึ้น 3 ระยะดังแสดงในรูปที่ 2.2

1. โมเลกุลของตัวดูดซับจะไปเกาะที่ผิวรอบนอก
2. โมเลกุลของตัวดูดซับจะถูกดูดซับและแพร่เข้าไปในรูพรุนของตัวดูดซับ
3. เกิดการดูดซับในรูพรุนระหว่างตัวดูดซับและพื้นที่ผิวเกิดทั้งแรงทางกายภาพและ

ทางเคมี



รูปที่ 2.2 กลไกการดูดซับ [22]

2.4.3 ตัวดูดซับ [19]

ตัวดูดซับสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. ตัวดูดซับแบบไม่มีขั้ว (Non – polar adsorbent) จะเกิดการดูดซับแบบกายภาพ ตัวดูดซับที่สำคัญของกลุ่มนี้คือ คาร์บอนกัมมันต์
2. ตัวดูดซับแบบมีขั้ว (Polar adsorbent) การดูดซับที่เกิดขึ้นกับสารประเภทนี้เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลก๊าซและผิวของตัวดูดซับ ได้แก่ พวกรอกไซด์ เช่น ออกไซด์ของซิลิกาและออกไซด์ของโลหะ วัสดุจำพวกซิลิกา ได้แก่ ซิลิกาเจล ฟูลเลอร์เอิร์ธ (Fuller's earth)
3. ตัวดูดซับประเภทที่อาศัยปฏิกิริยาเคมี ตัวดูดซับนี้จะมีผิวหน้าที่สามารถดูดซับทางเคมีได้ โดยทั่วไปตัวดูดซับที่ใช้ ได้แก่ โคลโลไมต์ ตัวดูดซับ อัลคาไลน์อะลูมินา ซิลิกาเจลกัมมันต์ และแมงกานีสออกไซด์กัมมันต์

2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ [18,21]

1. สมบัติของตัวดูดซับ

ก. พื้นที่ผิวและโครงสร้างของรูพรุน (Surface area and pore structure)

ความสามารถในการดูดซับมากขึ้นเมื่อพื้นที่ผิวมากขึ้น และโครงสร้างของรูพรุนมีส่วนช่วยให้พื้นที่ผิวมีความสามารถในการดูดซับมากขึ้น

ข. ขนาดของตัวดูดซับ (Adsorption size)

ตัวดูดซับที่ไม่มีรูพรุน พื้นที่ผิวจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อขนาดลดลง ซึ่งทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มมากขึ้น แต่ถักรูพรุนมีจำนวนมากการดูดซับจะขึ้นกับรูพรุนมากกว่าขนาด

2. สมบัติของตัวดูดซับ

ก. ความสามารถในการละลาย

เมื่อมีการดูดซับเกิดขึ้น โมเลกุลของตัวดูดซับจะถูกดึงออกจากน้ำไปเกาะบนผิวของ ตัวดูดซับ ดังนั้นสารที่ละลายน้ำได้ (หรือแตกตัวเป็น ไอออน ได้) ย่อมมีแรงยึดเหนี่ยวกับน้ำได้อย่างเหนียวแน่นจึงถูกดูดซับได้ยาก และสารที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อย จะสามารถเกาะติดกับผิวของตัวดูดซับได้ดี

ข. น้ำหนักโมเลกุลและขนาดของ โมเลกุล

เมื่อน้ำหนักของ โมเลกุลและขนาดของ โมเลกุลของตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มน้ำหนักโมเลกุลส่งผลให้ความสามารถในการละลายลดลง

ค. ความมีขั้วของ โมเลกุล

ความมีขั้วของ โมเลกุล ความสามารถในการดูดซับจะลดลงเมื่อสภาพมีขั้ว (Polarity) เพิ่มขึ้นเพราะการเพิ่มสภาพมีขั้วจะทำให้ความสามารถในการละลายเพิ่มมากขึ้น

3. อุณหภูมิ

ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของการดูดซับจะเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการดูดซับจะลดลง เนื่องจากการดูดซับส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

4. เวลา

เวลาเป็นตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ สำหรับการบำบัดน้ำเสีย ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดจะต้องนานเพียงพอที่จะทำให้ตัวดูดซับทำงานได้ดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวดูดซับ และตัวถูกดูดซับ ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมต้องทำการศึกษาในระดับปฏิบัติการก่อนนำไปใช้จริง

2.5 สมดุลของการดูดซับ (Adsorption Isotherm) [19-21]

สมดุลของการดูดซับเป็นความสัมพันธ์ที่สภาวะสมดุลระหว่างความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในวัฏภาคของของไหลและความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในอนุภาคของตัวดูดซับ ณ อุณหภูมิหนึ่ง สำหรับก๊าซความเข้มข้นในวัฏภาคของของไหลจะแสดงในรูปร้อยละโดยมวลหรือความดันย่อย สำหรับของเหลวความเข้มข้นจะแสดงในรูปหน่วยมวล เช่น มิลลิกรัมต่อลิตรหรือไมโครกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับบนของแข็งมักแสดงในรูปมวลที่ถูกดูดซับไว้ต่อหน่วยมวลของตัวดูดซับ [19]

การศึกษาสมดุลและจลนศาสตร์ของการดูดซับ (Adsorption) และการคายซับ (Desorption) เป็นสิ่งที่ช่วยให้เข้าใจกระบวนการแยกได้ดียิ่งขึ้น และสามารถแยกสารได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ถูกนำมาอธิบายสมดุลในการดูดซับในงานวิจัยต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองหาไอโซเทิร์มการดูดซับนั้น มีประโยชน์สำหรับการหาค่าความจุของการดูดซับเพื่อความสะดวกในการประเมินค่าการดำเนินงานของกระบวนการสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้การเลือกตัวดูดซับที่เหมาะสม และการกำหนดปริมาณตัวดูดซับที่ต้องการในเบื้องต้น นอกจากนี้ไอโซเทิร์มการดูดซับยังมีบทบาทในการทำนายกระบวนการจำลองสำหรับวิเคราะห์และออกแบบระบบดูดซับ และไอโซเทิร์มการดูดซับยังใช้สำหรับการประเมินทางทฤษฎีและการอธิบายปัจจัยทางเทอร์โมไดนามิกส์ เช่น ค่าความร้อนของการดูดซับ ซึ่งแบบจำลองสมมูลต่าง ๆ ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการอธิบายไอโซเทิร์มการดูดซับ

ไอโซเทิร์มของการดูดซับทางกายภาพมีความหลากหลาย ขึ้นกับชนิดของตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ ในปี ค.ศ. 1945 Brunauer ได้จำแนกชนิดของไอโซเทิร์มออกเป็น 6 ชนิด ดังแสดงในรูป 2.3 ซึ่งมีชื่อที่เรียกเป็นไปตามระบบ IUPAC [22]

ชนิดที่ 1 เรียกว่าไอโซเทิร์มแบบแลงเมียร์ (Langmuir Isotherm) สำหรับการดูดซับที่ถือว่าเป็นชั้นเดียว ตามสมการของแลงเมียร์ (Langmuir Equation) ที่มีพื้นที่ผิวของการดูดซับมีความเป็นเนื้อเดียวกัน และไม่มีอันตรกิริยาระหว่างตัวถูกดูดซับ ไอโซเทอมแบบนี้มักจะพบในวัสดุที่มีความพรุนแต่ผิวหน้ามีพื้นที่ภายนอกต่ำ เช่น ซีโอไลต์ หรือ ถ่านกัมมันต์บางชนิด ทำให้การดูดซับเกิดขึ้นเร็วในตอนต้น และเกิดการอิ่มตัวอย่างรวดเร็วทำให้ค่าการดูดซับคงที่ กรณีเช่นนี้ปริมาณของรูพรุนจะมีค่ามากกว่าปริมาตรที่ทำให้เกิดการดูดซับชั้นเดียวมาก การดูดซับแบบนี้จะพบในการดูดซับที่ย้อนกลับได้

ชนิดที่ 2 บางครั้งจะเรียกว่า Sigmoid หรือไอโซเทิร์มรูปตัวเอส (S-Shaped Isotherm) มักจะเกิดกับวัสดุที่ไม่มีรูพรุน หรือมีรูพรุนขนาดใหญ่หรือมาโครพอร์ส (Macroporous) ตำแหน่ง B เป็นตำแหน่งที่ผิวหน้าถูกคลุมแบบชั้นเดียวแล้ว หลังจากนั้นจึงเริ่มการดูดซับแบบหลายชั้น ดังนั้นปริมาณการดูดซับที่จุด B จะสามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาพื้นที่ผิวได้ การดูดซับแบบนี้ย้อนกลับได้

ชนิดที่ 3 มีรูปร่างเหมือนกระจกแก้ว ไอโซเทิร์มแบบนี้ไม่ค่อยพบบ่อย จะเกิดกับการดูดซับที่อ่อน เกิดเนื่องจากอันตรกิริยาระหว่างตัวถูกดูดซับและตัวดูดซับมีค่าต่ำ เช่นการดูดซับของสารที่มีขั้วบนวัสดุที่ไม่มีขั้ว หลังจากผิวหน้าถูกคลุมหมดแล้ว การดูดซับจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว แสดงถึงแรงดูดซับระหว่างตัวถูกดูดซับกันเองมีสูง ตัวอย่างการดูดซับแบบนี้ได้แก่การดูดซับของไอน้ำบนแกรไฟต์

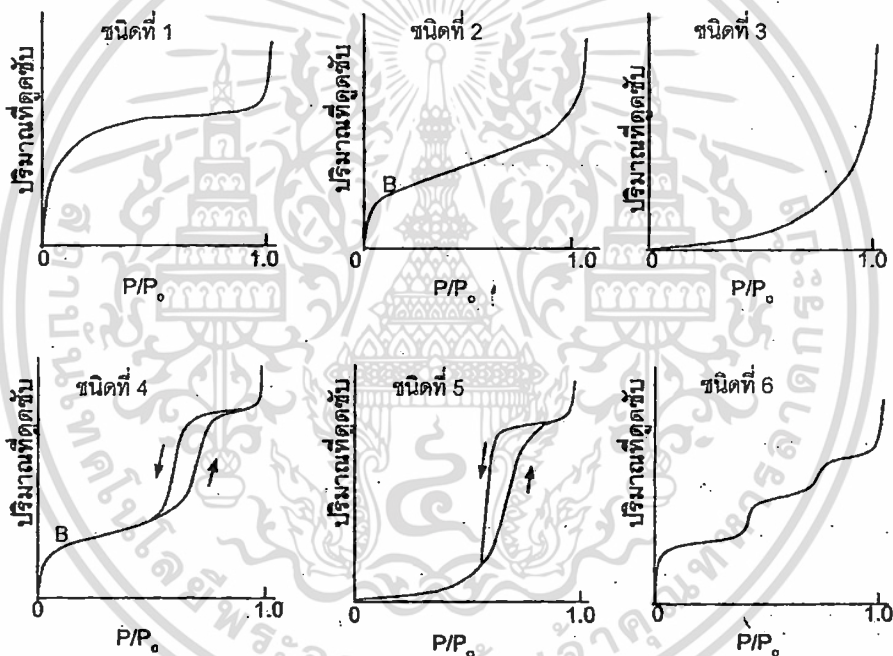
ชนิดที่ 4 มักจะพบในวัสดุที่มีรูพรุนแบบมีโซพอร์ส (Mesopore) คือมีขนาดของรูพรุนขนาดเล็กระหว่าง 2 ถึง 500 นาโนเมตร การดูดซับในช่วงแรกซึ่งมีค่า P/P_0 ต่ำจะเหมือนกับไอโซเทิร์มชนิดที่ 2 แต่หลังจากนั้นค่าการดูดซับจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อค่า P/P_0 มาก ซึ่งเกิดจากการควบแน่นในรูขนาดเล็กแบบคาปิลารี ซึ่งทำให้เกิดฮิสเทอรีซิส ซึ่งเกิดจากเส้นกราฟของการดูดซับและเส้นกราฟของการคายซับไม่ทับกัน เพราะการคายซับเกิดได้ยากกว่าเพราะต้องเอาชนะแรงคาป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลารี ขนาดของการควบแน่นในรูขนาดเล็กสามารถนำมาคำนวณหาการกระจายของขนาดของรูพรุน (Pore-size distribution) ได้

ชนิดที่ 5 เหมือนกับชนิดที่ 4 ต่างกันเพียงการควบแน่นในรูพรุนในกรณีนี้เกิดขึ้นเมื่อค่า P/P_0 สูงกว่า เนื่องจากอันตรกิริยาระหว่างตัวดูดซับและตัวดูดซับมีค่าต่ำ ส่วนฮิสเทอรีซิสจากการดูดซับและการคายซับ ก็เกิดจากการเอาชนะแรงคาปิลารีในการดึงตัวดูดซับออกมา ไอโซเทิร์มชนิดนี้พบไม่บ่อยนัก

ชนิดที่ 6 เรียกว่าเป็นไอโซเทิร์มแบบขั้นบันได (Stepped isotherm) ซึ่งพบได้ไม่บ่อยนัก เกิดจากการดูดซับที่ละชั้นบนผิวหน้าที่มีหลายชั้นและความเป็นระเบียบสูง ความชันของเส้นกราฟ จะขึ้นกับอุณหภูมิ



รูปที่ 2.3 ไอโซเทิร์มทั้ง 6 ชนิด ตามการจำแนกของ IUPAC [22]

แบบจำลองสมดุลการดูดซับ

สมการไอโซเทิร์ม 2 สมการที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในการดูดซับ คือ Langmuir และ Freundlich ไอโซเทิร์ม

แบบจำลองของ Langmuir

ใช้สำหรับการดูดซับทางเคมีบนผิวหน้าอุดมคติ เป็นไอโซเทิร์มที่ง่ายที่สุดซึ่งใช้กันมาก สำหรับการดูดซับแบบชั้นเดียว โดยหลักการการเกิดการดูดซับมาจากสมมติฐานต่อไปนี้

- การดูดซับเป็นการดูดซับทางเคมีซึ่งแข็งแรงและเป็นแบบชั้นเดียว
- สารหนึ่งตัวจะดูดซับบนหนึ่งตำแหน่งเท่านั้น
- เอนทัลปีของการดูดซับ (ΔH_s) ไม่ขึ้นกับ θ ซึ่งหมายความว่าแต่ละตำแหน่งมีพลังงานเท่าๆกัน และไม่มีอันตรกิริยาระหว่างตำแหน่ง และ/หรือระหว่างตัวถูกดูดซับด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็
แรงผลักหรือแรงดึงดูด
- มีสมมูลเกิดขึ้นระหว่างการดูดซับและการคาย นั่นคืออัตราเร็วของการดูดซับเท่ากับ
อัตราเร็วของการคายจากผิวหน้า

แบบจำลองนี้เริ่มต้นได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการดูดซับของก๊าซบนผิวภาคของแข็ง ความสัมพันธ์จะได้มาจากการพิจารณาจลนพลศาสตร์ของการควบแน่น และการระเหยของโมเลกุลของแก๊สที่ผิวของของแข็ง ถ้า θ คือเศษส่วนของพื้นที่ผิวที่ดูดซับที่ถูกปกคลุมด้วยตัวถูกดูดซับแบบชั้นเดียว ดังนั้นอัตราของการระเหยจากพื้นผิวคือ θ ซึ่งคล้ายกัน อัตราของการควบแน่นของโมเลกุลของแก๊สบนพื้นผิวเป็นอัตราส่วนของบริเวณที่ว่างที่เหลืออยู่ หรือ $(1-\theta)$ และความดันสัมบูรณ์ของแก๊ส P ซึ่งหาได้จากอัตราที่โมเลกุลสัมผัสกับผิว สมการอัตราการระเหย 2 อัตราที่สถานะสมดุลแสดงดังสมการที่ 2.1

$$k_d\theta = k_oP(1-\theta) \quad (2.1)$$

เมื่อ k_d และ k_o คือ ค่าคงที่ของการระเหยและการควบแน่นตามลำดับ และ θ คือสัดส่วนของพื้นที่ผิวที่ถูกปกคลุม

$$\theta = \frac{k_oP}{k_d + k_oP} = \frac{bP}{1 + bP} \quad (2.2)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับ $b = k_o/k_d$ ซึ่งสัมพันธ์กับเอนทัลปีของการดูดซับ (ΔH) โดย

$$b = b_o e^{-\Delta H / RT} \quad (2.3)$$

ในที่นี้ b_o คือ ค่าคงที่อัตราของเอนโทรปี จากสมการที่ 2.3 สำหรับระบบที่เป็นของแข็ง-ของเหลวสามารถเขียนใหม่ได้ดังสมการที่ 2.4

$$q_e = \frac{Q^o b C_e}{1 + b C_e} \quad (2.4)$$

เมื่อ q_e คือ ปริมาณของตัวถูกละลายที่ถูกดูดซับต่อหน่วยน้ำหนักของตัวดูดซับ Q^o คือ ความเข้มข้นที่เกิดจากการปกคลุมอย่างสมบูรณ์บนบริเวณที่สามารถเกิดการดูดซับสารได้บนผิวภาคของแข็งหรือขอบเขตจำกัดความจุการดูดซับ และ C_e คือ ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในวัฏภาค

ของเหลวที่สภาวะสมดุล สมการที่ 4 สามารถเขียนเป็นสมการเส้นตรงได้หลากหลายดังสมการที่ 2.5, 2.6 และ 2.7

$$\frac{C_e}{q} = \frac{1}{Q^0 b} + \frac{C_e}{Q^0} \quad (2.5)$$

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q^0} + \frac{1}{bQ^0 C_e} \quad (2.6)$$

$$q_e = Q^0 - \frac{q_e}{bC_e} \quad (2.7)$$

แบบจำลองของ Freundlich

สามารถใช้กับการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี มักอธิบายการดูดซับของสารประเภทอินทรีย์และอนินทรีย์บนตัวดูดซับหลายประเภท เช่นถ่านกัมมันต์และเรซินสังเคราะห์ เป็นต้น โดยหลักการการเกิดการดูดซับมาจากสมมติฐานต่อไปนี้

- การดูดซับเป็นการดูดซับแบบหลายชั้น
- โมเลกุลของตัวถูกดูดซับแต่ละโมเลกุลที่ตำแหน่งต่างๆบนพื้นผิวตัวดูดซับไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน

ข้อมูลสมดุลของการดูดซับนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยความสัมพันธ์ในสมการที่ 2.8

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (2.8)$$

เมื่อ K_F คือ ค่าคงที่สมดุลของแบบจำลองของ Freundlich และ $1/n$ คือ ค่าคงที่ไร้หน่วย สมการที่ (8) สามารถเขียนในรูปแบบสมการเส้นตรงได้ดังสมการที่ 2.9

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (2.9)$$

บทที่ 3

อุปกรณ์และการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. สังเคราะห์แมกนีเซียมซิติเกตจากถ้ำเกลือ
2. วิเคราะห์คุณลักษณะและคุณสมบัติของแมกนีเซียมซิติเกต
3. ทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติเกตที่สังเคราะห์จากเกลือกับแมกนีเซียมซิติเกตทางการค้า
4. ศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติเกตที่สังเคราะห์จากเกลือต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ
5. ศึกษาผลของปริมาณตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติเกตที่สังเคราะห์จากเกลือต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ และเวลาเข้าสู่สมดุลการดูดซับ
6. ศึกษาไอโซเทอมการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบด้วยตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติเกตที่สังเคราะห์จากเกลือ

3.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. บีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร และ 1 ลิตร
2. ขวดวัดปริมาตร 250 มิลลิลิตร
3. กระบอกตวง 100 มิลลิลิตร
4. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
5. ปิเปต 25 มิลลิลิตร
6. เติชเชเตอร์
7. ครูซีเบิลขนาด 50 มิลลิลิตร
8. ขวดรูปหมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
9. กรวยแก้ว
10. กระดาษกรอง
11. ชุดเครื่องกรองสุญญากาศ
12. บีมสุญญากาศ GAST รุ่น DOA-P504-BN
13. ตู้อบ MEMMERT
14. เตาเผา Barnstead International รุ่น FB1400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. เครื่องเหวี่ยงแยก
16. เครื่องเขย่า JANKE & KUNKEL รุ่น HS500
17. เครื่องกวนสารด้วยแม่เหล็กและให้ความร้อน IKA รุ่น C-MAG HS7
18. เครื่องชั่ง Mettler Toledo รุ่น AX 205 ที่มีความแม่นยำ ± 0.0001 กรัม

3.3 สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ จากบริษัท Labscan Asia Co.,Ltd.,
2. แมกนีเซียมไนเตรต จากบริษัท Labscan Asia Co.,Ltd.,
3. แมกนีเซียมซัลเฟต จากบริษัท Labscan Asia Co.,Ltd.,
4. กรดไฮโดรคลอริก จากบริษัท Labscan Asia Co.,Ltd.,
5. บิวทิลเอมีน จากบริษัท Labscan Asia Co.,Ltd.,
6. เบนซีน จากบริษัท Labscan Asia Co.,Ltd.,
7. แมกนีเซียมซิติลเกตทางการค้า (Magnesol D60) จาก Dallas Group America

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การตั้งเคราะห์แมกนีเซียมซิติลเกตจากแคลบ

1. นำแคลบไปล้างเพื่อกำจัดเศษกรวด หิน ดินทราย แล้วอบให้แห้ง
2. นำแคลบจากข้อ 1 มาจำนวน 100 กรัม มาต้มกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3 โมลาร์ ปริมาตร 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. นำแคลบในข้อ 2 มาล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งมีค่า pH ประมาณ 7 แล้วนำไปอบแห้ง
4. นำแคลบในข้อ 3 มาเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
5. นำแคลบที่ได้มาบด
6. ชั่งน้ำหนักแก้วแคลบและโซเดียมไฮดรอกไซด์มา 4.4 กรัมและ 1.6 กรัม ตามลำดับ
7. นำโซเดียมไฮดรอกไซด์มาเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร
8. ผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ กับแก้วแคลบ แล้วเติมน้ำให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 100 มิลลิลิตร
9. นำสารละลายไปปั่นกวนและโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 130 องศาเซลเซียส จนน้ำระเหยทำให้ปริมาตรสารละลายลดลงเหลือ 50 มิลลิลิตร
10. กรองแก้วแคลบที่เหลือในสารละลายโซเดียมซิติลเกต
11. บีบอัดสารละลายโซเดียมซิติลเกตที่ได้จากแคลบจำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ และทำการกวนอย่างคงที่โดยใช้เครื่องกวนสารด้วยแม่เหล็กที่อุณหภูมิห้อง

12. นำสารละลายแมกนีเซียมไนเตรดเข้มข้น 0.5, 1, 2, 3 และ 4 โมลาร์ จำนวน 70 มิลลิลิตร มาใส่ในบิวเรต เพื่อนำมาผสมกับสารละลายโซเดียมซัลไฟด์โดยทำการหยดอย่างช้า ๆ และคงที่

13. กวนผสมอย่างคงที่เป็นเวลา 4 – 5 นาที และทำการแกว่งแยกเพื่อแยกตะกอน โดยเครื่องเหวี่ยงแยก ที่ความเร็วรอบ 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

14. ใช้น้ำกลั่นล้างตะกอนที่ได้จำนวน 4 ครั้ง

15. นำน้ำล้างตะกอนมารอง โดยใช้ปั๊มสุญญากาศ

16. นำตะกอนทั้งหมดที่ได้มาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน

17. บดตะกอนที่ได้ให้ละเอียด และนำเผาที่อุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที

18. เก็บแมกนีเซียมซัลไฟด์ที่สังเคราะห์ได้มาเก็บในเดซิเคเตอร์

19. เตรียมแมกนีเซียมซัลไฟด์อีกชุดหนึ่ง โดยเปลี่ยนจากสารละลายแมกนีเซียมไนเตรดเป็นสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเพื่อศึกษาผลของแหล่งแมกนีเซียม

3.4.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะและคุณสมบัติของแมกนีเซียมซัลไฟด์

1. การตรวจวัดปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของตัวดูดซับโดยวิธีการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Fluorescence หรือ XRF)

การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในสารตัวอย่าง โดยใช้การวัดปริมาณรังสีเอ็กซ์ฟลูออเรสเซนซ์ที่ปลดปล่อยออกมาจากธาตุองค์ประกอบแต่ละชนิดในสารตัวอย่าง

2. การตรวจดูความเป็นผลึกของตัวดูดซับโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction หรือ XRD)

การวิเคราะห์ลักษณะผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้หลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ ความละเอียดสแกนที่ 2θ และลำดับชั้นการสแกนอยู่ระหว่าง 5 – 40 องศา

3. การหาโครงสร้างของสารโดยการวิเคราะห์การดูดกลืนรังสีอินฟราเรด (Fourier Transform Infrared Spectrometry หรือ FT-IR)

การวิเคราะห์หาโครงสร้างของสาร โดยการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด รังสีอินฟราเรดถูกดูดกลืนจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานการหมุนและการสั่นของโมเลกุล ซึ่งโมเลกุลของสารแต่ละชนิดจะให้สเปกตรัมที่เป็นเอกลักษณ์ของพันธะในโมเลกุลนั้นๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการพิสูจน์หาโครงสร้างของสาร การวิเคราะห์ทำในช่วงเลขคลื่น (wavenumbers) 450 ถึง 1650 cm^{-1}

4. วิเคราะห์พื้นที่ผิว ขนาดรูพรุน และปริมาตรของรูพรุนแบบมีโซพอร์ส (Mesopore) บนตัวดูดซับด้วยวิธี Brunauer-Emmett-Teller (BET)

ทำการวิเคราะห์พื้นที่ผิว ขนาดรูพรุน และปริมาตรของรูพรุนแบบมีโซพอร์สด้วยวิธี BET โดยหาพื้นที่ผิวจาก Multipoint BET Surface Area และหาปริมาตรของรูพรุนแบบมีโซพอร์สจากสมการบีเจเอช (BJH)

5. การตรวจวัดปริมาณตำแหน่งความเป็นกรด (Acid site) บนตัวดูดซับ

การตรวจวัดปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดบนตัวดูดซับ ใช้วิธีการไทเทรตด้วยเอมีน โดยใช้อินดิเคเตอร์ของแฮมเมตต์ [24,25] ปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดที่ได้จากการไทเทรตตัวดูดซับด้วยเอมีนเป็นผลรวมระหว่างปริมาณความเป็นตำแหน่งความเป็นกรดของ Brønsted acid และ Lewis acid เนื่องจากงานวิจัยนี้เปรียบเทียบเฉพาะผลของการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาและแมกนีเซียมออกไซด์ในตัวดูดซับต่อปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดบนตัวดูดซับ จึงเลือกอินดิเคเตอร์มาเพียงชนิดเดียวเท่านั้นคือเมธิลเรด ซึ่งมีค่า pKa เท่ากับ 4.8 โดยขั้นตอนในการหาปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดบนตัวดูดซับมีดังนี้

ก. นำสารตัวดูดซับ 0.2 กรัม เติมลงในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำในเบนซีน 9 มิลลิลิตร และ 0.1% เมธิลเรดในเบนซีน 3 หยด

ข. เติมน้ำละลาย 0.01 โมลาร์ บิวทิลเอมีนในเบนซีน ลงในขวดปริมาณขวดรูปชมพู่ โดยปริมาณที่เติมต้องน้อยกว่าปริมาณที่คาดว่าจะใช้ในการไทเทรตทั้งหมด ปิดปากของขวดรูปชมพู่และนำไปเขย่าที่อุณหภูมิห้องนาน 6 ชั่วโมง หรือ 1 คืน

ค. นำมาไทเทรตต่อจนถึงจุดยุติ

ง. ปริมาณบิวทิลเอมีนที่ใช้ในการไทเทรตทั้งหมด คือ ปริมาณของตำแหน่งความเป็นกรดบนตัวดูดซับที่ฟังก์ชันสภาพความเป็นกรดของแฮมเมตต์ (H_0) ≤ 4.8 โดยปริมาณของตำแหน่งความเป็นกรดสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3.1

$$\text{ปริมาณตำแหน่งความเป็นกรด} \left(\frac{\text{mmol}}{\text{g}} \right) = \frac{C_B \times V_B}{W_{abs}} \quad (3.1)$$

เมื่อ C_B คือ ความเข้มข้นของบิวทิลเอมีนที่ใช้ในการไทเทรต (โมลาร์) V_B คือ ปริมาณของบิวทิลเอมีนทั้งหมดที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร) และ W_{abs} คือ น้ำหนักของตัวดูดซับที่ใช้ในไทเทรต (กรัม)

3.4.3 การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบกับแมกนีเซียมซลิเกตทางการค้า

1. นำน้ำมันปาล์มดิบจำนวน 50 กรัม เติมลงในขวดรูปชมพู่
2. เติมแมกนีเซียมซลิเกตทางการค้าจำนวน 2 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ในข้อ 1
3. นำไปเขย่าที่ความเร็ว 180 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. แยกน้ำมันปาล์มดิบและแมกนีเซียมซลิเกตออกจากกัน
5. นำน้ำมันปาล์มดิบมาวัดปริมาณกรดไขมันอิสระตามมาตรฐานของ AOCS. Official Method Cd 3a-63 [15] ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวกที่ ค นำปริมาณกรดไขมันอิสระที่ลดลงมาหาความสามารถในการดูดซับตามสมการที่ 3.2

$$\text{ความสามารถในการดูดซับ} \left(\frac{\text{mg FFA}}{\text{g adsorbent}} \right) = \frac{(\%FFA_0 - \%FFA_f) \times W_{oil} \times 1000}{W_{abs} \times 100} \quad (3.2)$$

เมื่อ %FFA₀ และ %FFA_f คือ ความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบก่อนการดูดซับและหลังการดูดซับตามลำดับ W_{oil} คือ น้ำหนักของน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ในการทดลอง (กรัม) W_{abs} คือ น้ำหนักของตัวดูดซับที่ใช้ในการทดลอง (กรัม)

6. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-5 โดยเปลี่ยนจากแมกนีเซียมซลิเกตทางการค้าเป็นแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบซึ่งตกตะกอนด้วยสารละลายแมกนีเซียมไนเตรด

3.4.4 การศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซลิเกตต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ

ทำการทดลองซ้ำข้อ 3.4.3 โดยเปลี่ยนชนิดของตัวดูดซับเป็นแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบซึ่งตกตะกอนด้วยสารละลายแมกนีเซียมไนเตรดและสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต และใช้ปริมาณตัวดูดซับ 1 กรัม ต่อ น้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม

3.4.5 การศึกษาผลของปริมาณตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ และเวลาเข้าสู่สมดุลการดูดซับ

เลือกแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบที่มีความสามารถในการดูดซับมากที่สุด มาทำการทดลองซ้ำข้อ 3.4.3 โดยใช้ปริมาณตัวดูดซับ 0.25, 0.5, 1, 1.5 และ 2 กรัม ต่อ น้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม และดูดซับเป็นเวลา 5, 9 และ 13 ชั่วโมง

3.4.6 ทำการศึกษาไอโซเทิร์มการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบด้วยตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแกลบ

นำแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแกลบที่มีความสามารถในการดูดซับมากที่สุดไปดูดซับในน้ำมันปาล์มดิบที่เจือจางด้วยน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์กำจัดไข เพื่อให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระประมาณ 1, 1.6 และ 2.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้ปริมาณตัวดูดซับ 1 กรัม ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม และดูดซับเป็นเวลา 13 ชั่วโมง นำข้อมูลความสามารถการดูดซับและปริมาณกรดไขมันอิสระที่เวลาเข้าสู่สมมูลซึ่งได้จากผลการทดลองดังกล่าวและจากผลการทดลองของข้อ 3.4.5 ไปวิเคราะห์ข้อมูลการดูดซับด้วยสมการเส้นตรงของแบบจำลอง Langmuir และ Freundlich เพื่อหาค่าคงที่ และค่า R^2 ด้วยวิธี Linear Regression



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการเตรียมตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติลิกตจากแคลบ นำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบด้วยวิธีการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์ (XRF) ตรวจสอบความเป็นผลึกด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) วิเคราะห์พื้นที่ผิว ขนาดรูพรุน และปริมาตรของรูพรุนแบบมีโซพอร์สบนตัวดูดซับด้วยวิธี Brunauer-Emmett-Teller (BET) ศึกษาโครงสร้างของแมกนีเซียมซิติลิกตโดยการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด (FT-IR) และหาปริมาณตำแหน่งความเป็นกรด (Acid site) จากนั้นเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระของแมกนีเซียมซิติลิกตที่สังเคราะห์จากแคลบและแมกนีเซียมซิติลิกตทางการค้าที่เวลาการดูดซับ 1 ชั่วโมง ศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติลิกตต่อแมกนีเซียมออกไซด์ต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระ ศึกษาผลของปริมาณแมกนีเซียมซิติลิกตที่สังเคราะห์จากแคลบต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระ และเวลาเข้าสู่สมดุล และศึกษาไอโซเทอรั่มการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบบนแมกนีเซียมซิติลิกตที่สังเคราะห์จากแคลบ

4.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะและคุณสมบัติของแมกนีเซียมซิติลิกต

แมกนีเซียมซิติลิกตสังเคราะห์จากการตกตะกอนระหว่างสารละลายโซเดียมซิติลิกตซึ่งได้จากการสกัดซิติลิกตจากแคลบ [5] กับสารละลายแมกนีเซียมไนเตรดหรือสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเข้มข้น 0.5, 1, 2, 3 และ 4 โมลาร์ แมกนีเซียมซิติลิกตที่ได้จากการตกตะกอนมีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด

4.1.1 การตรวจวัดปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของตัวดูดซับโดยวิธีการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์

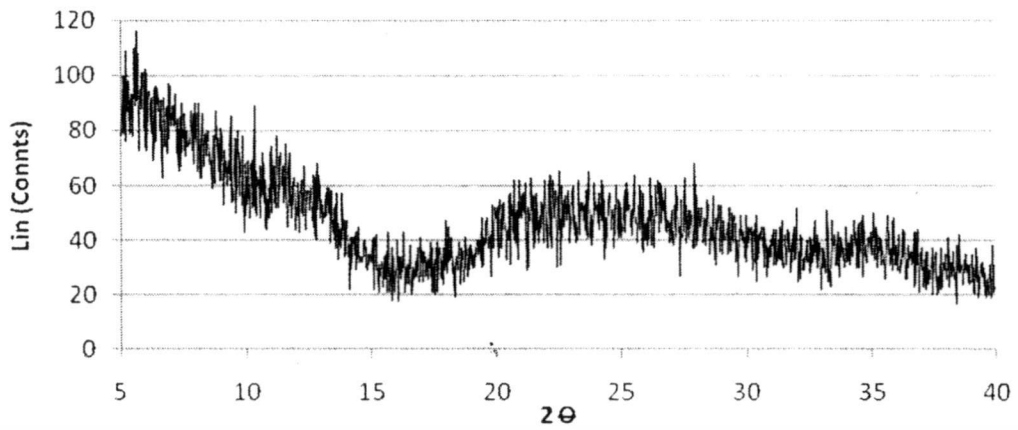
ผลวิเคราะห์องค์ประกอบของแมกนีเซียมซิติลิกตด้วยวิธีการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าความเข้มข้นของสารละลายแมกนีเซียมไนเตรดและสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต 0.5, 1, 2, 3 และ 4 โมลาร์ มีผลต่อองค์ประกอบของแมกนีเซียมซิติลิกตที่เตรียมได้ โดยมีอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติลิกตต่อแมกนีเซียมออกไซด์ที่ได้จากการตกตะกอนโดยสารละลายแมกนีเซียมไนเตรด คือ 3.93, 3.75, 2.74, 2.40 และ 1.99 ตามลำดับ และอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติลิกตต่อแมกนีเซียมออกไซด์ที่ได้จากการตกตะกอนโดยสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต คือ 3.96, 3.61, 3.51, 2.91 และ 2.69 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลสและแมกนีเซียมซิลิเกต
ทางการค้า

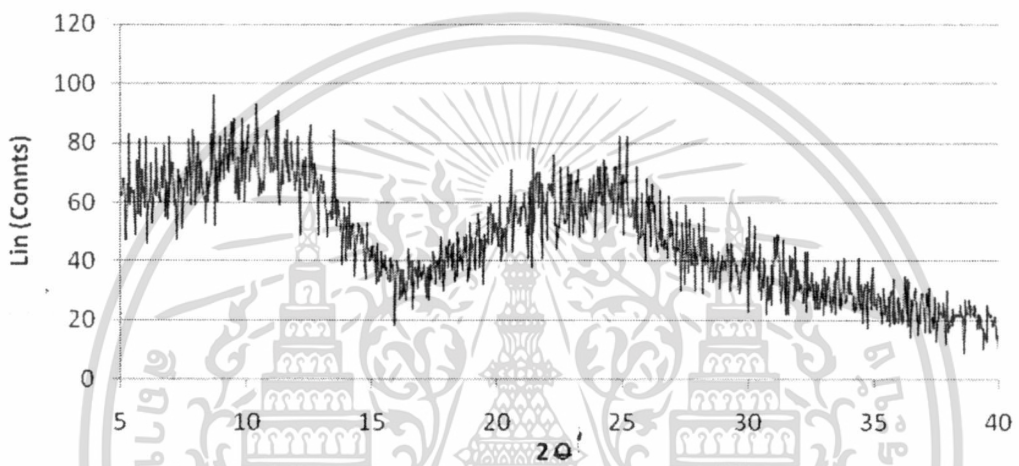
สารละลายที่ใช้ใน การตกตะกอน	ความเข้มข้น (โมลาร์)	เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบ โดยน้ำหนัก			อัตราส่วนโดยโมล ระหว่างซิลิกาและ แมกนีเซียมออกไซด์
		SiO ₂	MgO	อื่นๆ	
แมกนีเซียมไนเตรต	0.5	83.2	14.1	2.7	3.93:1
	1	81.2	14.4	4.4	3.75:1
	2	76.4	18.6	5.0	2.73:1
	3	75.1	20.8	4.1	2.40:1
	4	71.6	23.9	4.5	1.99:1
แมกนีเซียมซัลเฟต	0.5	83.9	14.1	2.0	3.96:1
	1	81.8	15.1	3.1	3.61:1
	2	81.1	15.4	3.5	3.51:1
	3	78.6	18.0	3.4	2.91:1
	4	75.2	18.6	6.2	2.69:1
แมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า		67.9	28.4	3.7	1.59:1

4.1.2 การตรวจดูความเป็นผลึกของตัวดูดซับโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์

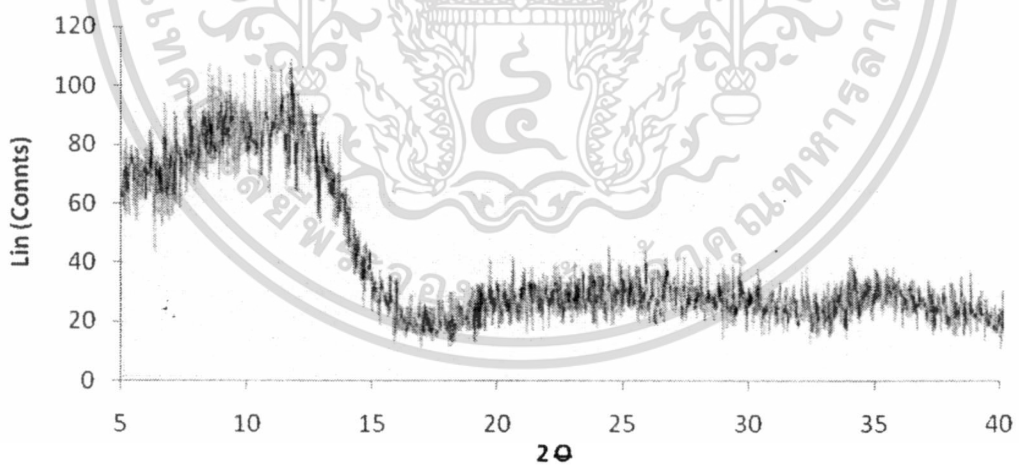
รูปที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลสและแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า พบว่าแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลสไม่ปรากฏพีค (Peak) ที่ชัดเจน แสดงว่าแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นอสัณฐาน (Amorphous) ซึ่งรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์มีลักษณะเหมือนกับแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแมกนีเซียมซิติเลดที่สังเคราะห์จากแคลบที่ตกตะกอนโดยสารละลาย (ก) แมกนีเซียมไนเตรด (ข) แมกนีเซียมซัลเฟต และ (ค) แมกนีเซียมซิติเลดทางการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การวิเคราะห์พื้นที่ผิว ขนาดรูพรุน และปริมาตรของรูพรุนแบบมีโซพอร์สบนตัวดูดซับด้วยวิธี BET

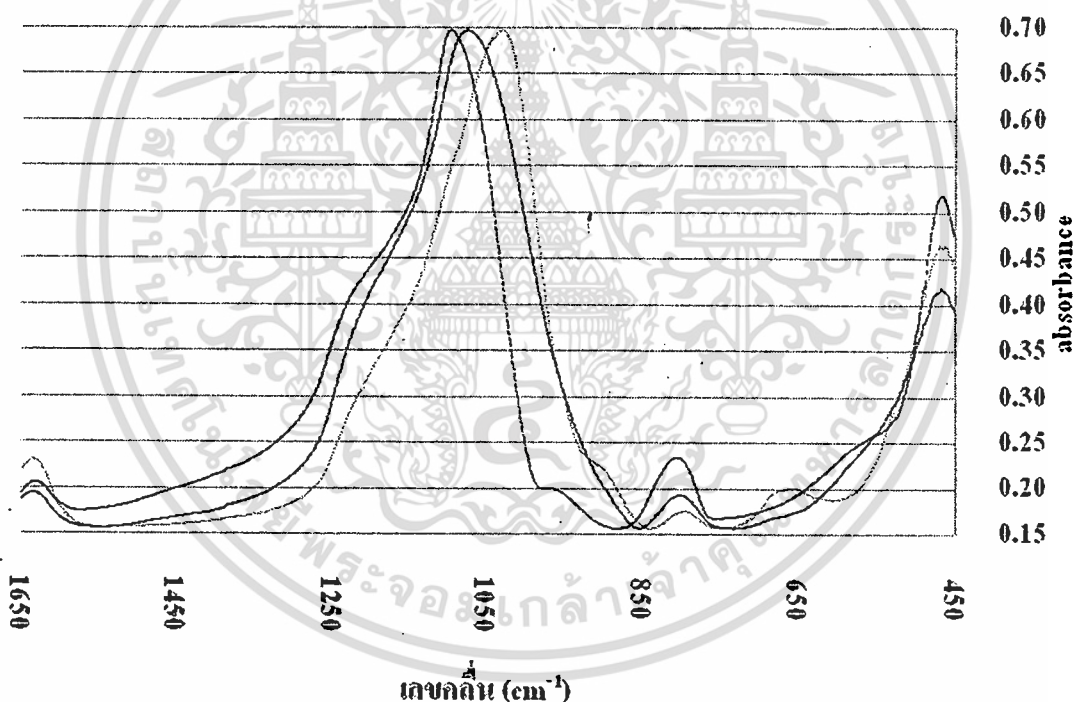
ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิว ขนาดรูพรุน และปริมาตรของรูพรุนแบบมีโซพอร์สบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบด้วยวิธี BET แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์มีพื้นที่ผิวในช่วง 230-360 ตารางเมตรต่อกรัม ขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนอยู่ในช่วง 55-86 Å แสดงว่าแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์ได้มีรูพรุนแบบมีโซพอร์ส และแมกนีเซียมซลิเกตที่มีอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซลิกาและแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.99 มีขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนใหญ่ที่สุดและปริมาตรของรูพรุนแบบมีโซพอร์สมากที่สุดคือมีขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนเท่ากับ 85 Å และมีปริมาตรของรูพรุนแบบมีโซพอร์สเท่ากับ 0.64 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม

ตารางที่ 4.2 พื้นที่ผิวและขนาดรูพรุน โดยเฉลี่ยของแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ

อัตราส่วนโดยโมลระหว่างซลิกาและแมกนีเซียมออกไซด์	พื้นที่ผิว (m ² /g)	ขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุน (Å)	ปริมาตรของรูพรุนแบบมีโซพอร์ส (cm ³ /g)
3.93:1	356.7	57.74	0.53
3.75:1	230.6	79.93	0.41
2.73:1	278.9	63.76	0.39
2.40:1	270.8	76.79	0.47
1.99:1	301.7	85.35	0.64

4.1.4 การหาโครงสร้างของสารโดยการวิเคราะห์การดูดกลืนรังสีอินฟราเรด

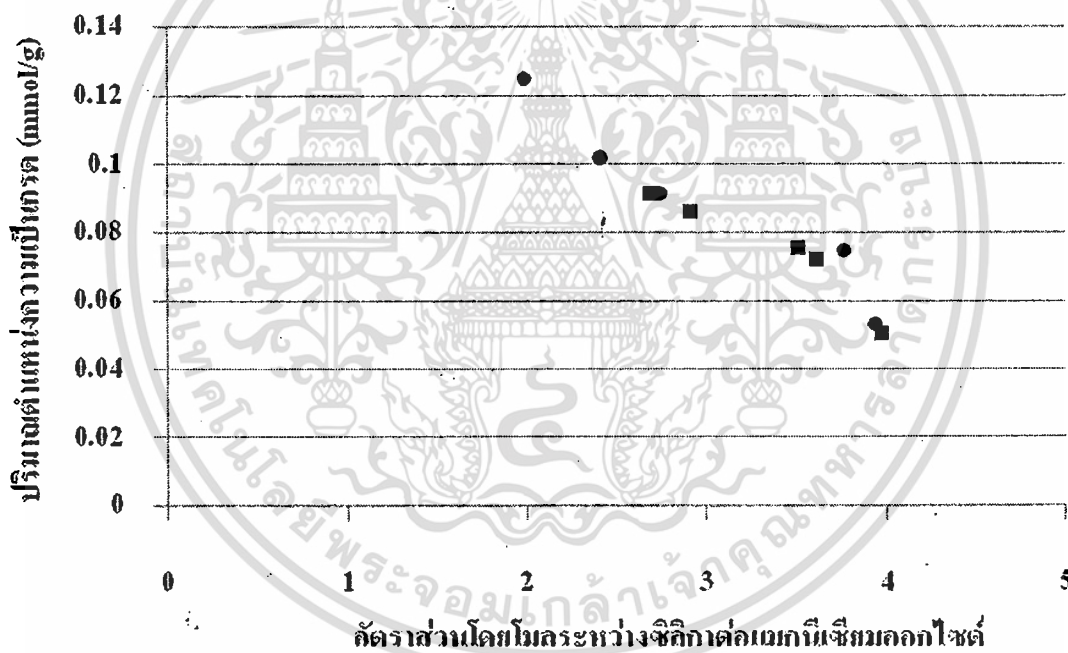
รูปที่ 4.2 ผลการดูดซับแสงอินฟราเรดในช่วงเลขคลื่น (wavenumbers) 450 ถึง 1650 cm^{-1} ของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ แมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า และซิลิกาแสดงดังรูปที่ 4.2 พบการสั่นของแบนด์ไซโลเซน (Siloxane Band, Si-O-Si) ในแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ แมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้าและซิลิกาที่ตำแหน่ง 1075.27 cm^{-1} , 1028.41 cm^{-1} และ 1096.07 cm^{-1} ตามลำดับ แต่พีดที่พบในแมกนีเซียมซิลิเกตนั้นมีความกว้างของพีดมากกว่าพีดของซิลิกา เนื่องจากการมีอยู่แบบสุ่มของแมกนีเซียมบนโครงสร้างของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการสั่นของแบนด์ไซโลเซนของแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้าและซิลิกาเจลในงานวิจัยของ Yates และคณะ, 1997 [23] นอกจากนี้ยังพบการสั่นของพันธะ Mg-O ซ้อนบนพีดเบนดิง (Bending peak) ของพันธะ Si-O-Si ที่ตำแหน่ง 467.05 cm^{-1} ในแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ และแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้าพบที่ตำแหน่ง 462.87 cm^{-1} และ 470.17 cm^{-1} [30] แต่ไม่พบการสั่นของ Mg-O ในซิลิกา



รูปที่ 4.2 ผลการดูดซับแสงอินฟราเรดของ (—) แมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ (.....) แมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า และ (- - -) ซิลิกา

4.1.5 การตรวจวัดปริมาณตำแหน่งความเป็นกรด (Acid site) บนตัวดูดซับ

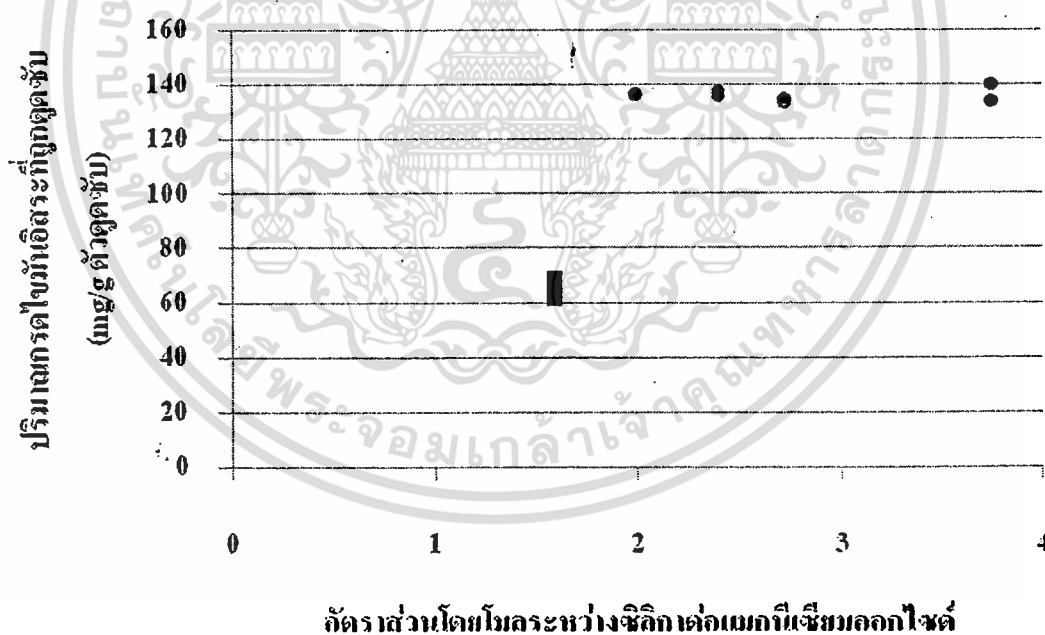
ปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดที่ได้จากการไทเทรตตัวดูดซับด้วยเอมีน เป็นผลรวมระหว่างปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดของ Brønsted acid และ Lewis acid ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลกับปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดที่ฟังก์ชันสภาพความเป็นกรดของแอมเมตต์ ≤ 4.8 แสดงดังรูปที่ 4.3 พบว่าที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.99 มีปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดมากที่สุด โดยมีปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดเท่ากับ 0.12 มิลลิโมลต่อกรัม และชนิดของสารละลายที่ใช้ในการตกตะกอนไม่มีผลต่อปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดบนตัวดูดซับ แต่ขึ้นกับอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคล โดยปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดลดลงเมื่ออัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์กับปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดที่ฟังก์ชันสภาพความเป็นกรดของแอมเมตต์ ≤ 4.8 ของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลซึ่งตกตะกอนด้วย (○) สารละลายแมกนีเซียมไนเตรด (■) สารละลายแมกนีเซียมอะซิเตด

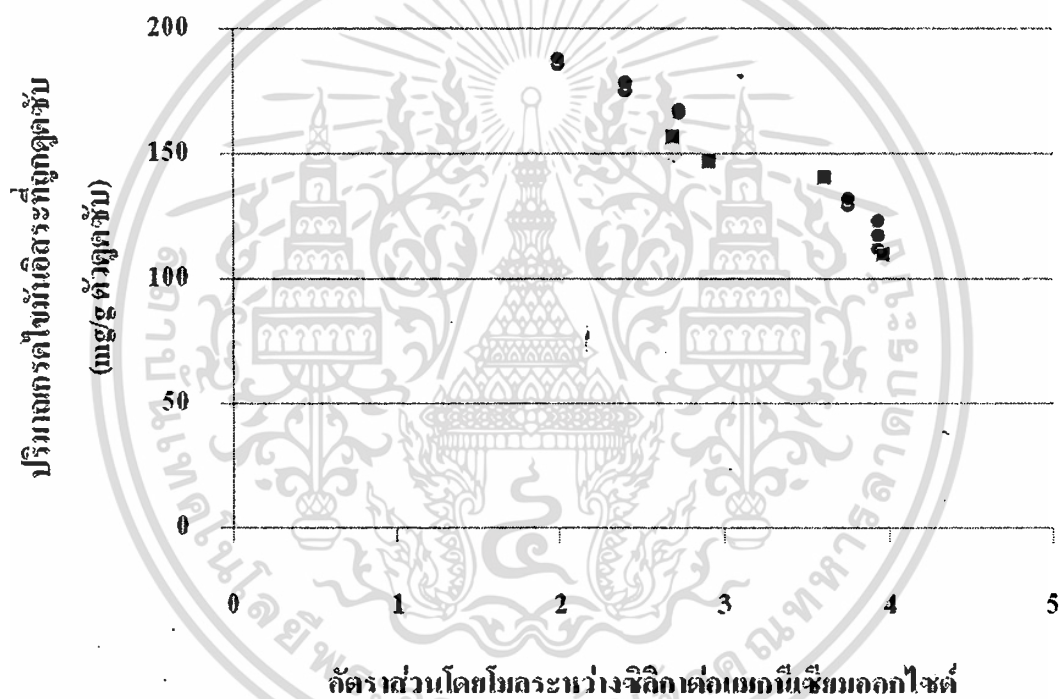
4.2 การศึกษาความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่เวลา 1 ชั่วโมง

การศึกษาความสามารถการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตที่เวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้แมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบซึ่งตกตะกอนด้วยสารละลายแมกนีเซียมไนเตรด ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างซลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ที่ 1.99, 2.40, 2.73 และ 3.75 และแมกนีเซียมซลิเกตทางการค้า ซึ่งมีอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.59 ปริมาณตัวดูดซับ 2 กรัม ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มดิบก่อนการดูดซับ 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดูดซับที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และเขย่าด้วยอัตราเร็ว 180 รอบต่อนาที ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.4 พบว่าแมกนีเซียมซลิเกตทางการค้ามีความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระน้อยที่สุด โดยดูดซับกรดไขมันอิสระได้ 70 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ และแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบมีความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระใกล้เคียงกันที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างซลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ 1.99, 2.40, 2.74 และ 3.76 คือสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้ 130-140 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระกับอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ปริมาณตัวดูดซับ 2 กรัม เวลาการดูดซับ 1 ชั่วโมง (○) แมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ (■) แมกนีเซียมซลิเกตทางการค้า

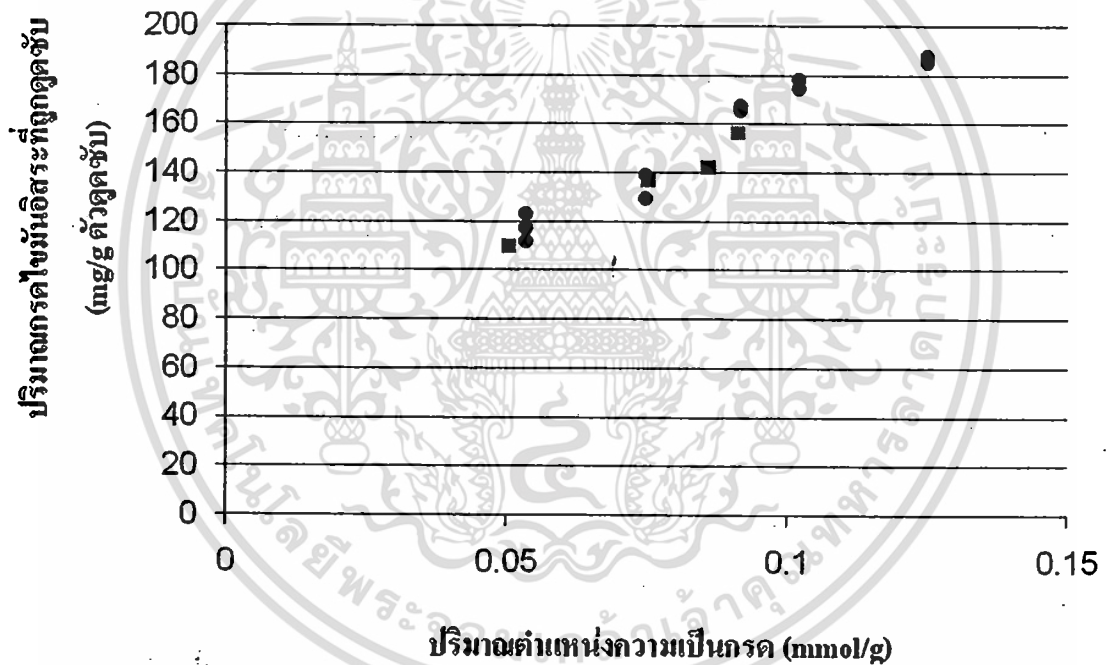
ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบของแมกนีเซียมซิติเกตต์ที่สังเคราะห์จากเกลือที่มีอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ที่ 1.99, 2.40, 2.74 และ 3.76 มีค่าใกล้เคียง คาดว่าเกิดจากปริมาณตัวดูดซับ 2 กรัม ในน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม เป็นปริมาณที่ตัวดูดซับที่มากเกินไป ทำให้ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระเท่ากัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบผลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนแมกนีเซียมซิติเกตต์ต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบได้ จึงลดปริมาณของตัวดูดซับจาก 2 กรัมต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม เป็น 1 กรัมต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม โดยน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ในการดูดซับมีปริมาณกรดไขมันอิสระก่อนการดูดซับ 2.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และได้เปรียบเทียบผลของแหล่งของแมกนีเซียมที่ใช้ในการตกตะกอนต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระกับอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ ปริมาณตัวดูดซับ 1 กรัม แมกนีเซียมซิติเกตต์ที่สังเคราะห์จากเกลือซึ่งตกตะกอนด้วย (o) สารละลายแมกนีเซียมไนเตรต (■) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต

จากรูปที่ 4.5 พบว่าที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ 3.96 มีความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระน้อยที่สุด คือสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้ 110 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ และที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ 1.99 มีความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระมากที่สุด คือสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้

ถึง 185 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ และความสามารถในการดูดซับไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบของแมกนีเซียมซิติเลตที่สังเคราะห์จากแคลบโดยใช้สารละลายแมกนีเซียมไนเตรตและสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตในการตกตะกอนนั้นขึ้นกับอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติลาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ โดยความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบลดลงเมื่ออัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติลาและแมกนีเซียมออกไซด์บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติเลตเพิ่มขึ้น ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวคล้ายกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดบนตัวดูดซับกับอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติลาต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติเลต คือ ปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดลดลงเมื่ออัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิติลาและแมกนีเซียมออกไซด์เพิ่มขึ้น รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซับไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบของแมกนีเซียมซิติเลตที่สังเคราะห์จากแคลบกับปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดบนตัวดูดซับ

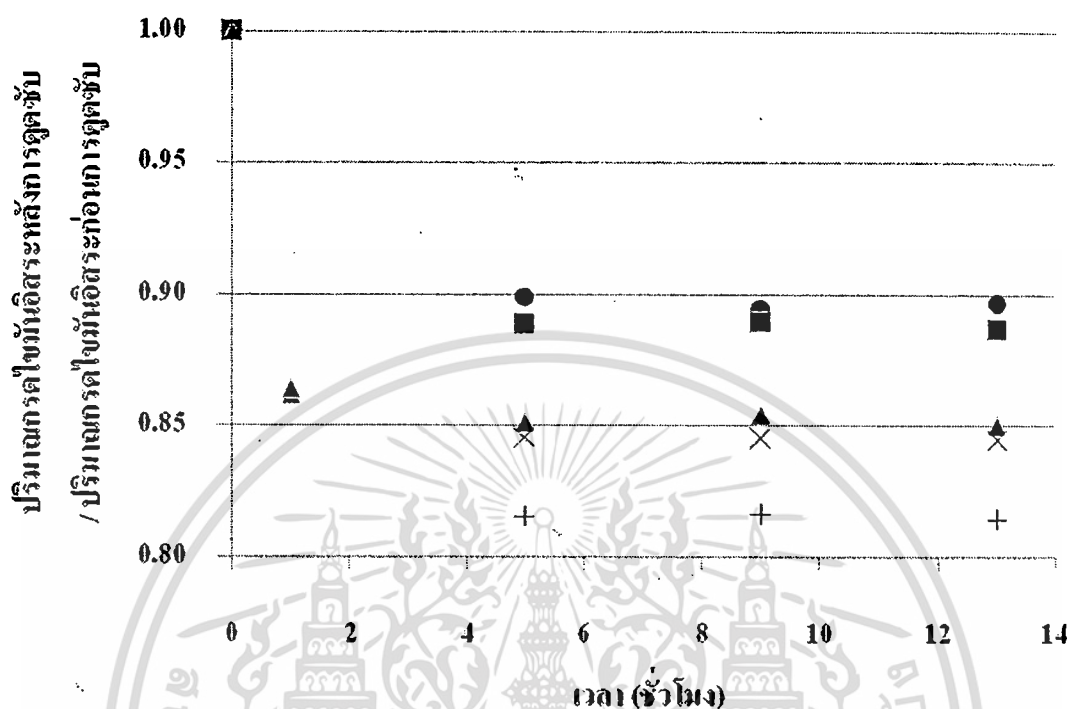


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบกับปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดบนตัวดูดซับที่ฟังก์ชันสภาพความเป็นกรดของแอมเมตต์ ≤ 4.8 แมกนีเซียมซิติเลตที่สังเคราะห์จากแคลบซึ่งตกตะกอนด้วย (○) สารละลายแมกนีเซียมไนเตรต (■) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต

การดูดซับกรดไขมันอิสระของแมกนีเซียมซลิเกตเกิดจากการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี โดยการดูดซับทางเคมีของแมกนีเซียมซลิเกตเกิดจากหมู่คาร์บอกซีเลต (RCOO⁻) ซึ่งเป็นผลจากสูญเสียไฮโดรเจนของกรดไขมันอิสระ เช่น กรดโอเลอิก เกิดการดูดซับด้วยพันธะไอออนิกกับแมกนีเซียมออกไซด์ที่อยู่บนพื้นผิวของแมกนีเซียมซลิเกต [23] ซึ่งทำให้แมกนีเซียมออกไซด์ที่อยู่บนพื้นผิวของแมกนีเซียมซลิเกตสอดคล้องกับนิยามของ Lewis acid เพราะเป็นผู้รับอิเล็กตรอนจากหมู่คาร์บอกซีเลต จากความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดบนตัวดูดซับของแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบที่ฟังก์ชันสภาพความเป็นกรดของแอมเมตต์ ≤ 4.8 ในรูปที่ 4.6 พบว่าความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้นตามปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดบนแมกนีเซียมซลิเกตที่เพิ่มขึ้น จึงคาดว่า การเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบของแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ เป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ในตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ

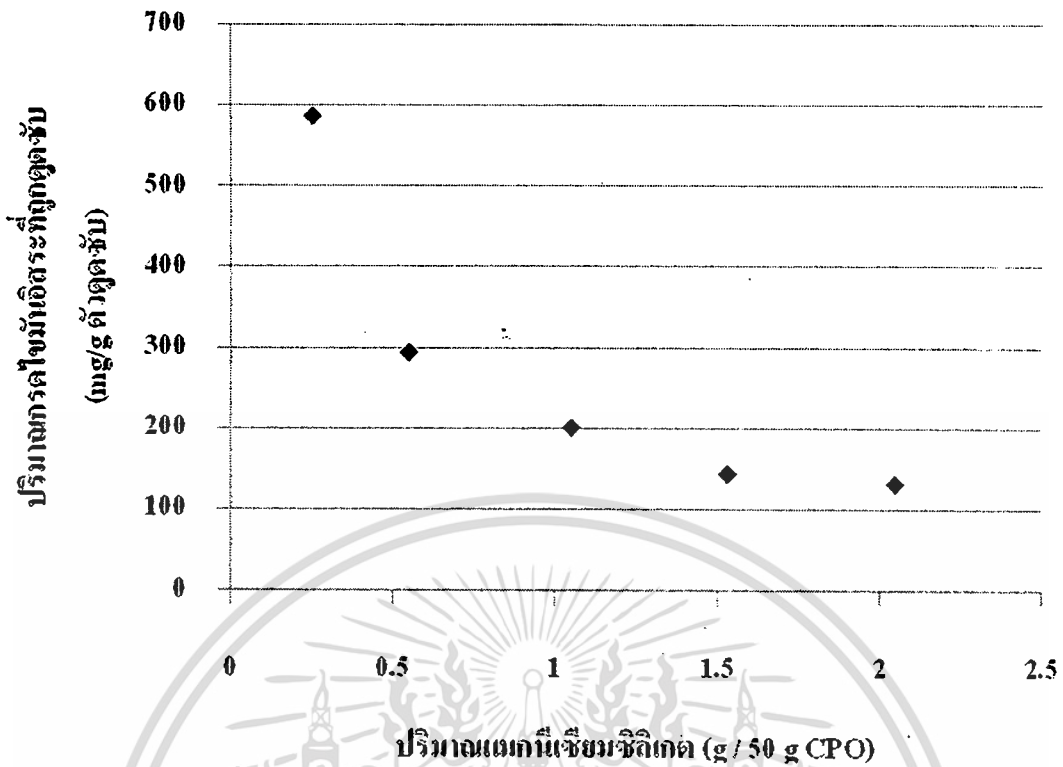
จากการศึกษาความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตที่เวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้ตัวดูดซับ 1 กรัมต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม พบว่าอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซลิเกตต่อแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.99 มีความสามารถในการดูดซับมากที่สุด จึงนำแมกนีเซียมซลิเกตที่อัตราส่วนดังกล่าวมาศึกษาเวลาเข้าสู่สมดุลและผลของปริมาณตัวดูดซับต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่เวลาเข้าสู่สมดุล

4.3 การศึกษาเวลาในการเข้าสู่สมดุลและผลของปริมาณตัวดูดซับต่อความสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ



รูปที่ 4.7 ความเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่ถูกดูดซับโดยแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลส ($\text{SiO}_2/\text{MgO} = 1.99$) ปริมาณ (○) 0.25, (■) 0.50, (△) 1.00, (×) 1.50 และ (+) 2.00 กรัม ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม ที่เวลาต่าง ๆ

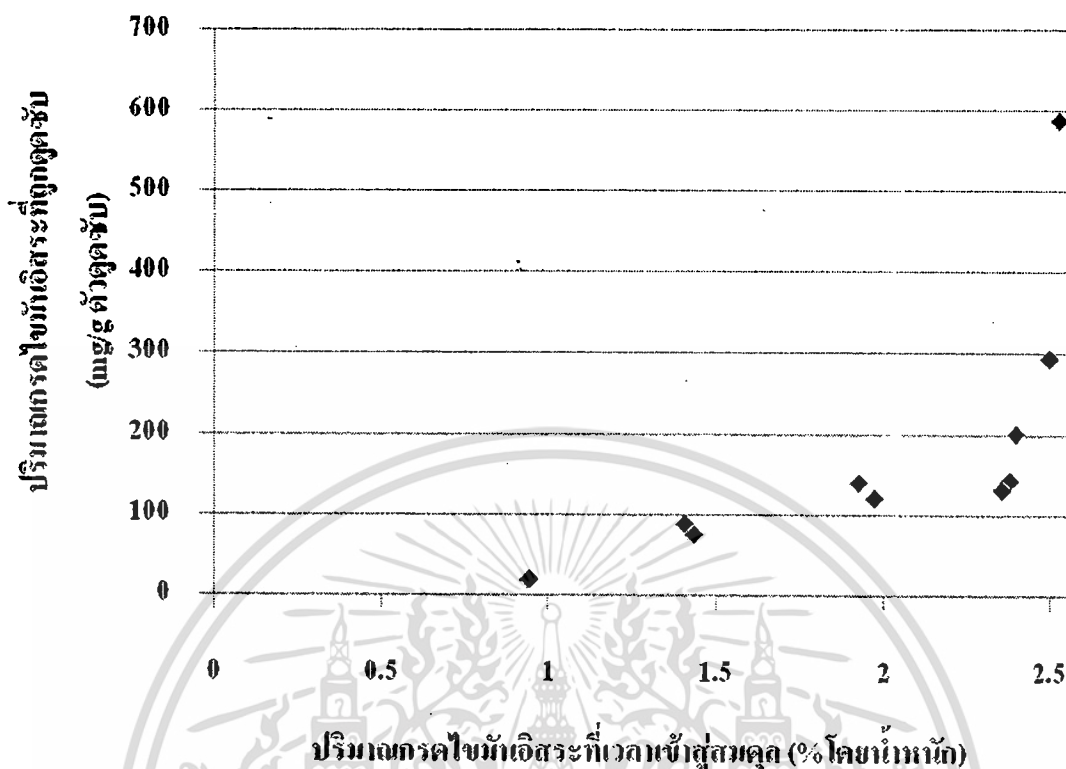
การศึกษาเวลาการเข้าสู่สมดุลการดูดซับของกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลสที่มีอัตราส่วน โดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.99 โดยใช้ตัวดูดซับปริมาณ 0.25, 0.5, 1, 1.5 และ 2 กรัม ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบก่อนการดูดซับ 2.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เขย่าด้วยอัตราเร็ว 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5, 9 และ 13 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.7 พบว่าที่ปริมาณตัวดูดซับ 1 กรัม การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันอิสระเริ่มเข้าสู่สมดุลที่เวลา 5 ชั่วโมง และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันอิสระปริมาณตัวดูดซับ 0.25, 0.5, 1.5 และ 2 กรัม เริ่มคงที่ที่เวลา 5 ชั่วโมง จึงเลือกเวลาการดูดซับ 13 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาที่เข้าสู่สมดุลของการดูดซับมาศึกษาผลปริมาณตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตต่อความสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบและไอโซเทิร์มของการดูดซับ



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่เวลาเข้าสู่สมดุล (13 ชั่วโมง) บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ ($\text{SiO}_2/\text{MgO} = 1.99$) กับปริมาณแมกนีเซียมซิลิเกต

การศึกษาผลปริมาณตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.99 ต่อความสามารถการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ โดยใช้ตัวดูดซับปริมาณ 0.25, 0.5, 1, 1.5 และ 2 กรัม ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบก่อนการดูดซับ 2.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เขย่าด้วยอัตราเร็ว 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 13 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8 พบว่าที่ปริมาณตัวดูดซับ 2 กรัม ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม มีความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระน้อยที่สุด โดยดูดซับกรดไขมันอิสระได้ 131 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ และที่ปริมาณตัวดูดซับ 0.25 กรัม ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม มีความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระมากที่สุด โดยดูดซับกรดไขมันอิสระได้ 587 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ และความสามารถในการดูดซับของกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกต โดยความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซับของกรดไขมันอิสระกับปริมาณตัวดูดซับสอดคล้องกับงานวิจัยของ Proctor และ Palaniappan [31] ซึ่งดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้ถ้ำแคลบ

4.4 ไอโซเทิร์มการดูดซับ



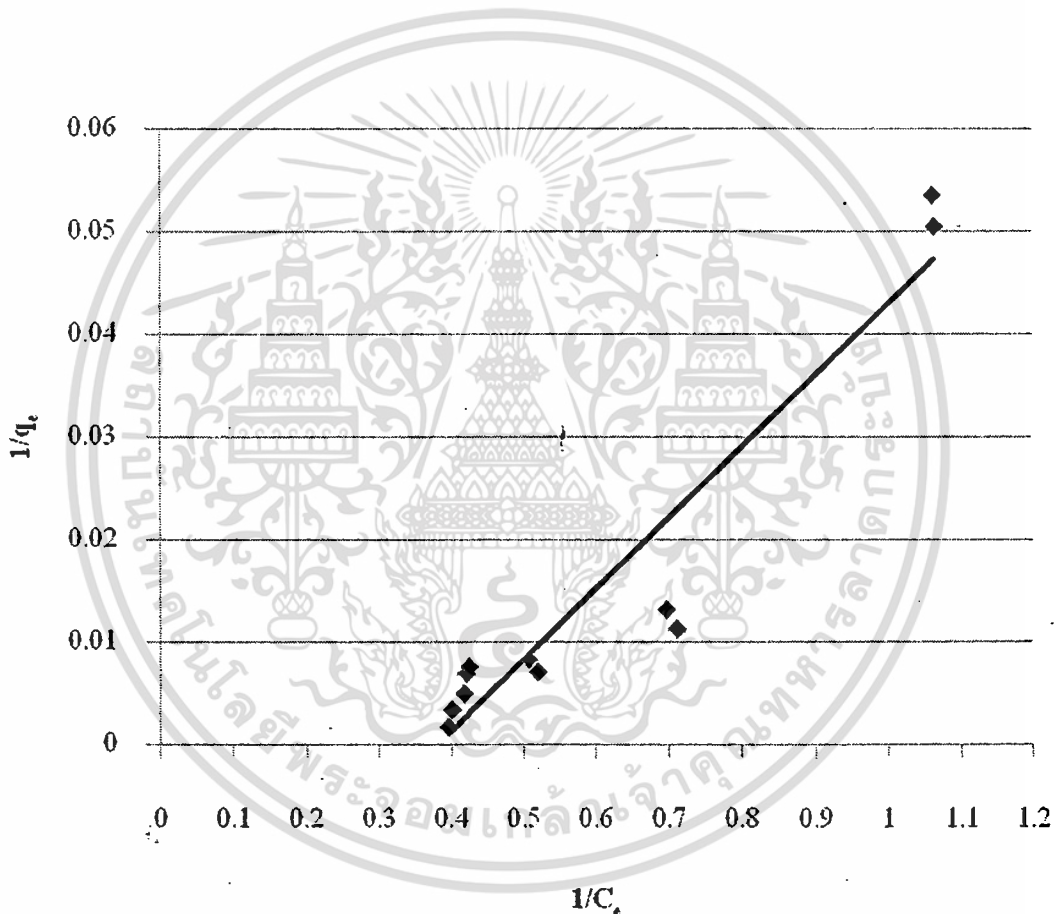
รูปที่ 4.9 ความสามารถในการดูดซับและปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่เวลาเข้าสู่สมดุล (13 ชั่วโมง) บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ ($SiO_2/MgO = 1.99$)

การศึกษาไอโซเทิร์มการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบด้วยตัวดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.99 ใช้ข้อมูลผลการทดลองความสามารถการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบและปริมาณกรดไขมันอิสระที่เวลาเข้าสู่สมดุล ซึ่งได้จากการดูดซับใช้ตัวดูดซับปริมาณ 0.25, 0.5, 1, 1.5 และ 2 กรัม ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบก่อนการดูดซับ 2.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และการดูดซับน้ำมันปาล์มดิบที่เจือจางด้วยน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์กำจัดไขมัน ปริมาณกรดไขมันอิสระประมาณก่อนการดูดซับ 1, 1.6 และ 2.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้ปริมาณตัวดูดซับ 1 กรัม ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยอัตราเร็ว 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 13 ชั่วโมง ไอโซเทอมที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.9 นำข้อมูลความสามารถการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบและปริมาณกรดไขมันอิสระที่เวลาเข้าสู่สมดุลมาทดสอบว่ามีลักษณะสอดคล้องกับแบบจำลองของ Langmuir หรือ Freundlich โดยวิเคราะห์จากค่าคงที่และค่า R^2 ของสมการเส้นตรงของแบบจำลองทั้งสองด้วยวิธี Linear Regression โดยใช้สมการที่ 2.6 และ 2.9 ตามลำดับ ไอโซเทิร์มการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบด้วยตัวดูดซับ

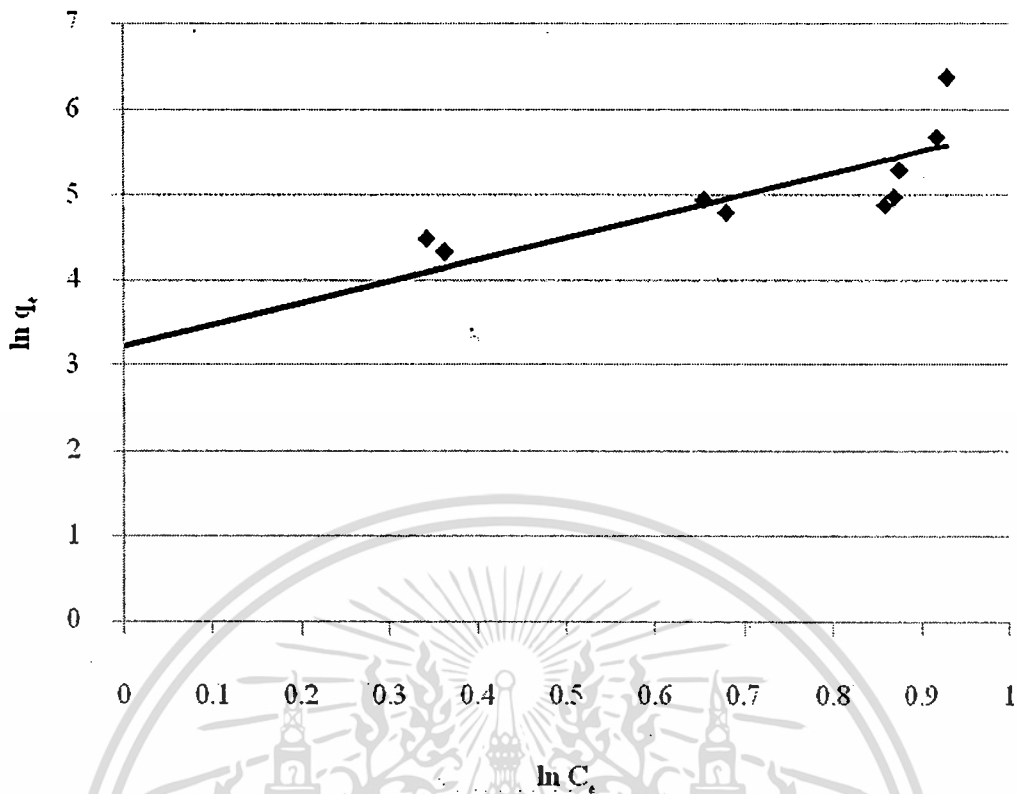
แมกนีเซียมซัลเฟตที่สังเคราะห์จากแคลเซียมที่มีอัตราส่วนโดยโมลระหว่างซัลเฟตต่อแมกนีเซียม ออกไซด์เท่ากับ 1.99 ในรูปของสมการเส้นตรงของแบบจำลองของ Langmuir และ Freundlich แสดงดังรูปที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ สมการเส้นตรง ค่าคงที่ และค่า R^2 ของแบบจำลอง Langmuir และ Freundlich แสดงดังตารางที่ 4.3

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q^0} + \frac{1}{bQ^0 C_e} \quad (2.6)$$

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (2.9)$$



รูปที่ 4.10 ความสามารถในการดูดซับและปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่เวลาเข้าสู่ สมดุลในรูปของสมการเส้นตรงของแบบจำลองของ Langmuir



รูปที่ 4.11 ความสามารถในการดูดซับและปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่เวลาเข้าสู่สมดุลในรูปของสมการเส้นตรงของแบบจำลองของ Freundlich

ตารางที่ 4.3 สมการเส้นตรง ค่าคงที่ และค่า R^2 ของแบบจำลอง Langmuir และ Freundlich

แบบจำลอง	สมการเส้นตรง	ค่าคงที่		R^2
Langmuir	$\frac{1}{q_e} = -0.0264 + 0.0693 \frac{1}{C_e}$	Q^0	-37.906	0.906
		b	-0.380	
Freundlich	$\ln q_e = 3.226 + 2.545 \ln C_e$	K_F	25.186	0.868
		$1/n$	2.545	

จากตารางที่ 4.3 สมการเส้นตรงของแบบจำลอง Langmuir และ Freundlich คือ $\frac{1}{q_e} = -0.0264 + 0.0693 \frac{1}{C_e}$ และ $\ln q_e = 3.226 + 2.545 \ln C_e$ ตามลำดับ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.906 และ 0.868 แต่สมการเส้นตรงของแบบจำลอง Langmuir ไม่เหมาะสมในการอธิบายการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกต เนื่องจากขอบเขตจำกัดความจุการดูดซับ (Q^0) และค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับ (b) มีค่าติดลบจึงส่งผลให้สมการเส้นตรงของแบบจำลอง Langmuir ไม่เป็นจริง และการดูดซับกรดไขมันอิสระของแมกนีเซียมซลิเกตเกิดจากการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี [23] แต่การดูดซับของแบบจำลอง Langmuir ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า การดูดซับที่เกิดขึ้นเกิดจากการดูดซับทางเคมีเพียงอย่างเดียว จึงทำให้แบบจำลองของ Freundlich มีความเหมาะสมในการอธิบายไอโซเทิร์มของการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซลิเกตมากกว่าแบบจำลองของ Langmuir



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการสังเคราะห์แมกนีเซียมซิติลิกเกิดจากแคลบ ผลของอัตราส่วน โดยโมลระหว่าง ซิติลิกต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติลิกเกิดต่อความสามารถการดูดซับกรดไขมัน อิศระในน้ำมันปาล์มดิบ ผลของปริมาณของแมกนีเซียมซิติลิกเกิดที่สังเคราะห์จากแคลบต่อ ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิศระในน้ำมันปาล์มดิบที่เวลาเข้าสู่สมดุลการดูดซับ และศึกษา แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการอธิบายรูปแบบของกระบวนการดูดซับกรดไขมันอิศระใน น้ำมันปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซิติลิกเกิดที่สังเคราะห์จากแคลบ

จากการศึกษาการสังเคราะห์แมกนีเซียมซิติลิกเกิดจากแคลบ แมกนีเซียมซิติลิกเกิดได้จากการ ตกตะกอนระหว่างสารละลายโซเดียมซิติลิกเกิดที่ได้จากการสกัดซิติลิกในแคลบกับสารละลาย แมกนีเซียมไนเตรดหรือสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.5-4 โมลาร์ พบว่า แมกนีเซียมซิติลิกเกิดที่ได้มีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของ แมกนีเซียมซิติลิกเกิดด้วยวิธีการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์ พบว่าความเข้มข้นของสารละลายแมกนีเซียม ไนเตรดและสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตมีผลต่อองค์ประกอบของแมกนีเซียมซิติลิกเกิดที่เตรียมได้ ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของแมกนีเซียมซิติลิกเกิดที่สังเคราะห์จากแคลบ พบว่า แมกนีเซียมซิติลิกเกิดที่สังเคราะห์มีลักษณะเป็นอสัณฐาน และผลการตรวจวัดปริมาณตำแหน่งความ เป็นกรดบนตัวดูดซับ พบว่าปริมาณตำแหน่งความเป็นกรดลดลงเมื่ออัตราส่วน โดยโมลระหว่าง ซิติลิกต่อแมกนีเซียมออกไซด์เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาผลของอัตราส่วน โดยโมลระหว่างซิติลิกต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนแมกนีเซียม ซิติลิกเกิดที่สังเคราะห์จากแคลบต่อความสามารถการดูดซับกรดไขมันอิศระในน้ำมันปาล์มดิบ โดยทำ การดูดซับที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลาการดูดซับ 1 ชั่วโมง ปริมาณตัวดูดซับ 1 กรัม ต่อน้ำมัน ปาล์มดิบ 50 กรัม และปริมาณกรดไขมันอิศระของน้ำมันปาล์มดิบก่อนการดูดซับ 2.9 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก พบว่าที่อัตราส่วน โดยโมลระหว่างซิติลิกต่อแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.99 มี ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิศระในน้ำมันปาล์มดิบสูงที่สุด คือสามารถดูดซับกรดไขมัน อิศระได้ 185 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ และความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิศระใน น้ำมันปาล์มดิบลดลงเมื่ออัตราส่วน โดยโมลระหว่างซิติลิกต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนแมกนีเซียม ซิติลิกเกิดเพิ่มขึ้น คาดว่าเกิดจากตำแหน่งความเป็นกรดที่กรดไขมันอิศระจะเกิดการดูดซับทางเคมีด้วย มีปริมาณลดลงเมื่ออัตราส่วน โดยโมลระหว่างซิติลิกต่อแมกนีเซียมออกไซด์บนแมกนีเซียมซิติลิกเกิด เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาผลของปริมาณของแมกนีเซียมซัลไฟด์ที่สังเคราะห์จากเกลือต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบเวลาเข้าสู่สมดุลการดูดซับ โดยใช้แมกนีเซียมซัลไฟด์ที่สังเคราะห์จากเกลือที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างซัลไฟด์ต่อแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.99 ดูดซับที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลาการดูดซับ 13 ชั่วโมง ปริมาณตัวดูดซับ 0.25, 0.5, 1, 1.5 และ 2 กรัม ค่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม และปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มดิบก่อนการดูดซับ 2.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าที่ปริมาณตัวดูดซับ 0.25 กรัม ค่อน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม มีความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระมากที่สุด คือสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้ 587 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ และความสามารถในการดูดซับของกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับแมกนีเซียมซัลไฟด์

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้แบบจำลองการดูดซับ Langmuir และ Freundlich พบว่าแบบจำลองการดูดซับ Freundlich มีความเหมาะสมกับข้อมูลไอโซเทอมของการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซัลไฟด์ที่สังเคราะห์จากเกลือที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างซัลไฟด์ต่อแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.99 เนื่องจากค่าขอบเขตจำกัดความจุการดูดซับ (Q^0) และค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับ (b) มีค่าติดลบจึงส่งผลให้สมการของแบบจำลอง Langmuir ไม่เป็นจริง และการดูดซับกรดไขมันอิสระของแมกนีเซียมซัลไฟด์เกิดจากการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี ทำให้แบบจำลองของ Freundlich มีความเหมาะสมในการอธิบายไอโซเทอมของการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบบนตัวดูดซับแมกนีเซียมซัลไฟด์มากกว่าแบบจำลองของ Langmuir

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมวิชาการเกษตร [ระบบออนไลน์]. <http://www.doa.go.th>
- [2] R. V. Krishnarao, J. Subrahmanyam and T.J. Kumar, “Studies on the formation of black particles in rice husk silica ash”, J. Euro. Ceram. Soc., Vol.21, 2001, p.99-104
- [3] สันติ รัตนวีรนนท์. “เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับเตรียมซิลิกาจากขี้เถ้าแกลบ”. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2547
- [4] อโณรัตน์ ภู่อระกุล. “การเตรียมโซเดียมซิลิเกตจากขี้เถ้าแกลบโดยอาศัยปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มัล”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวัสดุศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2547.
- [5] สุจิตา สารเสวก. “การผลิตซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ขนาดเล็กจากขี้เถ้าแกลบ”. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2547.
- [6] S.Ozgul-Yucel, M.Tolay, S.Erdag and S.Turkay, “Magnesium silicate synthesis from rice hull ash”, J Am Oil Chem Soc., vol. 81, 2004, p. 619–620
- [7] M. Berrios and R.L. Skelton, “Comparison of purification methods for biodiesel”, Chemical Engineering Journal, vol. 144 (3), 2008, p. 459-465
- [8] F. Ciesielczyk, A. Krysztalkiewicz and T. Jesionowski, “Magnesium silicates – adsorbents of organic compounds”, Applied Surface Science, vol. 253 (20), 2007, p. 8435-8442
- [9] Song Lin, Casimir C. Akoh, A. Estes Reynolds, “Recovery of used frying oil with adsorbent combination : refrying and frequent oil replenishment”, Food Research International, vol.34, 2001, p.159-166.
- [10] วิชณีย์ ออัมทรัพย์สิน วัชร ศรีรักษา เกริกชัย ธนรักษ์ และ วราวุธ ชูธรรมรัช. “การศึกษาวิธีการกำจัดขี้เถ้าและลดกรดไขมันอิสระ”. งานวิจัย ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7.
- [11] กำพล ประทีปชัยกูร และ สุรัชย์ จันทร์ศรี. “การลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวมด้วยวิธีการเอสเทอร์ฟิเคชัน”. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 6. 2551. หน้า 387-392
- [12] สุภาพ ศิลปคัมภีร์ภาพ และ สุพจน์ อ้วนเจริญกุล. “การเตรียมและการตรวจสอบคุณภาพของซิลิกาเจลที่ได้จากขี้เถ้าแกลบ”. โครงการปริญญาตรี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2538.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [13]รศ.ดร.ดาวลัย ฉิมภู, ชีวเคมี เล่ม 1 โมเลกุลชีวภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
ประกายพริก. 2538.
- [14]อุษณีย์ วนิจเขตคำนวณ, คู่มือเรียนชีวเคมี โดย E-learning, เชียงใหม่. : โรงพิมพ์
ดาวคอมกราฟฟิค. 2548.
- [15][Online]. Available : http://teacher.nsruc.ac.th/sumolta/sumolta/new_page_2.htm. 2009
- [16]พรรณนีย์ วิชชาญ, หนังสือพิมพ์กสิกร ปีที่ 78 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม – มิถุนายน 2548.
- [17]Palm oil [Online]. Available : http://www.en.wikipedia.org/wiki/Palm_oil. 2009
- [18]Frank L. Slejko, **Adsorption Technology: A Step-by-Step Approach to process Evaluation and Applications**. New York: Marcel Dekker, 1985.
- [19]Charles, N., Satterfield, **Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice**. 2nd ed., New
York: McGraw-Hill Book Company, 1991, p. 31-50.
- [20]Noll, K.E., Gounarios, V. and Hou, W., 1992, **Adsorption Technology for Air and
Water Pollution Control**. Michigan, Lewis, p. 199-216.
- [21]Oscik, J., **Adsorption**. New York, John Wiley & Sons, pp. 157-193.
- [22]จตุพร วิทยาคุณ และนุรักษ์ กฤษดานุรักษ์, การเร่งปฏิกิริยา พื้นฐานและการประยุกต์,
กรุงเทพฯ ฯ, โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2547.
- [23]R.A. Yates, J.D. Caldwell and E.G. Perkins, “Diffuse Reflectance Fourier Transform
Infrared Spectroscopy of Triacylglycerol and Oleic Acid Adsorption on Synthetic
Magnesium Silicate”, *JAOCS.*, Vol. 74, 1997, p.289-292.
- [24]M. Yurdakoc, M. Akcay, Y. Tonbul and K. Yurdakoc, “Acidity of Silica-Alumina
Catalysts By Amine Titration Using Hammett Indicators and FT-IR Study of Pyridine
Adsorption”, *Turk J Chem*, vol. 23, 1999, p. 319- 327.
- [25]L. P. Hammett and A. J. Deyrup, “A series of simple basic indicator” *J. Am. Chem.
Soc.*, vol. 54, 1932, p. 2721-2739.
- [26]P.C. Kapur, “Thermal insulations from ricehusk ash, an agricultural waste”. *Ceram. Int.*,
vol. 11(4), 1985, p. 142-143.
- [27]U. Kalapathy, A. Proctor and J. Shultz, “A simple method for production of pure silica
from rice hull ash”, *Biosource Technology*, Vol. 73, 2000, p.257-262.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [28]A.Chakraverty, P. Mishra and H.D. Banerjee, “Investigation of combustion of raw and acid leached rice husk for production of pure amorphous white silica”, J. Mater. Sci., Vol. 23, 1988, p.21-24.
- [29]S.R. Kamath and A. Proctor, “Silica gel from rice hull ash: Preparation and characterization”, Cereal Chem., Vol. 75, 1998, p.484–487.
- [30]D.R.M. Brew and F.P. Glasser, “Synthetic and characterization of magnesium silicate hydrate gel”, Cement and Concrete Research, Vol. 35 (1), 2005, p.85-98.
- [31]A. Proctor and S. Palaniappan, “Adsorption of Soy Oil Free Fatty Acids by Rice Hull Ash”, JAOCS., Vol. 67, 1990, p.15-17.
- [32]Silicate division, Specialty Business Group [Online]. Available : <http://www.pqxorp.com/corperate/aboutpq/asp>
- [33]C. THAICHEMICALCO.,LTD [Online]. Available : <http://www.etc.th.com/detail.htm>
- [34]AOCS. Cd 3a-63 : free fatty acid, In: Official Method and Reccommended Practices of AOCS, 5th Ed; Illinois: American Oil Chemistry Society 1997.

การดูดซับกรดไขมันอิสระจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้แมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแกลบ Adsorption of free fatty acid from crude palm oil using magnesium silicate synthesis from rice husk

วรัช แพทย์รังษี และ พรสวรรค์ อัครแสงรัตน์*

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลขององค์ประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกตในการดูดซับกรดไขมันอิสระจากน้ำมันปาล์มดิบ โดยแมกนีเซียมซิลิเกตได้จากการตกตะกอนของสารผสมระหว่างสารละลายโซเดียมซิลิเกตจากแกลบที่เตรียมด้วยวิธีไฮโดรเทอร์มัลกับสารละลายแมกนีเซียมไนเตรด ซึ่งสารละลายแมกนีเซียมไนเตรดที่ใช้มีความเข้มข้น 0.1 1 2 3 และ 4 โมลาร์ เพื่อให้ได้องค์ประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกตที่แตกต่างกัน องค์ประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกตได้ถูกวิเคราะห์ด้วยวิธีการเรืองแสงของรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence, XRF) ผลจากการวิเคราะห์พบว่าแมกนีเซียมซิลิเกตที่ได้มีสัดส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกากับแมกนีเซียมออกไซด์ ($\text{SiO}_2:\text{MgO}$) คือ 9.64 3.76 2.74 2.40 และ 1.99 ตามลำดับ เปรียบเทียบความสามารถการดูดซับของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์ให้กับแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า ($\text{SiO}_2:\text{MgO} = 1.59:1$) โดยการนำไปทดสอบการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแมกนีเซียมซิลิเกตที่ได้จากแกลบมีความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระ โดยแมกนีเซียมซิลิเกตที่มีสัดส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกากับแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.99 2.40 2.74 และ 3.76 ไม่มีความแตกต่างในการดูดซับที่ระยะเวลาการดูดซับ 1 ชั่วโมง โดยสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระอยู่ในช่วง 130-140 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ ในขณะที่แมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า สามารถดูดซับกรดไขมันอิสระประมาณ 70 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ และจากการทดลองหาเวลาที่เข้าสู่สมดุลการดูดซับของแมกนีเซียมซิลิเกตซึ่งมีสัดส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกากับแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 3.76 พบว่าตัวดูดซับเข้าสู่สมดุลที่เวลา 5 ชั่วโมง สามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้ 350 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ เมื่อเทียบกับแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้าแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้าดูดซับได้เพียง 120 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญทั้งการบริโภคภายในประเทศและส่งออกในตลาดโลก จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวเปลือกได้ปีละประมาณ 27 ล้านตัน [1] และเมื่อข้าวเปลือกผ่านการสีแล้ว จะได้ผลผลิตเป็นสองส่วนคือข้าวสารและแกลบ ซึ่งปริมาณแกลบนั้นคิดเป็น 15-20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณข้าวเปลือก [2] นั่นคือในแต่ละปีประเทศไทยจะมีปริมาณแกลบที่เหลือจากการสีข้าวเปลือกประมาณ 5.4 ล้านตัน จากการศึกษาพบว่าแกลบเป็นแหล่งของซิลิกา โดย

แกลบทั่วไปมีสัดส่วนของซิลิกาประมาณ 13-29 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก [3] ส่วนประกอบที่เหลือเป็นสารประกอบออกไซด์และไฮโดรคาร์บอน ถ้าหากนำแกลบมาเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้จะสลายตัวเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และสารประกอบออกไซด์บางส่วนยังสามารถสลายตัวทางความร้อนได้ ทำให้แกลบที่มีสัดส่วนของซิลิกาที่สูงขึ้น และจากงานวิจัยของ สันติ รัตนวิรัตน์, 2547 [4] พบว่าถ้าแกลบทำปฏิกิริยากับกรดก่อนเผา แกลบที่มีสัดส่วนของซิลิกาที่สูงกว่าแกลบที่ไม่ทำปฏิกิริยากับกรด เมื่อทำการเผาที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมซิลิกาในแกลบจะมีสัดส่วนสูงถึง 99.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากข้อมูลดังกล่าวแกลบนั้นมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นแหล่งของซิลิกาที่ใช้เตรียมสารละลายโซเดียมซิลิเกต [4,5] ซึ่งสามารถนำไปสังเคราะห์ ซิลิกอนบริสุทธิ์ [3] แมกนีเซียมซิลิเกต เป็นต้น แมกนีเซียมซิลิเกตนี้เป็นตัวดูดซับที่มีความสามารถในการดูดซับสารต่างๆ ได้ดี ใช้ในการดูดซับสิ่งเจือปนในไบโอดีเซล [6] หรือลดปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน [7]

น้ำมันปาล์มดิบเป็นหนึ่งในน้ำมันที่นิยมนำมาทำไบโอดีเซล แต่ น้ำมันปาล์มดิบมีกรดไขมันอิสระอยู่ประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้ไม่เหมาะสมในการทำไบโอดีเซล ปรกติการลดปริมาณกรดไขมันอิสระจะใช้ต่างในการทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในน้ำมันหรือใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยากและทำให้สูญเสียน้ำมันไปบางส่วน แต่วิธีการลดกรดไขมันอิสระด้วยวิธีการดูดซับนั้นเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก แยกตัวดูดซับออกจากน้ำมันง่าย และมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาการสังเคราะห์แมกนีเซียมซิลิเกตจากแกลบ และทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมซิลิกาจากแกลบ

แกลบที่ใช้งานวิจัยเป็นแกลบของข้าวพันธุ์ กข ที่ได้จากโรงสีในจังหวัดนครปฐม การเตรียมซิลิกาจากแกลบใช้วิธีการเตรียมของ สันติ รัตนวิรัตน์, 2547 [3] โดยนำแกลบมาต้มในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3 โมลาร์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำแกลบมาล้างน้ำกลั่น จนกระทั่งมี pH ประมาณ 7 จากนั้นนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* Corresponding author; kkporns@kmitl.ac.th

2.2 การเตรียมสารละลายโซเดียมซิลิเกตจากถ้ำเกลือ

การเตรียมสารละลายโซเดียมซิลิเกตจากถ้ำเกลือใช้วิธีการเตรียมของสุริดา สารเสวก, 2547 [5] โดยนำถ้ำเกลือ 4.4 กรัม มาต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.6 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จนกระทั่งปริมาตรสารละลายลดลงเหลือ 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายมากรองเพื่อแยกถ้ำเกลือที่เหลือออกจาก ถัดปริมาณซิลิกาที่ละลายในสารละลายโซเดียมซิลิเกตตามวิธีของโธมัส ภูตระกูล, 2547 [4] สารละลายโซเดียมซิลิเกตที่ได้จากถ้ำเกลือมีปริมาณซิลิกาที่ละลายประมาณ 7.5-7.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

2.3 การเตรียมแมกนีเซียมซิลิเกต

การเตรียมแมกนีเซียมซิลิเกตทำได้โดยการนำสารละลายโซเดียมซิลิเกตจำนวน 50 มิลลิลิตร มาผสมกับสารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 1 2 3 และ 4 โมลาร์ จำนวน 70 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำตะกอนที่ได้ที่ได้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมานวดและนำใส่กระตุนที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 40 นาที

2.4 การวิเคราะห์คุณลักษณะและคุณสมบัติของแมกนีเซียมซิลิเกต

ตรวจวัดปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกตโดยวิธีการเรืองแสงของรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence, XRFs) และตรวจดูความเป็นผลึกของแมกนีเซียมซิลิเกตโดยวิธีการกระเจิงของรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffraction, XRD)

2.5 การศึกษาดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ

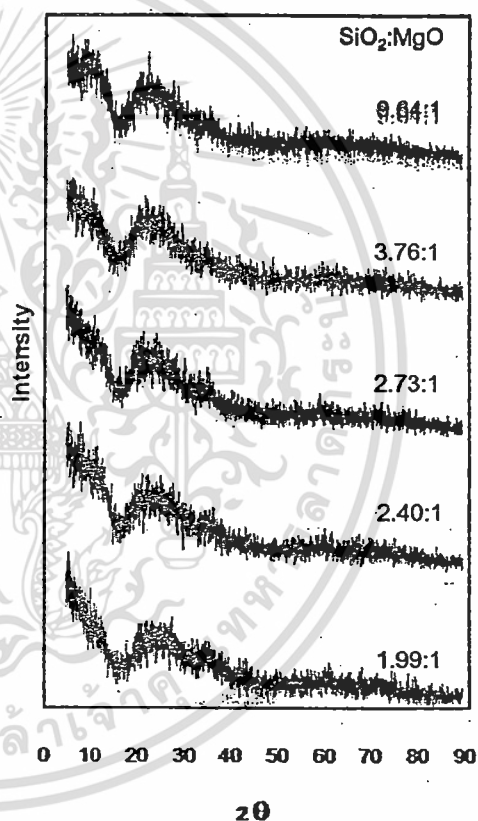
ทำการทดลองศึกษาผลขององค์ประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากเกลือที่มีต่อความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ และเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากเกลือกับแมกนีเซียมซิลิเกตแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า (Magnesol, The Dallas Group of America) โดยทดลองการดูดซับที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้ไขมันปาล์มดิบ 50 กรัม ต่อแมกนีเซียมซิลิเกต 2 กรัม และแยกตัวดูดซับและนำไขมันปาล์มดิบออกจากกันด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอนที่ความเร็วรอบ 80 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที นำไขมันปาล์มดิบที่ถูกดูดซับแล้วมาตรวจวัดปริมาณกรดไขมันอิสระที่เหลืออยู่ตามวิธีของ AOCS. (American Oil

Chemistry Society) [8] เลือกแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากเกลือที่มีความสามารถในการดูดซับดีที่สุทธมาทดลองดูดซับที่เวลาต่างๆ เพื่อหาเวลาที่ตัวดูดซับเข้าสู่สมดุล โดยวัดปริมาณกรดไขมันอิสระที่ลดลงทุกๆ 2 ชั่วโมง และเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับที่เวลาสมดุลของการดูดซับกับแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการสังเคราะห์แมกนีเซียมซิลิเกต

แมกนีเซียมซิลิเกตที่ได้จากการตกตะกอนโดยใช้สารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 1 2 3 และ 4 โมลาร์ ตะกอนที่ได้มีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด ผลวิเคราะห์องค์ประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกตด้วยวิธีการเรืองแสงของรังสีเอกซ์ แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 XRD ของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากเกลือ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากเกลือและแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการตกตะกอน (โมลาร์)	องค์ประกอบ					สัดส่วนโดยโมลระหว่าง SiO ₂ :MgO
	MgO	SiO ₂	NaO	CaO	P ₂ O ₅	
0.1	5.8	83.9	9.8	0.13	0.11	9.64:1
1	14.4	81.2	3.87	0.05	0.23	3.76:1
2	18.6	76.4	4.7	0.06	0.15	2.73:1
3	20.8	75.1	3.72	0.04	0.22	2.40:1
4	23.9	71.6	4.15	0.03	0.18	1.99:1
แมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า	28.4	67.9	-	-	-	1.59:1

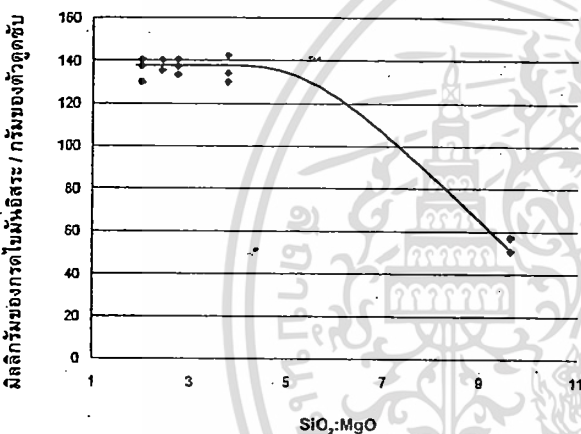
เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์อื่นใดได้

ไม่วารณี่ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 1 พบว่าความเข้มข้นของสารละลายแมกนีเซียมไนเตรด 0.1 1 2 3 และ 4 โมลาร์ มีผลต่อองค์ประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกตที่เตรียมได้ โดยมีสัดส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ที่ได้ คือ 9.64 3.76 2.74 2.40 และ 1.99 ตามลำดับ

รูปที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์การกระจายของรังสีเอ็กซ์ของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ พบว่าแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์ได้ไม่มีลักษณะพีคที่ชัดเจน ซึ่งแสดงว่าแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นอสัณฐาน (Amorphous) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ F. Ciesielczyk, 2007 [9] ที่ศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแมกนีเซียมซิลิเกตที่ได้จากการตกตะกอนของสารผสมระหว่างสารละลายโซเดียมเมตตะซิลิเกตกับสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต

3.2 ผลการศึกษาดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ



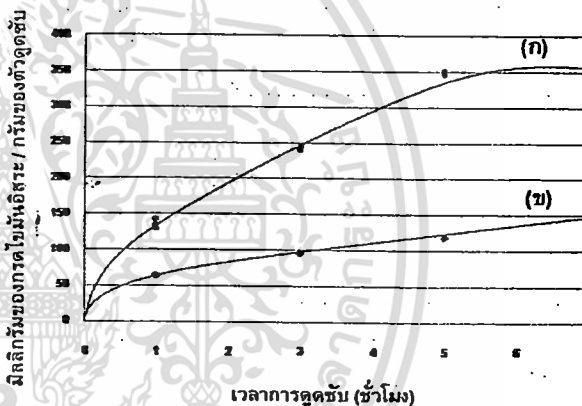
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับกับสัดส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ที่เวลาการดูดซับ 1 ชั่วโมง

ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบโดยแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบที่เวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งมีสัดส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ที่ 1.99 2.40 2.74 3.76 และ 9.64 แสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่สัดส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ 9.64 มีความสามารถในการดูดซับน้อยที่สุด คือสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้เพียง 55 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ และมีความสามารถในการดูดซับที่ใกล้เคียงกันที่ 1.99 2.40 2.74 และ 3.76 คือสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้ 130-140 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ ส่วนแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้ามีความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระที่เวลา 1 ชั่วโมง เท่ากับ 70 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ

การที่ผลการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบที่มีสัดส่วนโดยโมลระหว่างซิลิกาต่อแมกนีเซียมออกไซด์ที่ 1.99 2.40 2.74 และ 3.76 มีค่า

ใกล้เคียงกัน คาดว่าเกิดจากปริมาณตัวดูดซับ 2 กรัม ในน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัม เป็นปริมาณที่ตัวดูดซับแสดงความสามารถในการดูดซับเท่ากัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ S. Özgül-Yücel, 2003 [10] ซึ่งทดลองดูดซับกรดไขมันอิสระในไบโอดีเซลโดยใช้แก้วกลมและซิลิกาเจล โดยผลการทดลองการดูดซับกรดไขมันอิสระที่ 2 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของไบโอดีเซลในเฮกเซน ที่มีปริมาณตัวดูดซับ 4 กรัม ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระของแก้วกลมและซิลิกาเจลมีค่าใกล้เคียง แต่หากเป็นที่ปริมาณตัวดูดซับต่ำกว่า 4 กรัม จะแสดงความแตกต่างในความสามารถในการดูดซับหรืออาจเกิดจากที่เวลาในการดูดซับที่ 1 ชั่วโมง ยังไม่ใช่เวลาที่เข้าสู่สมดุลการดูดซับ จึงส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับที่เวลาดังกล่าวใกล้เคียง และหากเป็นเวลาที่เข้าสู่สมดุลการดูดซับแล้ว ค่าความสามารถในการดูดซับที่ได้อาจมีความแตกต่างกันมากกว่านี้ ซึ่งความเป็นได้ที่กล่าวมาในขณะนี้อยู่ในระหว่างการศึกษาและทดลองเพิ่มเติม

3.3 ผลการศึกษาเวลาในการเข้าสู่สมดุลของตัวดูดซับ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับกับเวลาที่ใช้ในการดูดซับของ (ก) แมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ (SiO₂:MgO = 3.76:1) (ข) แมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า

รูปที่ 3 แสดงผลการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบกับเวลาการดูดซับของแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบ (SiO₂:MgO = 3.76:1) เปรียบเทียบกับแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า พบว่าตลอดระยะเวลาของการดูดซับแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบมีความสามารถในการดูดซับสูงกว่าแมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้า และแมกนีเซียมซิลิเกตที่สังเคราะห์จากแคลบเข้าสู่สมดุลของการดูดซับที่เวลา 5 ชั่วโมง โดยสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระประมาณ 350 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ ในขณะที่แมกนีเซียมซิลิเกตทางการค้าสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้เพียง 120 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ

4. สรุปผลการทดลอง

แมกนีเซียมซัลไฟด์ที่สังเคราะห์จากแคลบมีความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระสูงในช่วงสัดส่วนโดยโมลระหว่างซัลไฟด์ต่อแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 1.99 2.40 2.74 และ 3.76 โดยที่เวลา 1 ชั่วโมง สามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้ 140 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ จากการทดลองหาเวลาที่เข้าสู่สมดุลการดูดซับของแมกนีเซียมซัลไฟด์ที่มีสัดส่วนโดยโมลระหว่างซัลไฟด์ต่อแมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 3.76 พบว่าตัวดูดซับเข้าสู่สมดุลที่เวลา 5 ชั่วโมง และสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้ 350 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ ในขณะที่แมกนีเซียมซัลไฟด์ทางการค้าสามารถดูดซับกรดไขมันอิสระได้เพียง 120 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมวิชาการเกษตร [ระบบออนไลน์]. <http://www.doa.go.th>
- [2] R. V. Krishnarao, J. Subrahmanyam, T.J. Kumar, Studies on the formation of black particles in rice husk silica ash, J. Euro. Ceram. Soc. Vol.21, 2001, 99-104.
- [3] สันติ รัตนวีรนนท์. "เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับเตรียมซัลไฟด์จากซีดีแคลบ". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2547
- [4] อโณรัตน์ สุตระกูล. "การเตรียมโซเดียมซัลไฟด์จากซีดีแคลบโดยอาศัยปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มัล". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวัสดุศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2547.
- [5] สุธิดา สารเสวก. "การผลิตซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ขนาดเล็กจากซีดีแคลบ". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2547.
- [6] จีรพา วงศ์สิงหรา และ ภัทธภรณ์ หลักทอง. "การศึกษาการดูดซับสิ่งเจือปนในน้ำมันไบโอดีเซล". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2550.
- [7] Song Lin, Casimir C. Akoh, A. Estes Reynolds, Recovery of used frying oil with adsorbent combination : re frying and frequent oil replenishment. Food Research International vol.34, 2001, 159-166.
- [8] AOCS. Cd 3a-63 : free fatty acid, In: Official Method and Recommended Practices of AOCS, 5th Ed; Illinois: American Oil Chemistry Society 1997.
- [9] F. Ciesielczyk, A. Krysztafkiewicz and T. Jesionowski, Physicochemical studies on precipitated magnesium silicates, J. Mater. Sci. vol. 42, 2007, 3831-3840.
- [10] S. Özgül-Yücel and S. Türkay, Purification of FAME by Rice Hull Ash Adsorption, J. Am. Oil Chem. Soc. 80, 2003, 373-376.