

การดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบด้วยผลิตภัณฑ์จาก

แกลบ

Adsorption Free Fatty Acid in Crude Palm Oil by Rice Hull Products

ณพงศ์ เทียรณโรจนกุล วีระวัฒน์ กลอวุฒิมันตร์ และพรสวรรค์ อัสวแสงรัตน์
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ โดยการสังเคราะห์ตัวดูดซับจากแกลบ 3 ชนิด ได้แก่ แกลบไม่ต้มกรด แกลบต้มกรด และซิลิกาที่สกัดจากแกลบไม่ต้มกรด เพื่อเปรียบเทียบหาตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำการทดลองด้วยชุดป้อนกวนจากเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าและควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า ซิลิกาที่สกัดจากแกลบไม่ต้มกรดเป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบการดูดซับ เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของซิลิกาที่สกัดจากแกลบไม่ต้มกรด โดยการดูความเป็นผลึกด้วยวิธีการกระเจิงของรังสีเอ็กซ์ พบว่าซิลิกาที่สกัดจากแกลบไม่ต้มกรด มีโครงสร้างบางส่วนเป็นผลึกของซิลิกาคลอไรด์และบางส่วนเป็น โครงสร้างแบบอสัณฐาน และจากการตรวจวัดปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของซิลิกาที่สกัดจากแกลบไม่ต้มกรด โดยวิธีการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์ พบว่าประกอบด้วยซิลิกาออกไซด์ร้อยละ 92.50 และจากการตรวจวัดพื้นที่และปริมาตรของรูพรุนด้วยเทคนิคบีอีที พบว่าพื้นที่ผิวของซิลิกาที่สกัดจากแกลบไม่ต้มกรดเท่ากับ 223.4 ตารางเมตรต่อกรัมของตัวดูดซับ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูพรุนเท่ากับ 30.98 อังสตรอม จากศึกษาการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบด้วยซิลิกาจากแกลบ พบว่าระยะเวลาที่เข้าสู่สมดุลการดูดซับคือ 7 ชั่วโมง และผลการศึกษาสมการไอโซเทอมของการดูดซับแบบแลงเมียร์และแบบฟลูคคิซได้

สมการเป็น $q_e = \frac{158.7301C_e}{6.1111 - C_e}$ และ $q_e = 0.3310C_e^{0.4289}$ ตามลำดับ และมีค่า R^2 ของการดูดซับสมการไอโซเทอม

แบบแลงเมียร์และฟลูคคิซ คือ 0.7746 และ 0.7621 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การดูดซับ, กรดไขมันอิสระ, แกลบ

Abstract

This thesis is about the adsorption of free fatty acid from crude palm oil on 3 kinds of adsorbent, namely, acidic, non-acidic treated rice husk ash, and purified silica which was extracted from non-acidic treated rice husk ash. This adsorption is to determine the most effective adsorbent by using a heated magnetic stirrer controlled the temperature at 50 degree Celsius. According to the results of the experiment show that purified silica is the most effective adsorbent among the others during 1-hour period. From the analysis of the properties of purified silica by using X-ray diffraction to identify the crystalline of purified silica, we have found that some parts are amorphous, and some are silicon chloride. เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในวงการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Also from the amount of substance evaluation copes with silica by using x-ray fluorescence technique, we have found that there is 92.50% of silica oxide, and by measuring the surface area and volume of pores inside silica with the BET technique, the result of the surface area is 223.4 square meter per gram of an adsorbent. The pore diameter is 30.98 Angstroms. From this study, the experiment takes 7 hours to reach the equilibrium of the adsorption, and the study of Langmuir and Freundlich isotherms gives an equation: $q_e = \frac{158.7301C_e}{6.1111 - C_e}$ and $q_e = 0.3310C_e^{0.4289}$, respectively. The R^2 of Langmuir and Freundlich isotherms are 0.7746 and 0.7621, respectively.

Key Words: Adsorption, Free Fatty Acid, Rice Hull

1. บทนำ

แม้ว่าปัจจุบันปัญหาการค่าน้ำมันที่พุ่งสูงขึ้นจะลดความรุนแรงลง เนื่องจากความต้องการที่น้อยลงจากปัญหาภาวะเศรษฐกิจโลก แต่ราคายังคงกล่าวไม่ได้สะท้อนถึงความเป็นจริงที่ว่าน้ำมันจากแหล่งฟอสซิลกำลังจะหมดไป ดังนั้นงานวิจัยใหม่ ๆ จึงมุ่งเน้นการศึกษาเรื่องพลังงานทดแทน และหนึ่งในนั้นก็คือน้ำมันไบโอดีเซลจากแหล่งอินทรีย์ ซึ่งเป็นน้ำมันที่คุณสมบัติคล้ายกับน้ำมันดีเซลอยู่มาก แต่เนื่องจากคุณภาพในการใช้งานกับเครื่องยนต์สันดาปภายในของน้ำมันไบโอดีเซลขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด และความเข้มข้นของสิ่งเจือปน โดยเฉพาะกรดไขมันอิสระและกรีเซอร์ไรด์ซึ่งขึ้นกับแหล่งที่มาและกระบวนการผลิต ที่โดยปกติแล้วกระบวนการผลิตจะกำจัดกรดไขมันอิสระและกรีเซอร์ไรด์ออกเพื่อป้องกันการอุดตันของหัวฉีด และป้องกันการตายของลูกสูบ โดยใช้การกลั่น ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานมาก ทำให้กระบวนการผลิตไบโอดีเซลไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นงานวิจัยจึงมุ่งเน้นหาแนวทางในการกำจัดกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันปาล์มดิบซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซล ด้วยกระบวนการอื่นที่ใช้พลังงานต่ำ

จากงานวิจัยที่ได้เคยมีผู้ทดลองพบว่า การดูดซับเป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถกำจัดกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันปาล์มดิบได้ โดยทดลองดูดซับกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันถั่วเหลือง ด้วยซิลิกา[1-2] นอกจากนี้ยังมีผู้ศึกษาถึงแหล่งของซิลิกาและวิธีการสกัด

ซิลิกา โดยพบว่าแกลบซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีซิลิกาออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลักถึง 94 เปอร์เซ็นต์ [3] และสามารถสกัดให้เป็นซิลิกาบริสุทธิ์ [4-5] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำผลิตภัณฑ์จากแกลบซึ่งเป็นสิ่งเหลือใช้ทางการเกษตรมาทำการดูดซับกรดไขมันอิสระ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

2. วิธีการทดลอง

2.1 การสังเคราะห์ตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ

- การเตรียมแกลบที่ไม่ผ่านการต้มกรด

ซึ่งแกลบหนักประมาณ 22 กรัม ใส่ในชามระเหยนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น จากนั้นบดให้ได้ขนาดที่เล็กกว่า 125 ไมโครเมตร

- การเตรียมแกลบที่ผ่านการต้มกรด

ซึ่งแกลบ 100 กรัมใส่ในบีกเกอร์ เดิมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3 โมลาร์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นล้างแกลบด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งมี pH เป็นกลาง นำไปอบให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำแกลบที่แห้งไปเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น แล้วนำไปบดให้ได้ขนาดที่เล็กกว่า 125 ไมโครเมตร

- การเตรียมซิลิกาที่สกัดจากแกลบไม่ต้มกรด

นำแกลบที่ไม่ผ่านการต้มกรด 10 กรัม ละลายในน้ำ 60 มิลลิลิตร ปรับค่า pH ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนกระทั่ง pH เท่ากับ 7 นำไปปั่นจนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 2 ชั่วโมง กรองและนำตะกอนที่ได้ไปต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสพร้อมทั้งปั่นกวน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น หลังจากนั้นปรับ pH ให้มีค่า 7 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1 โมลาร์ ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเป็นเจล 18 ชั่วโมง เจลที่ได้มาบดให้ละเอียด ล้างด้วยน้ำกลั่น นำไปอบให้แห้ง นำไปบดให้ได้ขนาดเล็กลงว่า 125 ไมโครเมตร

2.2 การทดลองหาตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

- การหาปริมาณกรดไขมันอิสระก่อนการดูดซับ

ชั่งน้ำมันปาล์มดิบ 10 กรัมใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และนำไปให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์จนถึงจุดยุติ เพื่อเป็นมาตรฐานในการคำนวณ

- การหาปริมาณกรดไขมันอิสระหลังการดูดซับ

ชั่งน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัมใส่บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วชั่งเอาเกลบที่ไม่ผ่านการต้มกรดหนัก 1 กรัม เทใส่บีกเกอร์ และปั่นกวนด้วยเครื่องปั่นกวนด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปแยกตัวดูดซับออกด้วย เครื่องเหวี่ยงแยก ปิดเต้าน้ำมันที่ผ่านการแยกตัวดูดซับ 10 กรัมใส่ขวดรูปชมพู่ นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 M โดยใช้ฟีนอล์ฟทาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์ จากนั้นเปลี่ยนชนิดของตัวดูดซับเป็นเอาเกลบที่ผ่านการต้มกรด และซิลิกาที่สกัดจากเอาเกลบไม่ต้มกรด ทำการทดลองซ้ำอีก 1 ครั้งโดยเปลี่ยนระยะเวลาในการดูดซับเป็น 3 ชั่วโมง

2.3 การตรวจสอบคุณลักษณะของตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

เป็นการวิเคราะห์ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูพรุนและพื้นที่ผิวการดูดซับด้วยกระบวนการบีอีที (BET) การวัดธาตุที่เป็นองค์ประกอบด้วยกระบวนการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์ (XRF) และวัดความเป็นผลึกของโครงสร้างด้วยกระบวนการกระเจิงแสงของรังสีเอ็กซ์ (XRD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การหาระยะเวลาเข้าสู่สมดุลของการดูดซับ

ชั่งน้ำมันปาล์มดิบ 50 กรัมใส่บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ชั่งตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงสุด 1 กรัม เทใส่บีกเกอร์ และปั่นกวนด้วยเครื่องปั่นกวนด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปแยกตัวดูดซับด้วยการเหวี่ยงแยก จากนั้นเปิดเต้าน้ำมันที่ผ่านการแยกตัวดูดซับ 10 ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 M โดยใช้ฟีนอล์ฟทาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์จนถึงจุดยุติ ทำการทดลองซ้ำ แต่เปลี่ยนระยะเวลาของการดูดซับเป็น 3 5 และ 7 ชั่วโมง และเมื่อทำการทดลองครบแล้ว ให้เปลี่ยนน้ำหนักของตัวดูดเป็น 0.5 0.75 1.5 และ 2 กรัมตามลำดับ

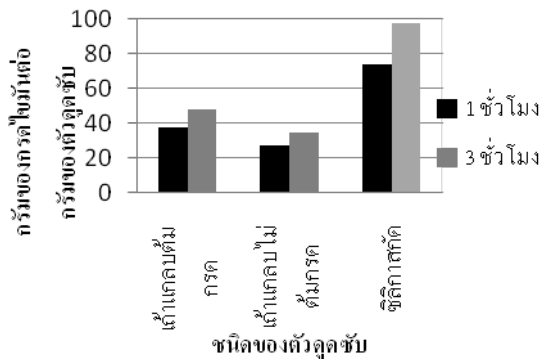
2.5 การหาเส้นสมดุลของการดูดซับ

เมื่อทราบระยะเวลาเข้าสู่สมดุลของการดูดซับจากการหาระยะเวลาเข้าสู่สมดุลของการดูดซับแล้ว นำข้อมูลความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระที่สมดุลของการดูดซับและความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระที่เหลือที่สมดุลของการดูดซับ มาสร้างความสัมพันธ์ และวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์นั้น ด้วยสมการสมดุลดูดซับแบบแลงเมียร์และแบบฟรูดลิช

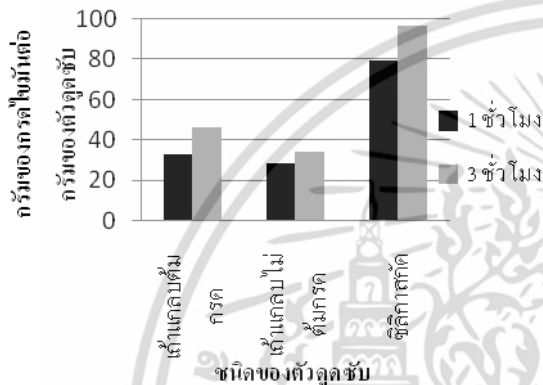
3 ผลการทดลอง

3.1 การหาตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

จากการทดลองหาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบก่อนการดูดซับ พบว่า ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบมีอยู่ประมาณ 2.89 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และเมื่อทดลองดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบด้วยตัวดูดซับทั้ง 3 ชนิด คือ เอาเกลบที่ไม่ผ่านการต้มกรด เอาเกลบที่ผ่านการต้มกรด และซิลิกาที่สกัดจากเอาเกลบที่ไม่ผ่านการต้มกรด สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพได้ดังรูปที่ 1 และ รูปที่ 2



รูปที่ 1 ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระที่เวลา 1 และ 3 ชั่วโมง เมื่อใช้ปริมาณตัวดูดซับ 1 กรัม



รูปที่ 2 ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระที่เวลา 1 และ 3 ชั่วโมง เมื่อใช้ปริมาณตัวดูดซับ 2 กรัม

จากรูปทั้ง 2 จะเห็นได้ว่าซีลิกาที่สกัดจากแก้วเคลือบไม่ดีมกรดจะมีความสามารถในการดูดซับสูงสุดในทั้ง 2 การทดลอง สรุปว่า ซีลิกาที่สกัดจากแก้วเคลือบไม่ดีมกรดเป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

3.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะของตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

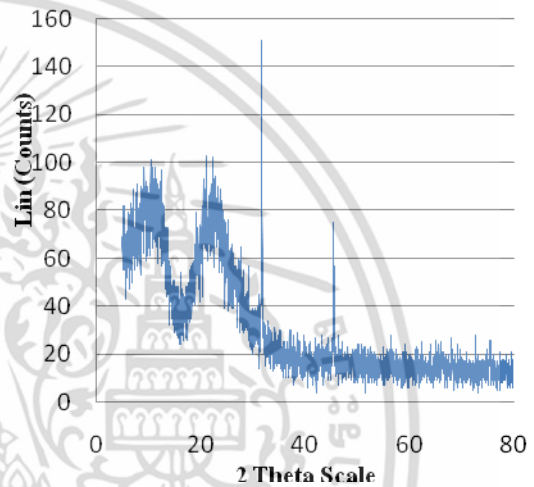
จากการทดลองดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ พบว่าตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ซีลิกาที่สกัดจากแก้วเคลือบไม่ดีมกรด และเมื่อนำตัวดูดซับดังกล่าวไปวิเคราะห์คุณลักษณะต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

การตรวจวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูพรุน และการตรวจวัดพื้นที่ผิวการดูดซับด้วยกระบวนการบีอิตี ได้ผลการทดลอง คือ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 30.98 อังสตรอม และพื้นที่ผิวของการดูดซับเท่ากับ 223.4 ตารางเมตรต่อกรัมตัวดูดซับ

การตรวจวัดธาตุที่เป็นองค์ประกอบด้วยกระบวนการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์ พบว่า ซีลิกาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไซด์เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 92.50 ส่วนที่เหลือเป็นสารประกอบในรูปออกไซด์ของโลหะชนิดอื่น

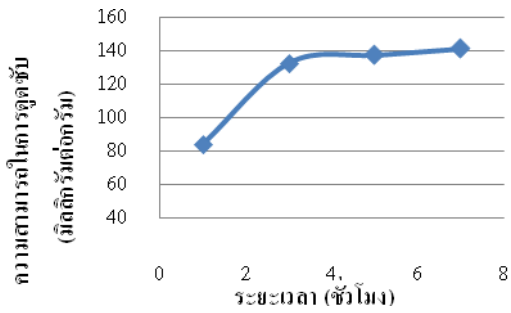
การตรวจสอบโครงสร้างความเป็นผลึกด้วยกระบวนการกระเจิงของรังสีเอ็กซ์ พบว่าโครงสร้างส่วนใหญ่ของซีลิกาที่สกัดจากแก้วเคลือบไม่ดีมกรดมีโครงสร้างเป็นผลึก แต่มีบางส่วนที่เป็นผลึก ซึ่งเมื่อเทียบมาตรฐานแล้ว พบว่าเป็นโครงสร้างผลึกของซีลิกอนคลอไรด์



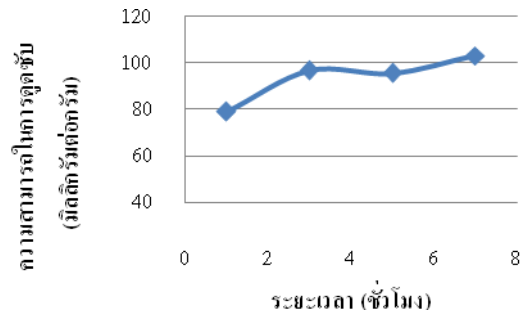
รูปที่ 3 ผลการตรวจความเป็นผลึกของตัวดูดซับโดยวิธีการกระเจิงของรังสีเอ็กซ์

3.3 การหาระยะเวลาที่เข้าสู่สมดุลของการดูดซับ

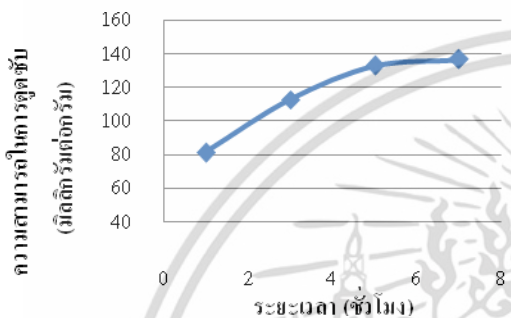
ผลทดลองการดูดซับกรดไขมันอิสระด้วยซีลิกาที่สกัดจากแก้วเคลือบไม่ดีมกรด ซึ่งเป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ให้แสดงได้ดังรูปที่ 4 ถึงรูปที่ 8 ซึ่งจากรูปที่ 4 – 8 พบได้ว่าความสามารถในการดูดซับมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 1 – 3 ชั่วโมงแรก และมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยมากในช่วง 5 – 7 ชั่วโมง จึงสรุปได้ว่าระยะเวลาสมดุลของการดูดซับ คือ 7 ชั่วโมง และการเพิ่มปริมาณของการดูดซับมีแนวโน้มทำให้ความสามารถในการดูดซับที่สภาวะสมดุลมีค่าลดลง



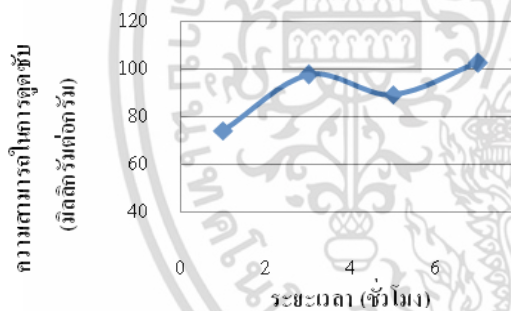
รูปที่ 4 ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระของ ซิลิกาปริมาณ 0.5 กรัม ที่เวลาต่าง ๆ



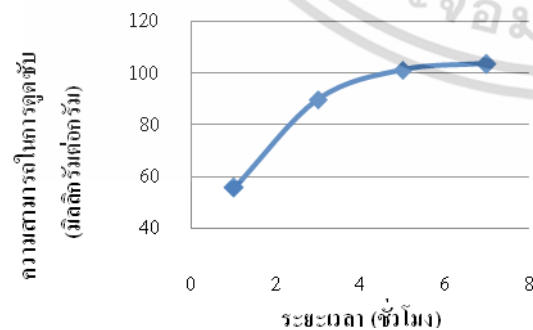
รูปที่ 8 ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระของ ซิลิกาปริมาณ 2 กรัม ที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ 5 ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระของ ซิลิกาปริมาณ 0.75 กรัม ที่เวลาต่าง ๆ



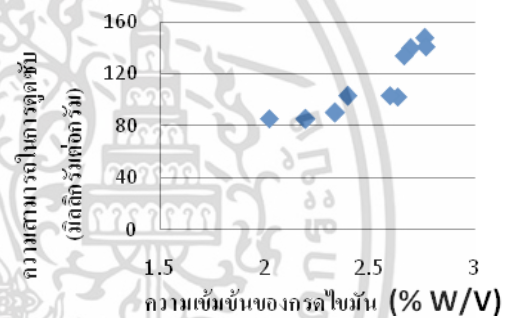
รูปที่ 6 ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระของ ซิลิกาปริมาณ 1 กรัม ที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ 7 ความสามารถในการดูดซับกรดไขมันอิสระของ ซิลิกาปริมาณ 1.5 กรัม ที่เวลาต่าง ๆ

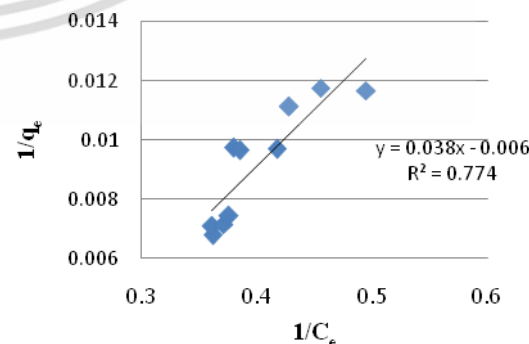
3.4 การหาสมการสมดุลดูดซับ

นำความสามารถของตัวดูดซับที่สมดุลของการดูดซับ และปริมาณกรดไขมันอิสระที่สมดุลของการดูดซับ มาสร้างสมการความสัมพันธ์ เพื่อหาสมการสมดุลดูดซับ แสดงได้ดังรูปที่ 9

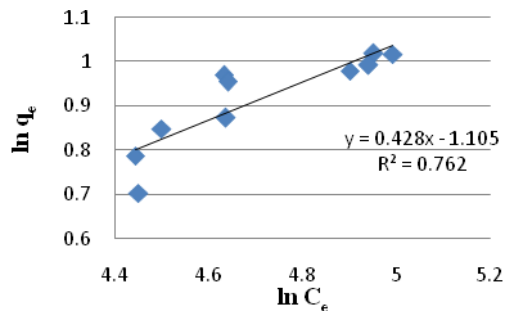


รูปที่ 9 ความสามารถในการดูดซับที่สมดุลของการดูดซับ และความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระที่สมดุลของการดูดซับ

และเมื่อพิจารณาเส้นสมดุลของการดูดซับในรูปแบบของสมการสมดุลดูดซับแบบแลงเมียร์และแบบฟลูคคิช แสดงได้ดังรูปที่ 10 และรูปที่ 11



รูปที่ 10 เส้นสมดุลของการดูดซับแบบแลงเมียร์



รูปที่ 11 เส้นสมมูลของการดูดซับแบบฟรูดลิช

ซึ่งจากรูป เมื่อนำมาเขียนเป็นสมการเส้นสมมูลของการดูดซับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบด้วยซิลิกาที่สกัดจากเถ้าแกลบไม่ต้มกรด จะได้ว่า สมการสมมูลดูดซับแบบแลงเมียร์คือ $q_e = \frac{158.7301C_e}{6.1111 - C_e}$ และ R^2 เท่ากับ 0.7746 และสมการสมมูลดูดซับแบบฟรูดลิช คือ $q_e = 0.3310C_e^{0.4289}$ และ R^2 เท่ากับ 0.7621

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง สามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า ซิลิกาที่สกัดจากเถ้าแกลบที่ไม่ผ่านการต้มกรดเป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพที่สุด และมีคุณลักษณะต่าง ๆ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนเท่ากับ 30.98 อังสตรอม พื้นที่ผิวของการดูดซับ 223.4 ตารางเมตรต่อกรัมของตัวดูดซับ ธาตุที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นซิลิกา ออกไซด์ และ โครงสร้างส่วนใหญ่ไม่เป็นผลึก แต่มีโครงสร้างบางส่วนที่เป็นผลึกของซิลิกอนคลอไรด์ และ ระยะเวลาเข้าสู่สมมูลของการดูดซับ คือ 7 ชั่วโมง เมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับทำให้ความสามารถในการดูดซับที่สถานะสมมูลมีแนวโน้มลดลง สมการสมมูลดูดซับแบบแลงเมียร์และแบบฟรูดลิช คือ $q_e = \frac{158.7301C_e}{6.1111 - C_e}$ และ $q_e = 0.3310C_e^{0.4289}$ ตามลำดับ และค่า R^2 ของแบบแลงเมียร์และฟรูดลิชเท่ากับ 0.7746 และ 0.7621 ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Moonjung Kim, Suk Hoo Yoon, Eunsoo Choi, Bogim Gil, " Comparison of the adsorbent performance between rice hull ash and rice hull silica gel according to their structural differences " LWT., Vol.41, pp.701 – 706, 2008.
- [2] Proctor, A., and S. Palaniappan, "Adsorption of Soy Oil Free Fatty Acids by Rice Hull Ash from Soy Oil " Ibid., Vol.67, pp. 15-17, 1990.
- [3] Kalapathy, U., Proctor, A., & Shultz, J., "A simple method for production of pure silica from rice hull ash" Bioresource Technology, Vol.73, pp.257-262, 2000.
- [4] F. Adam, "The preparation and Adsorption Studies on Silica from Rice Husk Ash" MS thesis, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia, 1991.
- [5] สันติ รัตนวิรัตน์, "เงื่อนไขที่เหมาะสมในการเตรียมซิลิกาจากเถ้าแกลบ" มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2547