การศึกษาสภาวะที่เหมาะสำหรับการดูดซับ 2-พิโคลีน บนถ่านกัมมันต์
Optimization of 2-picoline Adsorption on Activated Carbon

อรุณ เกิดสวัสดิ์[1] จีระวุฒิ เพ็งลอย[1] เอกราชันย์ ไชยชนะ[1*] และ กัญจน์รัตน์ สุขรัตน์[1]

[1]หน่วยวิจัยวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและวัสดุชีวภาพ สาขาวิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[*]ekrachan@npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลาย 2-Picoline บนถ่านกัมมันต์ โดยสภาวะที่ทำการศึกษามีดังนี้ 1) เวลา 2) อุณหภูมิ 3) pH 4) ความเข้มข้นของสารละลาย 2-Picoline และ 5) ปริมาณถ่าน จากผลการทดลองพบว่าเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับอยู่ที่ 150 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ถ่านมีการดูดซับได้ดีที่สุด อุณหภูมิที่เหมาะสมในการดูดซับคือที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สำหรับค่า pH ส่งผลต่อการดูดซับโดย เมื่อค่า pH มีค่ามากกว่า 6 จะทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น และสำหรับค่าความเข้มข้นของสารละลายพบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการดูดซับลดลง และ เมื่อปริมาณถ่านที่ใช้เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น สำหรับไอโซเทอมของการดูดซับเป็นไปตามรูปแบบสมการของฟรุนดิช (Freundlich isotherm)

คำสำคัญ: 2-พิโคลีน, ความสามารถในการดูดซับ, ถ่านกัมมันต์

Abstract

This research aims to study the optimum condition for 2-picoline adsorption on activated carbon. The concerned conditions included 1) adsorption time, 2) temperature, 3) pH, 4) solution concentration and 5) the amount of activated carbon. From the results, it was found that the optimum time for the highest adsorption was 150 mins and the optimum temperature was at 30 ^{o}C. For the optimum pH, it was observed that when pH above 6, increasing pH can increase the adsorption capacity. An increase of solution concentration decreased the adsorption capacity but an increase of the amount of activated carbon increase the adsorption capacity. The adsorption isotherm conformed to a Freundilch isotherm.

Keywords: 2-picoline, adsorption capacity, activated carbon

1. บทนำ

2-เมธิลไพริดีน (2-Methylpyridine) หรือ 2-พิโคลีน (2-Picoline, 2-PIC) เป็นสารอนุพันธ์ของไพริดีน โดยไพริดีนถูกนำมาใช้อย่างมากในทางการแพทย์ในรูปส่วนประกอบของยา สำหรับ หรือ 2-PIC จัดเป็นสารพิษชนิดหนึ่งมีลักษณะที่เป็นของเหลวใส ไม่มีสี พบมากบริเวณบ่อน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตยา 2-PIC เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มีฤทธิ์ระงับประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ เกิดภาวะซึมเศร้า กล้ามเนื้ออ่อนแอ และ อาเจียน การกำจัดหรือลดการปนเปื้อนของ 2-PIC ในแหล่งน้ำสามารถทำได้โดยการดูดซับด้วยของแข็ง (adsorption) ที่มีพื้นที่ผิวสูง เช่น ถ่านกัมมันต์ โดยถ่านกัมมันต์ (activated carbon) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ หรืออินทรียวัตถุซึ่งมีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกรรมวิธีก่อกัมมันต์ (activation process) จนได้ผลิตภัณฑ์สีดำ มี

คาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกรรมวิธีก่อกัมมันต์ (activation process) จนได้ผลิตภัณฑ์สีดำ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีคุณสมบัติในการดูดซับสารต่างๆ ได้ดี ถ่านกัมมันต์ที่ใช้กันมีอยู่ 2 ชนิดคือชนิดผงและชนิดเม็ด ถ่านทั้งสองชนิดนี้นอกจากจะมีขนาดภายนอกที่แตกต่างกันแล้ว ลักษณะทางกายภาพอื่นๆ เช่น พื้นที่ผิวและขนาดของรูพรุนก็มีความแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นการนำไปใช้ประโยชน์ก็จะแตกต่างกันออกไป ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในท้องถิ่น เช่น ชานอ้อย กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด เปลือกปาล์ม ซึ่งมีองค์ประกอบของคาร์บอนสูง [1] มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต เป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจในปัจจุบัน เพราะนอกจากเป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิตแล้ว ยังเป็นการช่วยลดปัญหาของสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ นอกจากจะขึ้นกับสมบัติของตัวถ่านเองแล้ว สภาวะที่ทำการดูดซับ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสาร และ ค่า pH ก็ส่งผลต่อการดูดซับเช่นเดียวกัน การเลือกใช้สภาวะการดูดซับที่เหมาะสมทำให้การดูดซับมีประสิทธิภาพสูง ช่วยลดต้นทุนในการดำเนินการ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลาย 2-PIC โดยถ่านกัมมันต์ ที่สภาวะควบคุมต่างๆได้แก่ เวลา อุณหภูมิ และ ค่า pH ที่เหมาะสมในการดูดซับ รวมทั้งผลของปริมาณการดูดซับ และ ผลของความเข้มข้นของสารละลาย นอกจากนี้จะทำการศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ (adsorption isotherm) เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาการใช้งานถ่านกัมมันต์ต่อไปในอนาคต

2. วิธีทดลอง

2.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์

นำกะลามะพร้าวมาผ่านกระบวนการ Carbonized ที่อุณหภูมิ 400 ^{o}C เป็นเวลา 60 นาที รอให้ถ่านที่ได้เย็นลงแล้วนำมาแยกเถ้า บดถ่านที่ได้ให้มีขนาดเล็กให้เม็ดถ่านผ่านช่องตะแกรงร่อนได้ เก็บถ่านใส่ภาชนะที่เตรียม นำถ่านที่ได้มาทำการปรับสภาพด้วย KOH ที่ความเข้มข้น 0.5 M โดยจะแช่ถ่านไว้ในบีกเกอร์ขนาด 500 mL จากนั้นรินสารละลาย KOH 0.5 M ปริมาตร 250 mL จากนั้นนำไปให้ความร้อนโดยการนำไปใส่ในเตาเผาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 250 ^{o}C กรองถ่านที่ผ่านการปรับสภาพออกมา แล้วนำไปล้างด้วยน้ำกลั่น อบที่อุณหภูมิ 100 ^{o}C เวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้

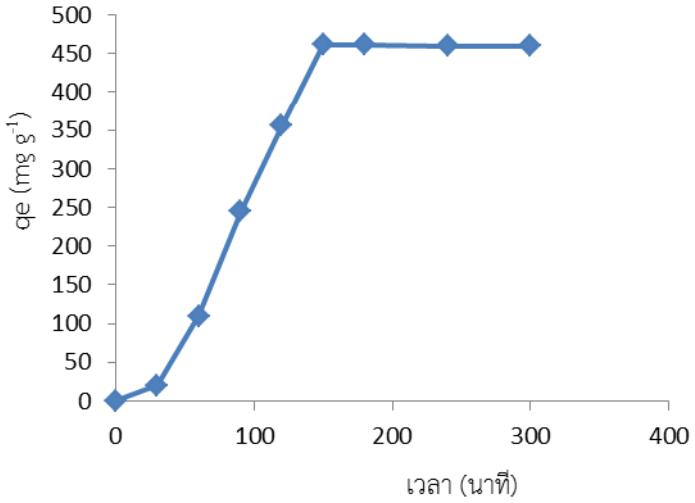
2.2 วิธีทดสอบการดูดซับ

ชั่งถ่าน 0.1 g ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 100 mL เทสารละลาย 2-Pic เข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 50 mL ปิดปากขวดให้สนิท นำไปเขย่าด้วยเครื่อง Thermostatic shaker ที่ 150 รอบต่อนาที ตั้งอุณหภูมิที่ 30 ^{o}C เวลาในการเขย่าตั้งแต่ 30 – 300 นาที นำสารออกมาทุกๆ 30 นาที จนครบ 3 ชั่วโมงและจะนำสารที่เหลือออกมาทุกๆ 1 ชั่วโมงจนครบทุกตัวอย่าง ปิเปตสารละลายไปทำการหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 1000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 262 nm

3. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

3.1 เวลาที่เหมาะสมในการดูดซับ

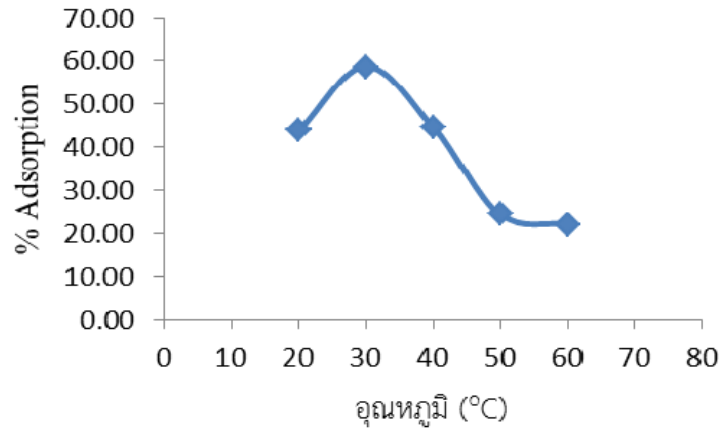
การศึกษาเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลาย 2–PIC ของถ่านกัมมันต์ แสดงใน**รูปภาพที่ 1** โดยใช้ถ่านกัมมันต์ 0.1 g ต่อ สารละลาย 2-PIC เข้มข้น 100 mg/L ปริมาตร 50 mL โดยจะนำออกจากเครื่องเขย่าเมื่อเวลา 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 240 และ 300 นาที จาก**รูปภาพที่ 1** พบว่า เมื่อเวลาในการดูดซับเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึงเวลาที่ 150 นาที จากนั้นความสามารถในการดูดซับจะคงที่ แสดงให้เห็นว่าการดูดซับเข้าสู่สมดุลเมื่อถึงเวลาประมาณ 150 นาที



รูปภาพที่ 1 ความสามารถในการดูดซับเทียบกับเวลา

3.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการดูดซับ

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลาย 2-PIC แสดงใน**รูปภาพที่ 2** ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองการดูดซับที่อุณหภูมิ 20, 30, 40, 50 และ 60 °C โดยจะใช้เวลา 150 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมจากหัวข้อ 3.1

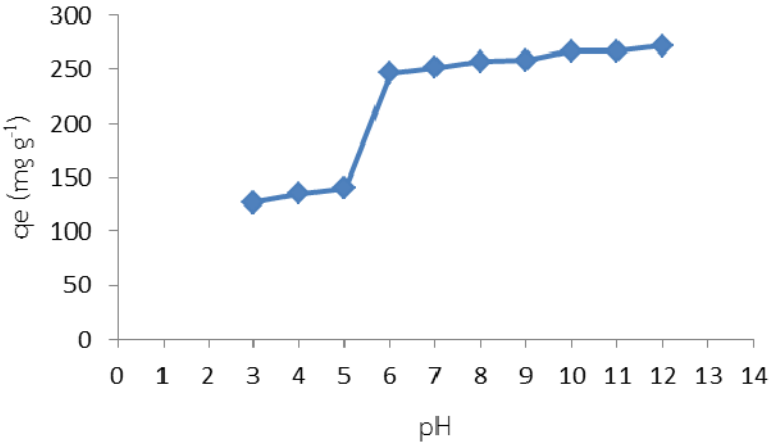


รูปภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเปอร์เซ็นต์การดูดซับ

จาก**รูปภาพที่ 2** พบว่า ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 20-30 °C การดูดซับมีค่าเพิ่มขึ้น และค่อยๆลดลงเมื่ออุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากเมื่อโมเลกุลของสารได้รับพลังงานจากการเพิ่มอุณหภูมิ ทำให้โมเลกุลของสารนั้นมีพลังงานมากพอที่จะทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างตัวดูดซับกับโมเลกุลของสารจึงทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับลดลง

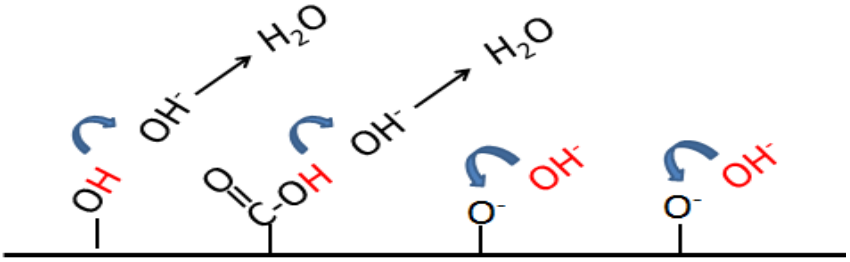
3.3 ค่า pH ที่เหมาะสมในการดูดซับ

การศึกษาเพื่อหาค่า pH ที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลาย 2-PIC แสดงใน**รูปภาพที่ 3** ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองการดูดซับที่อุณหภูมิ 30 °C เวลาในการเขย่า 150 นาที โดยที่สารละลายจะมีค่า pH ในช่วง 3-12

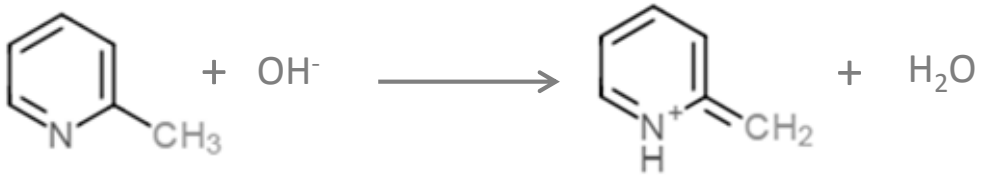


รูปภาพที่ 3 ค่าpHกับความสามารถในการดูดซับ

จาก**รูปภาพที่ 3** พบว่า เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับก็จะเพิ่มขึ้นและที่ค่า pH 5-6 จะเห็นได้ชัดว่ามีการดูดซับได้ดีโดยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกเมื่อ pH สูงขึ้น เนื่องจาก pH ของสารละลายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ ดังนั้นกระบวนการดูดซับจึงเกิดผ่านหมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวตอบสนองของตัวดูดซับ ที่ pH < 5 ตัวดูดซับจะเกิดการดูดซับ H+ มากกว่าการดูดซับโมเลกุลของ 2-PIC ทำให้ความสามารถในการดูดซับมีค่าน้อย และที่ pH > 5 การดูดซับจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีทั้งหมู่กรด (-COOH) และหมู่เบส (-OH) จึงทำให้โปรตอน (H+) ของหมู่ฟังก์ชันที่อยู่บนพื้นที่ผิวของตัวดูดซับหลุดออกมาและเกิดพันธะใหม่กับเบส (-OH) ที่เติมลงไปเพื่อการปรับค่า pH เกิดเป็นโมเลกุลของน้ำ (H2O) ทำให้พื้นผิวมีความเป็นลบมากขึ้นหรือหมู่ไฮดรอกซิลบางหมู่อาจเข้าไปเกาะกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับทำให้มีความเป็นประจุลบมากขึ้นดังแสดงใน**รูปภาพที่ 4** และในสภาวะเดียวกันนั้นโครงสร้างของ 2-PIC ก็เกิดการเปลี่ยนแปลงดังแสดงตาม**รูปภาพที่ 5** ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการดูดซับที่สภาวะที่เป็นเบส ทำให้ตัวดูดซับมีความสามารถในการดูดซับได้ดีกว่าการดูดซับในสภาวะที่เป็นกรด



รูปภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงหมู่ฟังก์ชันบนพื้นที่ผิวตัวดูดซับ



รูปภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ2-PIC ในสภาวะที่เป็นเบส

3.4 ผลของปริมาณตัวดูดซับ

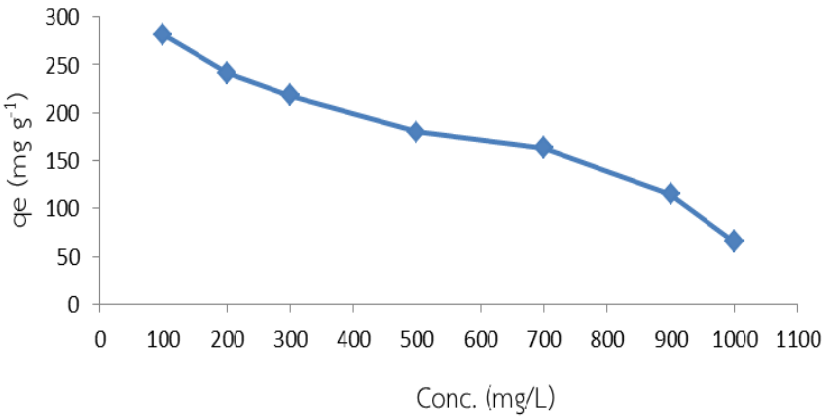
ปริมาณของตัวดูดซับเป็นหนึ่งในปัจจัยของกระบวนการดูดซับ ผลของปริมาณตัวดูดซับต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับแสดงใน**ตารางที่ 1** ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ปริมาณของตัวดูดซับตั้งแต่ 0.1- 0.5 g/50 mL เวลา 150 นาที อุณหภูมิ 30 °C โดยจากตาราง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับจะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับเป็นการเพิ่มพื้นที่ตอบสนองบนพื้นที่ผิวของการดูดซับ

ตารางที่ 1 ผลของปริมาณตัวดูดซับ

ปริมาณถ่าน	% Adsorption
0.1	58.667
0.2	62.767
0.3	66.567
0.4	70.700
0.5	74.667

3.5 ผลของความเข้มข้นของสารละลาย

การศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย 2-PIC แสดงใน**รูปภาพที่ 6** ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองการดูดซับที่อุณหภูมิ 30 °C เวลา 150 นาที โดยจะใช้ความเข้มข้นของสารละลายตั้งแต่ 100, 200, 300, 500, 700, 900 และ 1000 mg/L



รูปภาพที่ 6 ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย 2-PIC กับความสามารถในการดูดซับ

จาก**รูปภาพที่ 6** พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้นจะทำให้ตัวดูดซับมีความสามารถในการดูดซับน้อยลง อาจเนื่องมาจาก เมื่อเพิ่มความเข้มข้นโมเลกุลแต่ละโมเลกุลอาจจะสร้างพันธะเพื่อยึดเหนียวกันทำให้กลายเป็นโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ และไม่สามารถดูดซับเข้าสู่รูพรุนได้

3.6 ไอโซเทอมของการดูดซับ

ในการศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับนี้จะใช้ปัจจัยของปริมาณของตัวดูซับเพื่อใช้ในการศึกษา ไอโซเทอมที่ทำการศึกษานี้จึงเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ 2-PIC ที่ถูกดูดซับต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ (q_e) กับความเข้มข้นของสารละลาย 2-PIC ที่เหลืออยู่ที่สภาวะสมดุล (C_e) โดยไอโซเทอมนี้มีประโยชน์ในการใช้อธิบายลักษณะการดูดซับสารละลาย2-PIC ของถ่านกัมมันต์ โดยแบบจำลองไอโซเทอมมีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้จะมีเพียง 2 แบบคือ แบบแลงเมียร์และแบบฟรุนดิช โดยแบบจำลองของแลงเมียร์เขียนได้ดัง**สมการที่ 1**

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{(K_L q_m)} + \frac{C_e}{q_m} \qquad (1)$$

เมื่อ q_m คือ ปริมาณสูงสุดของ 2-PIC (mg g^{-1}) และ K_L คือ ค่าคงที่ของแลงเมียร์ (L mg^{-1})

จาก**สมการที่ 1** เมื่อนำข้อมูลผลของปริมาณตัวดูดซับ มาเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง C_e/q_e กับ C_e จะได้กราฟเส้นตรง โดยค่า q_m หาได้จากจุดตัดแกน y และ K_L หาได้จากความชันของเส้นตรง โดยการดูดซับแบบแลงเมียร์เป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (monolayer adsorption)

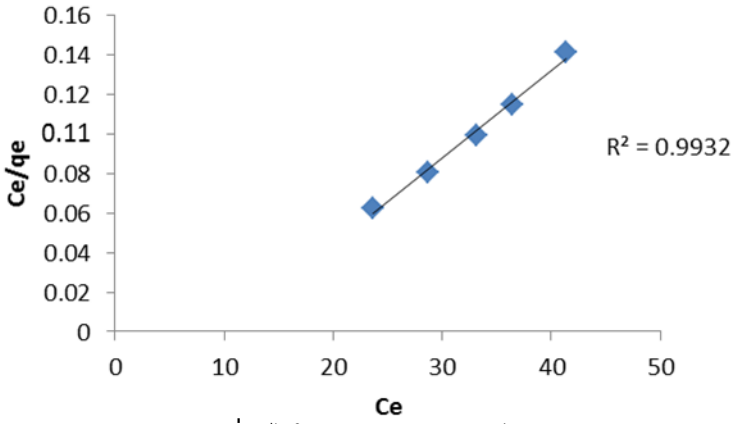
สำหรับแบบจำลองการดูดซับแบบฟรุนดิช สามารถแสดงได้ดัง**สมการที่ 2**

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n}\ln C_e \qquad (2)$$

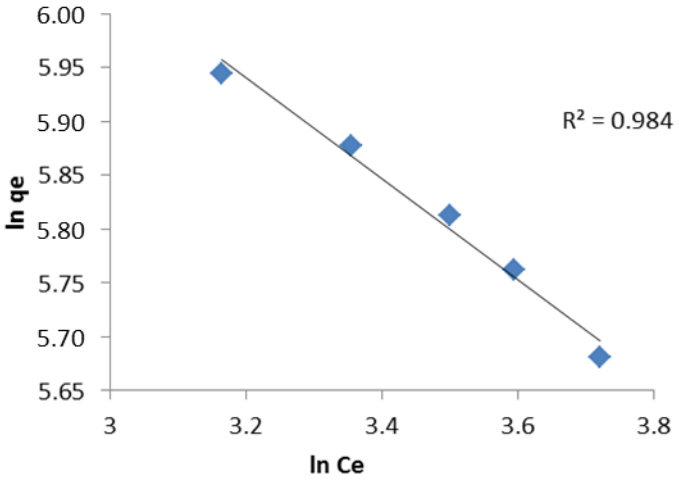
เมื่อ K_F คือ ค่าคงที่ฟรุนดิช (L mg^{-1}) และ 1/n คือ ค่าคงที่การกระจายตัว

จาก**สมการที่ 2** เมื่อนำข้อมูลผลของปริมาณตัวดูดซับ มาเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง ln q_e กับ ln C_e จะได้กราฟเส้นตรง โดยค่า K_F หาได้จากจุดตัดแกน y และ 1/n หาได้จากความชันของเส้นตรง โดยการดูดซับแบบฟรุนดิชเป็นการดูดซับแบบหลายชั้น (multilayer adsorption)

ไอโซเทอมการดูดซับสารละลาย 2-PIC โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับ เมื่อใช้สมการของแลงเมียร์และฟรุนดิชแสดงใน**รูปภาพที่ 7** และ **8** ตามลำดับ ในขณะที่**ตารางที่ 2** แสดงค่าคงที่ของแบบจำลองไอโซเทอมทั้งสองแบบและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ซึ่งใช้ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับสมการของไอโซเทอม



รูปภาพที่ 7 ไอโซเทอมแบบแลงเมียร์



รูปภาพที่ 8 ไอโซเทอมแบบฟรุนดิช

ตารางที่ 2 ค่าปัจจัยต่างๆ ของไอโซเทอมทั้งสองแบบ

Langmuir			Freundlich		
K_L	q_m	R^2	K_F	n	R^2
10.409	-21.834	0.9932	1.69×10^3	2.142	0.984

จาก**รูปภาพที่ 7** และ **8** พบว่า การทดลองนี้สอดคล้องกับสมการของแลงเมียร์มากกว่าฟรุนดิชเนื่องจากมีค่า R^2 มากกว่า แต่ค่า q_m ที่คำนวณได้มีค่าเป็นลบ จึงไม่สามารถบอกได้อย่างแน่ชัดว่าการทดลองนี้เป็นไปตามสมการไอโซเทอมของแลงเมียร์หรือไม่ ซึ่งค่า q_m ที่เป็นลบอาจเกิดเนื่องจากความเข้มข้นของสารละลาย 2-picoline ที่ใช้ในการทดลองสูงเกินไป ทำให้จำลองรูปแบบการดูดซับเกิดการเบี่ยนเบนไปจากทฤษฎี แต่เนื่องจากหากใช้ความเข้มข้นน้อยเกินไป อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการเตรียมสารและการตรวจวัดค่าได้ง่าย ดังนั้นจึงควรหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการศึกษาต่อไปในอนาคต

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสม พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการดูดซับสารละลาย 2-PIC สามารถดูดซับได้ดีที่สุดที่เวลา 150 นาที อุณหภูมิ 30 $^{\circ}$C และ pH > 5 สำหรับปริมาณตัวดูดซับพบว่าเมื่อเพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น ขณะที่เมื่อความเข้มข้นความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ลดลง และไอโซเทอมการดูดซับของ 2-PIC บนถ่านกัมมันต์เป็นแบบฟรุนดิช

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา สำหรับการสนับสนุนเงินทุนวิจัย ในโครงการวิจัยบูรณาการนักศึกษาและอาจารย์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและความเป็นเลิศทางวิชาการ งบประมาณ ปี 2557

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ภควดี สุขอนันต์ (2548). **การศึกษาพื้นที่ผิวของถ่านและถ่านกัมมันต์ที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.