

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลี โดยกระตุ้นด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริกและการเจือปนของถ่านกัมมันต์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ และน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการเคมี ศึกษาจลนพลศาสตร์ และสมดุลการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ ได้ผลการศึกษาดังนี้

### 4.1 ผลการศึกษาการเตรียมและลักษณะสมบัติของถ่านกัมมันต์

จากผลการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีโดยการเผาและกระตุ้นในขั้นตอนเดียวด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร ที่อัตราส่วน 1:1 โดยมวล ได้ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 36.20 แสดงดังตารางที่ 4.1 โดยมีผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีที่เตรียมได้ ดังนี้

#### 4.1.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีที่เตรียมได้

จากการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพ ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ร้อยละปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณสารระเหยของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีที่เตรียมได้ พบว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ มีร้อยละปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณสารระเหย มีค่าเท่ากับ  $9.39 \pm 0.86$   $4.53 \pm 0.09$  และ  $27.86 \pm 0.86$  ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลี

ลักษณะสมบัติของถ่านกัมมันต์	ผลการวิเคราะห์
ผลผลิตถ่านกัมมันต์ (ร้อยละ)	36.20
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	$9.39 \pm 0.86$
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	$4.53 \pm 0.09$
ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)	$27.86 \pm 0.86$
ปริมาณคาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	59.22

ซึ่งผลการวิเคราะห์ร้อยละปริมาณความชื้นของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2547) ที่กำหนดให้ถ่านกัมมันต์ควรมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 เนื่องจากปริมาณความชื้นของถ่านกัมมันต์ที่มีค่าสูงจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับให้น้อยลง ร้อยละปริมาณเถ้าที่มีค่าสูงจะส่งผลต่อการอุดตันของรูพรุนทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับลดน้อยลงเช่นกัน และปริมาณสารระเหยสามารถบอกปริมาณของสารอินทรีย์ของถ่านกัมมันต์ ถ้าร้อยละปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณสารระเหยมีค่าสูงจะส่งผลให้

ปริมาณร้อยละคาร์บอนคงตัวมีค่าน้อย จากผลการวิเคราะห์ของปริมาณร้อยละคาร์บอนคงตัวของ ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ เท่ากับร้อยละ 59.22 บ่งบอกถึงปริมาณคาร์บอนที่เหลืออยู่จากการเตรียม ตัวอย่างจนได้ผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีมีความเหมาะสมในการนำมาทำถ่านกัมมันต์ เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนสูงกว่าร้อยละ 45 (ปราโมทย์ ศรีสุวรรณ และ รินทวัฒน์ สมบัติศิริ, ม.ป.ป.)

#### 4.1.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางเคมีของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลี ที่เตรียมได้

การวิเคราะห์การดูดซับไอโอดีนสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพ และขนาดรูพรุน ของถ่านกัมมันต์ได้ เนื่องจากไอโอดีนมีโมเลกุลขนาดเล็ก ผลการวิเคราะห์การดูดซับไอโอดีนของ ถ่านกัมมันต์ก่อน และหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติมีค่าเท่ากับ  $755.11 \pm 4.37$  และ  $619.28 \pm 3.21$  มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 4.2 ซึ่งถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ มีค่าการดูดซับไอโอดีนน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ก่อนการปรับปรุงลักษณะสมบัติ เนื่องจากอนุภาคของ แคลเซียมออกไซด์เข้าไปกีดกันรูพรุนของถ่านกัมมันต์จึงทำให้ความสามารถในการดูดซับ ไอโอดีนลดลง จากผลการวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ พบว่าถ่านกัมมันต์มีค่า การดูดซับไอโอดีนมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2547) ที่กำหนดให้ถ่านกัมมันต์ควรมีค่าการดูดซับไอโอดีนไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม แสดงว่าถ่านกัมมันต์ ที่เตรียมได้เป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้มาตรฐานการดูดซับไอโอดีน ส่วนการวิเคราะห์การดูดซับเมทิลีนบลู สามารถบ่งบอกถึงขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์ได้เช่นกัน เนื่องจากเมทิลีนบลูเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ ผลการวิเคราะห์การดูดซับเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ก่อน และหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติมีค่าเท่ากับ  $1.22 \pm 0.03$  และ  $1.24 \pm 0.00$  มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มีค่าการดูดซับ เมทิลีนบลูน้อยกว่าค่าการดูดซับไอโอดีน แสดงว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มีขนาดรูพรุนขนาดเล็ก จึงส่งผลให้ดูดซับเมทิลีนบลูได้น้อย แสดงดังตารางที่ 4.2

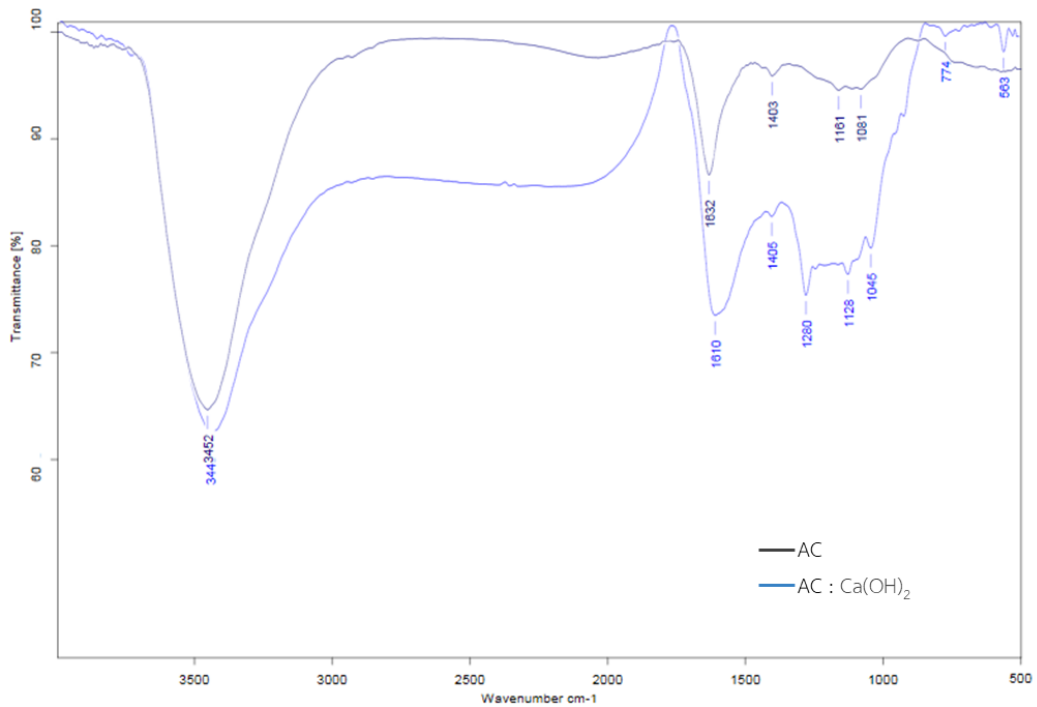
ตารางที่ 4.2 ลักษณะสมบัติทางเคมีของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีก่อน และหลัง การปรับปรุงลักษณะสมบัติ

ลักษณะสมบัติของถ่านกัมมันต์	ผลการวิเคราะห์	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
การดูดซับไอโอดีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)	$755.11 \pm 4.37$	$619.28 \pm 3.21$
การดูดซับเมทิลีนบลู (มิลลิกรัมต่อกรัม)	$1.22 \pm 0.03$	$1.24 \pm 0.00$

#### 4.1.3 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์ก่อน และหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ

งานวิจัยนี้ศึกษาการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ เตรียมได้จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลี โดยกระตุ้นด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริกและการเจืออนุภาคของ

ถ่านกัมมันต์ด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันโดยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี เพื่อศึกษาหมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์ก่อน และหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ แสดงผลดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 สเปกตรัมหมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์ก่อน และหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ

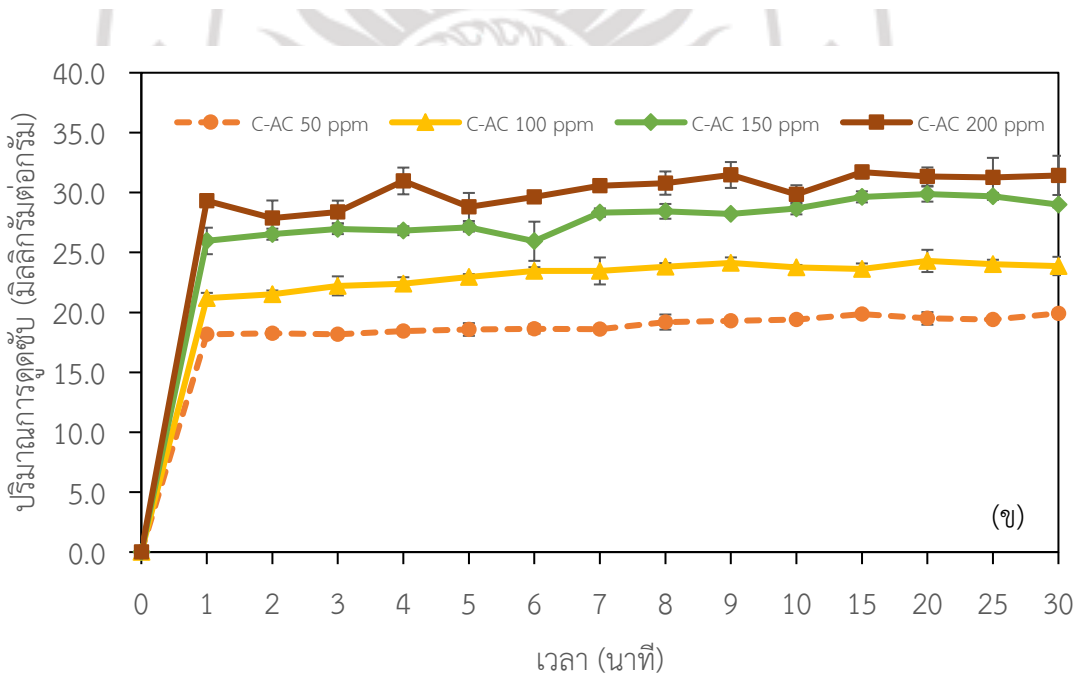
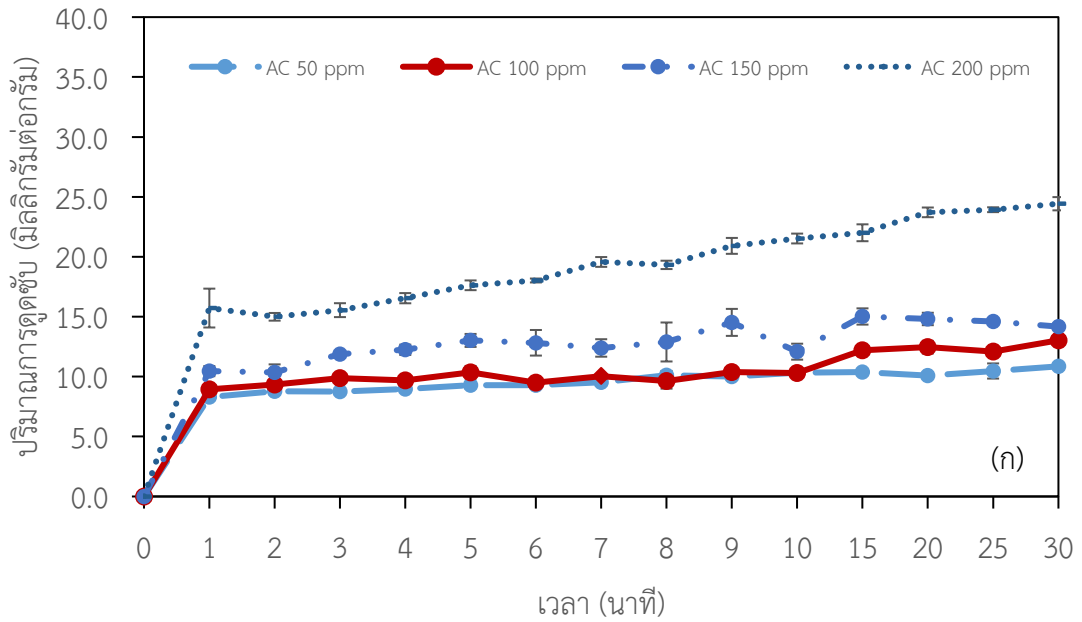
จากภาพที่ 4.1 สเปกตรัมของถ่านกัมมันต์ก่อน และหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ จะปรากฏแถบของการสั่นในช่วง  $3600-3300\text{ cm}^{-1}$  ช่วง  $1550-1750\text{ cm}^{-1}$  และช่วง  $1200-1050\text{ cm}^{-1}$  เป็นการสั่นของพันธะ O-H พันธะ C=O และพันธะ C-O ตามลำดับ (อาฮีเซาะส์ เบ็ญหาวัน สุณี๋ย แวมะ และวรรณกัษมา ฮารน, 2561 : 46-48; ลักขณา โชติธรรม พนิดา สุมานะตระกูล และพนิดา กังซุ่น, 2560 : 48-49) ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันของ น้ำ เอสเทอร์ แอลดีไฮด์ และคีโตน ตามลำดับ และพบการสั่น  $1400\text{ cm}^{-1}$  เป็นการสั่นของพันธะ C=C วงอะโรมาติกที่เกิดจากหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้วหรือเกิดจากการสั่นของพันธะ C=O ในคีโตน และแอลดีไฮด์ (อรอุมา ปราชญ์ปรีชา ทศพล ปราชญ์ปรีชา และสงวน วงษ์ชวลิตกุล, 2561 : 157-158) นอกจากนี้พบการสั่นในช่วง  $500-800\text{ cm}^{-1}$  ของถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ เป็นการสั่นของพันธะ Ca-O ซึ่งแสดงว่ามีการเกาะติดของแคลเซียมออกไซด์ บนผิวถ่านกัมมันต์ ซึ่งเกิดจากการนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์เผาที่อุณหภูมิมากกว่า  $512$  องศาเซลเซียส ทำให้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการเจือเปลี่ยนเป็นแคลเซียมออกไซด์ (บริษัท ภัทรกานต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด, 2564)

## 4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีที่เตรียมได้

### 4.2.1 ผลการศึกษาการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ของถ่านกัมมันต์ในน้ำเสียสังเคราะห์

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์ที่ถูกกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร ที่อัตราส่วน 1:1 โดยมวล และหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติโดยเจือด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราส่วนของถ่านกัมมันต์ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ 1:400 กรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้ระยะเวลาในการดูดซับตั้งแต่ 1-30 นาที พบว่า การดูดซับของถ่านกัมมันต์ก่อนและหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติในสารละลายไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ทุกความเข้มข้นเริ่มต้น ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากในช่วงแรกระยะเวลาที่ตัวดูดซับกับสารถูกดูดซับสัมผัสกันยังไม่เพียงพอจึงทำให้สามารถดูดซับได้น้อย เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์มีอัตราการดูดซับเพิ่มขึ้น เนื่องจากตัวดูดซับและสารถูกดูดซับมีเวลาในการสัมผัสกันมากเพียงพอ และเข้าสู่สมดุลที่เวลา 10 นาทีที่ทุกความเข้มข้นเริ่มต้น และที่ความเข้มข้นของไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์เริ่มต้น 50 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ่านกัมมันต์ก่อนการปรับปรุงลักษณะสมบัติดูดซับได้เท่ากับ  $10.32 \pm 0.09$   $10.30 \pm 0.77$   $12.08 \pm 0.67$  และ  $21.53 \pm 0.41$  มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 4.2 (ก) ส่วนถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติดูดซับได้เท่ากับ  $19.39 \pm 0.28$   $23.75 \pm 0.21$   $28.68 \pm 0.50$  และ  $29.84 \pm 0.77$  มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 4.2 (ข) และจะสังเกตได้ว่าปริมาณการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายไอออนตะกั่ว (II) เริ่มต้น ในขณะที่ปริมาณของตัวดูดซับและน้ำเสียสังเคราะห์เท่าเดิม เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเข้มข้น ปริมาณตัวถูกดูดซับก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้มีโอกาสในการสัมผัสกับตัวดูดซับมากขึ้น และเกิดการดูดซับได้มากขึ้น ตามไปด้วย

ซึ่งการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ก่อนการปรับปรุงลักษณะสมบัติเป็นการดูดซับทางกายภาพ (ณัฐธิดา ขากรแก้ว และปรัชญา ฉายาชาวลิต, 2563 : 31) ลักษณะการดูดซับจะอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ เช่น จำนวนรูพรุน ขนาดของรูพรุน เป็นต้น และจากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติด้วยแคลเซียมออกไซด์ พบว่าถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับได้เพิ่มขึ้น เมื่อคำนวณความสามารถในการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติเป็นร้อยละการเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 87.89 130.58 137.42 และ 38.60 ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 4.3 เนื่องจากถ่านกัมมันต์ที่เจือด้วยอนุภาคแคลเซียมออกไซด์มีลักษณะการดูดซับแบบชั้นเดียว ซึ่งเป็นการดูดซับทางเคมี (Jalu, Chamada and Kasirajan, 2021 : 100193) ส่งผลให้การดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติเป็นการดูดซับทางเคมีควบคู่กับทางกายภาพ โดยลักษณะการดูดซับทางเคมีจะอาศัยคุณสมบัติการแลกเปลี่ยนประจุไอออนบนผิวของถ่านกัมมันต์กับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยไอออนตะกั่ว (II) เข้าไปแทนที่ของไอออนแคลเซียม และจับกับไอออนออกไซด์ (Oxide Ion,  $O^{2-}$ ) ของแคลเซียมออกไซด์ เกิดเป็นเลด (II) ออกไซด์ (Lead (II) Oxide,  $PbO$ ) ผลการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์



ภาพที่ 4.2 ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ (ก) ก่อน และ (ข) หลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ ในการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 ถึง 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลาต่าง ๆ



ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ผลการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) (มิลลิกรัมต่อกรัม)		การเพิ่มขึ้น (ร้อยละ)
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
50	10.32 ± 0.09	19.39 ± 0.28	87.89
100	10.30 ± 0.77	23.75 ± 0.21	130.58
150	12.08 ± 0.67	28.68 ± 0.50	137.42
200	21.53 ± 0.41	29.84 ± 0.77	38.60

#### 4.2.2 ผลการศึกษาการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ของถ่านกัมมันต์ในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการเคมี

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ด้วยถ่านกัมมันต์ที่ถูกกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร ที่อัตราส่วน 1:1 โดยมวล และหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติโดยเจือด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการเคมีที่มีความเข้มข้นไอออนตะกั่ว (II) เริ่มต้น 23.35 ± 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราส่วนของถ่านกัมมันต์ต่อน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการเคมี 1:400 กรัมต่อมิลลิกรัม ใช้ระยะเวลาในการดูดซับ 10 นาที พบว่า ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ก่อนและหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติสามารถดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการเคมี ได้เท่ากับ 3.83 ± 0.19 และ 5.38 ± 0.07 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4 ซึ่งพบว่าถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติด้วยแคลเซียมออกไซด์สามารถดูดซับได้เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการเคมี ของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ

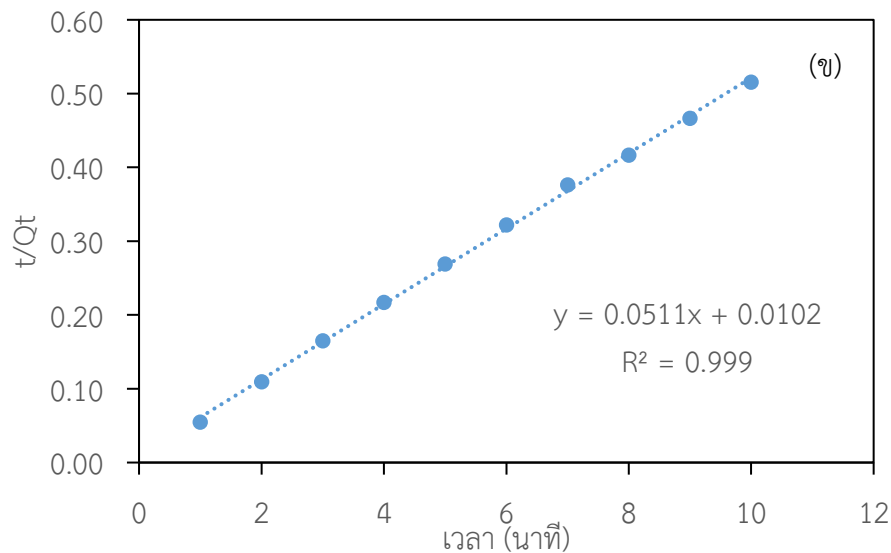
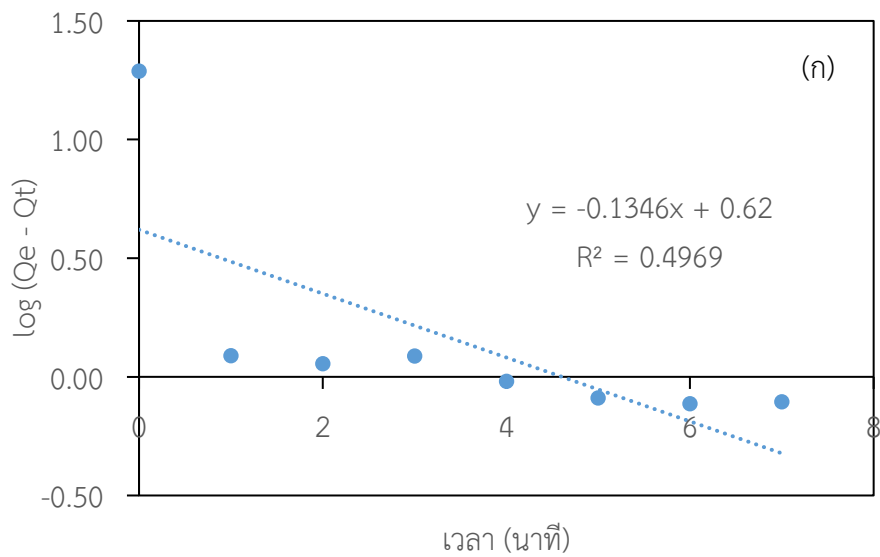
ถ่านกัมมันต์	ผลการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) (มิลลิกรัมต่อกรัม)
ก่อนปรับปรุงลักษณะสมบัติ	3.83 ± 0.19
หลังปรับปรุงลักษณะสมบัติ	5.38 ± 0.07

#### 4.3 ผลการศึกษาจลนพลศาสตร์และแบบจำลองจลนพลศาสตร์การดูดซับ

##### 4.3.1 ผลการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซับ

ผลการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการ

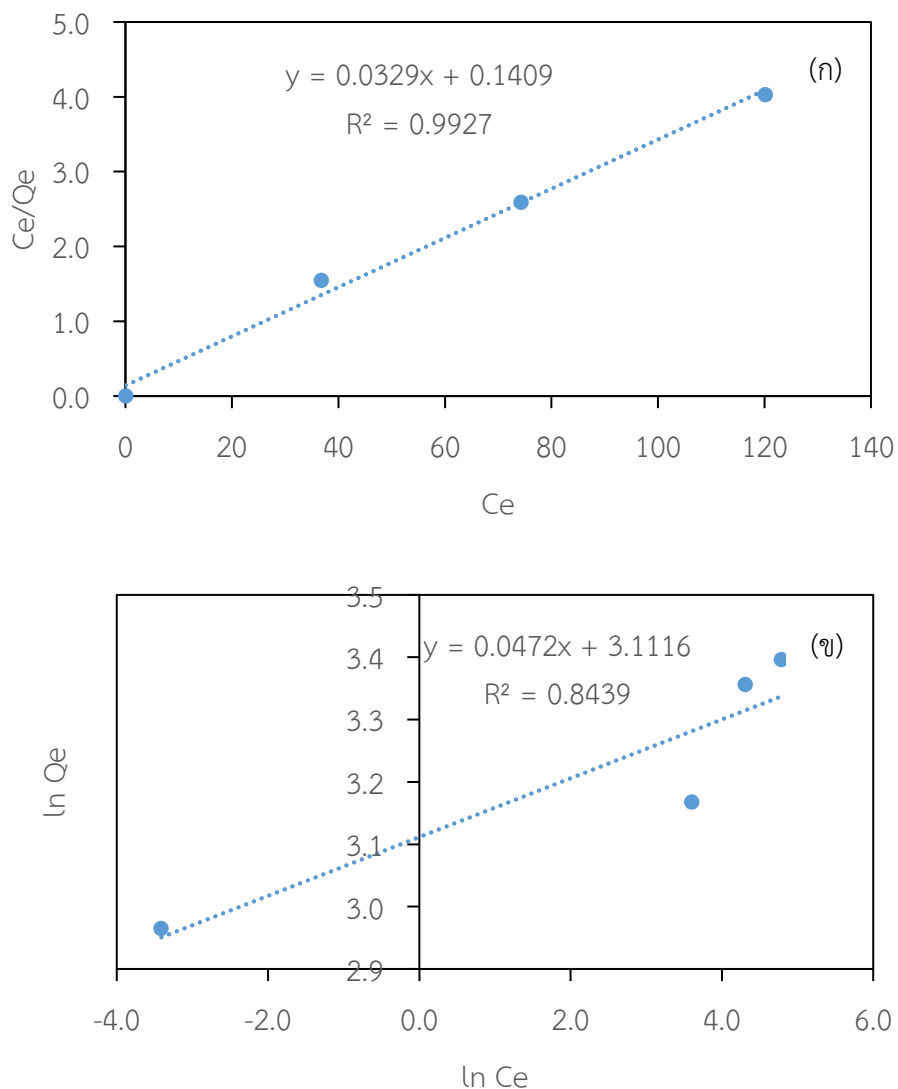
ทดลองมาสร้างกราฟตามสมการ อัตราเร็วปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม และปฏิกิริยาอันดับสองเทียม ซึ่งเป็นสมการจลนพลศาสตร์ที่ใช้อธิบายการดูดซับที่ผิวของสารดูดซับ โดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ซึ่งพบว่า จลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม และอันดับสองเทียม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.4969 และ 0.999 แสดงดังภาพที่ 4.3 (ก) และ (ข) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการดูดซับนั้น สอดคล้องกับปฏิกิริยาอันดับสองเทียม คือ การดูดซับบนสารดูดซับนั้นคงที่เมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งความสามารถในการดูดซับขึ้นอยู่กับตำแหน่งของตัวดูดซับ



ภาพที่ 4.3 แบบจำลองจลนพลศาสตร์ของการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วย ถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสะปะพันธุ์สุมาลีหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ  
(ก) ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม (ข) ปฏิกิริยาอันดับสองเทียม

#### 4.3.2 ผลการศึกษาแบบจำลองจลนพลศาสตร์การดูดซับ

จากการศึกษาสมดุลการดูดซับของการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่สถานะสมดุลของมวลสาร ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในวัฏภาคของเหลวกับความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในวัฏภาคของแข็ง มีสมการที่นำมาใช้อย่างกว้างขวางในการอธิบายความสัมพันธ์ที่สถานะสมดุลของกระบวนการดูดซับหลายกระบวนการ โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาแบบจำลองไอโซเทอร์มการดูดซับของแลงเมียร์ และแบบจำลองไอโซเทอร์มการดูดซับของฟรุนดลิช แสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 แบบจำลองสมดุลการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ (ก) แบบจำลองไอโซเทอร์มการดูดซับของแลงเมียร์ (ข) แบบจำลองไอโซเทอร์มการดูดซับของฟรุนดลิช



ผลการวิเคราะห์สมมูลการดูดซับของการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วย ถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ โดยผลการศึกษาสมมูลการดูดซับ เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่สมดุลกับจำนวนตัวถูกดูดซับ ที่มีการดูดซับที่ อุณหภูมิคงที่ โดยเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 1 ซึ่งแบบจำลองไอโซเทอร์ม การดูดซับของแลงเมียร์ จะอธิบายกลไกการดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับตามสมมติฐาน การดูดซับมี ลักษณะเป็นแบบชั้นเดียว คือมีจำนวนตำแหน่งที่เกิดการดูดซับแน่นอน และเมื่อเกิดการดูดซับแล้ว ไอออนหรือโมเลกุลจะไม่ซ้อนทับกัน เมื่อเกิดการดูดซับตัวถูกดูดซับจะไม่มีการเคลื่อนย้ายหรือเปลี่ยน ตำแหน่งกันในพื้นผิวสัมผัส และตัวถูกดูดซับจะไม่มีผลกระทบต่อกัน พื้นผิวในการดูดซับมีตำแหน่ง และกลไกการดูดซับเหมือนกัน ทำให้โครงสร้างสารเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นเหมือนกัน จากการศึกษาสมมูล การดูดซับ พบว่า แบบจำลองไอโซเทอร์มการดูดซับของแลงเมียร์มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9927 แสดงดังภาพที่ 4.4 (ก) และ แบบจำลองไอโซเทอร์มการดูดซับของฟรุนดลิช มีสมมติฐานของ การดูดซับที่ว่าพื้นผิวของตัวดูดซับไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอดหรือพื้นผิวของตัวดูดซับมีลักษณะขรุขระ พื้นผิวและพลังงานมีการกระจายตัวเป็นเลขชี้กำลัง จากการศึกษาสมมูลการดูดซับ พบว่า แบบจำลองไอโซเทอร์มการดูดซับของฟรุนดลิช มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.8439 แสดงดัง ภาพที่ 4.4 (ข) ดังนั้น การดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละ พันธุ์สุมาลีหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติในงานวิจัยนี้ จึงสอดคล้องกับแบบจำลองไอโซเทอร์มการดูดซับ ของแลงเมียร์ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใกล้เคียง 1 มากกว่า