

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาการกำจัดสีย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจาก เมล็ดสละพันธุ์สุมาลีเหลือทิ้งจากการแปรรูป โดยการกระตุ้นด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยมีแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

#### สีย้อม (Dyes)

ในปัจจุบันสีย้อมถูกใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ พอกหนัง ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง อาหาร และการพิมพ์ สีย้อมที่ปนเปื้อนมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เนื่องจากเป็นสารเคมีสังเคราะห์ทำให้เกิดการระคายเคือง เป็นสารก่อมะเร็งหรือทำให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ เนื่องจากในโครงสร้างของสีย้อม ส่วนใหญ่มีวงแหวนแอโรมาติกอยู่ในโมเลกุล นอกจากนี้ สีย้อมยังปิดกั้น แสงไม่ให้ส่องลงไปใต้น้ำ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง ส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหาร และทำให้เสียทัศนียภาพ สีย้อมส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ดี แต่ย่อยสลายยากเนื่องจากทนทานต่อแสงและความเป็นกรดด่าง ทำให้ยากต่อการบำบัด

สีย้อม คือ สีชนิดหนึ่งที่ใช้ในการย้อมเส้นใยของผ้าอาจจะเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ มีลักษณะเป็นผลึกหรือผงละเอียด สีย้อมบางชนิดละลายน้ำได้บางชนิดจะไม่สามารถละลายน้ำ แต่จะละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้ เมื่อนำสีย้อมไปใช้ในกระบวนการย้อมจะทำให้โมเลกุลของสีย้อม ซึมผ่านเข้าไปในโมเลกุลของเส้นใยโดยจะทำลายโครงสร้างผลึกของวัตถุนั้นชั่วคราวซึ่งอาจเกิดพันธะ ไอออนิก (Ionic Bond) หรือพันธะโควาเลนต์ (Covalent Bond) กับวัตถุที่ต้องการย้อมโดยตรง สีที่เห็นจากสีย้อมนั้นเกิดจากอิเล็กตรอนในพันธะคู่ซึ่งอยู่ในโมเลกุลของสีย้อมนั้นมีความสามารถ ดูดกลืนพลังงานในช่วงสเปกตรัมต่างกันพลังงานแสงที่สายตามองเห็นจะมีความยาวคลื่น ช่วง 400-700 นาโนเมตร สีย้อมที่มีโครงสร้างทางโมเลกุลต่างกันจะมีความสามารถในการดูดกลืน พลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ กันไป ซึ่งสายตาสถาสามารถรับภาพได้ จึงทำให้โมเลกุลสีย้อม ต่างโทนสีกันแสดงสีให้เราเห็นด้วยสายตาสถาออกมาเป็นต่างกันไป ทั้งนี้เราสามารถแบ่งสีย้อม ได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือสีย้อมธรรมชาติ และสีย้อมสังเคราะห์

#### ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

##### สีย้อมธรรมชาติ (Natural Dyestuffs)

เป็นสีย้อมที่มาจากแหล่งธรรมชาติ โดยเฉพาะพืชและสัตว์ สีย้อมที่มาจากส่วนประกอบ พืช เช่น ส่วนลำต้น ส่วนดอก ส่วนที่เป็นเปลือก ส่วนที่เป็นใบ เป็นต้น ได้แก่ สีดำจากลูกมะเกลือ สีน้ำเงิน จากต้นคราม สีเหลืองจากเนื้อไม้ไผ่ สีแดงจากดอกกระดังงา และสีแดงจากรากต้นเข็ม ส่วนสีย้อม ที่มาจากสัตว์ เช่น สีม่วงแดงของครั่ง และสีม่วงจากหอยสังข์หนาม เป็นต้น

## สีย้อมสังเคราะห์ (Synthetic Dyestuffs)

เป็นสีย้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางเคมี สีที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกสีย้อมมีหลายชนิด เช่น สีรีแอกทีฟ สีเอซิด สีเบสิก สีไดเรกต์ สีแว็ต และสิดิสเพอร์ส เป็นต้น

### โครงสร้างของสีย้อม

มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ โครโมฟอร์ และออกโซโครม

1. โครโมฟอร์ (Chromophore) คือ หมู่ฟังก์ชันที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร เช่น หมูไนโตรโซ (Nitroso Group) หมูไนโตร (Nitro Group) และ หมูอะโซ (Azo Group) เป็นต้น สีย้อมจะต้องมีหมู่โครโมฟอร์อย่างน้อย 1 หมู่ภายในโมเลกุล นอกจากนี้ ในโครงสร้างโมเลกุลจะต้องมีลักษณะพันธะคู่แบบคอนจูเกต (Conjugated) เช่น วงแหวน แอโรมาติก และเกิดเรโซแนนซ์ของอิเล็กตรอนภายในโมเลกุลได้

2. ออกโซโครม (Auxochrome) คือ หมู่ฟังก์ชันที่อยู่ในโมเลกุลของสีย้อมที่มีผลต่อการเกิดสีความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสง และความสามารถในการละลายของสีย้อม เช่น หมูคาร์บอกซิล (Carboxyl Group) หมูไฮดรอกซิล (Hydroxyl Group) และหมูอะมิโน (Amino Group) เป็นต้น

### ประเภทของสีย้อม

การจำแนกสีย้อมตามการนำไปใช้ เพราะจะต้องมีความคงทนต่อการซัก มีความคงทนต่อแสงและยังต้องมีความคงทนต่อความร้อน ซึ่งในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมได้จำแนกสีย้อมตามวิธีใช้ออกเป็น 11 ประเภท โดยที่สีย้อมแต่ละประเภทจะมีสูตรโครงสร้างทางเคมี สมบัติของสีย้อม ตลอดจนวิธีใช้ที่แตกต่างกัน ดังนี้

#### 1. สีเอซิด (Acid Dye)

สีย้อมชนิดนี้เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ มีประจุลบ ละลายน้ำได้ดี ส่วนใหญ่เป็นเกลือของกรดกำมะถัน กลไกในการติดสีเกิดเป็นพันธะไอออนิก ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ในน้ำย้อมที่มีสภาพเป็นกรดเจือจาง สีเอซิดบางตัวสามารถนำไปใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสบริสุทธิ์ได้

#### 2. สีไดเรกต์ (Direct Dye)

สีย้อมชนิดนี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบ อะโซที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีหมู่กรดซัลโฟนิคที่ทำให้ตัวสีสามารถละลายน้ำได้ มีประจุลบ นิยมใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลส สีจะติดเส้นใยได้โดยโมเลกุลของสีจะจัดเรียงตัวแทรกอยู่ในระหว่างโมเลกุลเส้นใย และยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน สีไม่ทนต่อการซักน้ำ แดงง่าย ทนแสง

#### 3. สีเบสิก (Basic or Cationic Dye)

สีย้อมชนิดนี้เป็นเกลือของเบสอินทรีย์ (Organic Base) ให้ประจุบ ละลายน้ำได้ นิยมใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ไนลอนและใยอะคริลิกได้ดี ในขณะที่ย้อมโมเลกุลของสีส่วนที่มีประจุลบจะยึดจับกับโมเลกุลของเส้นใย เป็นสีที่ติดทน ไม่ควรใช้ย้อมเส้นใยธรรมชาติเพราะจะไม่ทนการซักและแสง

#### 4. สิดิสเพอร์ส (Disperse Dye)

เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำแต่มีสมบัติกระจายได้ดี สามารถย้อมเส้นใยอะซิเตท เส้นใยโพลีเอสเตอร์ ไนลอน และอะคริลิกได้ดี การย้อมจะใช้สารพา (Carrier) เพื่อช่วยเร่งอัตราการ

ดูดซึมของสีเข้าไปในเส้นใยหรือย้อมโดยใช้อุณหภูมิ และความดันสูง สีดีสเพอร์สเป็นสีที่ทนแสงและการซักฟอกค่อนข้างดี แต่สีจะซีดถ้าถูกควันทันหรือแก๊สบางชนิด

#### 5. สีรีแอกทีฟ (Reactive Dye)

เป็นสีที่ละลายน้ำได้ มีประจุลบ เมื่ออยู่ในน้ำจะมีสมบัติเป็นด่าง สีย้อมชนิดนี้เหมาะกับการย้อมเส้นใยเซลลูโลสมากที่สุด โมเลกุลของสีจะยึดจับกับหมู่ไฮดรอกไซด์ (-OH) ของเซลลูโลสและเชื่อมโยงติดกันด้วยพันธะโควาเลนต์ในสภาวะที่เป็นด่าง กลายเป็นสารประกอบเคมีชนิดใหม่กับเซลลูโลส สีรีแอกทีฟมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิสูง 70-75 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิต่ำ สีรีแอกทีฟให้สีสดใส ทุกสีติดทนในทุกสภาวะ

#### 6. สีอะโซอิก (Azotic Dye)

สีย้อมชนิดนี้ไม่สามารถละลายน้ำได้ การที่สีจะก่อรูปเป็นเส้นใยได้ต้องย้อมด้วยสารประกอบฟีนอลซึ่งละลายน้ำได้ก่อน ซึ่งเป็นกระบวนการทำให้รวมตัวเป็นสี (Coupling) แล้วย้อมทับด้วยสารไดอะโซคอมโปเนนท์จึงจะเกิดเป็นสีได้ สีอะโซอิกใช้ย้อมเส้นใยได้ทั้งเซลลูโลส ไนลอน หรืออะซิเตท สีอะโซอิกเป็นสีที่ทนต่อการซัก แต่ไม่ทนต่อการขัดถู

#### 7. สีแว้ต (Vat Dye)

เป็นสีที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อทำการย้อมต้องเตรียมน้ำย้อมให้ สีแว้ตละลายน้ำ โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารรีดิวซ์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ สีแว้ตจะถูกรีดิวซ์ให้กลายเป็นเกลือจึงซึมเข้าไปในเส้นใยได้ เมื่อนำผ้าไปผึ่งในอากาศสีในเส้นใยจะถูกออกซิไดส์เป็นสีแว้ต สีย้อมชนิดนี้มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ สีอินดิโก (Indigoid) และ สีแอนทราควินอยด์ (Antraquinoid)

#### 8. สีมอร์แดนท์ หรือโครม (Mordant or Chrome Dye)

สีย้อมชนิดนี้ต้องใช้สารช่วยติดเข้าไปช่วยเพื่อให้เกิดการติดสีบนเส้นใย สารที่ช่วยติดที่ใช้คือ สารประกอบออกไซด์ของโลหะ เช่น โครเมียม ดีบุก เหล็ก อะลูมิเนียม เป็นต้น สีมอร์แดนท์เป็นสีที่มีโมเลกุลใหญ่ ซึ่งเกิดจากสีมอร์แดนท์หลายโมเลกุลจับกับโลหะแล้วละลายน้ำได้จึงทำให้ย้อมได้ง่าย ซึ่งใช้ย้อมเส้นใยโปรตีนและเส้นใยพอลิเอไมด์ได้ดี

#### 9. สีอินเกรน (Ingrain Dye)

เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ โดยจะเกิดเป็นคอลลอยด์หลังจากเกิดปฏิกิริยากับน้ำ สีย้อมชนิดนี้ใช้สำหรับย้อมผ้าฝ้าย

#### 10. สีออกซิเดชัน (Oxidation Dye)

เป็นสีที่มีละลายน้ำโดยจะเกิดเป็นคอลลอยด์หลังจากเกิดปฏิกิริยาในน้ำโดยสีจะติดแน่น อาศัยปฏิกิริยาการตกตะกอนผลึกภายในเส้นใย ใช้สำหรับย้อมผ้าฝ้ายและขนสัตว์

#### 11. สีซัลเฟอร์ (Sulfer Dye)

เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อทำการย้อมต้องรีดิวซ์สีเพื่อให้โมเลกุลอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ แต่สีซัลเฟอร์บางชนิดที่ผลิตออกมาจำหน่ายในรูปที่ถูกรีดิวซ์จะละลายน้ำได้ นิยมนำสีซัลเฟอร์มาย้อมผ้าฝ้าย สีจะติดทน และยังเป็นสีที่มีราคาถูก แต่สีที่อ่อนจะไม่ทนต่อการซัก

## การกำจัดสีย้อมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม

วิธีการกำจัดสีย้อมในน้ำเสียแต่ละวิธีจะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของสีย้อม และการเลือกใช้วิธีการกำจัดที่เหมาะสม ข้อดี-ข้อเสียของวิธีการกำจัด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1. การตกตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical Coagulation)

เป็นกระบวนการกำจัดสีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยมักจะใช้ร่วมกับการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งสามารถใช้เป็นกระบวนการกำจัดขั้นต้นก่อนการบำบัดทางชีวภาพหรือวิธีการบำบัดอื่น ๆ สารช่วยสร้างตะกอนที่นิยมใช้ ได้แก่ ไอออนของอลูมิเนียม ( $Al^{3+}$ ) แคลเซียม ( $Ca^{2+}$ ) และเฟอร์ริก ( $Fe^{3+}$ ) เป็นต้น โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับสารช่วยสร้างตะกอนแต่ละชนิด ซึ่งมีความเป็นกรด-ด่างเป็นปัจจัยที่สำคัญเนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อความสามารถในการตกตะกอน โดยหากค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในสถานะที่เหมาะสมอาจไม่จำเป็นต้องเติมสารช่วยสร้างตะกอนมากเกินไป

### 2. ออกซิเดชันและรีดักชัน (Oxidation and Reduction)

การออกซิเดชัน-รีดักชันด้วยสารเคมีเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของกลุ่มโครโมฟอร์ที่ทำให้เกิดสีไปอยู่ในอีกรูปหนึ่งซึ่งมองไม่เห็นสี สารเคมีที่ใช้ในการออกซิเดชัน-รีดักชันจะเลือกจากศักยภาพในการออกซิไดซ์และรีดิวซ์ทางเคมี ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการเกิดการออกซิเดชัน จากการศึกษาที่ผ่านมาสารที่ใช้เป็นตัวออกซิไดซ์ที่ถูกนำมาใช้ ได้แก่ คลอรีน โอโซน และเพนตันรีเอเจนต์ เป็นต้น

#### 2.1 คลอรีเนชัน (Chlorination)

การออกซิไดซ์ด้วยคลอรีนสามารถกำจัดสีย้อมที่ละลายน้ำได้ เช่น สีย้อมรีแอคทีฟ สีย้อมแอซิด และสีย้อมไคเรนท์ แต่ไม่สามารถกำจัดสีย้อมดิสเพอร์ส ซึ่งเป็นสีที่ละลายน้ำได้ ถึงแม้ว่าการใช้คลอรีนในการบำบัดสีย้อมจะเป็นวิธีการที่มีราคาถูกแต่ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษ

#### 2.2 โอโซนเนชัน (Ozonation)

การออกซิไดซ์ด้วยโอโซนเป็นการกำจัดสีย้อมที่เกิดจากการที่โอโซนไปออกซิไดซ์พันธะคู่ของหมู่โครโมฟอร์ในโมเลกุลของสีย้อม แต่เนื่องจากโอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงมาก ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบในน้ำทั้งหมดอย่างรวดเร็ว เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโมเลกุลของสีย้อมซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยไนโตรเจน คลอรีน หรือซัลเฟอร์ จะเกิดเป็นสารประกอบชนิดใหม่ที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าสารตั้งต้นเดิม แต่มีข้อดี คือ สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณมากได้และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาน้อย

#### 2.3 เพนตันรีเอเจนต์ (Fenton's Reagent)

เพนตันรีเอเจนต์เป็นสารเคมีที่เกิดจากการผสมกันระหว่างเฟอร์รัสไอออน ( $Fe^{2+}$ ) กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) การกำจัดสีย้อมโดยเพนตันรีเอเจนต์เกิดจากการที่เพนตันรีเอเจนต์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เมื่อทำปฏิกิริยาจะทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิล ( $OH\cdot$ ) ซึ่งมีความสามารถในการออกซิไดซ์สูงมาก

### 3. เทคโนโลยีเยื่อกรอง (Membrane Technology)

กระบวนการกำจัดสีย้อมด้วยเยื่อกรองสามารถใช้ในการกำจัดสีย้อมที่ละลายและไม่ละลายน้ำได้ อีกทั้งสามารถนำเอาสารเคมีที่ใช้ในการย้อมสีและสีย้อมบางชนิดกลับมาใช้ใหม่ได้ กระบวนการกำจัดสีย้อมด้วยเยื่อกรอง เช่น ไมโครฟิลเตรชัน (Microfiltration) รีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis) และนาโนฟิลเตรชัน (Nanofiltration) โดยทั่วไปแล้วเทคนิคการกำจัดสีย้อมโดยใช้เยื่อกรองนี้จะเป็นการทำให้โมเลกุลของสีย้อมรวมกันอย่างหนาแน่นบนด้านหนึ่งของเยื่อกรอง ในขณะที่น้ำจะผ่านทะลุเยื่อกรองไปได้ ซึ่งสามารถแยกขนาดโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ได้ไม่เพียงเฉพาะโมเลกุลสีย้อมเท่านั้น

### 4. ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical)

วิธีไฟฟ้าเคมีเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสีอีกวิธีหนึ่ง แต่ใช้กันน้อยมากในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม เดิมทีการบำบัดด้วยวิธีนี้ถูกใช้เพื่อกำจัดโลหะหนัก ต่อมาได้มีการปรับปรุงเพื่อใช้ในการนำมากำจัดบีโอดี ซีโอดี สารแขวนลอย และสีในน้ำทิ้ง องค์ประกอบหลักของวิธีไฟฟ้าเคมี คือ แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ขั้วไฟฟ้า (Electrode) อย่างน้อย 2 ขั้ว และสารละลายนำไฟฟ้า (Electrolyte Solution) เมื่อทำการผ่านกระแสไฟฟ้าสู่เซลล์ไฟฟ้าเคมีผ่านแผ่นเหล็กซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้า พบว่าที่ขั้วบวก (Anode) จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก เกิดการสึกกร่อนและละลายออกมาในรูปของเพอร์รัสไอออนที่ละลายอยู่ในน้ำ เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณของเพอร์รัสไอออนจะเพิ่มปริมาณมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันที่ขั้วลบ (Cathode) จะเกิดปฏิกิริยารีดักชันของน้ำ ซึ่งน้ำจะเกิดการแตกตัวให้แก๊สไฮโดรเจน ( $H_2$ ) และไฮดรอกไซด์ไอออน เมื่อเวลาผ่านไปน้ำจะมีสภาพเป็นด่างและทำให้เกิดการตกตะกอนของเพอร์รัสไอออนและเพอร์ริกไอออน ซึ่งจะดูดติดและช่วยตกตะกอนของโลหะหนักสีย้อม หรือสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ในน้ำเสีย

### 5. การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon Adsorption)

การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์เป็นเทคนิคการดูดซับสีไวบนผิวของถ่านกัมมันต์ซึ่งเทคนิคนี้ถูกนำมาใช้ในการกำจัดสีย้อมที่ละลายน้ำได้ดี เนื่องจากให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงแต่การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์มีข้อจำกัดคือ ถ่านกัมมันต์มีราคาสูง ทำให้ไม่เป็นที่นิยม ปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาสารดูดซับชนิดต่าง ๆ เพื่อให้ได้สารดูดซับที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงและมีต้นทุนในการผลิตต่ำ

## การดูดซับ (Adsorption)

### ทฤษฎีการดูดซับของถ่านกัมมันต์

การดูดซับ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารที่พื้นผิวของสารถูกดูดซับ (Adsorbate) ที่สัมผัสโดยตรงกับสารดูดซับ (Adsorbent) โดยสารที่มีพลังงานอิสระที่ผิว (Surface Free Energy) ต่างจะถูกดูดซับได้ แต่สารที่มีพลังงานอิสระที่ผิวสูงจะไม่ถูกดูดซับ กระบวนการดูดซับเกิดขึ้นเมื่อมีการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างสารถูกดูดซับกับสารดูดซับ ปริมาณการดูดซับขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ธรรมชาติของสารถูกดูดซับกับสารดูดซับ พื้นที่ผิวของตัวดูดซับ พลังงานกระตุ้นของตัวดูดซับ และสภาวะการดูดซับ อาทิ อุณหภูมิ ความเข้มข้น ความดัน และพลังงานศักย์ของอันตรกิริยาระหว่างสารที่ถูกดูดซับ (อาจเป็นของแข็งของเหลวหรือแก๊ส) กับสารดูดซับ (ซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือ

ของแข็ง) ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันหรือความเข้มข้น และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้ปริมาณการดูดซับเปลี่ยนแปลง

การดูดซับเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณผิวสัมผัส (Interface) โดยที่มีวัฏภาคหนึ่งเป็นของแข็งเสมอ และเป็นวัฏภาคคายความร้อน โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับเกาะอยู่บนผิวหน้าของของแข็งของสารดูดซับดังนั้นการดูดซับด้วยของแข็งจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสของของสารดูดซับ การดูดซับจะเกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงดูดที่พื้นผิวของของแข็งซึ่งเป็นสารดูดซับมีค่ามากกว่าค่าพลังงานจลน์ของโมเลกุลของของเหลว นั่น การดูดซับบนผิวของแข็ง แบ่งออกได้ตามแรงที่ดูดซับระหว่างพื้นผิวโมเลกุลเป็น 2 ชนิด คือ การดูดซับทางกายภาพ และการดูดซับทางเคมี

1. การดูดซับทางกายภาพ (Physical Adsorption หรือ Physisorption) อาศัยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าอย่างอ่อน ๆ เรียกว่าแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals) หรือพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond) แรงดึงดูดระหว่างสารที่อยู่ในของเหลวกับสารดูดซับมีมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างสารในของเหลวกับของเหลว ทำให้สารที่อยู่ในของเหลวเข้าติดอยู่ที่สารดูดซับแทน การดูดซับทางกายภาพไม่มีแรงกระตุ้นมาเกี่ยวข้อง ความร้อนของการดูดซับมีค่าน้อยการกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับได้ง่ายและการดูดซับเกิดซ้อนกันได้หลายชั้น (Multilayer) โดยแต่ละชั้นจะซ้อนทับกันอยู่เหนือชั้นที่เกิดขึ้นก่อน โดยจำนวนชั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารและเกิดขึ้นได้ไม่ดีที่อุณหภูมิต่ำ

2. การดูดซับทางเคมี (Chemical Adsorption หรือ Chemisorption) เกิดขึ้นเมื่อตัวถูกดูดซับทางปฏิกิริยาเคมีกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากตัวถูกดูดซับเดิม คือ มีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมและกลุ่มอะตอมเดิม แล้วมีการจัดเรียงอะตอมขึ้นใหม่โดยมีพันธะเคมีที่แข็งแรงแรงที่ใช้ดูดซับเป็นพันธะโคเวเลนต์ มักเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤตของสารที่ถูกดูดซับ มีพลังงานกระตุ้น (Activation Energy) เข้ามาเกี่ยวข้อง ความร้อนของการดูดซับมีค่าสูง การกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับได้ยากและการดูดซับเป็นแบบชั้นเดียว

### ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

#### 1. ขนาดและพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์

ขนาดของถ่านกัมมันต์เป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราเร็วในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ ดังนั้นถ่านกัมมันต์แบบผงจึงมีอัตราเร็วในการดูดซับสูงกว่าถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด ส่วนพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์นั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดซับ

#### 2. ขนาดและพื้นที่ผิวของสารดูดซับ

สมบัติทางกายภาพที่สำคัญที่สุดของตัวดูดซับ คือ ขนาดและพื้นที่ผิว ขนาดของตัวดูดซับ ตัวดูดซับที่มีขนาดเล็กจึงมีอัตราเร็วในการดูดซับสูงกว่าขนาดใหญ่ ส่วนพื้นที่ผิวของตัวดูดซับนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดซับ นั่นคือสารดูดซับที่มีพื้นที่ผิวมากย่อมดูดโมเลกุลตัวถูกดูดซับได้มากกว่าตัวดูดซับที่มีพื้นที่ผิวน้อย

#### 3. ขนาดของสารที่ถูกดูดซับบนผิวของสารดูดซับ

ขนาดของสารหรือโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ จะมีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการดูดซับ ในกรณีที่ตัวดูดซับมีรูพรุนมาก สารที่มีโมเลกุลเล็กกว่ารูพรุนมักถูกดูดซับได้ดีมากกว่าสารที่

มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เนื่องจากสารโมเลกุลขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้ารูพรุนได้ และพื้นที่ผิวภายนอกที่ จะดูดซับมีอยู่น้อย

#### 4. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลาย

เนื่องจากถ่านกัมมันต์ส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ในการดูดซับสารออกจากสารละลาย ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย จะมีผลต่อการดูดซับของถ่านกัมมันต์ เนื่องจากค่าความเป็น กรด-ด่างของสารละลายจะมีผลต่อการแตกตัวของไอออนของตัวถูกละลาย

#### 5. ความปั่นป่วน

เกิดจากการกวนสารละลาย ซึ่งมีผลต่อการดูดซับของถ่านกัมมันต์ เนื่องจาก ถ่านกัมมันต์มีขนาดและคุณสมบัติทางกายภาพต่างกัน ทำให้การดูดซับของถ่านกัมมันต์ต้องการความ ปั่นป่วนในระดับที่ต่างกัน

#### 6. อุณหภูมิ

ผลของอุณหภูมิต่อการดูดซับอุณหภูมิขึ้นอยู่กับ การดูดซับของวัสดุดูดซับเป็น ประเภทใด แต่ถ้าเป็นการดูดซับทางกายภาพ อุณหภูมิจะทำให้ความสามารถในการดูดซับ เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนการดูดซับทางเคมีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้นไปด้วย เนื่องจากอิทธิพลของความร้อนจะช่วยเร่งการสร้างพันธะ เคมีให้เร็วขึ้น และเพิ่มโอกาสที่ตัวดูดซับจะเคลื่อนที่เข้าสู่สัมผัสกับตำแหน่งดูดซับได้มากขึ้น

### ถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นถ่านที่ต้องนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้นด้วยสารเคมี หรือกระตุ้นด้วยวิธีทางกายภาพก่อน เพื่อให้โครงสร้างทางกายภาพของถ่านเกิดรูพรุนหรือรอยแตก ขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรจำนวนมหาศาล เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการกรองและการดูดซับสูง พื้นที่ผิวภายในโดยรวมระหว่าง 500-1,500 ตารางเมตรต่อกรัม (บุญรักษ์ กาญจนวรรณิชย์, ม.ป.ป.)

#### วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์สามารถใช้วัสดุใดๆ ก็ได้ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนใหญ่ มักเป็นพวกเซลลูโลสที่มาจากพืชและต้นไม้ เช่น ไม้ ถ่านหิน กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย และวัสดุเหลือทิ้ง ทางการเกษตร

### ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

#### ขั้นตอนการเตรียมถ่านกัมมันต์

แบ่งได้ 3 ขั้นตอน คือ

##### 1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (Preparation)

โดยทั่วไปมักนำวัตถุดิบมาบดและคัดขนาดก่อน จากนั้นนำไปอบหรือตากให้แห้ง ก่อนที่จะนำไปทำให้เป็นถ่าน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

##### 2. ขั้นตอนการคาร์บอนไนซ์เซชัน (Carbonization)

ขั้นตอนการคาร์บอนไนซ์เซชันจัดว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญมากที่สุดในการผลิตถ่านกัมมันต์เนื่องจากในการคาร์บอนไนซ์เซชันจะมีการเริ่มสร้างของโครงสร้างรูพรุนโดยใน

ระหว่างการคาร์บอนไซเซชันธาตุและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ไม่ใช่คาร์บอนรวมถึงสารระเหยต่าง ๆ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และน้ำจะถูกกำจัดออกจากโครงสร้างของวัตถุดิบในรูปของแก๊สและน้ำมันทาร์ จากนั้นจะได้อ่านคาร์บอน ซึ่งมีการจัดเรียงตัวของโครงสร้างผลึกที่ไม่เป็นระเบียบซึ่งจะมีช่องว่างหรือรูพรุนระหว่างผลึกโดยจะมีสารอนินทรีย์ที่เป็นทาร์อุดช่องว่างเหล่านั้น ทำให้มีความสามารถในการดูดซับต่ำ ต้องนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับ

### 3. ขั้นตอนการกระตุ้น (Activation)

การกระตุ้น คือ การทำให้คาร์บอนหรือถ่านมีความสามารถในการดูดซับสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มพื้นที่ผิวและการทำให้พื้นผิวมีความว่องไวมากขึ้น โดยเกิดปฏิกิริยาทางเคมีทำให้โมเลกุลบางกลุ่มหลุดออกไปและเกิดส่วนที่มีอำนาจดูดซับขึ้นมาแทน

#### การกระตุ้น แบ่งได้ 2 วิธี

##### 1. กระตุ้นทางกายภาพ (Physical Activation)

เป็นการผลิตถ่านกัมมันต์โดยที่ผิวคาร์บอนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การจัดเรียงตัวใหม่ ซึ่งจะเพิ่มความสามารถในการดูดซับของถ่านให้สูงขึ้น นิยมใช้แก๊สออกซิไดซ์ต่าง ๆ เช่น ไอน้ำอิมตัวยิ่งยวด (Steam) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) แก๊สออกซิเจน ( $\text{O}_2$ ) เป็นต้น ร่วมกับการใช้ความร้อน ปฏิกิริยาการกระตุ้นอันเกิดจากความร้อนเพียงอย่างเดียวก็ได้ แต่ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงมากถึง 1,200 องศาเซลเซียส แต่พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จะมีคุณภาพต่ำกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตโดยการกระตุ้นด้วยแก๊สออกซิไดซ์

##### 2. กระตุ้นทางเคมี (Chemical Activation)

เป็นการผลิตถ่านกัมมันต์ โดยให้สารกระตุ้นทำปฏิกิริยากับสารเคมีกับผิวคาร์บอน โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งขั้นตอนการกระตุ้นด้วยสารเคมีนั้น ทำได้โดยการแช่วัตถุดิบหรือถ่านคาร์บอนในสารเคมีก่อนนำมาเผากระตุ้นวัตถุดิบ เมื่อนำไปเผากระตุ้นที่อุณหภูมิสูงประมาณ 500-800 องศาเซลเซียส จะเกิดการสลายตัวของสารประกอบเหล่านี้และเปลี่ยนเป็นแก๊สระเหยออกไปทำให้เกิดรูพรุนขึ้นเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างการกระตุ้นด้วยวิธีทางเคมีได้แก่

##### 2.1 ซิงค์คลอไรด์ ( $\text{ZnCl}_2$ )

กระตุ้นที่อุณหภูมิ 600–800 องศาเซลเซียส จากนั้นล้างถ่านกัมมันต์ที่ได้ด้วยน้ำหรือกรดไฮโดรคลอริกเจือจางเพื่อกำจัดซิงค์คลอไรด์ที่เหลือและสารประกอบของซิงค์คลอไรด์ที่เกิดขึ้น แต่ด้วยปัญหาการกัดกร่อนเครื่องปฏิกรณ์ทำให้ระยะหลังการใช้ซิงค์คลอไรด์เป็นสารกระตุ้นได้รับความนิยมลดลงมาก

##### 2.2 กรดฟอสฟอริก ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )

การใช้กรดฟอสฟอริกเป็นสารกระตุ้นจะใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้นต่ำกว่าการใช้ซิงค์คลอไรด์เป็นตัวกระตุ้น คือ ประมาณ 400-600 องศาเซลเซียส โดยจะเกิดจากการดูดน้ำของกรดฟอสฟอริกซึ่งคล้ายกับการกระตุ้น โดยใช้ซิงค์คลอไรด์ โดยกรดฟอสฟอริกกลายเป็นฟอสฟอรัสและไฮโดรเจนสลายตัวออกมา ทำให้เกิดโครงสร้างรูพรุน



### 2.3 สารประกอบของโพแทสเซียม (K) หรือโซเดียม (Na)

เป็นการกระตุ้นโดยใช้สารละลายที่มีไอออนของโพแทสเซียมหรือโซเดียมกับวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบแล้วให้ความร้อนไอออนของโลหะเหล่านี้จะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างชั้นของผลึกของถ่านกัมมันต์ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียส โมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและออกซิเจนจะหลุดออกไปทำให้ได้ถ่านกัมมันต์

#### ลักษณะสมบัติของถ่านกัมมันต์

##### 1. ไอโอดีนัมเบอร์ (Iodine Number)

เป็นค่าสำคัญที่ใช้บอกถึงประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ เนื่องจากไอโอดีนถูกถ่านดูดซับได้ดี ดังนั้นค่าการดูดซับไอโอดีนจึงถูกใช้เป็นตัววัดประสิทธิภาพของถ่าน โดยวัดเป็นมิลลิกรัมของไอโอดีนต่อน้ำหนักถ่าน 1 กรัม

##### 2. โมลาสันัมเบอร์ (Molass Number)

เป็นค่าที่บอกปริมาณของรูขนาดใหญ่ (Macropore, รูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 20 อังสตรอมหรือมากกว่า 2 นาโนเมตร) ที่มีอยู่ในถ่านกัมมันต์ โดยถ่านที่มีรูขนาดใหญ่จำนวนมาก (ค่าโมลาสันัมเบอร์สูง) จะดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่อย่างโมเลกุลสีได้ดีกว่าถ่านที่มีรูขนาดเล็ก (ค่าโมลาสันัมเบอร์ต่ำ)

##### 3. แทนนิน (Tannin)

เป็นสารผสมประกอบด้วยสารโมเลกุลขนาดใหญ่และสารโมเลกุลขนาดกลาง เช่นเดียวกันผิวของถ่านกัมมันต์ก็มีทั้งรูขนาดใหญ่ และรูขนาดกลาง ดังนั้นค่าแทนนินจึงใช้บอกความสามารถในการดูดซับสารแทนนินหรือสารโมเลกุลขนาดใหญ่และกลางของถ่าน ซึ่งถ่านกัมมันต์ควรมีค่านี้อยู่ในช่วง 200-362 มิลลิกรัมต่อกรัม

##### 4. เมทิลีนบลู (Methylene Blue)

เป็นสารที่บอกความสามารถในการดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดกลาง ทำให้เมทิลีนบลูใช้เป็นตัวแทนของสารที่มีโมเลกุลขนาดกลาง

##### 5. ความหนาแน่น (Apparent Density)

ถ่านกัมมันต์ที่มีความหนาแน่นสูงกว่ามักบ่งว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพดีกว่า เนื่องจากสามารถดูดซับสารได้ในปริมาณมากกว่า

##### 6. ค่าความแข็ง/ค่าการขัดถู (Hardness/Abrasion Number)

บอกถึงความต้านทานการสึกกร่อนของถ่านกัมมันต์ ค่านี้จะบอกถึงความสามารถในการทนต่อแรงเสียดสี และความสามารถในการคงสภาพของถ่านกัมมันต์ที่มีต่อกระบวนการล้างวัสดุกรอง (Backwashing) ค่าที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดวัตถุดิบที่นำมาเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์

##### 7. ปริมาณเถ้า (Ash Content)

บอกประสิทธิภาพการนำไปกระตุ้นซ้ำของถ่านกัมมันต์

##### 8. ระดับคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride Activity)

เป็นการหาความพรุนของถ่านกัมมันต์ โดยดูจากค่าการดูดซับไออิมตัวของสารคาร์บอนเตตระคลอไรด์

9. ค่าการกระจายตัวของขนาดอนุภาคถ่าน (Particle Size Distribution) เกี่ยวข้องกับความละเอียดของผงถ่าน ยิ่งถ่านมีขนาดอนุภาคละเอียดมากเท่าใด ก็จะมีพื้นที่ผิวของถ่านให้มากขึ้น

#### ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์

1. ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย
2. ใช้ในอุตสาหกรรมการกลั่น
3. ใช้ในการทำให้น้ำและอากาศบริสุทธิ์
4. ใช้ในอุตสาหกรรมการฟอกสีของน้ำตาล
5. ใช้ในอุตสาหกรรมทำหน้ากากป้องกันแก๊สพิษ
6. ใช้ในการกำจัดกลิ่นจากอากาศ ในเครื่องปรับอากาศ
7. ใช้ในการกำจัดควีนของเครื่องบินไอพ่นจากสนามบิน
8. ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการทำปฏิกิริยาของแก๊ส
9. ใช้ในการกำจัดพวกสารอินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกจากสารละลายที่ใช้ในการชุบโครเมียม
10. ใช้ในการดูดตัวทำละลายกลับคืนมาใช้ใหม่ในอุตสาหกรรมบางอย่าง เช่น อุตสาหกรรมยาง

#### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จตุพงษ์ แพมไพสงค์ และสรุโชค สังฆธรรม (2559) ศึกษาการเตรียมและลักษณะสมบัติของ ถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสะลปะนึ่ง (Salacca Wallichiana (Noen Wong)) ด้วยวิธีการกระตุ้นทางเคมีด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร อัตราส่วนของถ่านต่อสารกระตุ้น เท่ากับ 1:3 เผากระตุ้น ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า ถ่านกัมมันต์มี ปริมาณความชื้นสูงสุด ร้อยละ 18.71 และค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุด เท่ากับ 858.57 มิลลิกรัมต่อกรัม และถ่านกัมมันต์มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลูสูงสุด เท่ากับ 12.56 มิลลิกรัมต่อกรัม

ชฎาพร ศรีวิสัย และมณฑิรา สันตะพันธ์ (2559) ศึกษาสมบัติของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสะลปะนึ่ง สุมาลี (Zalacca Edulis Reinw) ด้วยวิธีการกระตุ้นทางเคมีด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร อัตราส่วนของถ่านต่อสารกระตุ้น เท่ากับ 1:3 โดยน้ำหนัก เผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า มีปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 7.07 ค่าการ ดูดซับไอโอดีน เท่ากับ 705.97 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าการดูดซับเมทิลีนบลู เท่ากับ 12.91 มิลลิกรัมต่อกรัม

วิรัชรอง แสงอรุณเลิศ (2559) ศึกษาถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นจากเปลือกไข่ผสมเปลือก หอยแครงซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภค โดยการกระตุ้นทางเคมีด้วยซิงค์คลอไรด์ อุณหภูมิในการเผาให้เป็นถ่าน 600 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างเปลือกไข่ผสมเปลือก หอยแครง 1:3 โดยใช้เวลาในการเผาให้เป็นถ่าน 30 นาที ผลการวิจัยพบว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นมี ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเมทิลเรดได้ดีที่สุด คือ 64,471.79 มิลลิกรัมต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ สภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับคือ เวลาในการดูดซับ 60 นาที ปริมาณถ่านกัมมันต์ 0.5 กรัม

ความเข้มข้นของสารละลายสีเมทิลเรดเริ่มต้นสูงสุด 300 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเป็นกรด-ด่างของสารละลายสีเมทิลเรดที่สภาวะเป็นกรด

ปัญญา มณีจักร (2557) ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากลูกตีนเป็ด สำหรับใช้ในการดูดซับความกระด้างในน้ำ โดยเริ่มจากการเตรียมถ่านคาร์บอนซ์จากลูกตีนเป็ดและกระตุ้นด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านคาร์บอนซ์ คือ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และการผลิตถ่านกัมมันต์ คือ กระตุ้นในอัตราส่วนถ่านต่อสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 1:3 เผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะให้ค่าการดูดซับแคลเซียมไอออนสูงที่สุด

สุภาพร รัตนพันธ์, เพ็ญญา เฟื่องแจ่ม และพนิดา กังชุ่น (2557) ศึกษาการเตรียมและลักษณะจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด โดยนำเปลือกมังคุดไปผ่านกระบวนการคาร์บอนซ์เซชันให้ได้ถ่าน และนำถ่านไปกระตุ้นทางเคมีด้วยซิงค์คลอไรด์ โดยใช้เทคนิคการให้ความร้อนโดยการกลั่นไพล์ย้อนกลับ หาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด ศึกษาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FT-IR จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนระหว่างสารกระตุ้นต่อปริมาณวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดคือ 1:1 ให้ความร้อน 3 ชั่วโมง ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 820 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความชื้นร้อยละ 1.07 ปริมาณแฉ่ำร้อยละ 5.68 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 47.75 ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 46.57 จากอินฟราเรดสเปกตรัม (Infrared Spectrum ) พบว่าแถบการสั่นของ หมู่ -O-H, -C-H, -C=O ของถ่านเปลือกมังคุด

รุจิรา ปิ่นแก้ว (2556) ศึกษาการผลิตและการเตรียมถ่านกัมมันต์ จากขังข้าวโพด เพื่อใช้ในการดูดซับมีเทน กระตุ้นด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายซิงค์คลอไรด์ ในสภาวะที่เหมาะสม โดยใช้อัตราส่วนระหว่างถ่านต่อสารกระตุ้น เท่ากับ 1:3 จากการทดลองพบว่า ภาวะในการกระตุ้นที่เหมาะสมของการดูดซับไอโอดีน คือ กระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์ ภาวะในการกระตุ้นของการดูดซับเมทิลีนบลู คือ กระตุ้นด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลูสูงสุด สำหรับภาวะในการกระตุ้นที่เหมาะสมของการดูดซับฟีนอล คือ กระตุ้นด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และภาวะในการกระตุ้นที่เหมาะสมของการดูดซับมีเทน คือ กระตุ้นด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

สาวิตรี จันทรานูรักษ์ และคนอื่น ๆ (2555) ศึกษาการเตรียมและศึกษาคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากก้านทะเลลายปาล์มน้ำมันด้วยวิธีกระตุ้นทางกายภาพและทางเคมี ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การคาร์บอนซ์ และการกระตุ้น โดยสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการคาร์บอนซ์ คือ อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ที่เวลา 45 นาที กระตุ้นถ่านด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากก้านทะเลลายปาล์มน้ำมันมีดังนี้ ถ่านชาร์ขนาด 1.18-2.36 มิลลิเมตร อัตราส่วนระหว่างสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และก้านทะเลลายปาล์มน้ำมัน เท่ากับ 1:1 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที ปริมาณแฉ่ำร้อยละ 38.54 ปริมาณผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 44.47 ค่าการดูดซับไอโอดีน 1,308 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 248 มิลลิกรัมต่อกรัม

Darweesh & Ahmed (2017) ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากอินทผลัม สำหรับดูดซับยาปฏิชีวนะลิโวฟลอกซาซิน โดยนำอินทผลัมแช่สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิตร เป็น

เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟ 680 วัตต์ เวลา 8 นาที พบว่าถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิว 817 ตารางเมตรต่อกรัม และปริมาตรรูพรุน 0.638 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม

Kopac, Kirca, & Toprak. (2017) ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากถ่านหิน ด้วยวิธีการกระตุ้นทางเคมี โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ขั้นตอนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง อัตราส่วนระหว่างสารกระตุ้นต่อปริมาณวัสดุ 4:1 โดยกระตุ้นที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง พบว่า มีพื้นที่ผิว 2,228 ตารางเมตรต่อกรัม ปริมาตรรูพรุนรวม 0.89 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม

Laksaci, H. et al. (2017) ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟ สำหรับการดูดซับของฟีนอล (Phenol) และเมทิลีนบลู โดยการกระตุ้นทางเคมีด้วยการเคลือบสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ขั้นตอนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง อัตราส่วนของสารกระตุ้นต่อปริมาณวัสดุ มีผลต่อโครงสร้างของรูพรุน อัตราการเคลือบที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ 36 มิลลิโมลต่อกรัม ระยะเวลาในการเคลือบสารเคมี 1 ชั่วโมง มีปริมาตรพื้นที่ผิวสูงสุด 1,778 ตารางเมตรต่อกรัม



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี