

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะมลพิษทางน้ำที่เกิดจากการเจริญเติบโตทางอุตสาหกรรมมีความรุนแรงมากขึ้น อันเนื่องมาจากการส่งเสริมอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกที่ขาดแผนรองรับเกี่ยวกับผลกระทบที่จะตามมา รวมถึงการพัฒนาทางด้านการเกษตร การปศุสัตว์และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ น้ำทิ้งจากชุมชนเมืองเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารอินทรีย์หลากหลายประเภทในแหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งที่มาของโลหะหนักนั้นมาจากการนำโลหะต่างๆ และสารเคมีที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักมาใช้ในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม เช่น อุปกรณ์ผลิตพลาสติก พีวีซี สีย้อม ถ่านไฟฉาย ส่วนด้านเกษตรกรรม ยาฆ่าแมลงและปุ๋ยที่ใช้ก็มีส่วนของโลหะหนักบางชนิดปนอยู่ ซึ่งโลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ จึงมีบางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดิน ดินตะกอนที่อยู่ในน้ำ ดังนั้นการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ (Chaisuksant, 2003; Jadhav *et al.*, 2010; Öscan and Öscan, 2005)

นอกจากนี้ อุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อมเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวสูง มีการใช้น้ำและสารเคมีจำนวนมากในทุกขั้นตอนการผลิต ซึ่งได้แก่ การผลิตเส้นใย การปั่น ทอ ถักผ้า และการฟอกย้อม สีที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมมีหลายชนิด เช่น สีรีแอกทีฟ สีเอซิด สีเบสิก สีไคเร็กซ์ และสีดิสเพิร์ส (รัชนี, 2545ก) สารเคมีปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม ได้แก่ สีย้อมชนิดต่างๆ ซึ่งมักเป็นพวก carcinogenic amines โลหะหนัก สารฟอกย้อมพวก chlorine bleaching รวมถึงสารเคมีพวกกรด ต่าง สารแขวนลอย และอื่นๆ (Baskaralingam, 2006; Jadhav *et al.*, 2010) หากมีการปล่อยน้ำทิ้งเหล่านี้ โดยไม่ผ่านการบำบัดหรือมีการบำบัดที่ไม่ถูกต้องจากโรงงานลงสู่สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะแหล่งน้ำ ก็จะก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งแวดล้อม คือ นอกจากจะทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติขาดความสวยงามแล้ว ยังมีผลต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในแหล่งน้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อยู่น้ำตายได้เนื่องจากขาดออกซิเจน หรือมีปริมาณออกซิเจนในน้ำไม่เพียงพอ เพราะมีสารอินทรีย์ในน้ำปริมาณที่สูง และผลกระทบของน้ำเสียนี้ยังเป็นตัวบ่งชี้การทำงานของจุลินทรีย์ต่างๆ ในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพอีกด้วย (รัชนี, 2545ก; Öscan and Öscan, 2005)

กระบวนการกำจัดหรือการลดปริมาณ โลหะหนักและสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ในปัจจุบันได้นำกระบวนการบำบัดทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยามาใช้ เช่น วิธีการตกตะกอน (Coagulation, Precipitation) ออสโมซิสแบบย้อนกลับ (Reverse osmosis) ปฏิกริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน โครมาโทกราฟีแบบแลกเปลี่ยนไอออน (Ion-exchange chromatography) เทคนิค

การลอยตัว (Flotation) อัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration) และ การใช้โอโซน (Ozonation) เป็นต้น (Ozcan and Ozcan, 2004) แต่วิธีการเหล่านี้ต้องใช้งบประมาณสูง อีกทั้งยังมีสารเคมีตกค้างในการบำบัดด้วย และบางวิธีไม่ค่อยได้ผลนักในการกำจัดโลหะหนักหรือสารอินทรีย์ที่มีปริมาณน้อยๆ (Volesky, 1987) วิธีการหนึ่งที่ศึกษากันแพร่หลาย คือกระบวนการดูดซับ (Adsorption) โดยนำมาใช้ในการกำจัดโลหะหนักและสารอินทรีย์หลากหลายประเภท เนื่องจากมีวิธีการที่สะดวกและไม่ยุ่งยากเหมือนวิธีการอื่น ๆ สารดูดซับที่นิยมใช้กัน ได้แก่ ถ่านกัมมันต์, เรซินแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange resin), ซีโอไลต์ธรรมชาติและซีโอไลต์สังเคราะห์ (Inglezakis *et al.*, 2007; Sari *et al.*, 2007; Sheta *et al.*, 2003; Standeker *et al.*, 2007) โดยเฉพาะถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular activated carbon, GAC) ได้นำมาใช้ในการกำจัดสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจากน้ำกันอย่างกว้างขวาง แต่ GAC ก็มีข้อเสียหลายประการคือ แม้ว่าจะสามารถจับสารต่าง ๆ ไว้ได้ดี แต่มีกลไกการดูดซับที่ช้า และไม่สามารถดูดซับได้เต็มประสิทธิภาพ (100%) อีกทั้งในการนำกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการ reactivation มีต้นทุนสูง (Standeker *et al.*, 2007) จึงได้มีการศึกษาหาตัวดูดซับชนิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสารต่าง ๆ ได้ดีและมีราคาไม่แพง ตัวดูดซับหนึ่งได้รับความสนใจศึกษากันมากในปัจจุบันก็คือ ดิน ในส่วนที่เป็นแร่ดินเหนียว (Clay minerals) (Özcan and Özcan, 2005; Sari *et al.*, 2007; Shakir *et al.*, 2008; Subramanian and Gupta, 2006)

แร่ดินเหนียวเป็นอนินทรีย์สารที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของดิน (Mineral soil) ซึ่งเป็นของผสมชนิดวิวิธพันธุ์ (heterogeneous) ที่มีองค์ประกอบหลากหลาย ได้แก่ น้ำ เกลือที่ละลายน้ำได้ (soluble salts) สารอินทรีย์ (ได้แก่พวก ฮิวมัส) อนินทรีย์สารนี้ประกอบด้วยสารประกอบซิลิเกต ซิลิกา (ควอตซ์) และแร่ธาตุอื่น ๆ ซึ่งส่วนของดินที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาก็คือ สารอินทรีย์ และ แร่ดินเหนียว (Cason and Reed, 1977) ดินแบ่งได้เป็นหลายประเภทตามชนิดของแร่ที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งได้แก่ เคโอลินิท์ (Kaolinite) หรือที่เรียกว่า แร่ดินขาว มอนท์มอริลโลไนท์ (Montmorillonite) อิลไลท์ (Illite) และ เบนทอนิท์ (Bentonite) ซึ่งส่วนของแร่ดินเหนียวนี้เองที่มีบทบาทสำคัญในการกำจัดสารมลพิษที่ปนเปื้อนในน้ำ (Gupta and Bhattacharyya, 2006) โดยกลไกที่สำคัญในการกำจัดสารคือ การแลกเปลี่ยนไอออนและการดูดซับ ทั้งนี้เนื่องจากดินมีโครงสร้างเป็นชั้น ๆ มีความคงทนเชิงกลและทางเคมี มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง (high specific surface area) อีกทั้งมีความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity) ได้ดี (Özcan *et al.*, 2004; Özcan and Özcan, 2005)

ดินเบนทอนิท์ เป็นพวก Smectite clay ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวชนิดมอนท์มอริลโลไนท์ เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งหนึ่งหน่วยของมอนท์มอริลโลไนท์ประกอบด้วย silica tetrahedral sheet สองชั้นประกบกัน ส่วนชั้นกลางเป็น Alumina octahedral sheet (Kim *et al.*, 2006) โครงร่างนี้มีประจุลบซึ่งเป็นผลมาจากการที่  $Al^{3+}$  เข้าแทนที่  $Si^{4+}$  ในชั้น tetrahedral และ  $Mg^{2+}$  เข้าแทนที่  $Al^{3+}$  ในชั้น octahedral เนื่องจากมีรูปร่างลักษณะเหมือนกัน ซึ่งประจุลบนี้จะสมดุลโดยแคทไอออน ซึ่งแลกเปลี่ยนได้ เช่น  $Na^+$  และ  $Ca^{2+}$  ในโครงสร้างตาข่าย (Özcan *et al.*, 2004) ส่วนองค์ประกอบรองลงมาได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์

เหล็กออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ จากองค์ประกอบนี้เองทำให้ดินเบนทอไนท์มีสมบัติในการดูดซับที่ดี และสามารถเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนได้ (Baskaralingam *et al.*, 2006) ซึ่งดินเบนทอไนท์ที่นิยมใช้มากในอุตสาหกรรม คือ โซเดียม-เบนทอไนท์ (Na-bentonite) เนื่องจากมีสมบัติในการดูดซับได้มาก สามารถเกิดการบวมพองได้มาก 15-20 เท่าจากปริมาตรเดิม มีรายงานการดูดซับตะกั่วจากสารละลายได้ดีโดยดินเบนทอไนท์ (Ayari *et al.*, 2007) และการใช้ เบนทอไนท์ และ คลินอพทิลโลไลต์ (Clinoptilolite) ซึ่งเป็นซีโอไลต์ธรรมชาติ (Natural zeolites) ในการกำจัดตะกั่วและสังกะสีจากสารละลาย พบว่าเบนทอไนท์มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วสูงกว่าคลินอพทิลโลไลต์ (Inglezakis *et al.*, 2007) และกำจัดสังกะสีได้ใกล้เคียงกัน (Sheta *et al.*, 2003) นอกจากนี้ พบว่าดินเบนทอไนท์สามารถดูดซับสี้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Öscan and Öscan, 2005) โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินเบนทอไนท์ดัดแปร ซึ่งมีการเติมหมู่ประจุบวกเข้าไปในโครงสร้างเพื่อให้พื้นผิวเปลี่ยนจากสภาพชอบน้ำ ไปเป็นสภาพที่ไม่ชอบน้ำ ทำให้มีการจับกับสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ดี อาทิเช่น เบนทอไนท์ดัดแปรที่เติมหมู่ benzyltrimethyl ammonium (BTMA-bentonite) มีความสามารถในการดูดซับสูงถึง 740.5 mg/g ซึ่งมากกว่า Na-bentonite (67.1 mg/g) (Özcan *et al.*, 2005) ดังนั้น หากสามารถนำวิธีการกำจัดสารพิษพวกโลหะหนักและสารอินทรีย์พวกสี้อมที่มีประสิทธิภาพ โดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีที่มีราคาแพง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำวัสดุธรรมชาติที่สามารถหาได้ง่าย เช่น ดิน มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ก็จะเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

งานวิจัยนี้มีความสนใจศึกษาการนำเบนทอไนท์ธรรมชาติและเบนทอไนท์ดัดแปรชนิดที่เติมไอออนที่มีประจุบวก ได้แก่ โซเดียม และ ที่เติมสารอินทรีย์ ได้แก่ Octadecylamine (ODA) และ Cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) ซึ่งมีความเป็นพิษน้อยกว่าชนิดอื่นๆ ที่ได้มีการศึกษามาก่อน (Kim *et al.*, 2006; Shakir *et al.*, 2007) และยังมีรายงานไม่มากนักที่ศึกษาการดัดแปรดินโดยใช้หมู่เหล่านี้ไม่มากในการดูดซับทั้งโลหะหนัก และสารอินทรีย์พวกสี้อม ซึ่งในงานวิจัยที่มีการศึกษามากแล้ว ทำการศึกษาเฉพาะการดูดซับโลหะหนักหรือสารอินทรีย์สี้อมเพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่ง และไม่มีรายงานที่ใช้ตัวดูดซับดัดแปรชนิด ODA-bentonite ในการกำจัดโลหะหนักและสารอินทรีย์ ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ลดปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารอินทรีย์พวกสี้อมชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในธรรมชาติและราคาไม่แพง

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเตรียมเบนทอไนท์ดัดแปรโดยใช้โซเดียมไอออน (Na-bentonite) และสารอินทรีย์ คือ Octadecylamine (ODA-bentonite) และ Cetyltrimethylammonium bromide (CTA-bentonite)
2. เพื่อศึกษาความสามารถดูดซับโลหะตะกั่วและสังกะสี และสี้อมชนิดแอสซิด โดยเบนทอไนท์ดัดแปรทั้งสามชนิดเปรียบเทียบกับเบนทอไนท์ธรรมชาติ

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเตรียมเบนทอไนต์ดัดแปร Na-bentonite, ODA-bentonite และ CTA-bentonite ได้
2. ทราบความสามารถดูดซับโลหะหนักและสีย้อมบางชนิด โดยตัวอย่างเบนทอไนต์ธรรมชาติ และเบนทอไนต์ดัดแปรชนิด Na-bentonite, ODA-bentonite และ CTA-bentonite ได้
3. เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดทั้งโลหะหนักและสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียและแหล่งน้ำธรรมชาติ

### 1.4 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

สถาบันอุดมศึกษา เช่น มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และหน่วยงานของรัฐอื่น ๆ เช่น กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม สำหรับการศึกษาวิจัยในระดับสูงต่อไป

### 1.5 ขอบเขตการวิจัย

1. เตรียมตัวอย่างเบนทอไนต์ดัดแปร Na-bentonite โดยการแลกเปลี่ยนประจุด้วยโซเดียมไอออน และชนิด ODA-bentonite และ CTA-bentonite โดยใช้สารอินทรีย์ Octadecylamine (ODA) และ Cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) ตามลำดับ
2. ศึกษาสมบัติบางประการของตัวอย่างเบนทอไนต์ดัดแปรที่เตรียมได้โดยศึกษาสัณฐานวิทยาบนพื้นผิวด้วย Scanning Electron Microscopy (SEM) ศึกษาหมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวด้วย Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR) และศึกษาการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC)
3. ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถดูดซับตะกั่ว สังกะสี และสีย้อมชนิดแอสิด คือ Black MLD และ Congo Red จากสารละลายโดยตัวอย่างเบนทอไนต์ธรรมชาติและเบนทอไนต์ดัดแปร 3 ชนิด แบบแบทช์ โดยศึกษาผลของระยะเวลาสัมผัส ค่า pH ของสารละลาย ปริมาณสารดูดซับที่ใช้ และความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะ และสีย้อม รวมถึงการหาความสามารถดูดซับสูงสุดของเบนทอไนต์แต่ละชนิด