

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สารอินทรีย์ไอระเหย (Volatile Organic Compounds; VOCs) เป็นกลุ่มสารอินทรีย์ที่ระเหยกลายเป็นไอภายใต้อุณหภูมิและความดันปกติ สาร VOCs มีผลกระทบทางชีวภาพและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ สาร VOCs เข้าสู่ร่างกายได้ทางการหายใจ การดื่มกินทางปากและการสัมผัสทางผิวหนัง เมื่อร่างกายได้รับสาร VOCs จะส่งผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกัน ระบบประสาท ระบบพันธุกรรม ระบบฮอร์โมนและระบบสืบพันธุ์ สาร VOCs หลายชนิด เช่น เบนซีน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม และไดคลอโรเบนซีน สามารถทำลายโครโมโซมเซลล์ของอวัยวะต่างๆ เช่น ตับ ไต และระบบประสาท [1-2] โดยสาร VOCs ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมจากการใช้ในชีวิตประจำวันและโรงงานอุตสาหกรรมปนเปื้อนอยู่ในอากาศ น้ำ ดิน และอาหาร โดยเฉพาะเขตนิคมอุตสาหกรรมเช่น เขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ซึ่งนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ มีโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้สาร VOCs เป็นตัวทำละลายและวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสาร VOCs ออกสู่สิ่งแวดล้อมทางอากาศและน้ำเสียจากอุตสาหกรรมและสะสมลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและดินได้ในปริมาณสูง ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อประชากรที่อาศัยอยู่โดยรอบเขตนิคมอุตสาหกรรมดังกล่าว จากการสัมผัสดื่มกินน้ำจากแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนสาร VOCs ในปริมาณมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดซึ่งเป็นนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่กำลังมีปัญหาเกี่ยวกับผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงและเกิดผลเสียร้ายแรงต่อสิ่งแวดล้อม ประชาชน ตลอดจนเกิดเป็นข้อพิพาทระหว่างนักวิชาการสิ่งแวดล้อม ชุมชนและนักลงทุนจากต่างชาติ จนก่อให้เกิดความเสียหายต่อประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยข้อมูลที่ได้จากการหาปริมาณสาร VOCs ที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน แหล่งน้ำธรรมชาติ ตลอดจนอาหารที่มีแหล่งผลิตบริเวณแหล่งอุตสาหกรรม สามารถแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของอุตสาหกรรมที่มีต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญอย่างยิ่งในการนำไปป้องกัน บำบัดและแก้ปัญหาที่เกิดจากสาร VOCs ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชนได้

โดยงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ เบนซีน ไวนิลคลอไรด์ 1,2-ไดคลอโรอีเทน ไตรคลอโรมีเทน 1,2-ไดคลอโรโพรเพน เตตระคลอโรเอทิลีน คลอโรฟอร์ม และ 1,3-บิวทาไดอิน ซึ่งเป็นสาร VOCs ที่มีการเฝ้าระวังตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2550 [3] โดยดำเนินการสกัดสาร VOCs จากตัวอย่างดิน น้ำ และอาหารที่มีแหล่งผลิตบริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรม วิเคราะห์และตรวจวัดปริมาณโดยเทคนิค Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) ซึ่งเป็นเทคนิคที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการแยกสูง อีกทั้งสามารถตรวจวัดสารที่มีความเข้มข้นต่ำและสามารถยืนยันผลการวิเคราะห์ได้ด้วยแมสสเปกตรัมซึ่งมีความน่าเชื่อถือสูง นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs โดยเทคนิค purge and trap ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีมาตรฐานในการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs ตามมาตรฐานของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency; EPA) [4-6] โดยงานวิจัยนี้ทำการเก็บตัวอย่างดิน และน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติและอาหารที่มีแหล่งผลิตบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs ที่วิเคราะห์ได้กับค่ามาตรฐานความปลอดภัย และเปรียบเทียบกับนอกเขต

อุตสาหกรรมที่ปราศจากการปนเปื้อนจากสาร VOCs อันสามารถนำมาประเมินถึงผลกระทบของแหล่งอุตสาหกรรมต่อสิ่งแวดล้อมได้ นอกจากนี้งานวิจัยนี้สามารถทำนายความสัมพันธ์ของการแพร่กระจายของสาร VOCs จากแหล่งอุตสาหกรรมสู่อากาศ น้ำ ดินและอาหารที่ประชาชนรับประทานได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวิธีการหาปริมาณสาร VOCs ด้วยเทคนิค GC-MS
2. เพื่อพัฒนาวิธีการสกัดสาร VOCs ในตัวอย่างน้ำ ดินและอาหาร ให้ได้วิธีการสามารถสกัดสารปริมาณน้อยระดับ ppb-ppt ได้
3. เพื่อศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างและวิธีการรักษาตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสาร VOCs
4. เพื่อหาปริมาณสาร VOCs ในตัวอย่างน้ำ ดินและอาหาร
5. เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของสาร VOCs จากอุตสาหกรรมมาบตาพุดสู่สิ่งแวดล้อม
6. เพื่อศึกษาวิธีการแพร่กระจายสาร VOCs จากอุตสาหกรรมสู่สิ่งแวดล้อมและชุมชน

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs 9 ชนิดที่สำคัญได้แก่ ได้แก่ เบนซีน ไวนิลคลอไรด์ 1,2-ไดคลอโรอีเทน ไตรคลอโรมีเทน 1,2-ไดคลอโรโพรเพน เตตระคลอโรเอทิลีน คลอโรฟอร์ม และ 1,3-บิวทาไดอิน โดยอ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (พ.ศ. 2550) [3] ด้วยเทคนิค gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)
2. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดสาร VOCs 9 ชนิดจากตัวอย่างน้ำ ดิน และอาหาร ด้วยเทคนิค purge and trap
3. ศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างและวิธีการรักษาตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์ ปัจจัยที่ศึกษาเช่น อุณหภูมิและเวลาที่เก็บรักษาตัวอย่าง
4. วิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs 9 ชนิดจากตัวอย่างดิน จากแหล่งน้ำธรรมชาติ และตัวอย่างอาหารที่มีแหล่งผลิตจากบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง
5. วิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs 9 ชนิดจากดิน จากแหล่งน้ำธรรมชาติ และตัวอย่างอาหารที่มีแหล่งผลิตจากบริเวณที่ไม่มีการปนเปื้อนของสาร VOCs จากแหล่งอุตสาหกรรม โดยทำการเก็บตัวอย่างจากบริเวณอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี
6. เปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs จากตัวอย่างที่เก็บจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด กับค่ามาตรฐานจากกรมควบคุมมลพิษ
7. เปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs จากตัวอย่างที่เก็บจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดกับตัวอย่างที่ไม่มีการปนเปื้อนจากสาร VOCs จากแหล่งอุตสาหกรรม
8. ทำนายวิธีการแพร่กระจายของสาร VOCs จากอุตสาหกรรม สู่ น้ำ ดิน และอาหาร

ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

เทคนิค gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพการแยกสูงและมีสภาพไวในการตรวจวัดสารปริมาณน้อยในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม (< ppb) ซึ่งเหมาะสำหรับการหาปริมาณสาร VOCs ที่มีปริมาณต่ำที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ข้อมูลจากแมสสเปกโตรเมทรียังช่วยยืนยันผลการระบุชนิดของสารได้อย่างมีความน่าเชื่อถืออีกด้วย (Positive Identification) จึงนิยมใช้เทคนิค GC-MS ในการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม สำหรับวิธีการเตรียมตัวอย่างสาร VOCs นับเป็นวิธีที่มีความยุ่งยากมากเนื่องจากสาร VOCs บางชนิดมีจุดเดือดต่ำ เช่น vinylchloride (-4°C), 1,3-butadiene (-13°C) ทำให้ขั้นตอนการเก็บและเตรียมตัวอย่างต้องมีความระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียระหว่างกระบวนการวิเคราะห์ได้ ปัจจุบันนิยมใช้เทคนิค solid phase microextraction (SPME) หรือเทคนิค SPME ควบคู่กับเทคนิค headspace (HS-SPME) ในการเพิ่มความเข้มข้นและกำจัดตัวทำละลายก่อนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS ซึ่งเทคนิค SPME เป็นเทคนิคที่ง่ายและรวดเร็ว โดย fiber ของเทคนิค SPME จะดูดซับไอของสาร VOCs ระเหยออกมาจากตัวอย่างซึ่งเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของสาร เมื่อต้องการวิเคราะห์จะทำการฉีดเพิ่ม SPME เข้าสู่เครื่อง GC-MS ซึ่งคล้ายกับการฉีดสารละลายทั่วไป อย่างไรก็ตามเทคนิค SPME มีข้อเสียคือราคาของไฟเบอร์ที่ใช้ในการสกัดตัวอย่างมีราคาแพง และมีอายุการใช้งานที่สั้น สำหรับตัวอย่างเทคนิค Purge-and-trap ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์สาร VOCs ตามวิธีมาตรฐานของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (EPA method 5035, EPA method 5030B และ EPA method 8260B) [4-6] ในการเพิ่มความเข้มข้นและกำจัดตัวทำละลาย โดยทำการไล่สาร VOCs ออกจากตัวอย่างด้วยแก๊สเฉื่อยและมาดูดซับบนตัวดูดซับ หลังจากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิเพื่อไล่สาร VOCs ออกจากตัวดูดซับเข้าสู่ GC เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป โดยเทคนิค Purge and trap เป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับในการวิเคราะห์สาร VOCs ที่มีความเข้มข้นระดับต่ำ (ppb-ppt)

การศึกษาปริมาณสาร VOCs ที่แพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ดิน และอาหารที่มีแหล่งผลิตบริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ยังสามารถบอกถึงการปนเปื้อนของสาร VOCs จากอุตสาหกรรมสู่สิ่งแวดล้อมและชุมชนได้ โดยการเปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs ที่ตรวจวัดได้กับค่ามาตรฐานและกับปริมาณสาร VOCs ที่มีในตัวอย่างที่ไม่มีการปนเปื้อนจากแหล่งอุตสาหกรรม นอกจากนี้การศึกษาปริมาณสาร VOCs จากตัวอย่างน้ำ ดิน และอาหารสามารถทำนายวิถีการแพร่กระจายของสารดังกล่าวจากแหล่งอุตสาหกรรมสู่สิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วิธีการวิเคราะห์สาร VOCs ที่เป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ และอาหาร
2. สามารถจัดตั้งเป็นห้องปฏิบัติการสำหรับการตรวจวิเคราะห์สาร VOCs จากตัวอย่างในแหล่งอุตสาหกรรมอื่นๆ นอกเหนือจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เช่น นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี เขตนิคมอุตสาหกรรมบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา

3. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสาร VOCsสามารถนำไปประเมินถึงระดับการปนเปื้อนของสาร VOCsจากแหล่งอุตสาหกรรมสู่สิ่งแวดล้อมและชุมชนได้ ทำให้สามารถเฝ้าระวังและวางแผนการป้องกันการปนเปื้อนของสาร VOCsได้อย่างถูกต้อง
4. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCsสามารถตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติทางเคมีวิเคราะห์และสิ่งแวดล้อมได้เช่น Analytica Chimica Acta หรือ Talanta หรือ Environmental Science and Technology

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สาร VOCs 9 ชนิด ได้แก่ ได้แก่ เบนซิน ไวนิลคลอไรด์ 1,2-ไดคลอโรอีเทน ไตรคลอโรมีเทน 1,2-ไดคลอโรโพรเพน เตตระคลอโรเอทิลีน คลอโรฟอร์ม และ 1,3-บิวทาไดอิน ด้วยเทคนิค GC-MS ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแยก สภาพไวในการตรวจวัด ตลอดจนเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่น้อยที่สุด โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่
 - วิธีการส่วนนําสารตัวอย่างเข้าสู่ GC-MS
 - อุณหภูมิของส่วนนําสาร
 - ชนิดของคอลัมน์ที่ใช้ในการแยก
 - อัตราการไหลของแก๊สพา
 - อุณหภูมิที่ใช้ในการแยกสาร
2. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดสาร VOCs 9 ชนิด ด้วยเทคนิค purge and trap โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสกัด ได้แก่
 - ชนิดของตัวดูดซับ
 - อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด
 - เวลาที่ใช้ในการสกัด
 - อัตราการไหลของแก๊สเฉื่อยที่ใช้ในการสกัด
 - ปริมาตรและน้ำหนักรวบรวมตัวอย่างที่ใช้
 - การเติมเกลือบางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด
 - อุณหภูมิของตัวดูดซับระหว่างการดูดซับ
 - อุณหภูมิของตัวดูดซับที่ทำการ desorp
3. ศึกษา method validation ของวิธีการวิเคราะห์และวิธีการสกัดสารที่ได้ตามวิธีมาตรฐาน AOAC[®] [22] เช่น ซีดจำกัดการตรวจวัด ซีดจำกัดการหาปริมาณ สภาพไวในการตรวจวัด ช่วงที่ให้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ความเที่ยงและความแม่นยำของวิธีการตรวจวัด เป็นต้น
4. วิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs 9 ชนิดในตัวอย่างชนิดต่างๆ ด้วยเทคนิค internal standard method โดยใช้ toluene-d8 เป็นสาร internal standard
5. วิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs 9 ชนิดจากตัวอย่างดิน แหล่งน้ำธรรมชาติ และอาหารที่มีแหล่งผลิตบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง โดยทำการเก็บตัวอย่างทุกเดือน เป็นระยะเวลา 2 ปี บันทึกอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดเบส และสภาพอากาศระหว่างที่มีการเก็บตัวอย่างทุกครั้ง
6. วิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs 9 ชนิดจากตัวอย่างดิน แหล่งน้ำธรรมชาติและอาหาร ที่เก็บจากบริเวณที่ไม่มีการปนเปื้อนจากสาร VOCsจากอุตสาหกรรม โดยเก็บตัวอย่างจากอำเภอนาใหม่ จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยทำ

การเก็บตัวอย่างทุกเดือนเป็นระยะเวลา 2 ปี บันทึกอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดเบส และสภาพอากาศระหว่างที่มีการเก็บตัวอย่างทุกครั้ง

7. เปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs จากตัวอย่างที่เก็บจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด กับค่ามาตรฐานจากกรมควบคุมมลพิษ
8. เปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs จากตัวอย่างที่เก็บจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดกับตัวอย่างที่ไม่มีการปนเปื้อนจากสาร VOCs จากแหล่งอุตสาหกรรม
9. ทำนายวิธีการแพร่กระจายของสาร VOCs จากอุตสาหกรรม สู่น้ำ ดิน และอาหาร

การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำและดิน จากบริเวณมาบตาพุด จังหวัดระยอง

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินและดินบริเวณคลองสาธารณะโดยทำการเก็บตัวอย่างจากคลองสาธารณะก่อนผ่านเขตอุตสาหกรรมและหลังเขตอุตสาหกรรม เพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs ที่อาจจะมีส่วนเกิดจากการปนเปื้อนมาจากน้ำทิ้งแหล่งอุตสาหกรรม ได้แก่ คลองหลอด คลองชากหมาก คลองน้ำพุ คลองสอง คลองบางกระพูนและคลองพูน นอกจากนี้ยังได้เก็บตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดที่มีแหล่งผลิตที่เขตมาบตาพุดด้วย เมื่อเก็บตัวอย่างจะแช่ตัวอย่างมาในตู้แช่แข็ง เมื่อถึงห้องปฏิบัติการจะทำการวิเคราะห์โดยทันทีหรือเก็บตัวอย่างไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20°C

การเก็บตัวอย่างน้ำและดินจากบริเวณอำเภอบ้านฉาง จังหวัดจันทบุรี

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินและดินจากบ้านชาวบ้าน ในเขตตำบลท่าจัญ อำเภอบ้านฉาง จังหวัดจันทบุรี ซึ่งเป็นบ้านชาวบ้านที่อยู่ห่างจากถนนสุขุมวิทประมาณ 500 เมตรและไม่ได้ทำเกษตรกรรมหรืออยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม เมื่อเก็บตัวอย่างจะแช่ตัวอย่างมาในตู้แช่แข็ง เมื่อถึงห้องปฏิบัติการจะทำการวิเคราะห์โดยทันทีหรือเก็บตัวอย่างไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20°C

การเก็บตัวอย่างอาหาร

ทำการเก็บตัวอย่างผักได้แก่ กระเพรา ใบมะกรูด ตำลึง คื่นช่ายและกวางตุ้ง จากบริเวณเขตมาบตาพุดซึ่งมาจากบ้านชาวบ้านและซื้อจากตลาดในเขตมาบตาพุด เมื่อซื้อแล้วบรรจุลงในถุงพลาสติกปิดสนิท และแช่ในตู้แช่แข็ง เมื่อถึงห้องปฏิบัติการจะทำการวิเคราะห์โดยทันทีหรือเก็บตัวอย่างไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20°C