

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 โดยเฉพาะอย่างยิ่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดซึ่งเป็นนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ที่กำลังมีปัญหาเกี่ยวกับผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงและเกิดผลเสียร้ายแรงต่อสิ่งแวดล้อม 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 และอาหารที่มีแหล่งผลิตบริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรมวิเคราะห์และตรวจวัดปริมาณโดยเทคนิค Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) ซึ่งเป็นเทคนิคที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการแยกสูง อีกทั้งสามารถตรวจวัดสารที่มีความเข้มข้นต่ำและสามารถยืนยันผลการวิเคราะห์ได้ด้วยแมสสเปกโตรเมตรีซึ่งมีความน่าเชื่อถือสูง นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs โดยเทคนิค purge and trap ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีมาตรฐานในการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs ตามมาตรฐานของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency; EPA) [4-6] โดยงานวิจัยนี้ทำการเก็บตัวอย่างดิน และน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติและอาหารที่มีแหล่งผลิตบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs ที่วิเคราะห์ได้กับค่ามาตรฐานความปลอดภัย และเปรียบเทียบกับนอกเขตอุตสาหกรรมที่ปราศจากการปนเปื้อนจากสาร 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. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs 9 ชนิดที่สำคัญได้แก่ ได้แก่ เบนซิน ไวนิลคลอไรด์ 1,2-ไดคลอโรอีเทน ไตรคลอโรมีเทน 1,2-ไดคลอโรโพรเพน เตตระคลอโรเอทิลีน คลอโรฟอร์ม และ 1,3-บิวทาไดอีน โดยอ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (พ.ศ. 2550) [3] ด้วยเทคนิค gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสาร 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 สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

เทคนิค gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพการแยกสูงและมีสภาพไวในการตรวจวัดสารปริมาณน้อยในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม ($< \text{ppb}$) ซึ่งเหมาะสำหรับการหาปริมาณสาร VOCs ที่มีปริมาณต่ำที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ข้อมูลจากแมสสเปกตรัมยังช่วยยืนยันผลการระบุชนิดของสารได้อย่างมีความน่าเชื่อถืออีกด้วย (Positive Identification) จึงนิยมใช้เทคนิค GC-MS ในการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม สำหรับวิธีการเตรียมตัวอย่างสาร VOCs นับเป็นวิธีที่มีความยุ่งยากมากเนื่องจากสาร VOCs บางชนิดมีจุดเดือดต่ำ เช่น vinyl chloride (-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 จะดูดซับไอ

การศึกษาปริมาณสาร VOCsที่แพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ดิน และอาหารที่มีแหล่งผลิตบริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ยังสามารถบอกถึงการปนเปื้อนของสาร VOCsจากอุตสาหกรรมสู่สิ่งแวดล้อมและชุมชนได้ โดยการเปรียบเทียบปริมาณสาร VOCsที่ตรวจวัดได้กับค่ามาตรฐานและกับปริมาณสาร VOCsที่มีในตัวอย่างที่ไม่มีการปนเปื้อนจากแหล่งอุตสาหกรรม นอกจากนี้การศึกษาปริมาณสาร VOCsจากตัวอย่างน้ำ ดินและอาหารสามารถทำนายวิถีการแพร่กระจายของสารดังกล่าวจากแหล่งอุตสาหกรรมสู่สิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

1. ได้วิธีการวิเคราะห์สาร VOCsที่เป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำและอาหาร
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

1. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สาร VOCs 9 ชนิด ได้แก่ ได้แก่ เบนซีน ไวนิลคลอไรด์ 1,2-ไดคลอโรอีเทน ไตรคลอโรมีเทน 1,2-ไดคลอโรโพรเพน เตตระคลอโรเอทิลีน คลอโรฟอร์ม และ 1,3-บิวทาไดอีน ด้วยเทคนิค GC-MS ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแยก สภาพโวลในการตรวจวัด ตลอดจนเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่น้อยที่สุด
2. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดสาร VOCs 9 ชนิด ด้วยเทคนิค purge and trap โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพ
3. ศึกษา method validation ของวิธีการวิเคราะห์และวิธีการสกัดสารที่ได้ตามวิธีมาตรฐาน AOAC® [22] เช่น ขีดจำกัดการตรวจวัด ขีดจำกัดการหาปริมาณ สภาพโวลในการตรวจวัด ช่วงที่ให้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ความเที่ยงและความแม่นยำของวิธีการตรวจวัด เป็นต้น

- วิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs 9 ชนิดในตัวอย่างชนิดต่างๆ ด้วยเทคนิค internal standard method โดยใช้ toluene-d8 เป็นสาร internal standard
- วิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs 9 ชนิดจากตัวอย่างดิน แหล่งน้ำธรรมชาติ และอาหารที่มีแหล่งผลิตบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง โดยทำการเก็บตัวอย่างทุกเดือน เป็นระยะเวลา 2 ปี บันทึกอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดเบส และสภาพอากาศระหว่างที่มีการเก็บตัวอย่างทุกครั้ง
- วิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs 9 ชนิดจากตัวอย่างดิน แหล่งน้ำธรรมชาติและอาหาร ที่เก็บจากบริเวณที่ไม่มีการปนเปื้อนจากสาร VOCsจากอุตสาหกรรม โดยเก็บตัวอย่างจากอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่างทุกเดือนเป็นระยะเวลา 2ปี บันทึกอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดเบส และสภาพอากาศระหว่างที่มีการเก็บตัวอย่างทุกครั้ง
- เปรียบเทียบปริมาณสาร VOCsจากตัวอย่างที่เก็บจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด กับค่ามาตรฐานจากกรมควบคุมมลพิษ
- เปรียบเทียบปริมาณสาร VOCsจากตัวอย่างที่เก็บจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดกับตัวอย่างที่ไม่มีการปนเปื้อนจากสาร VOCsจากแหล่งอุตสาหกรรม
- ทำนายวิธีการแพร่กระจายของสาร VOCsจากอุตสาหกรรม สู่ น้ำ ดิน และอาหาร

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์สาร VOCs ด้วยเทคนิค GC-MS และ purge and trap

ได้ทำการวิเคราะห์สาร VOCs 9 ชนิดด้วยเทคนิค GC-MS ใช้การสกัดสาร VOCs จากตัวอย่างสารละลายด้วยเทคนิค purge and trap (PT) โดยสาร VOCs 9 ชนิดมีสมบัติทางกายภาพแสดงในตารางที่ 1 โดยสาร VOCs 9 ชนิดนี้เป็นสารที่มีรายงานการก่อมะเร็งและเป็นสารที่มีการเฝ้าระวังตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2550 เรื่องสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของสาร VOCs 9 ชนิดที่ทำการศึกษา

สาร VOCs	มวลโมเลกุล (g/mol)	จุดเดือด (°C)
1,3-Butadiene ($\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2$)	54.09	-13.4
Vinyl chloride ($\text{H}_2\text{C}=\text{CHCl}$)	62.50	-4.5
Dichloromethane (CH_2Cl_2)	84.93	39.8
Chloroform (CHCl_3)	119.38	61.5
1,2-Dichloroethane ($\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$)	98.96	83
Benzene (C_6H_6)	78.11	80
1,2-Dichloropropane ($\text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{Cl}$)	112.99	96
Trichloroethylene ($\text{ClCH}=\text{CCl}_2$)	131.39	86.7
Tetrachloroethylene ($\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$)	165.83	121

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการแยกและตรวจวัดสาร VOCs 9 ชนิดด้วยเทคนิค GC-MS และพัฒนาเทคนิคการสกัดตัวอย่างด้วยเทคนิค PT เพื่อให้สามารถวิเคราะห์การปนเปื้อนในระดับต่ำ (ระดับ ไมโครกรัมต่อ

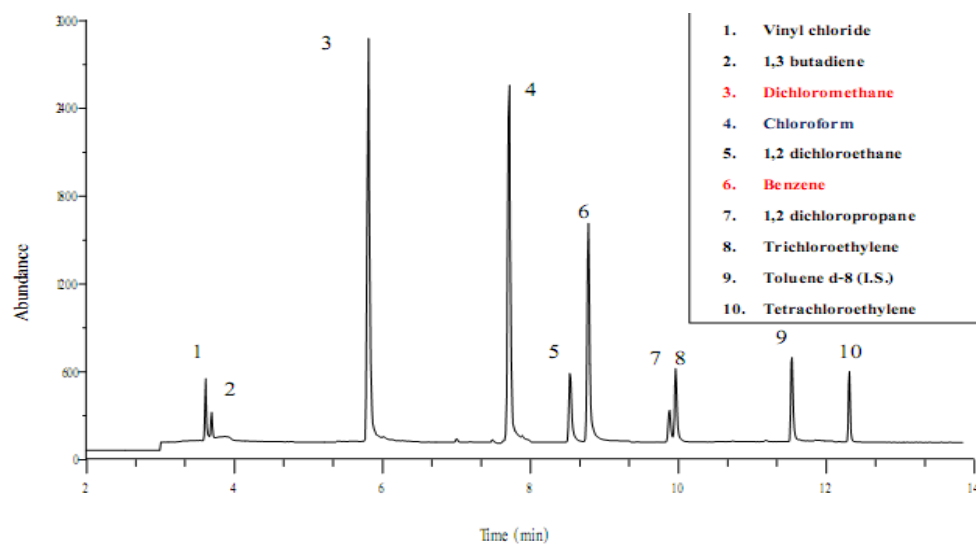
ลิตร) ของสาร VOCs ในตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมได้ โดยสภาวะที่เหมาะสมของเทคนิค GC-MS แสดงดังตารางที่ 2 และ 3 และ สภาวะที่เหมาะสมของเทคนิค PTแสดงดังตารางที่ 4 และสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดตัวอย่างของแข็งดังตารางที่ 5 รูปโครมาโทแกรมแสดงการแยกสาร VOCs 9 ชนิดแสดงดังรูปที่ 1

ตารางที่ 2 สภาวะที่เหมาะสมของ GC-MSที่ใช้ในการแยกสาร VOCs 9 ชนิด

ส่วนฉีดสาร	อุณหภูมิการฉีด 200 องศาเซลเซียส
คอลัมน์	Capillary column HP5-MS ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร ยาว 60 เมตร ความหนาของฟิล์ม 1 ไมโครเมตร
โปรแกรมอุณหภูมิ	เริ่ม 35°C คงที่ 4.50 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 60°C (25°C/นาที) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 90°C (6°C/นาที) และเพิ่มอุณหภูมิเป็น 200°C (50°C/นาที) คงที่เป็นเวลา 1 นาที
แก๊สตัวพา	อัตราการไหล 1.8 มิลลิตรต่อนาที
ดีเทคเตอร์	SIM MODE อุณหภูมิดีเทคเตอร์ 250 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 3 ไอออนที่เลือกสำหรับสาร VOCsใน SIM mode

สารที่วิเคราะห์	Mass (m/z)
Vinyl choride	62
1,3-Butadiene	54
Dichloromethane	84, 86
Chloroform	83, 85
1,2-Dichloroethane	62, 64
Benzene	78, 77
Trichloroethylene	130, 132
1,2-Dichloropropane	63, 62
Tetrachloroethylene	164, 166
Toluene D-8 (I.S.)	98, 100



รูปที่ 1 โครมาโทแกรมแสดงการแยกสาร VOCs 9 ชนิด ด้วยคอลัมน์ HP5-MS ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.32 มิลลิเมตร ยาว 60 เมตรเคลือบด้วยความหนาของฟิล์ม 1 ไมโครเมตร (Toluene-d8 ใช้เป็นสาร internal standard)

ตารางที่ 4 สภาวะที่เหมาะสมของการสกัด VOCs ด้วยเทคนิค PT

ปัจจัยที่ศึกษา	สภาวะที่เหมาะสม
Desorption time	0.5 min
Desorption	180 °C
Extraction time	15 min
Extraction	50 °C
Dry purge time	1 min
Transfer line	180 °C
Bake flow rate (He)	400 mL/min
Bake time	15 min
Trap	VOCARB 3000
Type of sparger	25 mL fritless

ตารางที่ 5 สภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมและสกัดตัวอย่างของแข็ง

ปัจจัยที่ศึกษา	สภาวะที่เหมาะสม
การเติมเกลือ NaCl	3 %w/v
การเติมสาร antiform	0.005 %v/v
เวลาที่ใช้ในการสกัด	5 ชั่วโมง
อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด	0 ± 2 °C
ความเร็วในการปั่นตะกอน	2500 รอบต่อนาที
เวลาในการปั่นตะกอน	4 นาที
การกรองตัวอย่าง	ไม่กรอง

เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมแล้วได้ทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของวิธีการวิเคราะห์ที่ได้พัฒนาขึ้นมา โดยศึกษาขีดจำกัดการตรวจวัด (limit of detection, LOD) ขีดจำกัดการหาปริมาณ (limit of quantification, LOQ), ความเที่ยง (%RSD) และความแม่นยำ (%recovery) ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ข้อมูลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของวิธีการวิเคราะห์

สาร VOCs	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	%RSD (n=10)	%Recovery
Vinyl chloride	0.34	1.12	12	140-165
1,3-Butadiene	1.94	2.62	18	124-144
Dichloromethane	0.17	0.58	20	129-164
Chloroform	0.22	0.74	8	120-133
1,2-Dichloroethane	0.15	0.49	11	95-139
Benzene	0.15	0.50	8	115-134
1,2-Dichloropropane	0.12	0.42	13	89-127
Trichloroethylene	0.17	0.56	10	100-129
Tetrachloroethylene	0.17	0.57	10	91-122

2. การเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อม

การเก็บตัวอย่างน้ำและดิน จากบริเวณมาบตาพุด จังหวัดระยอง

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินและดินบริเวณคลองสาธารณะโดยทำการเก็บตัวอย่างจากคลองสาธารณะก่อนผ่านเขตอุตสาหกรรมและหลังเขตอุตสาหกรรม และบริเวณปากคลองสาธารณะก่อนปล่อยสู่ทะเล นอกจากนี้ยังเก็บตัวอย่างตะกอนดินและน้ำทะเล เพื่อศึกษาการกระจายตัวของสาร VOCs ด้วย นอกจากนี้ยังได้เก็บตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดที่มีแหล่งผลิตที่เขตมาบตาพุดด้วย เมื่อเก็บตัวอย่างจะแช่ตัวอย่างมาในตู้แช่แข็งเมื่อถึงห้องปฏิบัติการจะทำการวิเคราะห์โดยทันทีหรือเก็บตัวอย่างไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20°C

การเก็บตัวอย่างน้ำและดินจากบริเวณอำเภอบ้านฉาง จังหวัดจันทบุรี

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

การเก็บตัวอย่างน้ำและดินจากบริเวณใกล้นิคมอุตสาหกรรมอื่น

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินและตะกอนดิน บริเวณคลองสาธารณะและปากคลองสาธารณะที่มาจากแหลมฉบัง เพื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนของสาร VOCs จากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและนิคมอุตสาหกรรมอื่นๆ

การเก็บตัวอย่างอาหาร

ทำการเก็บตัวอย่างผักได้แก่ กระเพรา ใบมะกรูด ตำลึง ตะไคร้ ข่าและผลไม้ได้แก่ มะละกอ ถั่วฝักยาว มะม่วงจากบริเวณเขตมาบตาพุดซึ่งมาจากบ้านชาวบ้านและซื้อจากตลาดในเขตมาบตาพุด เมื่อซื้อแล้วบรรจุลงในถุงพลาสติกปิดสนิท และแช่ในตู้แช่แข็ง เมื่อถึงห้องปฏิบัติการจะทำการวิเคราะห์โดยทันทีหรือเก็บตัวอย่างไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20°C

การเก็บตัวอย่างจากพื้นที่มาบตาพุดและจากอำเภอบ้านฉาง จังหวัดจันทบุรีจะเก็บตัวอย่างจำนวน 12 ครั้ง โดยตัวอย่างจากพื้นที่มาบตาพุดและบริเวณใกล้เคียงเช่น ตำบลบ้านฉาง เก็บตัวอย่าง 252 ตัวอย่าง เป็นดิน 12 ตัวอย่าง แหล่งน้ำธรรมชาติ 24 ตัวอย่าง น้ำดื่ม 6 ตัวอย่าง อาหาร(ผักและผลไม้) 210 ตัวอย่างและตัวอย่างจากน้ำบ่อต้น ดินและอาหารได้แก่กระเพราจากเขตอำเภอบ้านฉาง จังหวัดจันทบุรี จำนวน 48 ตัวอย่าง ได้แก่ ดิน 12 ตัวอย่าง น้ำบ่อต้น 12 ตัวอย่างและกระเพรา 24 ตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์สาร VOCs ในตัวอย่างอาหาร

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs ในตัวอย่างอาหาร ดินและน้ำที่เก็บจากบริเวณใกล้นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ในตัวอย่างผักและผลไม้พบสาร VOCs จำนวน 5 ชนิดได้แก่ dichloromethane, chloroform, benzene, 1,2-dichloroethane และ tetrachloroethylene ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สาร VOCs ที่พบในตัวอย่างอาหารในพื้นที่มาบตาพุดทั้งหมด (n=210)

สาร VOCs	จำนวนที่พบ	ความเข้มข้นที่พบ ($\mu\text{g/kg}$)			
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
dichloromethane	82	4.02	2.30	11.3	0.70
chloroform	10	1.39	0.34	3.20	0.50
benzene	67	1.49	1.07	9.40	0.10
1,2-dichloroethane	5	0.41	0.40	0.88	0.10
tetrachloroethylene	8	0.16	0.10	0.50	0.10

สำหรับปริมาณสาร VOCs ที่พบแยกตามชนิดของผักและผลไม้แสดงดังตารางที่ 8-12 โดยข้อมูลที่ตรงจไม่พบหมายถึงค่าที่ได้ต่ำกว่าค่าขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีการวิเคราะห์นี้ โดยผักและผลไม้ที่ทำการศึกษาได้แก่ กระเพรา ใบมะกรูด ตำลึง ตะไคร้ ข่า ชนิดละ 36 ตัวอย่าง สำหรับผลไม้ มะละกอและกล้วยชนิดละ 12 ตัวอย่าง และมะม่วง จำนวน 6 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบสาร VOCs ในผักที่มีน้ำมันหอมระเหยเช่น กระเพรา ตะไคร้ ข่า มากกว่าผักที่ไม่มีน้ำมันหอมระเหยเช่นตำลึง โดยพบสาร dichloromethane ในตะไคร้จำนวนมากที่สุด แต่พบความเข้มข้นของ dichloromethane ในมะกรูดและตำลึงมากที่สุดซึ่งอาจจะเป็นเพราะใบมะกรูดและตำลึงมีพื้นที่ผิวมากและมีน้ำหนักร้อย จึงมีโอกาสดูดซับสาร VOCs จากอากาศและสาร VOCs ที่อยู่ในฝุ่นละอองขนาดเล็กได้มากกว่า สำหรับผลไม้พบสาร dichloromethane ในจำนวนที่ใกล้เคียงกันแต่พบปริมาณ dichloromethane ในตัวอย่างมะม่วงมากที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นเพราะมะม่วงมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศมากกว่าผลไม้ชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามการกระจายตัวของความเข้มข้น dichloromethane ในมะม่วงมีค่ามาก (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.31) ซึ่งทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนได้สูง จึงควรศึกษาในเชิงลึกต่อไปเช่นเพิ่มจำนวนตัวอย่างให้มากขึ้น

ตารางที่ 8 ปริมาณสาร dichloromethane แยกตามชนิดของผักและผลไม้

ชนิดผักและผลไม้	จำนวนที่พบ	ปริมาณ dichloromethane ที่พบ($\mu\text{g/kg}$)		
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ช่วงความเข้มข้น
กระเพรา	13	3.25	1.66	0.8-5.9
มะกรูด	8	5.21	3.52	1.9-11.3
ตำลึง	6	5.45	3.39	2.8-9.9
ตะไคร้	23	3.75	2.81	0.7-9.2
ข่า	17	3.87	2.84	0.7-9.7
มะละกอ	10	1.76	0.91	0.7-3.6
กล้วย	8	3.44	1.18	1.4-5.2
มะม่วง	2	4.35	4.31	1.3-7.4

สำหรับสาร chloroform พบในผักเพียงชนิดเดียวคือ มะกรูด และพบในผลไม้คือมะละกอเพียงชนิดเดียว สำหรับ benzene พบในข้าว กระเพรา และตะไคร้จำนวนใกล้เคียงกัน แต่พบปริมาณ benzene ใน ข้าวและตำลึงมากกว่ามะกรูดและตะไคร้ สำหรับผลไม้พบในมะละกอมากที่สุด อย่างไรก็ตามผลการศึกษาปริมาณของ benzene มีการกระจายตัวของความเข้มข้นมากที่สุด แสดงให้เห็นว่า การปนเปื้อนของสาร benzene มีความเบี่ยงเบนของข้อมูลมากจึงทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลผิดพลาดได้

ตารางที่ 9 ปริมาณสาร chloroform แยกตามชนิดของผักและผลไม้

ชนิดผักและผลไม้	จำนวนที่พบ	ปริมาณ chloroform ที่พบ($\mu\text{g}/\text{kg}$)		
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วงความเข้มข้น
กระเพรา	-	-	-	-
มะกรูด	7	2.22	0.65	1.6-3.2
ตำลึง	-	-	-	-
ตะไคร้	-	-	-	-
ข้าว	-	-	-	-
มะละกอ	3	0.57	0.04	0.5-0.6
กล้วย	-	-	-	-
มะม่วง	-	-	-	-

ตารางที่ 10 ปริมาณสาร benzene แยกตามชนิดของผักและผลไม้

ชนิดผักและผลไม้	จำนวนที่พบ	ปริมาณ benzene ที่พบ($\mu\text{g}/\text{kg}$)		
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วงความเข้มข้น
กระเพรา	14	2.01	1.81	0.1-5.6
มะกรูด	10	0.68	0.48	0.1-1.5
ตำลึง	3	2.60	0.29	2.4-2.9
ตะไคร้	13	0.73	0.64	0.1-1.6
ข้าว	15	2.59	2.62	0.4-9.4
มะละกอ	5	1.46	1.69	0.1-4.7
กล้วย	4	0.53	0.32	0.2-0.9
มะม่วง	3	1.32	0.72	0.3-2.2

สำหรับ 1,2-dichloroethane พบเฉพาะในใบมะกรูดจำนวน 5 ตัวอย่างและพบจากการเก็บตัวอย่างเพียง 2 ครั้ง ซึ่งทำให้ไม่สามารถบอกแนวโน้มการปนเปื้อนและสาเหตุของ 1,2-dichloroethane ได้อย่างแน่นอน นอกจากนี้ สำหรับ tetrachloroethylene พบในตัวอย่าง 3 ชนิดได้แก่ มะกรูด ตะไคร้และข้าว นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบสาร chloroform 1,2-dichloroethane และ

tetrachloroethylene มีจำนวนน้อยกว่าสาร dichloromethane และ benzene อย่างมีนัยสำคัญซึ่งแสดงให้เห็นถึงปัญหาการปนเปื้อนของสาร VOCs ในตัวอย่างผักและผลไม้ได้แก่ dichloromethane และ benzene มากกว่า สาร VOCs ชนิดอื่นๆ

ตารางที่ 11 ปริมาณสาร 1,2-dichloroethane แยกตามชนิดของผักและผลไม้

ชนิดผักและผลไม้	จำนวนที่พบ	ปริมาณ 1,2-dichloroethane ที่พบ($\mu\text{g}/\text{kg}$)		
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วงความเข้มข้น
กระเพรา	-	-	-	-
มะกรูด	5	0.41	0.40	0.10-0.88
ตำลึง	-	-	-	-
ตะไคร้	-	-	-	-
ข่า	-	-	-	-
มะละกอ	-	-	-	-
กล้วย	-	-	-	-
มะม่วง	-	-	-	-

ตารางที่ 12 ปริมาณสาร tetrachloroethylene แยกตามชนิดของผักและผลไม้

ชนิดผักและผลไม้	จำนวนที่พบ	ปริมาณ tetrachloroethylene ที่พบ($\mu\text{g}/\text{kg}$)		
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วงความเข้มข้น
กระเพรา	-	-	-	-
มะกรูด	4	0.25	0.17	0.10-0.50
ตำลึง	-	-	-	-
ตะไคร้	3	0.13	0.05	0.10-0.20
ข่า	1	0.10-	-	0.1
มะละกอ	-	-	-	-
กล้วย	-	-	-	-
มะม่วง	-	-	-	-

ผลการวิเคราะห์สาร VOCs ในตัวอย่างกระเพราที่เก็บจากเขตอำเภอท่าใหม่ ไม่พบสาร VOCs ทุกชนิดปนเปื้อนในตัวอย่าง (ต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัด) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของสาร VOCs จากสิ่งแวดล้อมสู่อาหาร โดยข้อมูลปริมาณของสาร VOCs ที่ปนเปื้อนในบรรยากาศบริเวณมาตาพุด ซึ่งเป็นข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ พบการปนเปื้อนของสาร VOCs ในอากาศแสดงดังตารางที่ 13 และค่ามาตรฐานสาร VOCs ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติแสดงในตารางที่ 14 พบว่า 1,3-butadiene และ 1,2-dichloroethane และ benzene มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานในบางปี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง benzene พบการ

ปนเปื้อนที่เกินค่ามาตรฐานจำนวนมากที่สุด จึงทำให้ผลการวิเคราะห์สาร VOCs ในตัวอย่างผักและผลไม้จึงพบสาร benzene จำนวนมาก นอกจากนี้ถึงแม้ว่า 1,3-butadiene จะพบเกินค่ามาตรฐานในบรรยากาศแต่ไม่พบในตัวอย่างผักและผลไม้เนื่องจาก 1,3-butadiene เป็นสารที่มีจุดเดือดต่ำ (-13 องศาเซลเซียส) จึงทำให้สาร 1,3-butadiene คงตัวอยู่ในบรรยากาศมากกว่า น้ำ ดิน หรือ อาหาร นอกจากนี้ถึงแม้ว่าปริมาณ dichloromethane ในบรรยากาศของเขตมาบตาพุดจะไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่ข้อมูลยังพบปริมาณ dichloromethane อยู่ในระดับสูงเมื่อเทียบกับ benzene จึงทำให้พบ dichloromethane ในตัวอย่างผักและผลไม้ที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงรายปีของสาร VOCs 9 ชนิด ระหว่างปี 2550-2557 (ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ)

สารอินทรีย์ระเหยง่าย	ค่าความเข้มข้นในบรรยากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มก/บล.ม.)							
	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557
Vinyl chloride	1.20	1.40	0.94	2.70	1.00	0.92	100	0.52
1,3-Butadiene	0.57	0.53	0.54	0.43	0.78	1.40	0.70	1.9
Dichloromethane	0.82	1.70	30	0.85	1.10	4.30	2.20	13.00
Chloroform	0.18	0.07	0.13	0.23	0.64	0.52	0.24	0.15
1,2-dichloroethylene	21	5.9	1.6	0.94	1.30	1.00	2.9	3.00
Benzene	3.8	3.0	3.8	4.1	6.3	5.3	5.3	5.4
Trichloroethylene	0.18	0.17	0.16	0.34	0.28	1.2	0.24	0.45
1,2-dichloropropane	0.14	0.11	0.05	0.27	0.33	0.41	0.18	0.09
tetrachloroethylene	0.17	0.09	0.22	0.30	0.13	0.13	0.18	0.20

4. การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและดิน

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำผิวดินจากคลองสาธารณะ บ่อน้ำของประชาชนในพื้นที่และดินบริเวณใกล้คลองสาธารณะ ไม่พบปริมาณสาร VOCs ทุกชนิดในทุกตัวอย่าง สำหรับตัวอย่างน้ำและดินจากอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรีไม่พบสาร VOCs ทุกชนิดเช่นเดียวกัน ซึ่งบอกได้ว่าสาร VOCs ไม่เสถียรเมื่ออยู่ในน้ำผิวดิน และดินเนื่องจากสาร VOCs เป็นสารที่ระเหยเป็นไอได้ง่าย ดังนั้นเมื่อถูกความร้อนเช่นจากแสงแดด จึงระเหยออกจากตัวอย่างน้ำ (ผิวน้ำ) และดิน เข้าสู่อากาศ จึงทำให้มีสาร VOCs ในตัวอย่างน้ำและดินในปริมาณน้อยกว่าขีดจำกัดการตรวจวัดของงานวิจัยนี้

ตารางที่ 14 ค่ามาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทย

สารอินทรีย์ระเหยง่าย	ในบรรยากาศทั่วไป ในเวลา 1 ปี ⁽¹⁾ (ไม่โครกรัมต่อลูก บาศก์เมตร)	ในบรรยากาศทั่วไปใน เวลา 24 ชั่วโมง ⁽²⁾ (ไม่โครกรัมต่อลูก บาศก์เมตร)	น้ำใต้ดิน ⁽³⁾ (ไม่โครกรัมต่อ ลิตร)	ดิน ⁽⁴⁾ (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)
เบนซีน (Benzene)	1.7	7.6	5	6.5
ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	10	20	-	-
1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	0.4	48	5	3.5
ไตรคลอโรเอทิลีน (Trichloroethylene)	23	130	5	28
ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	22	210	5	89
1,2-ไดคลอโรโพรเพน (1,2-Dichloropropane)	4	82	-	-
เตตระคลอโรเอทิลีน (Tetrachloroethylene)	200	400	5	57
คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	0.43	57	-	-
1,3-บิวทาไดอีน (1,3-Butadiene)	0.33	5.3	-	-

(1) ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 30 (พ.ศ. 2550) เรื่องกำหนดมาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี,

(2) ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่องกำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง

(3) ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

(4) ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน

5. การเปรียบเทียบสาร VOCs ในผักที่ปลูกในมาบตาพุดและผักที่ซื้อจากตลาด

เพื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนของสาร VOCs จากอุตสาหกรรม ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาสาร VOCs 9 ชนิดในตัวอย่างผักที่ปลูกในพื้นที่และที่จำหน่ายในตลาด โดยเก็บตัวอย่างผัก 3 ชนิดได้แก่ ผักบุ้ง ผักกวางตุ้งและคะน้าเนื่องจากผักทั้ง 2 ชนิดเป็นผักที่มีการปลูกโดยประชาชนในพื้นที่มาบตาพุด และซื้อผัก 3 ชนิดดังกล่าวจากตลาดมาบตาพุด ในวันเดียวกันที่เก็บผักจากแปลงผักของประชาชนในพื้นที่ ผลการศึกษพบสาร VOCs 5 ชนิดได้แก่ dichloromethane chloroform 1,2-dichloroethane benzene และ tetrachloroethylene

ผลดังตารางที่ 15 โดยพบว่า dichloromethane chloroform และ benzene จากผักที่ปลูกในพื้นที่มาบตาพุดมีค่ามากกว่าผักที่ซื้อมาจากตลาดอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับผักทั้ง 3 ชนิดที่ทำการศึกษา ในสาร 1,2-dichloroethane พบในผักบุงที่ปลูกในพื้นที่เท่านั้น แต่ tetrachloroethylene ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผักที่ปลูกในพื้นที่และผักที่ซื้อมาจากตลาด ข้อมูลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการปนเปื้อนของสาร VOCs ในตัวอย่างอาหารมีสาเหตุหลายประการ เช่นสิ่งแวดล้อม (อากาศ น้ำ ดิน) ระหว่างการเพาะปลูก รวมถึงระหว่างการขนส่งด้วย ในงานวิจัยนี้ไม่สามารถระบุแหล่งเพาะปลูกของผักที่ซื้อจากตลาดได้เนื่องจากแม่ค้าผู้จำหน่ายผักจะซื้อผักมาจากพ่อค้าคนกลางอีกต่อหนึ่งจึงไม่สามารถสอบกลับถึงแหล่งเพาะปลูกได้ว่ามีการปนเปื้อนสาร VOCs จากอุตสาหกรรมหรือไม่ อย่างไรก็ตามจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงการปนเปื้อนที่เกิดจากอุตสาหกรรมในนิคมมาบตาพุดด้วยสาเหตุหนึ่ง

ตารางที่ 15 ผลความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่พบในผักที่ปลูกที่บ้านและซื้อจากตลาด

ตัวอย่าง		ความเข้มข้น (µg/kg)				
		Dichloromethane	Chloroform	1,2-dichloroethane	Benzene	Tetrachloro-ethylene
ผักบุง	ตลาด	ND	ND	ND	52±19	187±45
	ปลูกเอง	387±88	n.d.	188±35	212±53	220±52
ผักกวางตุ้ง	ตลาด	41±10	56±22	ND	94±8	185±28
	ปลูกเอง	229±49	124±18	ND	112±3	183±12
คะน้า	ตลาด	ND	38±5	ND	65±11	139±12
	ปลูกเอง	51±24	58±8	ND	252±12	140±6

6. การเปรียบเทียบสาร VOCs ในพื้นที่มาบตาพุดกับเขตอุตสาหกรรมอื่น

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการปนเปื้อนของสาร VOCs จากพื้นที่มาบตาพุด โดยเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดินจากคลองตากวน ซึ่งผ่านนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เก็บน้ำทะเลบริเวณใกล้ปากคลองตากวน และเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่เพาะเลี้ยงในบริเวณดังกล่าว และเก็บตัวอย่างน้ำจากคลองสาธารณะที่มาจากนิคมแหลมฉบังรวมถึงเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่เลี้ยงในบริเวณดังกล่าว มาศึกษาการปนเปื้อนของสาร VOCs ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 16 และ 17 กราฟเปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs ในหอยแมลงภู่ ในพื้นที่มาบตาพุดและแหลมฉบังแสดงดังรูปที่ 2-4 โดยตัวอย่างน้ำไม่พบสาร VOCs ในทุกตัวอย่างน้ำจากมาบตาพุดแต่พบ chloroform ในพื้นที่แหลมฉบัง น้ำทะเลไม่พบสาร VOCs ในทุกตัวอย่าง สำหรับตะกอนดินพบ dichloromethane และ benzene ในตะกอนดินบริเวณปากคลองตากวนและบริเวณใกล้คลองตากวน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสาร VOCs ที่ปนเปื้อนจากแหล่งอุตสาหกรรมสามารถตกตะกอนและสะสมอยู่ในตะกอนดินได้

นอกจากนี้เมื่อศึกษาปริมาณสาร VOCs ในหอยแมลงภู่ที่เลี้ยงบริเวณปากคลองพบสาร dichloromethane chloroform และ benzene ในปริมาณสูงกว่าตัวอย่างชนิดอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าหอยแมลงภู่มีการสะสมสาร VOCs และสะสมในเนื้อเยื่อของหอย โดยพบปริมาณ dichloromethane และ benzene ในหอยแมลงภู่จากแหลมฉบังสูงกว่ามาบตาพุด และพบปริมาณ chloroform จากหอยแมลงภู่จากมาบตาพุดสูงกว่าแหลมฉบัง ซึ่งแสดงให้เห็นว่านิคมอุตสาหกรรมอื่นนอกเหนือจากนิคมมาบตาพุดยังคงมีปัญหาของสาร VOCs สู่สิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกันและจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไปในเชิงลึกถึงสาเหตุของการปนเปื้อนเพื่อหาแนวทางป้องกันต่อไป

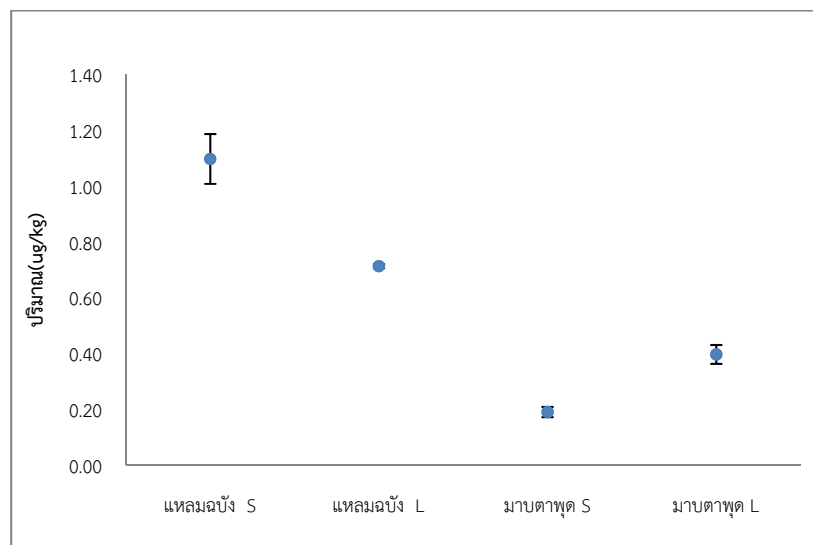
ตารางที่ 16 สาร VOCs ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำ น้ำทะเลและตะกอนดินจากพื้นที่มาบตาพุดและแหลมฉบัง

ตัวอย่าง		dichloromethane		chloroform		benzene	
		เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD
น้ำ							
มาบตาพุด	ปากคลองตากวน	ND		ND		ND	
	ห่างปากคลองตากวน 200 m	ND		ND		ND	
	ห่างปากคลองตากวน 1 km	ND		ND		ND	
	บ่อน้ำใกล้คลองตากวน	ND		ND		ND	
แหลมฉบัง	คลองจากนิคมแหลมฉบัง	ND		0.20	0.01	ND	
	ปากคลองนิคมแหลมฉบัง	ND		ND		ND	
น้ำทะเล							
มาบตาพุด	หาดตากวน	ND		ND		ND	
	ปากคลองตากวน	ND		ND		ND	
	หาดทรายทองด้านติดนิคม						
	มาบตาพุด	ND		ND		ND	
บ้านฉาง	หาดทรายทองด้านบ้านฉาง	ND		ND		ND	
	หาดพะยูน	ND		ND		ND	
แหลมฉบัง	นิคมแหลมฉบัง	ND		ND		ND	
ตะกอนดิน							
มาบตาพุด	ปากคลองตากวน	0.76	0.06	ND		2.53	0.10
	บ่อน้ำใกล้คลองตากวน	0.54	0.05	ND		2.13	0.19

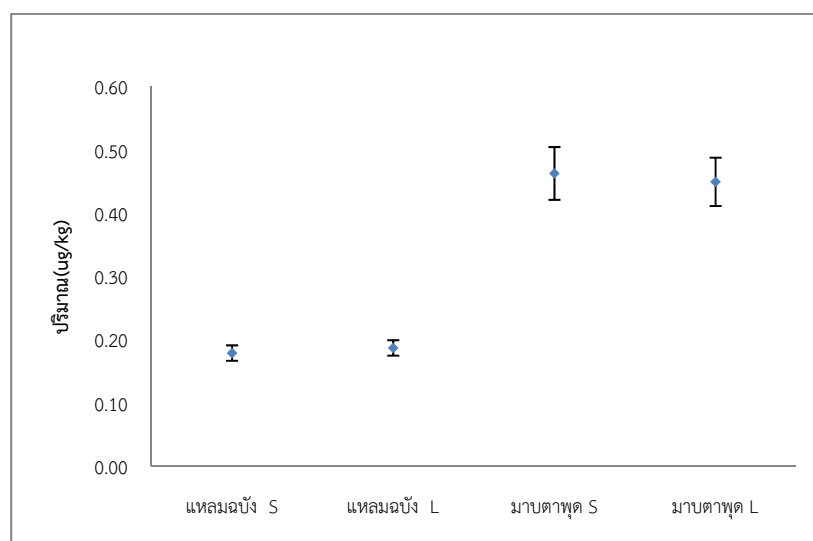
ตารางที่ 17 ปริมาณสาร VOCs ที่ตรวจพบในตัวอย่างหอยแมลงภู

ตัวอย่างหอย	ปริมาณสาร VOCs ($\mu\text{g/kg}$)					
	Dichloromethane		Chloroform		Benzene	
	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD
แหลมฉบัง S	1.10	0.09	0.18	0.01	4.21	0.37
แหลมฉบัง L	0.71	0.01	0.19	0.01	2.98	0.11
มาบตาพุด S	0.19	0.02	0.46	0.04	0.91	0.05
มาบตาพุด L	0.40	0.03	0.45	0.04	1.84	0.16

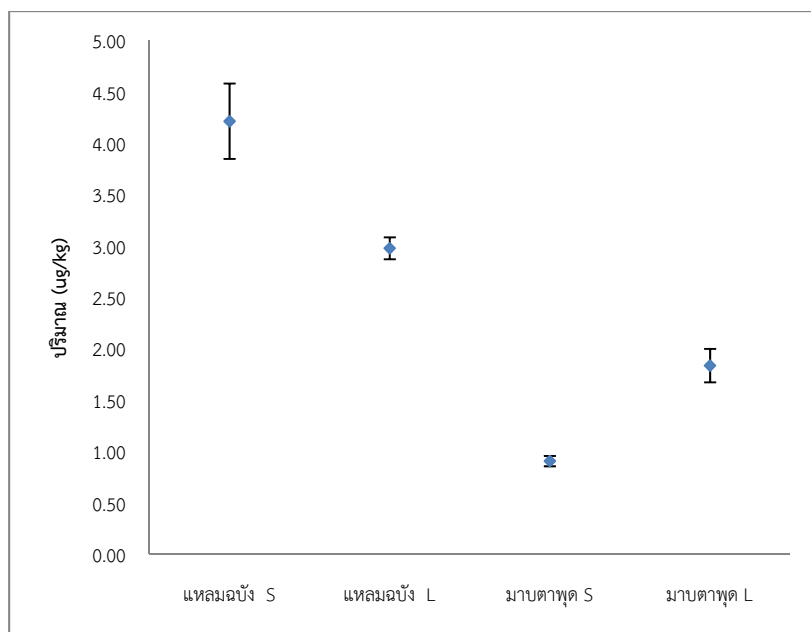
หมายเหตุ S :หอยขนาดเล็ก L: หอยขนาดใหญ่



รูปที่ 2 ปริมาณสาร dichloromethane ในตัวอย่างหอยแมลงภู



รูปที่ 3 ปริมาณสาร chloroform ในตัวอย่างหอยแมลงภู



รูปที่ 4 ตัวอย่าง benzene ในตัวอย่างหอยแมลงภู

7. การเปรียบเทียบการปนเปื้อนของสาร VOCs กับค่ามาตรฐาน

ผลการศึกษาไม่พบการปนเปื้อนที่เกินค่ามาตรฐานของประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติของสาร VOCs ในตัวอย่างน้ำและดินจากตัวอย่างในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด แต่ตรวจพบการปนเปื้อนของสาร VOCs ในตัวอย่างอาหาร แต่การปนเปื้อนดังกล่าวอยู่ในระดับไมโครกรัมต่อกิโลกรัมซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่ต่ำมาก และไม่พบรายงานค่ามาตรฐานการปนเปื้อนของสาร VOCs ในตัวอย่างอาหารทั้งของประเทศไทยและต่างประเทศ จึงไม่ทำให้ไม่สามารถบอกระดับความเป็นอันตรายจากการบริโภคอาหารที่มีสาร VOCs ปนเปื้อนได้ อย่างไรก็ตามถ้าประชาชนบริโภคอาหารและน้ำที่มีการปนเปื้อนสาร VOCs สามารถลดการปนเปื้อนได้โดยการให้ความร้อนเช่นการทำให้สุก หรือในกรณีการรับประทานผักหรือผลไม้สด ควรล้างออกด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้งเพื่อลดปริมาณสาร VOCs ที่อยู่บริเวณผิวหนังนอกของผักและผลไม้นี้ดังกล่าว

8. การทำนายการแพร่กระจายของสาร VOCs จากอุตสาหกรรมสู่สิ่งแวดล้อม

สาร VOCs เป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อม มันใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเคมีภัณฑ์และพอลิเมอร์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหลักของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และใช้เป็นตัวทำละลายอินทรีย์สำหรับการผลิตในอุตสาหกรรมหลายชนิดเช่นอุตสาหกรรมยาง สารทำความสะอาด และเป็นสารที่อยู่ในกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบด้วย นอกจากนี้สาร VOCs บางชนิด เช่น benzene ยังเป็นผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ดังนั้นการปนเปื้อนของสาร VOCs ในสิ่งแวดล้อมจึงมีหลายสาเหตุ สำหรับการปนเปื้อนของสาร VOCs จากอุตสาหกรรม มาจากหลายทิศทาง คือ

- (1) ทางอากาศจากการปล่อยไอเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม จากการรั่วไหลตามระบบท่อส่งแก๊สของโรงงานอุตสาหกรรมหรือการขนส่งน้ำมัน สาร VOCs เหล่านี้จะเข้าบรรยากาศ การแพร่กระจายจะขึ้นกับทิศทางลม โดยจะพบว่าปริมาณสาร VOCs ในอากาศบริเวณใกล้แหล่งปนเปื้อนจะมีค่าสูงกว่าบริเวณที่ห่างกัน
- (2) ทางน้ำ จากการปนเปื้อนออกมาพร้อมน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม สาร VOCs ในน้ำจะตกตะกอนสะสมอยู่ในชั้นของตะกอนดินใต้แหล่งน้ำ และอยู่ในน้ำบาดาล สำหรับน้ำผิวดินมักจะไม่มีพบสาร VOCs

เนื่องจากเมื่อสาร VOCs ที่อยู่ในผิวน้ำจะได้รับความร้อนจากแสงแดดทำให้สาร VOCs เหล่านั้นระเหยเข้าสู่บรรยากาศต่อไป

- (3) จากการชะสาร VOCs จากบรรยากาศสู่พื้นดิน เกิดจากสาร VOCs ที่อยู่ในอากาศหรือเกาะอยู่กับฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ลอยฟุ้งอยู่ในอากาศตกลงมายังแหล่งน้ำและดิน ทำให้สาร VOCs กระจายได้ทั่วบริเวณ และสาเหตุอีกประการหนึ่งคือจากฝนที่ชะสาร VOCs จากอากาศ ดังนั้นน้ำฝนในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสาร VOCs ในอากาศไม่ควรนำมาอุปโภคหรือบริโภคโดยตรง ควรให้ความร้อนก่อนเพื่อกำจัดสาร VOCs ให้ลดลง

สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการปนเปื้อนของสาร VOCs 9 ชนิดในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม ด้วยเทคนิค GC-MS และ purge and trap ผลการศึกษาพบว่าการปนเปื้อนของสาร VOCs ในตัวอย่างน้ำ ดิน และอาหารมีระดับต่ำ (ระดับไมโครกรัมต่อลิตร หรือไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังพบว่านอกจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดแล้วยังมีแหล่งอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่อาจมีปัญหการปนเปื้อนของสาร VOCs ด้วย ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาและติดตามเฝ้าระวังต่อไป

การเผยแพร่งานวิจัย

ส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ได้เผยแพร่ในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ในการประชุม International Congress on Chemical, Biological and Environmental Sciences (ICCBES) สถานที่จัดประชุมเมืองเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น มีกำหนดการประชุมระหว่างวันที่ .7-9 พฤษภาคม 2558 ชื่อหัวข้องานวิจัยที่นำไปเสนอ **Determination of VOCs in Environmental Samples by Purge and Trap-Gas Chromatography Mass Spectrometry** และได้เผยแพร่ในรูปแบบของ full proceeding ในการประชุมดังกล่าว ดังภาคผนวก

เอกสารอ้างอิง

- ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช และคณะ (2544). สารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนและสุขภาพ, พิษวิทยาสาร.
Cockerham, L. G., Shane, B. S. (1994). Basic Environmental Toxicology, CRC Press Inc. USA.
ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 30 (28 กันยายน พ.ศ. 2550) เรื่องกำหนดมาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี, ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 หน้า 24-25.
Environmental Protection Agency 1(1996); EPA method 5030B สืบค้นจาก www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/5030b.pdf
Environmental Protection Agency 1(1996); EPA method 5035 สืบค้นจาก www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/5035.pdf
Environmental Protection Agency 1(1996); EPA method 8260B สืบค้นจาก www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/8260b.pdf

Yang, K-L., Lai, C., Wang, J-L. (2004). Construction and validation of an automated spray-and trap gas chromatograph for the determination of volatile organic compounds in aqueous samples. *Journal of Chromatography A*, 1027, 41-48.

Dewulf, J., Langenhove, H. V. (2002). Analysis of volatile organic compounds using gas chromatography. *Trends in Analytical Chemistry*, 21, 637-644.

Azucena, L-G., Jose, E. S-U., Eva, S-G., Alfredo S-M. (2008). Critical comparison of automated purge and trap and solid phase microextraction for routine determination of volatile organic compounds in drinking waters by GC-MS. *Talanta*, 74, 1455-1462.

Kuo, H.W., Chiang T. F., Lo, I. I., Lai, J. S., Chan, C. C., Wang, J. D., (1997). VOC concentration in Taiwan household drinking water. *The Science of the Total Environment*, 208, 41-47.

Nakamara, S., Daishima, S. (2005). Simultaneous determination of 22 volatile organic compounds, methyl-tert-butyl ether, 1,4-dioxane, 2-methylisoborneol and geosmin in water headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 548, 79-85.

Antoniou, C. V., Koukouraki, E. E., Diamadopoulos, E. (2006). Determination of chlorinated volatile organic compounds in water and municipal wastewater using headspace-solid phase microextraction-gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1132, 310-314.

Niri, V. H., Bragg, L., Pawliaszyn, J. (2008). Fast analysis of volatile organic compounds and disinfection by-products in drinking water using solid-phase microextraction-gas chromatography/time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1201, 222-227.

Huybrechts, T., Dewulf, J., Langenhove, H. V. (2003). State-of-the-art of gas chromatography-based methods for analysis of anthropogenic volatile organic compounds in estuarine waters, illustrated with the river Scheldt as an example. *Journal of Chromatography A*, 1000, 283-297.

Kuran, P., and Sojak L. (1996). Environmental analysis of volatile organic compounds in water and sediment by gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 733, 119-141.

Fleming-Jones, M. E. and Smith, R. E. (2003). Volatile organic compounds in foods: a five year study. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 8120-8127.

Couch, M. W., Schmidt, C. J. and Wasdo, S. C. (2000). A comparison of sampling techniques for VOCs in soil. *Advances in Environmental Research*, 4, 97-102.

Belanger, J. M. R., Rare, J. R. J., Turpin, R., Schaefer, J., Chuang, C. W. (2007). Evaluation of microwave-assisted process technology for HAPSITE's headspace analysis of volatile organic compounds (VOCs). *Journal of Hazardous Materials*, 145, 336-338.

Demeestere, K., Dewulf, J., De Roo, K., Wispelaere, P. D., and Landenhove, H. V., (2008). Quality control in quantification of volatile organic compounds analysed by thermal

desorption-gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1186, 348-357.

Liu, H-W., Liu, Y-T., Wu, B-Z., Nian, H.-C., Chen, H.-J., Chiu, K.-H., Lo, J.-G., (2010). Process sampling module coupled with purge and trap-GC-FID for in situ auto-monitoring of volatile organic compounds in wastewater. *Talanta*, 80, 903-908.

Gallego, E., Roca, F. J., Perales, J. F., Guardino, X., (2010). Comparative study of the adsorption performance of a multi-sorbent bed (carbotrap, carbopack X, Carboxen 569) and a Tenax TA adsorbent tube for the analysis of volatile organic compounds (VOCs). *Talanta*, 81, 916-924.

AOAC international (2000). AOAC® Peer-Verified method program: manual on policies and procedure. The United of America.

ภาคผนวก

เอกสารเผยแพร่งานวิจัย