

เทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณสาร BTEX จากอุปกรณ์เก็บอากาศแบบพาสซีฟ

วิญญู จิตสัมพันธเวช¹ วิหัย สมบูรณ์¹ ภิญทิรา เกตุแก้ว¹
ประภา เทพสินทรพสกุล² และ อภิษฎา มุ่งพัฒนกิจ²
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

การตรวจวัดสาร BTEX จากอุปกรณ์เก็บอากาศแบบพาสซีฟ จำเป็นต้องเลือกวิธีการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพดี เนื่องจากสาร BTEX ในอุปกรณ์มีปริมาณน้อยมาก งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่างๆ ในการวิเคราะห์ ได้แก่ สภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ (GC) วิธีการเตรียมสารตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ และชนิดของสารที่บรรจุในอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ ซึ่งพบว่าเครื่อง GC/FID มีประสิทธิภาพการวิเคราะห์ดีกว่าเครื่อง GC/MS และการวิเคราะห์สาร BTEX จากอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศแบบที่ใช้สารนอร์มัลเฮกซะเดคเคนเป็นสารจับ BTEX และเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคเฮดสเปซ ให้ผลที่ดีกว่าใช้เม็ดคาร์บอนเป็นตัวดูดซับแล้วสกัดด้วยตัวทำละลายคาร์บอนไดซัลไฟด์ และการใช้เม็ดคาร์บอนใส่ในอุปกรณ์ เพื่อใช้เป็นสารดูดซับแล้วทำการคายซับด้วยเทคนิคเฮดสเปซ โดยปริมาณต่ำสุดของสาร BTEX ที่สามารถตรวจวัดได้ของทั้ง 3 วิธีข้างต้นเท่ากับ 2 นาโนกรัม 2 ไมโครกรัม และมากกว่า 10 ไมโครกรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ : สาร BTEX / อุปกรณ์เก็บอากาศแบบพาสซีฟ

¹ อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

² นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

Analytical Technique for the Determination of BTEX from Air Passive Sampler

**Winyu Chitsamphandhvej ¹, Winai Somboon ¹, Pantira Ketkaew ¹,
Prapa Topsinthopsakul ², and Apisada Mungpattanakij ²**

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Toongkru, Bangkok 10140

Abstract

An effective analytical method is required to detect a trace amount of BTEX trapped on the adsorbent used in the passive air samplers. This research had studied the optimal conditions in detecting BTEX by GC including: the GC operating conditions, sample preparation techniques and types of sorbent in passive sampler device. It was found that the GC/FID method has a higher efficiency in BTEX analysis than the GC/MS method. The n-hexadecane sorbent used in the passive sampler with head space technique had a better BTEX analytical detection comparing to both the carbon pellet adsorbent with BTEX extracted by carbon disulfide, and carbon pellet adsorbent with BTEX desorption by headspace technique, respectively. The BTEX detection limit of these three methods mentioned above were 2 nanograms, 2 micrograms and more than 10 micrograms, respectively.

Keywords : BTEX / Air Passive Sampler

¹ Lecturer, Department of Chemistry, Faculty of Science.

² Undergraduate Student, Department of Chemistry, Faculty of Science.

1. บทนำ

เบนซีน (Benzene) โทลูอิน (Toluene) เอทิลเบนซีน (Ethylbenzene) และไซลีน (Xylene) เรียกรวมโดยย่อว่าสารกลุ่ม BTEX เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่าย ในกลุ่มของสารไฮโดรคาร์บอน มีอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิง ในวัตถุดิบของอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเคมี พลาสติกและโพลีเมอร์ สารกลุ่มนี้ถูกนำไปใช้เป็นตัวทำละลายในโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท และเป็นสารเคมีที่ใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง สารเหล่านี้มีอันตรายต่อระบบ ประสาท และเบนซีนจัดว่าเป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งองค์การอนามัยโลกกำหนดค่ามาตรฐานในบรรยากาศที่ระดับความเข้มข้น 5 ppbv หรือ 16.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [1] การวิเคราะห์หาปริมาณสารเหล่านี้ในบรรยากาศทำได้โดยการเก็บตัวอย่างอากาศแล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการเก็บตัวอย่างอากาศสามารถทำได้โดยใช้วิธีแอกทิฟ และวิธีพาสซีฟ วิธีแอกทิฟเป็นการใช้ปั๊มดูดอากาศเข้าไปในอุปกรณ์เก็บอากาศชนิดต่างๆ แต่วิธีพาสซีฟอาศัยการแพร่ของสารที่ต้องการศึกษาเข้าไปยังสารดูดซับที่อยู่ในอุปกรณ์ ข้อดีของการเก็บอากาศแบบพาสซีฟคือ ง่าย ไม่ซับซ้อน และไม่มีกระแสไฟฟ้าเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้ติดตามตัวได้ และสามารถนำไปใช้ตรวจวัดคุณภาพอากาศได้ในทุกสถานที่ ซึ่งอุปกรณ์ชนิดแอกทิฟอาจไม่สามารถติดตั้งได้นอกจากนี้อุปกรณ์แบบพาสซีฟยังสามารถใช้เก็บอากาศหลายๆ สถานที่ในระยะเวลาเดียวกันได้ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้พัฒนาอุปกรณ์เก็บอากาศแบบพาสซีฟ สำหรับการตรวจวัด NO_2 และ SO_2 โดยอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ได้รับการทดสอบว่ามีประสิทธิภาพทัดเทียมกับของต่างประเทศ [2] ซึ่งขณะนี้กำลังทดสอบการประยุกต์ใช้กับการตรวจวัดโอโซน และพัฒนาอุปกรณ์เก็บอากาศเพื่อใช้ในการตรวจวัดสาร BTEX การที่อุปกรณ์เก็บอากาศแบบพาสซีฟมีขนาดเล็กและอาศัยเพียงการแพร่ของอากาศ โดยไม่ใช้ปั๊มดูดอากาศ ทำให้ได้สารที่ต้องการตรวจวัดในปริมาณที่ต่ำกว่าการเก็บอากาศแบบแอกทิฟ ดังนั้นวิธีนี้จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างนานกว่าการเก็บแบบแอกทิฟ และต้องใช้วิธีการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อให้สามารถ

วิเคราะห์สารที่มีปริมาณน้อยๆ ได้ผล งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาอุปกรณ์เก็บอากาศของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มจร. เพื่อใช้ในการตรวจวัดสาร BTEX โดยจะทำการศึกษาเพื่อให้ได้วิธีการวิเคราะห์ที่สามารถวิเคราะห์สาร BTEX จากอุปกรณ์เก็บอากาศแบบพาสซีฟที่มีอยู่ในปริมาณน้อยๆ ได้ประสบความสำเร็จ มีงานวิจัยที่ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน อาทิ เช่น การศึกษาระดับความเข้มข้นของสาร BTEX ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและพื้นที่ใกล้เคียง โดยใช้ปั๊มดูดอากาศแบบพกพาและหลอดแก้วบรรจุผงถ่านกัมมันต์แล้วสกัดด้วยตัวทำละลายคาร์บอนไดออกไซด์ และวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเครื่อง GC/FID [1] การตรวจวัดสาร BTEX โดยใช้อุปกรณ์เก็บอากาศชนิดพาสซีฟแบบติดตามตัวตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน พบเบนซีน 0.80 (0.04-23.8 ppb) โทลูอิน 2.83 (0.03-2120 ppb) เอทิลเบนซีน 0.49 (0.03-119 ppb) และ ไซลีนทั้งหมด 2.36 (0.04-697 ppb) และสรุปว่ากิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียม บริเวณที่การจราจรหนาแน่น และเมืองที่แออัด เป็นต้นกำเนิดของสารในกลุ่มนี้ [3] การตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในบรรยากาศ โดยใช้อุปกรณ์เก็บอากาศแบบดูดซับชนิดพาสซีฟ แล้ววิเคราะห์ด้วยเทคนิค Thermal desorption Gas Chromatography / Mass Spectrometry พบสาร VOCs 140 ชนิด และศึกษาพบว่าสาร BTEX ในบรรยากาศ มีแหล่งกำเนิดจากการจราจร [4] และการศึกษาปริมาณสาร BTEX ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรม 6 แหล่งในแถบตอนใต้ของประเทศ ได้หวั่น พบปริมาณ BTEX ในช่วงตรวจวัดไม่พบ ถึง 145.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [5]

2. วิธีการ

2.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้

สารเบนซีน โทลูอิน เอทิลเบนซีน ไซลีน และนอร์มัลเฮกซะเดคเคน (AR grade, Fluka) คาร์บอนไดออกไซด์ (AR grade, Panreac) เม็ดคาร์บอน (ขนาด 400 มิลลิกรัม ยี่ห้อโปรแอปส์ซื้อจากร้านขายยา) และกระดาษกรอง (Whatman เบอร์ 1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร)

2.2 เครื่องมือ

เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟรุ่น HP-6890 ที่มีเครื่องตรวจวัดแบบเฟลมไอออนในเซชัน ต่อกับเครื่องเฮดสเปซ รุ่น HP-7964 และเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ รุ่น HP 6890 ต่อกับเครื่องตรวจวัดแบบแมสซีเลคทีฟ รุ่น HP-5973 ผลิตโดยบริษัท HEWLETT PACKARD คอลัมน์ที่ใช้เป็นแคปิลารีชนิด ultra1 (Methyl Siloxane) ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ความยาว 30 เมตร ความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมครอน

2.3 การทดลอง

2.3.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง GC

ใช้สารละลายมาตรฐานผสม BTEX ความเข้มข้น 10.00 ส่วนในล้านส่วน ในตัวทำละลายคาร์บอนไดออกไซด์ ฉีดเข้าเครื่อง GC โดยทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่สามารถแยกสาร BTEX ออกจากกันได้สมบูรณ์ โดยใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ที่สั้นที่สุด เพื่อให้สามารถทำการวิเคราะห์ตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว โดยทำการปรับเปลี่ยนสภาวะต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิของ injection port และ FID detector (ที่ 150 °C, 180 °C และ 200 °C), อัตราการไหลของแก๊ส (แก๊สตัวพา: 2.0 และ 1.0 มิลลิเมตร ต่อนาที FID detector ใช้อากาศที่ 450, 400, 350 มิลลิเมตร ต่อนาที และใช้แก๊สไฮโดรเจนที่ 40, 50 และ 60 มิลลิเมตร ต่อนาที) และอุณหภูมิของคอลัมน์ (แบบอุณหภูมิคงที่และแบบ temperature programmed) เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง GC/FID แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MSD เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการวิเคราะห์

2.3.2 การวิเคราะห์สาร BTEX จากอุปกรณ์เก็บอากาศที่ใช้กลไกการดูดซับ (Adsorption)

ฉีดสารละลายมาตรฐาน BTEX ด้วยไมโครไซริง ในปริมาณต่างๆ ลงบนเม็ดคาร์บอน จากนั้นทำการชะ BTEX ออกจากเม็ดคาร์บอนด้วยตัวทำละลายคาร์บอนไดออกไซด์ 1.00 มิลลิเมตร แล้วฉีดสารละลาย 1.0 ไมโครลิตร เข้าเครื่อง GC/FID เพื่อทำการวิเคราะห์และสร้างกราฟมาตรฐาน จากนั้นฉีดสารละลายมาตรฐาน BTEX เข้มข้น 2000 ส่วนในล้านส่วน ปริมาตร 1.0 ไมโครลิตร

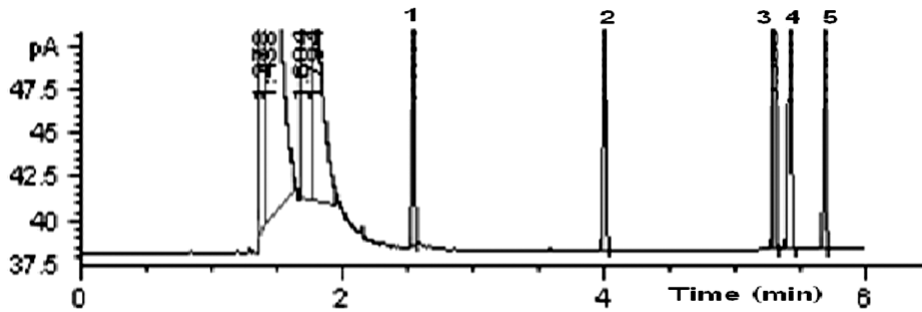
ลงในขวด ขนาด 20 มิลลิเมตร ที่ใส่เม็ดคาร์บอนไว้แล้วปิดขวดด้วยจุกยางและฟาลูมิเนียม เม็ดคาร์บอนจะดูดซับสาร BTEX จากนั้นชะด้วยตัวทำละลายคาร์บอนไดออกไซด์ 1.00 มิลลิเมตร แล้วทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับวิธีการใช้ความร้อนในการคายซับสาร BTEX ออกจากเม็ดคาร์บอน โดยนำเม็ดคาร์บอนที่ดูดซับสาร BTEX แล้ว ใส่ในขวดเฮดสเปซ นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องเฮดสเปซ แบบอัตโนมัติ ที่ต่อกับ GC/FID โดยใช้อุณหภูมิในการคายซับที่ 70 °C เป็นเวลา 15 นาที

2.3.3 การวิเคราะห์สาร BTEX จากอุปกรณ์เก็บอากาศที่ใช้กลไกการแบ่งละลาย (Partition)

หยดนอร์มัลเฮกซะเดคเคนลงบนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร แล้วใส่กระดาษกรองลงในขวดขนาด 20 มิลลิเมตร ฉีดสารละลายมาตรฐาน BTEX ลงไปบนกระดาษกรองบริเวณที่มีนอร์มัลเฮกซะเดคเคน ปิดฝาขวดด้วยจุกยางและฟาลูมิเนียม นำไปให้ความร้อนด้วยเครื่องเฮดสเปซแบบอัตโนมัติ หาอุณหภูมิและระยะเวลาให้ความร้อนที่เหมาะสม จากนั้นทำการทดลองเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานและหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ เพื่อคำนวณหาปริมาณสาร BTEX ต่ำสุดในกระดาษกรอง 1 แผ่น (คืออุปกรณ์เก็บอากาศ 1 ชิ้น หรือการเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง) ที่การวิเคราะห์วิธีนี้สามารถตรวจวัดพบ

3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดของเครื่อง GC ในการวิเคราะห์สาร BTEX คือ ตั้งอุณหภูมิของ injection port และ FID detector ที่ 200 °C อัตราการไหลของแก๊สฮีเลียม 2.0 มิลลิเมตรต่อนาที อากาศ 350 มิลลิเมตรต่อนาทีไฮโดรเจน 60 มิลลิเมตรต่อนาที อุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้นที่ 50 °C เป็นเวลา 3 นาที แล้วเพิ่มด้วยอัตรา 20 °C ต่อนาที ถึงอุณหภูมิ 110 °C ได้โครมาโตแกรมดังรูปที่ 1 โดยเวลาริเทนชันของเบนซีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน เมตา+พาราไซลีน และออโรไซลีน เท่ากับ 2.6, 4.0, 5.3, 5.5 และ 5.7 นาที ตามลำดับ



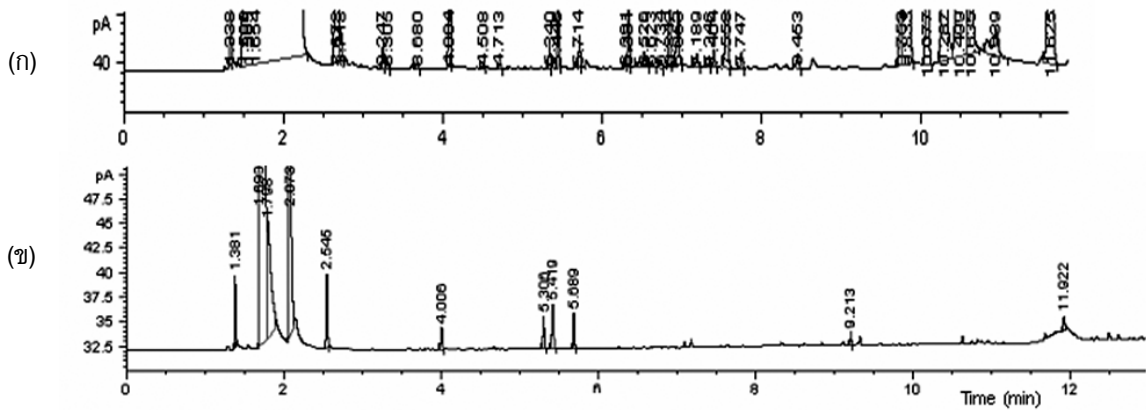
รูปที่ 1 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน BTEX เข้มข้น 10.00 ส่วนในล้านส่วน พิกที่ 1 คือเบนซีน 2 คือ โทลูอีน 3 คือเอทิลเบนซีน 4 คือ เบต้าและพาราไซลีน และ 5 คือ ออโธไซลีน

เมื่อเปลี่ยนจาก GC/FID เป็น GC/MSD พบว่า พิกของคาร์บอนไดซัลไฟด์ มีขนาดใหญ่มาก ไม่สามารถหาสภาวะที่จะแยกพิกของเบนซีนออกจากพิกของคาร์บอนไดซัลไฟด์ได้ แม้จะลดอัตราการไหลของแก๊สตัวพาเหลือเพียง 0.5 มิลลิลิตรต่อนาทีก็ตาม ซึ่งมีผลทำให้ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์นานขึ้น และพบว่าพื้นที่ใต้พิกของสารมาตรฐานทุกชนิดมีค่าน้อยกว่า GC/FID ดังนั้นการวิเคราะห์สาร BTEX เมื่อใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์เป็นตัวทำละลายพบว่า GC/FID ให้ผลการวิเคราะห์ที่ต่ำกว่า GC/MSD สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสาร BTEX ในกรณีที่ใช้เม็ดคาร์บอนเป็นสารดูดซับในอุปกรณ์เก็บอากาศ และใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์สกัดสาร BTEX ออกจากเม็ดคาร์บอนก่อนนำมาวิเคราะห์ด้วย GC/FID พบว่าก่อนนำเม็ดคาร์บอนไปใช้งานต้องกำจัดสารรบกวนที่อยู่ในเม็ดคาร์บอนด้วยการแช่ในคาร์บอนไดซัลไฟด์ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 180 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าเป็นวิธีที่สามารถกำจัดสารรบกวนที่มีเวลารีเทนชันใกล้เคียงกับสาร BTEX ได้หมด เหลือสารรบกวนเพียงเล็กน้อยที่เวลารีเทนชันมากกว่าสาร BTEX ดังแสดงในรูปที่ 2 ในกรณีนี้ต้องใช้อุณหภูมิสุดท้ายของคอลัมน์สูงถึง 200 °C เพื่อชะสารรบกวนและใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็น 13 นาทีในการ

run 1 โครมาโตแกรม ซึ่งเมื่อรวมเวลาในการลดอุณหภูมิของคอลัมน์จนเครื่องพร้อมสำหรับการวิเคราะห์ครั้งต่อไปใช้เวลาทั้งหมด 20 นาทีต่อ 1 ตัวอย่าง

การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน BTEX สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสาร BTEX ในเม็ดคาร์บอน โดยใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์เป็นสารสกัด พบว่าปริมาณของสาร BTEX ต่ำสุดในเม็ดคาร์บอนที่สามารถตรวจพบมีค่าเท่ากับ 2 ไมโครกรัม เมื่อเปลี่ยนวิธีการเตรียมสารตัวอย่างจากการใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์

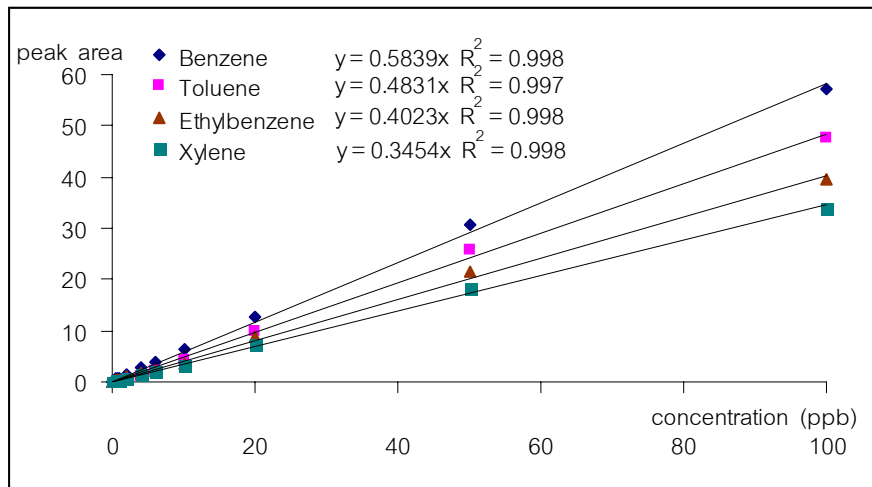
สกัดสาร BTEX ออกจากเม็ดคาร์บอน เป็นการสกัดด้วยเทคนิคเฮดสเปซ โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้สาร BTEX ระเหยออกจากเม็ดคาร์บอน พบว่าสาร BTEX ระเหยออกมาเพียงเล็กน้อย ทำให้พิกของสาร BTEX มีขนาดเล็กมาก ซึ่งหมายความว่าถ้าเลือกวิธีนี้ในการเตรียมตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องใช้ระยะเวลาานานกว่าแบบที่ใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์สกัดสาร BTEX เพื่อให้ได้ปริมาณสาร BTEX มากพอที่เครื่อง GC/FID จะตรวจวัดได้



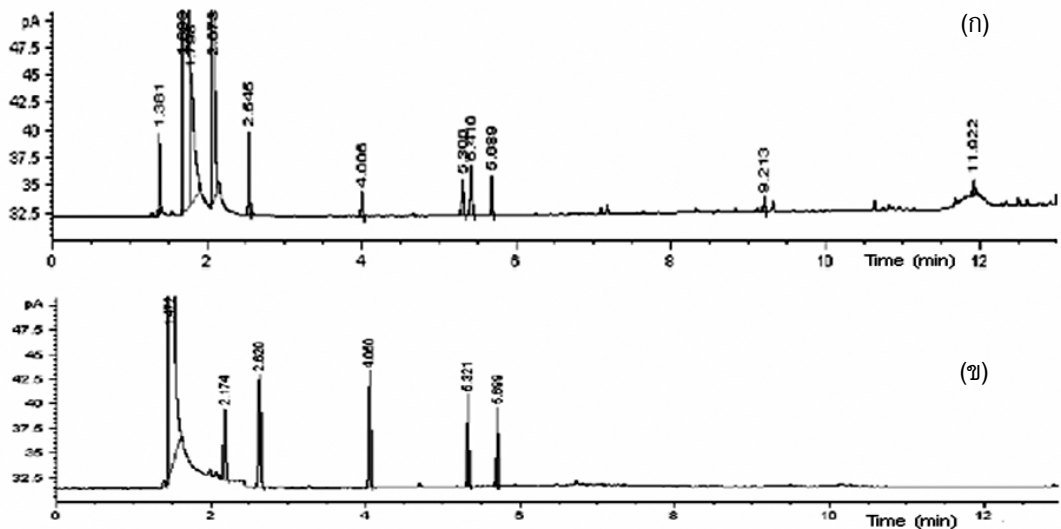
รูปที่ 2 รูป (ก) แสดงโครมาโตแกรมของการวิเคราะห์เมื่อใช้เม็ตคาร์บอนที่ไม่ได้กำจัดสารรบกวน และรูป (ข) แสดงโครมาโตแกรมของการวิเคราะห์เมื่อกำจัดสารรบกวนในเม็ตคาร์บอนออกแล้ว
 พิกที่ 1 คือเบนซีน 2 คือโทลูอีน 3 คือเอทิลเบนซีน 4 คือเมตาและพาราไซลีน
 และ 5 คือ ออโธไซลีน ตามลำดับ

จากผลการทดลองข้างต้นพบว่าปริมาณของสาร BTEX ต่ำสุดในเม็ตคาร์บอนที่สามารถตรวจวัดพบมีค่าเท่ากับ 2 ไมโครกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่สูง จึงทำการศึกษาต่อโดยเปลี่ยนวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศแบบใช้เม็ตคาร์บอนดูดซับ ซึ่งเป็นกลไกแบบการดูดซับ เป็นกลไกแบบ Partition งานวิจัยนี้เลือกใช้นอร์มัลเฮกซะเดคเคนเป็นสารที่ทำหน้าที่จับสาร BTEX โดยหยदनอร์มัลเฮกซะเดคเคนไว้บนกระดาษกรอง ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยเติมสารละลายมาตรฐาน BTEX ลงบนกระดาษกรองในบริเวณที่มีนอร์มัลเฮกซะเดคเคน แล้วนำกระดาษกรองมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องเฮดสเปซแบบอัตโนมัติที่ต่อกับเครื่อง GC พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 10 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสม

สมที่สุด โดยให้พื้นที่ใต้พีคสูงสุด และระยะเวลาในการวิเคราะห์สั้น ใช้เวลาเพียงตัวอย่างละ 10 นาที ซึ่งวิธีนี้สามารถวิเคราะห์สาร BTEX ได้ในระดับความเข้มข้นต่ำกว่าแบบใช้เม็ตคาร์บอนเก็บอากาศ แล้วสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งกราฟมาตรฐานของวิธีนี้แสดงในรูปที่ 3 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (LOD) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถทำปริมาณวิเคราะห์ได้ (LOQ) มีค่าเท่ากับ 0.1 ส่วนในพันล้านส่วน ซึ่งสามารถคำนวณเป็นปริมาณต่ำสุดของสาร BTEX ในกระดาษกรอง 1 แผ่นที่วิธีนี้สามารถตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณได้ถูกต้องเท่ากับ 2 นาโนกรัม



รูปที่ 3 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน BTEX เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Headspace-GC/FID



รูปที่ 4 รูป (ก) แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน BTEX (10.00 ppm, 1.0 μ L) ที่เติมลงบนเม็ตคาร์บอน แล้วสกัดด้วยคาร์บอนไดซัลไฟด์
รูป (ข) เติมสารละลายมาตรฐาน BTEX (1.00 ppm, 1.0 μ L) ลงบนกระดาษกรองที่มี นอร์มัลเฮกซะเดคเคน แล้วให้ความร้อนด้วยเครื่อง Headspace

4. สรุปผล

วิธีการวิเคราะห์สาร BTEX ด้วยเครื่องเฮดสเปซแบบอัตโนมัติ ที่ต่อกับเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ โดยใช้เครื่องตรวจวัดแบบเฟลมไอออนเซชัน สามารถใช้ตรวจวัดปริมาณ BTEX จากอุปกรณ์เก็บอากาศแบบพาสซีฟที่ใช้ซอร์บ์มัลเฮกซะเดคเคน หยดบนกระดาษกรองได้ในระดับต่ำถึง 2 นาโนกรัม ขณะที่การวิเคราะห์สาร BTEX ที่ถูกดูดซับด้วยเม็ดคาร์บอน แล้วใช้วิธีสกัดออกด้วยตัวทำละลายคาร์บอนไดซัลไฟด์ สามารถวิเคราะห์ได้ต่ำสุดเท่ากับ 2 ไมโครกรัม

5. เอกสารอ้างอิง

1. เตชา พิมพ์สิทธิ์, วนิดา จีนศาสตร์ และ Martin Hooper, 2549, “แหล่งกำเนิดและระดับความเข้มข้นในบรรยากาศของสารมลพิษจำพวก BTEX ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบีโตร์เคมี (มาบตาพุด) ประเทศไทย”, *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, ฉบับที่ 31, หน้า 35-43
2. Panther B.C., Hooper M.A., Ayers G.P., Cole I., Limpaseni W., Somboon W., Veerasai F. and Veersai W., 2003, “Atmospheric Depositions and Corrosion Impacts in Bangkok”, *2nd Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment*, Feb.12-14, Puket, Thailand.
3. Andrea L., Hinwood C. R., Tina R., Drew F., Frank M., Anthony H., Deborah G., Vicky S., John W. E., and Lynnette D., 2007, “Risk factors for increased BTEX exposure in four Australian cities”, *Chemosphere*, 66 (3), 533-541.
4. Parra M. A., Gonz lez, L., Elustondo D.J., Garrig , R. B. and Santamar a J. M., 2006, “Spatial and temporal trends of volatile organic compounds (VOC) in a rural area of northern Spain”, *Science of The Total Environment*, 370 (1), October 15, 57-167.
5. Lien-Te H., Hsi-Hsien Y. and Ho-Wen C., 2006, Ambient BTEX and MTBE in the neighborhoods of different industrial parks in Southern Taiwan. *Journal of Hazardous Materials*, 128 (2), 106-115.