

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สาร PAHs ด้วยเครื่องแก๊ส

โครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS)

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน PAHs ทั้ง 9 ชนิด ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร ด้วยเครื่อง GC-MS โดยใช้ Scan Mode พบว่าให้ค่าการแยก (Resolution) อยู่ในช่วง 3.20 - 99.07 ซึ่งมีค่ามากกว่า 2 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการแยกที่ดี และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ 18 นาที ซึ่งค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่นที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ด้วยกัน นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ข้อมูลในเชิงคุณภาพ เพื่อบ่งชี้ว่าเป็นสาร PAHs โดยการเปรียบเทียบกับแมสสเปกตรัมที่ได้ของแต่ละพีคกับแมสสเปกตรัมจากฐานข้อมูลของ NIST (National Institute of Standards and Technology) ส่วนในการวิเคราะห์หาปริมาณใช้ SIM Mode (Selected Ion Monitoring) ซึ่งจะเลือกตรวจวัดเฉพาะมวลของสารที่เราสนใจ ไม่ได้ตรวจวัดเป็นช่วงมวลเหมือน Scan Mode จึงมีสภาพไว (Sensitivity) สูงกว่า

2. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด PAHs ระดับจุลภาคด้วยวัฏภาคของเหลว

(Liquid-phase Microextraction หรือ LPME) โดยใช้เมมเบรนชนิดเส้นใยกลวง

2.1 ผลการศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสม

คุณสมบัติของตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับการสกัดด้วยเทคนิค LPME คือ ไม่ละลายน้ำแต่สามารถละลายสารที่เราสนใจได้ดี มีจุดเดือดสูงและความดันไอต่ำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการระเหยในขณะสกัด ณ อุณหภูมิสูง มีความหนืดสูงเพียงพอที่จะทำให้ไม่แพร่ผ่านรูพรุนของเมมเบรนไปยังสารละลายตัวอย่างได้ และเหมาะสมกับเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Jiang, Basheer, Zhang, & Lee, 2005; Muller, Moder, Schrader, & Popp, 2003)

จากภาพที่ 4-2 แสดงผลการศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยใช้ตัวทำละลาย 5 ชนิด ได้แก่ ออกเทน โทลูอิน ไอโซออกเทน เฮกเซน และไซโคลเฮกเซน พบว่าออกเทนและโทลูอินสามารถใช้ในการสกัดได้ เนื่องจากตัวทำละลายชนิดอื่นไม่สามารถคงตัวอยู่ในเมมเบรนได้ เมื่อถูกการปั่นกววจึงแพร่ออกจากเมมเบรนเข้าสู่สารละลายตัวอย่าง และเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการ

ละลายทั้งสองมีคุณสมบัติทางเคมีใกล้เคียงกัน แต่การละลายน้ำแตกต่างกัน โทลูอินสามารถละลายน้ำได้ 0.47 กรัมต่อลิตร ส่วนออกเทนไม่สามารถละลายน้ำได้ คุณสมบัติดังกล่าวนี้สอดคล้องกับค่าดัชนีความมีขั้ว (Polarity Index) ซึ่งโทลูอินมีค่ามากกว่าออกเทน เมื่อทำการสกัดโทลูอินจึงสามารถละลายเข้าสู่สารละลายตัวอย่างได้ ทำให้ปริมาตรตัวทำละลายที่เหลืออยู่ในเมมเบรนลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสกัดลดลง ดังนั้นจึงเลือกออกเทนในการสกัด ซึ่งมีคุณสมบัติของตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสาร PAHs เมื่อใช้กับเมมเบรนชนิดพอลิพรอพิลีนซึ่งมีความเป็นขั้วต่ำ จึงทำให้สามารถคงตัวอยู่ในรูพรุนที่ผนังของเมมเบรนได้ดี และมีความเป็นพิษน้อยกว่าโทลูอิน ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang and Andrews (2000) ที่ได้ทำการศึกษาศักยภาพตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสาร PAHs ในตัวอย่างดิน โดยใช้เทคนิคการสกัดระดับจุลภาคด้วยวัฏภาคของเหลว และพบว่าออกเทนเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 5-1 คุณสมบัติทางเคมีของออกเทนและโทลูอิน (Wikipedia, 2010)

คุณสมบัติทางเคมี	ออกเทน	โทลูอิน
สูตรโมเลกุล	C_8H_{18}	C_7H_8 หรือ $C_6H_5CH_3$
มวลโมเลกุล (g/mol)	114.23	92.14
ความหนาแน่น (g/mL)	0.703	0.867
จุดเดือด ($^{\circ}C$)	125.52	110.6
การละลายน้ำ (g/L ที่ 20-25 $^{\circ}C$)	ไม่ละลาย	0.47
ค่า Polarity Index	0.4	2.3
ความหนืด (cP ที่ 20 $^{\circ}C$)	0.542	0.590

2.2 ผลศึกษาอัตราเร็วของการปั่นกววนที่เหมาะสม

เนื่องจากการสกัดด้วยเทคนิค LPME นี้เป็นการสกัดแบบสมดุล (Equilibrium Extraction) กล่าวคือ ความเข้มข้นของสารที่เราสนใจในตัวทำละลายที่ใช้สกัดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเวลาผ่านไป จนกระทั่งเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งระบบอยู่ในสภาวะสมดุล ความเข้มข้นของสารที่เราสนใจจะคงที่ การปั่นกววนจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด เนื่องจากสารที่เราสนใจจะเคลื่อนที่ผ่านผนังของเมมเบรนเข้าสู่ตัวทำละลายที่ใช้ในสกัดได้ง่ายขึ้น ทำให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลเร็วขึ้น ช่วยลดระยะเวลาในการสกัด (Charalabaki et al., 2005; Ratola, Alves, Kalogerakis, & Psillakis, 2008)

จากภาพที่ 4-3 แสดงผลการศึกษาอัตราเร็วของการปั่นกวน์ที่เหมาะสม พบว่าเมื่ออัตราเร็วในการปั่นกวน์เพิ่มขึ้น พื้นที่ฟลักของ PAHs ทั้ง 9 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย และสูงที่สุดที่อัตราเร็ว 700 รอบต่อนาที หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มอัตราเร็วการปั่นกวน์มากขึ้นจนกระทั่ง 1,200 รอบต่อนาที พบว่าพื้นที่ฟลักมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราเร็วการปั่นกวน์เพิ่มขึ้น ผลที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากเมื่ออัตราเร็วการปั่นกวน์สูงเกินไปทำให้ตัวทำละลายที่ใช้สกัดเกิดการระเหยออกจากกรูฟรูนที่ผนังของเมมเบรนเข้าสู่สารละลายตัวอย่าง ซึ่งส่งผลให้มีการสูญเสียตัวทำละลายไปในระหว่างการสกัด และอาจเกิดฟองอากาศขึ้นได้ขณะที่มีการปั่นกวน์ด้วยอัตราเร็วสูง ส่งผลให้ลดพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างผนังของเมมเบรนกับสารละลายที่เราสนใจ (Huang & Huang, 2006) เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วย GC-MS ทำให้สัญญาณที่ได้ลดลง ประสิทธิภาพในการสกัดลดลง ดังนั้นจึงเลือกอัตราเร็วการปั่นกวน์ที่ 700 รอบต่อนาที สำหรับการสกัด

2.3 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัด

จากภาพที่ 4-4 พบว่าพื้นที่ฟลักสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น ตั้งแต่ 0 - 50 นาที แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการสกัดเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นในข้อ 2.2 ว่าการสกัดด้วยเทคนิค LPME นี้อาศัยภาวะสมดุลของการแพร่ แต่ละระบบใช้เวลาแตกต่างกัน ในการวิเคราะห์หาปริมาณจึงไม่จำเป็นต้องให้ระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลซึ่งบางระบบอาจใช้เวลานานมาก แต่เราสามารถควบคุมตัวแปรเวลานี้ให้คงที่ได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้เวลา 20 นาที เพื่อให้เหมาะสมกับเวลาที่วิเคราะห์สารด้วยเครื่อง GC-MS (18 นาที) และหลีกเลี่ยงการใช้เวลาในการสกัดนานเกินไปเพราะส่งผลให้เกิดการสูญเสียตัวทำละลายไปในระหว่างการสกัด (Ratola et al., 2008)

2.4 ผลการศึกษاثิพลของโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อประสิทธิภาพของการสกัด

ในงานวิจัยได้ศึกษาและพบว่าการเติมเกลือลงในสารละลายตัวอย่างก่อนการสกัดเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด ด้วยเหตุนี้จึงได้ศึกษาผลของเกลือที่มีต่อประสิทธิภาพในการสกัดโดยใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ จากภาพที่ 4-5 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเกลือเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ฟลักของ PAHs มีแนวโน้มลดลง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่มีการเติมเกลือลงในสารละลายตัวอย่างก่อนการสกัด

จากงานวิจัยหลายฉบับพบว่า เมื่อเติมเกลือลงไปในสารละลายตัวอย่างก่อนการสกัดจะส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด เนื่องจากผลของ Salting-out Effect โดยโมเลกุลของน้ำในสารละลายตัวอย่างจะไปล้อมรอบโมเลกุลของเกลือมากกว่าโมเลกุลของสารที่เราสนใจ ทำให้เพิ่มความเป็น Hydrophobic (ความไม่ชอบน้ำ) ของสารที่เราสนใจ ส่งผลให้ความสามารถในการละลายน้ำของสารที่เราสนใจลดลง สารที่เราสนใจจึงละลายในตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดได้มากขึ้นประสิทธิภาพในการสกัดจึงเพิ่มขึ้น แต่สำหรับการสกัดด้วยเทคนิค LPME นี้ การเติมเกลือลงใน

สารละลายตัวอย่างก่อนการสกัดนั้นไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดตามผลของ Salting-out Effect แต่อาจทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดลดลงหรือไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดเลย โดยขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่เราสนใจด้วย (Basheer et al., 2002; Huang & Huang, 2006; Psillakis, Mantzavinos, & Kalogerakis, 2004; Sarafriz-Yazdi, Amiri, & Eshaghi, 2008; Zhao, Zhu, & Lee, 2002)

จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ซึ่งพบว่า เมื่อความเข้มข้นของเกลือเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ฟลักของ PAHs มีแนวโน้มลดลง แสดงว่าการเติมเกลือลงในสารละลายตัวอย่างก่อนการสกัดไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแต่ตรงกันข้ามเป็นการลดประสิทธิภาพในการสกัดลง ผลที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการสกัดนี้มีการใช้เมมเบรน สาร PAHs จะต้องแพร่ผ่านรูพรุนของเมมเบรนไปยังตัวทำละลาย เมื่อเติมเกลือลงในสารตัวอย่างที่อยู่ภายนอกเมมเบรน ไอออนของเกลือที่มีโมเลกุลของน้ำล้อมรอบ จึงมีขนาดใหญ่ขึ้น และไปกีดขวางการแพร่ของสาร PAHs เข้าไปในเมมเบรน ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับที่ได้มีผู้รายงานไว้ โดยอธิบายเหตุผลว่าเกลือจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพที่ชั้นฟิล์มที่ติดกับผิวเมมเบรน (Nernst Diffusion Film) ทำให้อัตราการแพร่ของสารเข้าสู่ตัวทำละลายลดลง ประสิทธิภาพการสกัดจึงลดลง (Psillakis & Kalogerakis, 2001)

จากสถานะที่ได้เมื่อนำมาสกัด PAHs ทั้ง 9 ชนิด ในตัวอย่างน้ำ พบว่าวิธีนี้นอกจากเป็นการเตรียมตัวอย่างแล้วยังสามารถเพิ่มความเข้มข้นซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนเดียวกันได้อีกด้วย และวิธีนี้สามารถเพิ่มความเข้มข้นของ PAHs ทั้ง 9 ชนิด ได้ 19-129 เท่า โดยแสดงด้วยค่า Enrichment Factor ที่คำนวณได้ แสดงดังตารางที่ 5-2

3. ผลการศึกษาคความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation)

เมื่อนำสถานะที่ได้จากการสกัดมาศึกษาความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์พบว่าค่า LOD อยู่ในช่วง 3.00 – 30.00 นาโนกรัมต่อลิตร ค่า LOQ อยู่ในช่วง 9.00 – 90.00 นาโนกรัมต่อลิตร แสดงให้เห็นว่าวิธีนี้สามารถวิเคราะห์ปริมาณ PAHs ได้ในระดับนาโนกรัม และมีสภาพไว (Sensitivity) สูง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเทคนิคการสกัดแบบอุตราโซนิก ซึ่งเป็นเทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิมที่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ได้เพียงระดับไมโครกรัมต่อลิตร (Ratola et al., 2008)

จากการศึกษากราฟมาตรฐานและช่วงความเป็นเส้นตรง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกราฟมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.9852 – 1 ค่าที่ได้เข้าใกล้ 1 แสดงถึงแนวโน้มที่ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารและสัญญาณมีความเป็นเส้นตรงอย่างดี

จากการศึกษาความเที่ยงภายในวัน (Intra-day) และระหว่างวัน (Inter-day) ที่ 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 25, 60 และ 90 นาโนกรัมต่อลิตร และสำหรับ Chrysene ที่ความเข้มข้น 125,

250 และ 475 นาโนกรัมต่อลิตร พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์สำหรับความเที่ยงภายในวันอยู่ในช่วง 2 – 15 เปอร์เซ็นต์ ความเที่ยงระหว่างวันอยู่ในช่วง 3 – 14 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้มีความเที่ยงตรงสูง เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคการสกัดแบบเดียวกัน (King et al., 2002) และค่าที่ได้ไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานของ Association of Official Analytical Chemists INTERNATIONAL [AOAC] (1993)

จากการศึกษาความแม่นยำที่ 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 25, 60 และ 90 นาโนกรัมต่อลิตร และสำหรับ Chrysene ที่ความเข้มข้น 125, 250 และ 475 นาโนกรัมต่อลิตร พบว่าค่าร้อยละการได้กลับคืนมีค่าสูง อยู่ในช่วง 93 – 109 เปอร์เซ็นต์ เป็นที่ยอมรับตามมาตรฐาน AOAC (1993)

4. ผลการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวนในตัวอย่างน้ำชา (Matrix Effect)

จากการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวนโดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานเดิมลงในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาและน้ำชาบรรจุขวด เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 25, 60 และ 90 นาโนกรัมต่อลิตร และสำหรับ Chrysene ความเข้มข้น 125, 250 และ 475 นาโนกรัมต่อลิตร พบว่าค่าร้อยละการได้กลับคืนอยู่ในช่วง 25 – 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าที่ได้มีการกระจายตัวสูง แสดงให้เห็นว่าในน้ำชามีสารรบกวนต่อการวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs จึงทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดลดลง ดังนั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในตัวอย่างน้ำชาจึงใช้วิธี Standard Addition

จากการงานวิจัยต่าง ๆ พบว่าในน้ำชา มีสารประกอบอื่นที่มีโครงสร้างหลักคล้ายคลึงกับสาร PAHs อีกหลายชนิด สารประกอบเหล่านี้ ได้แก่ คาเฟอีน Catechin, Polyphenol, Pectin, Polysaccharide, Flavone, Alkaloid, กรดอะมิโน โปรตีน และอื่น ๆ (Owuor & Obanda, 2007; Yin, Xu, Yuan, Luo, & Qian, 2009) โดยมีงานวิจัยรายงานว่าพบกรดอะมิโนในใบชาถึง 26 ชนิด (Yao et al., 2006) ดังนั้นสารเหล่านี้อาจทำให้เกิดการรบกวนหรือกีดขวางการแพร่ของ PAHs เข้าสู่ตัวทำละลายในเมมเบรนได้ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดลดลง ค่าร้อยละการได้กลับคืนที่ได้จึงต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการสกัด PAHs ในตัวอย่างน้ำ

5. การวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในตัวอย่างน้ำชาด้วยวิธี Standard Addition

ในการวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในตัวอย่างน้ำชาใช้วิธี Standard Addition ซึ่งเหมาะสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารที่เราสนใจในกรณีที่ตัวอย่างมีสารรบกวนการวิเคราะห์สูง ดังผลที่ได้จากการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวนในตัวอย่างน้ำชามาแล้วข้างต้น โดยวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในตัวอย่างน้ำชา 4 ตัวอย่าง ได้แก่ น้ำชาจากใบชา 2 ตัวอย่างและน้ำชาบรรจุขวด 2 ตัวอย่าง ผลที่ได้พบว่า ตรวจวัดไม่พบ Acenaphthylene และ Acenaphthene ในทุกตัวอย่าง ส่วน PAHs ชนิดอื่นพบว่า น้ำชาจากใบชามีจำนวนชนิดและปริมาณของ PAHs สูงกว่าน้ำชาบรรจุขวด โดยปริมาณ

PAHs ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 16.8-199.8 นาโนกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินค่า Maximum Contaminant Level ที่ได้จากการคำนวณ แสดงดังตารางที่ 5-2

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเทคนิคการสกัดสาร PAHs ในระดับจุลภาคด้วยวิธีการของเหลว โดยใช้เมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงเป็นตัวพวงและนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS โดยวิเคราะห์ PAHs 9 ชนิด ได้แก่ Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benzo[a]anthracene และ Chrysene ชนิดของเมมเบรนที่ใช้ได้แก่ พอลิพรอพิลีน ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง 15 มิลลิลิตร ปริมาตรของตัวทำละลายอินทรีย์ 25 ไมโครลิตร ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด อัตราเร็วของการปั่นกววน เวลาที่ใช้ในการสกัด และ อิทธิพลของเกลือที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัด ผลการศึกษาพบว่า ตัวทำละลายที่เหมาะสมได้แก่ ออกเทน ภายใต้สภาวะการปั่นกววนที่อัตราเร็ว 700 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที โดยไม่มีการเติมเกลือ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS โดยใช้โปรแกรมอุณหภูมิ สภาวะดังกล่าวนี้สามารถวิเคราะห์ปริมาณ PAHs ได้ในระดับนาโนกรัมต่อลิตร ให้ค่า LOD อยู่ในช่วง 3.0-30.0 นาโนกรัมต่อลิตร และค่า LOQ อยู่ในช่วง 9.0-90.0 นาโนกรัมต่อลิตร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกราฟมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.9852-1 ความเที่ยงระหว่างวันและภายในวันของวิธีการสกัดให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำของวิธีการสกัดให้ค่าร้อยละการได้กลับคืน อยู่ในช่วง 93-109 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำวิธีการนี้มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสาร PAHs ในตัวอย่างน้ำชา 4 ตัวอย่าง ได้แก่ น้ำชาจากใบชา 2 ตัวอย่างและน้ำชาบรรจุขวด 2 ตัวอย่าง พบว่ามีปริมาณของ PAHs อยู่ในช่วงความเข้มข้น 16.8-199.8 นาโนกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินค่า Maximum Contaminant Level ที่ได้จากการคำนวณ ผลที่ได้สรุปดังตารางที่ 5-2

สำหรับข้อดีของวิธีการนี้คือ ใช้ปริมาณตัวทำละลายอินทรีย์น้อยในระดับไมโครลิตร จัดเป็นเคมีสะอาด (Green Chemistry) เป็นการเตรียมตัวอย่างที่ง่าย สามารถสกัดและเพิ่มความเข้มข้นได้ในขั้นตอนเดียว โดยสามารถเพิ่มความเข้มข้นได้ 29-129 เท่า เป็นการลดระยะเวลาในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง สามารถตรวจวัดปริมาณสารได้ในระดับนาโนกรัม อุปกรณ์ที่ใช้ไม่สลับซับซ้อนและราคาไม่สูง สามารถเตรียมตัวอย่างพร้อมกันได้ครั้งละหลายตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะ

นำวิธีการวิเคราะห์นี้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในตัวอย่างประเภทอื่น เช่น น้ำฝน น้ำผิวดิน น้ำทะเล

ตารางที่ 5-2 สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณ PAHs ทั้ง 9 ชนิด ในตัวอย่างน้ำชา

PAHs	ปริมาณ PAHs (นาโนกรัมต่อลิตร)				LOD (นาโนกรัมต่อลิตร)	LOQ (นาโนกรัมต่อลิตร)	MCL* ($\times 10^3$ นาโนกรัมต่อลิตร)	Enrichment Factor**
	ใบชาเขียว	ใบชาจีน	น้ำชาเขียว	น้ำชาดำ				
Acenaphthylene	ND	ND	ND	ND	6.00	20.0	200	91
Acenaphthene	ND	ND	ND	ND	5.50	15.5	200	87
Fluorene	30.11	30.79	23.07	33.63	4.50	14.5	200	112
Phenanthrene	177.0	187.9	ND	49.88	3.00	10.0	200	104
Anthracene	ND	26.70	ND	ND	4.00	9.00	20	125
Fluoranthene	99.68	129.8	70.12	16.75	3.00	10.0	200	125
Pyrene	104.2	124.0	42.69	31.49	4.00	13.5	200	129
Benzo[a]anthracene	17.98	< LOQ	17.32	ND	4.00	12.0	2	76
Chrysene	154.7	< LOQ	199.79	ND	30.0	90.0	20	19

หมายเหตุ: ND หมายถึง Not Detected

* ข้อมูลจากตารางที่ 2-1

** ข้อมูลจากตารางที่ 4-2