บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายของยาเสพย์ติดให้โทษ

ยาเสพย์ติดให้โทษหมายความว่า สารเคมีหรือวัตถุชนิดใด ๆ ซึ่งเมื่อเสพเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะโดยรับประทาน คม สูบ ฉีด หรือด้วยประการใด ๆ แล้ว ทำให้เกิดผลต่อร่างกายและจิตใจในลักษณะสำคัญ เช่น ต้องเพิ่มขนาดการเสพเรื่อย ๆ มีอาการถอนยาเมื่อขาดยา มีความต้องการเสพทั้งร่างกายและจิตใจอย่างรุนแรงอยู่ตลอดเวลาและสุขภาพโดยทั่วไปจะทรุดโทรมลง กับให้รวมตลอดถึงพืช ถึงส่วนของพืชที่เป็นหรือให้ผลผลิตเป็นยาเสพย์ติดให้โทษหรืออาจใช้ผลิตเป็นยาเสพย์ติดให้โทษ และสารเคมีที่ใช้ในการผลิตยาเสพย์ติดให้โทษดังกล่าวด้วย ทั้งนี้ตามที่รัฐมนตรีประกาศในราชกิจจานุเบกษา แต่ไม่หมายความถึงยาสามัญประจำบ้านบางตำรับตามกฎหมายว่าด้วยยาที่มียาเสพย์ ติดให้โทษผสมอยู่

ประเภทของยาเสพย์ติดให้โทษ

ยาเสพย์ติดให้โทษตามกฎหมายว่าด้วยยาเสพย์ติดให้โทษ แบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ

ประเภท 1 ยาเสพย์ติดให้โทษชนิดร้ายแรง เช่น เฮโรอีน (Heroin) แอมเฟตามีน เมทแอมเฟตามีน

ประเภท 2 ยาเสพย์ติดให้โทษทั่วไป เช่น มอร์ฟีน (Morphine) โคเคน (Cocaine) โคเดอีน ฝิ่นยา (Medicinal Opium)

ประเภท 3 ยาเสพย์ติดให้โทษที่มีลักษณะเป็นตำรับยา และมียาเสพย์ติดให้โทษในประเภท 2 ผสมอยู่ด้วย ตามเกณฑ์ที่รัฐมนตรีประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ประเภท 4 สารเคมีที่ใช้ในการผลิตยาเสพย์ติดให้โทษประเภท 1 หรือ 2 เช่น อาเซติกแอนไฮไดรด์ (Acetic anhydride) อาเซติลคลอไรด์ (Acetyl chloride)

ประเภท 5 ยาเสพย์ติดให้โทษที่มิได้เข้าอยู่ในประเภท 1 ถึงประเภท 4 เช่น กัญชา พืชกระท่อม (พระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ พุทธศักราช 2545, 2545)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

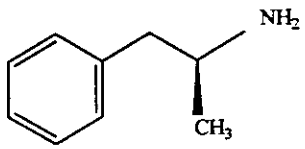
เมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีน

1. สมบัติทางเคมีและกายภาพ

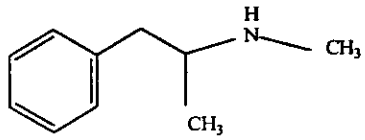
เมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีน เป็นสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในยาบ้า ซึ่งเป็นยาเสพย์ ติดให้โทษ ประเภทที่ 1 ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2539) เรื่องระบุชื่อและประเภทยาเสพย์ติดให้โทษตามพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษยาเสพย์ติดให้โทษ สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีน เป็นยาเสพย์ติดให้โทษที่สังเคราะห์ขึ้นโดยมีสารไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ โมเลกุลประกอบด้วยวงเบนซีน และเชื่อมติดกันโดยใช้พันธะ C-C และมีหมู่เอมีนร่วมอยู่ด้วย ตัวอย่างสูตรโครงสร้าง สูตรโมเลกุล น้ำหนักโมเลกุล จุดเดือดหรือจุดหลอมเหลวของยาเสพย์ติดและยา จำนวน 12 ชนิด ดังภาพที่ 2-1

เมทแอมเฟตามีน ลักษณะเป็นผงผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีรสขม อยู่ในรูปเกลือไฮโดรคลอไรด์ละลายน้ำและอัตราของน้ำกับเอทานอล คลอโรฟอร์ม ไม่ละลายในอีเทอร์ รูปแบบที่นำมา ใช้อาจเป็น ยาเม็ด แคปซูล ผงยา หรือเป็นผลึกใสคล้ายน้ำแข็ง “ice” เป็นอนุพันธ์ของแอมเฟตามีน สำหรับแอมเฟตามีน ลักษณะเป็นผงผลึกสีขาวอยู่ในรูปซัลเฟต ละลายในน้ำ 1:9 ในอีเทอร์ 1: 515 ไม่ละลายในคลอโรฟอร์มและอีเทอร์ (Moffat et al. 1986)

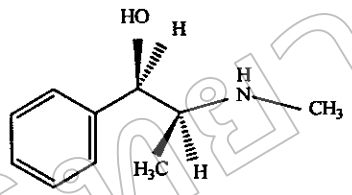
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



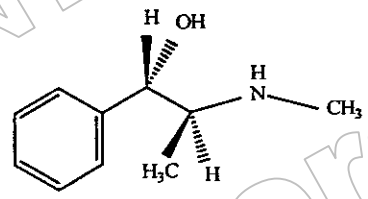
Amphetamine ($C_9H_{13}N$)
น้ำหนักโมเลกุล 135.2
จุดเดือด 200-203°C
จุดหลอมเหลว 300°C



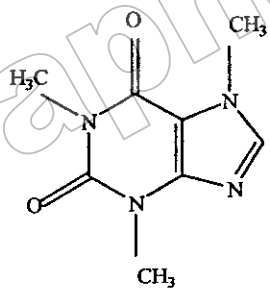
Methamphetamine ($C_{10}H_{15}N$)
น้ำหนักโมเลกุล 149.2
จุดเดือด 214°C
จุดหลอมเหลว 172-174°C



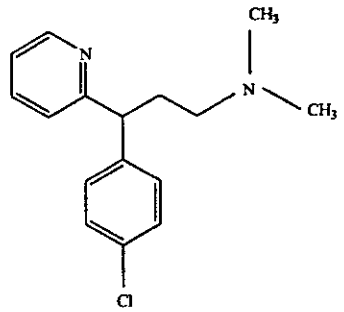
Ephedrine ($C_{10}H_{15}NO$)
น้ำหนักโมเลกุล 165.2
จุดหลอมเหลว 40-43°C



Pseudoephedrine ($C_{10}H_{15}NO$)
น้ำหนักโมเลกุล 165.2
จุดหลอมเหลว 182-186°C



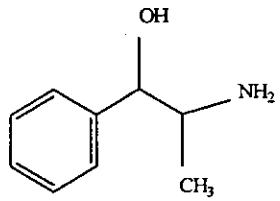
Caffeine ($C_8H_{10}N_4O_2$)
น้ำหนักโมเลกุล 194.2
จุดหลอมเหลว234-239°C



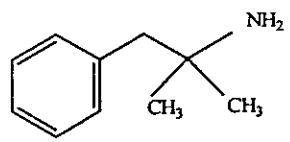
Chlorpheniramine ($C_{16}H_{14}ClN_2$)
น้ำหนักโมเลกุล 274.8
จุดหลอมเหลว 130-135°C

ภาพที่ 2-1 แสดงสูตรโครงสร้าง สูตรโมเลกุล น้ำหนักโมเลกุล จุดเดือดหรือจุดหลอมเหลวของยาเสพย์ติดและยา จำนวน 12 ชนิด

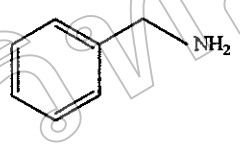
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



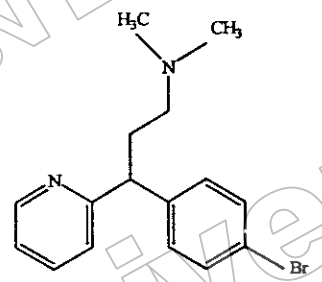
Phenylpropanolamine ($C_9H_{13}NO$)
น้ำหนักโมเลกุล 151.2
จุดหลอมเหลว 191-196°C



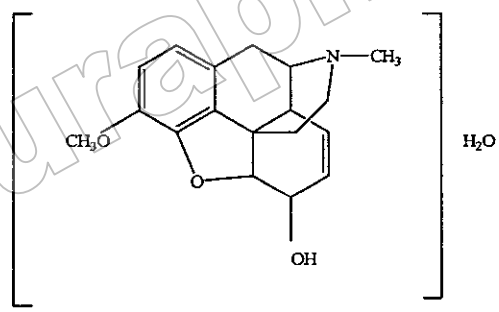
Phentermine ($C_{10}H_{15}N$)
น้ำหนักโมเลกุล 149.2
จุดหลอมเหลว 198°C



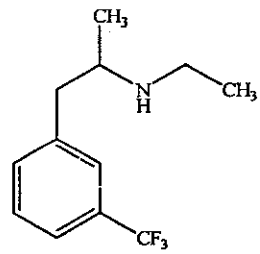
Benzylamine (C_7H_9N)
น้ำหนักโมเลกุล 107.15
จุดหลอมเหลว 185°C



Brompheniramine ($C_{16}H_{19}BrN_2$)
น้ำหนักโมเลกุล 319.2
จุดเดือด 147-152°C
จุดหลอมเหลว 130-135°C



Codeine ($C_{18}H_{21}NO_3 \cdot H_2O$)
น้ำหนักโมเลกุล 317.4
จุดหลอมเหลว 154-158°C



Fenfluramine ($C_{12}H_{16}F_3N$)
น้ำหนักโมเลกุล 231.3
จุดหลอมเหลว 168-172°C

ภาพที่ 2-1 (ต่อ)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. เมตะบอลิสม์และการขับออกของสาร

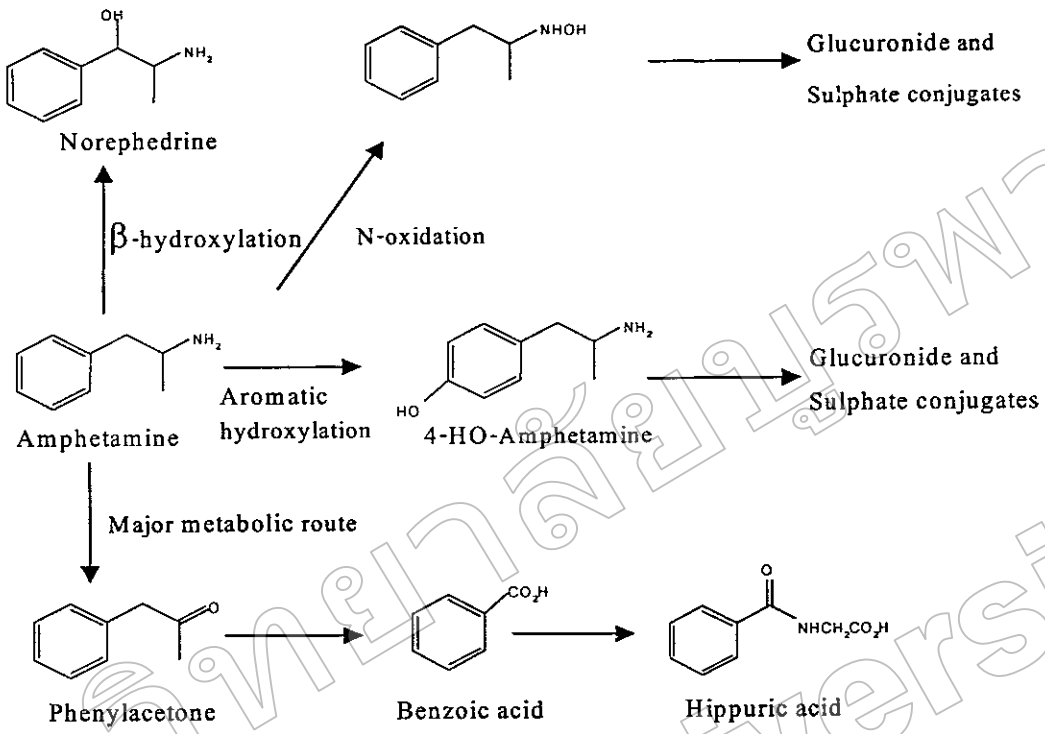
เมื่อรับประทานแอมเฟตามีนในปริมาณ 2.5 – 15 มิลลิกรัม ภายใน 2 ชั่วโมง จะพบว่าในพลาสม่ามีแอมเฟตามีนสูงถึง 30-170 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าครึ่งชีวิตในพลาสม่าอยู่ในช่วง 8 ถึง 12 ชั่วโมง โดยทั่วไปความเข้มข้นในเลือดที่ทำให้เสียชีวิตมีค่าสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

แอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนจะเริ่มพบได้ในปัสสาวะภายในเวลา 20 นาที หลังจากเสพ โดยทั่วไปประมาณ 20-30 % ของปริมาณยาที่รับเข้าไป แอมเฟตามีนจะถูกขับออกมาในรูปเดิมและถูกดึงหมู่เอมีนออก อยู่ในรูปของ Hippuric acid และ Benzoic acid และเปลี่ยนรูปอยู่ในโครงสร้างที่มีกลุ่ม hydroxyl และ conjugates ประมาณ 25% วิถีเมตะบอไลต์ (Metabolic Pathway) ของแอมเฟตามีน ดังภาพที่ 2-2

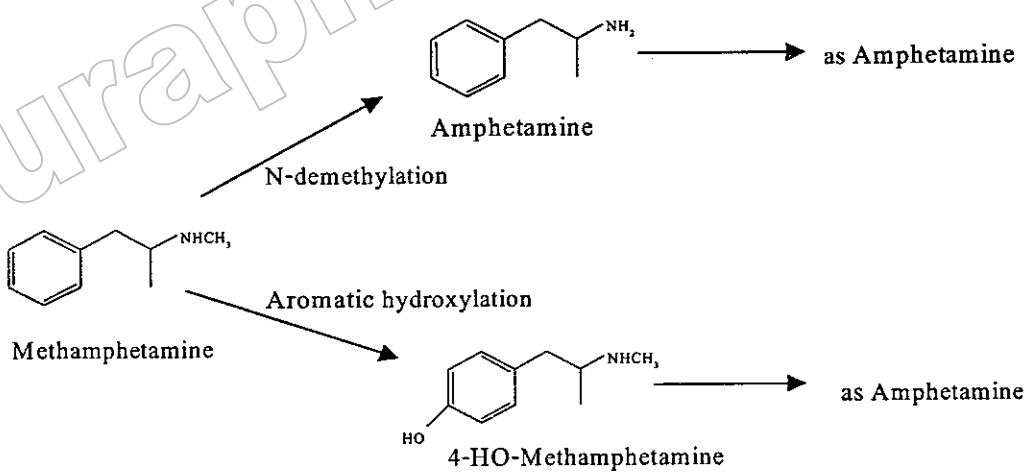
อัตราส่วนและขนาดของการขับออกในรูปเดิมของแอมเฟตามีนขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของปัสสาวะ ถ้าปัสสาวะมีสภาพเป็นด่างแอมเฟตามีนจะถูกขับออกประมาณ 45 % ภายใน 24 ชั่วโมง และอยู่ในรูปเดิม 2 % ถ้าปัสสาวะมีสภาพเป็นกรด แอมเฟตามีนจะถูกขับออกมาสูงถึง 78 % ภายใน 24 ชั่วโมง ซึ่ง 68 % อยู่ในรูปเดิม เนื่องจากแอมเฟตามีนที่ขับออกทางปัสสาวะในรูปเดิมมีปริมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นการตรวจหาสารแอมเฟตามีนจึงนิยมตรวจทางปัสสาวะ ส่วนสารเมทแอมเฟตามีน โดยทั่วไปถูกขับออกทางปัสสาวะในรูปเดิม 44 % และบางส่วนถูกขับออกในรูปที่เปลี่ยนแปลงเป็นสารแอมเฟตามีน 6-20 % และ 4-ไฮดรอกซีเมทแอมเฟตามีน 10 % วิถีเมตะบอไลต์ของเมทแอมเฟตามีน ดังภาพที่ 2-3

เมื่อเสพยาเป็นประจำสามารถตรวจพบสารแอมเฟตามีนในปัสสาวะ ที่ระดับความเข้มข้นระหว่าง 1-90 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสามารถตรวจพบสารเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะ ที่ระดับความเข้มข้นระหว่าง 25-300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (United Nations, 1995, pp. 59-70)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-2 วิถีเมตะบอไลต์ของแอมเฟตามีนในมนุษย์ (United Nations, 1995, p. 60)



ภาพที่ 2-3 วิถีเมตะบอไลต์ของเมทแอมเฟตามีนในมนุษย์ (United Nations, 1995, p.61)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

หลักการพื้นฐานของแก๊สโครมาโตกราฟี-เทคนิคเฮดสเปส (Gas chromatographic headspace analysis)

แก๊สโครมาโตกราฟี-เฮดสเปส เป็นเทคนิคแยกสารอีกวิธีหนึ่งโดยสารที่ต้องการแยกเป็นของแข็งหรือของเหลวที่ไม่สามารถฉีดเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ได้โดยตรงจะถูกนำมาบรรจุในขวดภาชนะที่ปิดสนิท แล้วนำไปให้ความร้อนในตู้อบ หรือ Headspace autosample เพื่อให้องค์ประกอบที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นสารที่ระเหยง่าย ระเหยออกมาอยู่ในส่วนที่เป็นช่องว่างด้านบนของขวด (Headspace) เหนือตัวอย่างของของแข็งหรือของเหลวนั้น ณ สภาวะสมดุลซึ่งวิธีการวิเคราะห์ด้วยเฮดสเปส ปฏิบัติได้ 3 วิธี คือ

1. Static headspace เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจหาสารประกอบที่ระเหยได้ในตัวอย่างที่เป็นของแข็งหรือของเหลว บรรจุในขวดภาชนะที่ปิดสนิทนำไปให้ความร้อนโดยควบคุมความร้อนในอ่างหรือตู้อบและระเหยกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว ในส่วนของแข็งหรือของเหลวอยู่ในสภาวะสมดุลในสภาพที่กลายเป็นไอ แล้วนำส่วนที่กลายเป็นไอฉีดเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

2. Dynamic headspace เป็นเทคนิคที่ผ่านแก๊สเฉื่อยลงในขวดที่บรรจุตัวอย่างที่ปิดสนิทโดยผ่านเหนือตัวอย่างหรือผ่านลงไปในตัวอย่างที่เป็นของแข็งหรือของเหลว เมื่อสารประกอบระเหยกลายเป็นไอและอยู่ในสภาวะสมดุล แก๊สที่ผ่านเข้าไปจะไปดักจับกับสารที่ระเหยกลายเป็นไอ แล้วฉีดเข้าสู่คอลัมน์

3. Solid-phase microextraction (SPME) การสกัดสารจากสารประกอบที่สามารถระเหยได้ง่ายและระเหยได้ยากในตัวอย่างที่เป็นของแข็งหรือของเหลว บรรจุในขวดภาชนะที่ปิดสนิทนำไปให้ความร้อนโดยควบคุมความร้อนในอ่างหรือตู้อบ สารระเหยกลายเป็นไอทำการดักจับสารที่ต้องการวิเคราะห์ด้วย fiber เคลือบด้วยเฟสอยู่กับที่ (stationary phase) สารที่ต้องการวิเคราะห์จับอยู่บน fiber ในสภาวะสมดุล ให้ความร้อนแล้วฉีดสารเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

โดยที่ความสามารถหรือสัดส่วนในการกลายเป็นไอของสารตัวอย่างจะขึ้นกับค่าคงที่การแพร่กระจาย (Partition coefficient, K)

$$K = \frac{C_c}{C_g} \qquad (1)$$

เมื่อ C_c แทน ความเข้มข้นของสารในเฟสที่เป็นสารละลาย

C_g แทน ความเข้มข้นของสารในเฟสที่เป็นไอ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

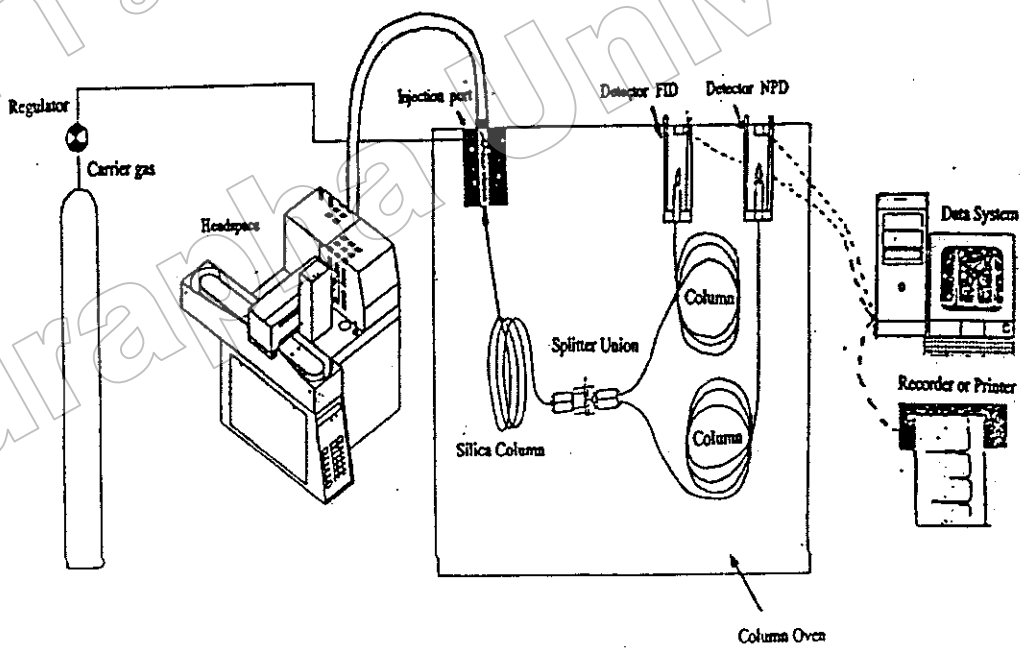
ค่า K จะสัมพันธ์กับค่าของความสามารถในการละลายของสาร (solubility) ในเนื้อสาร ถ้าค่า K สูงหมายถึง สารที่ต้องการวิเคราะห์จะออกจากเนื้อสารยากซึ่งมีผลต่อการกลายเป็นไอของสาร และค่า K ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การเพิ่ม sensitivity และ precision ของการวิเคราะห์เฮดสเปส โดยการลดค่า K ลง คือ

1. กระบวนการเตรียมตัวอย่างจะทำให้เพิ่ม sensitivity และ precision เช่น การเพิ่มเกลือในตัวอย่างสารละลาย การเพิ่มของเหลวในตัวอย่างสารละลายและการเพิ่มอุณหภูมิ

2. ปัจจัยที่ควบคุมโดยเครื่องมือเฮดสเปส คือ

2.1 เวลาที่ตัวอย่างเข้าสู่สมดุลและผลกระทบของการผสมสารในช่วงเวลาระหว่างเข้าสู่สมดุล

2.2 ผลกระทบของขวดใส่ตัวอย่างและอุณหภูมิของ Transfer line (Mills & Walker, 2000; Hachenberg & Schmidt, 1979 ; Hewlett Packard, 1995a, 1995b ; Kolb, 1999)

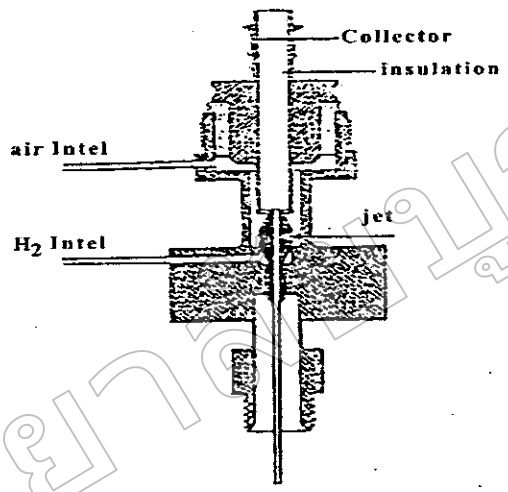


ภาพที่ 2-4 ภาพแสดงเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ชนิดตัววัดสัญญาณ (detector)

1. ตัววัดสัญญาณชนิดเฟลมไอออไนเซชัน (Flame ionization detector, FID)



ภาพที่ 2-5 ภาพตัดขวางตัววัดสัญญาณชนิดเฟลมไอออไนเซชัน (Buffington & Wilson, n.d., p. 28)

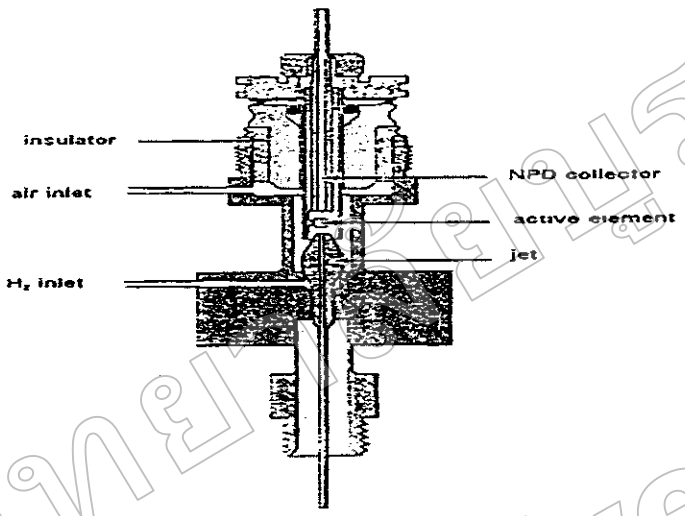
จากภาพที่ 2-5 หลักการทำงานตัววัดสัญญาณชนิดเฟลมไอออไนเซชัน เปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ของแก๊สไฮโดรเจนในบรรยากาศของแก๊สออกซิเจนหรืออากาศที่เกิดขึ้นตรงหัวเจ็ท (jet) ของ FID เมื่อสารประกอบอินทรีย์ถูกแก๊สพาผ่านออกจากคอลัมน์เข้าสู่เจ็ทของเปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูงถึง 2,100°C จะเกิดการไอออไนเซชัน ได้อนุภาคที่มีประจุบวก (positive) หรือเรียกว่า คาร์บอเนียมไอออน (Carbonium ion) และอิเล็กตรอน (electron) อนุภาคที่มีประจุบวกจะวิ่งไปที่อิเล็กโทรดของตัวเก็บ (Collector electrode) ที่อยู่เหนือเปลวไฟ ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างเปลวไฟกับอิเล็กโทรดของตัวเก็บ ซึ่งจะวัดออกมาในรูปของกระแสไฟฟ้า (electric current) กระแสไฟฟ้าดังกล่าวนี้จะเป็นสัดส่วนกับจำนวนของอะตอมของคาร์บอนที่เกิดขึ้นภายในเปลวไฟ กระแสไฟฟ้าจะถูกขยายด้วยตัวขยายสัญญาณ (amplifier) แล้วส่งสัญญาณไปยังส่วนบันทึกข้อมูล (recorder) ได้เป็นโครมาโตรแกรมออกมา

2. ตัววัดสัญญาณชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส (Nitrogen phosphorus detector, NPD)

ตัววัดสัญญาณชนิดนี้บางที่เรียกชื่อได้อีกอย่างหนึ่งว่าตัววัดสัญญาณชนิดเทอร์มิโอนิค หรือเฟลมเทอร์มิโอนิค (Thermionic detector or Flame termionic detector, FTD) เป็นตัววัด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

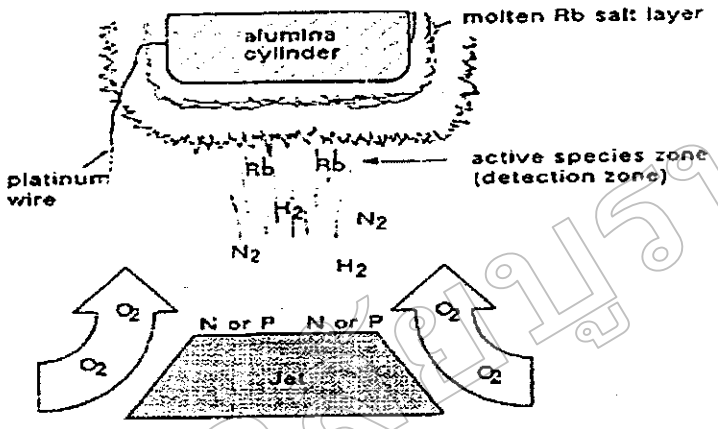
สัญญาณที่ดัดแปลงจาก FID เพื่อสำหรับใช้ตรวจหาสารประกอบอินทรีย์ที่มีไนโตรเจน(Nitrogen) และฟอสฟอรัส (Phosphorus) เป็นองค์ประกอบ ดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 แสดงตัววัดสัญญาณไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส (Buffington & Wilson, n.d., p. 49)

หลักการทำงานตัววัดสัญญาณชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส จะมีเกลืออัลคาไล (Alkali salt) วางไว้อยู่เหนือเปลวไฟของแก๊สไฮโดรเจนและอากาศ เมื่อสารตัวอย่างออกมาจากคอลัมน์จะเข้าสู่เปลวไฟ เกลืออัลคาไลนี้เป็นแหล่งที่ทำให้สารประกอบอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเกิดไอออนไนส์อย่างมีประสิทธิภาพ เกลืออัลคาไลที่ใช้คือเกลือรูบีเดียม (Rubidium salts) และซีเซียม (Cesium salts) จะมีความไวมากต่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ ดังภาพที่ 2-7

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-7 แสดงลักษณะบริเวณเหนือ jet ของตัววัดสัญญาณไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส

(Buffington & Wilson, n.d., p. 48)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารกลุ่มแอมเฟตามีนโดยทำการศึกษาด้วยเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

ศิริพร สิงห์ทอง (2541) ได้วิเคราะห์หาแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามิน (ยาบ้า) ในปัสสาวะ โดยเฮดสเปส นำตัวอย่างปัสสาวะมา 3 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวด (vial) ขนาด 10 มิลลิลิตร เติม Potassium carbonate จำนวน 2.1 กรัม เป็น salting-out และเติมเบนซิลเอมีน 30 ไมโครลิตร เป็น internal standard นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Headspace sample ตั้งสภาวะของเครื่องที่ความดัน ประมาณ 21 psi อุณหภูมิที่ 90°C เวลาที่สารเข้าสู่สมดุล 30 นาที เวลาของสารเข้าสู่สมดุลใน sample loop 0.05 นาที เวลาที่สารเข้า sample loop 0.06 นาที เวลาที่ให้ความดันของแก๊สเข้าในขวด 0.2 นาที และเวลาที่สารจาก sample loop ฉีดเข้าสู่เครื่อง 0.6 นาทีตามลำดับวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ด้วยตัวตรวจวัดเฟลมไอออไนเซชันดีเทคเตอร์ โดยใช้คาปิลลารีคอลัมน์ HP-5 (5%Phenyl Methyl Siloxane) ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร ความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร และทำการยืนยันผลอีกครั้งโดยเปลี่ยนเป็นคาปิลลารีคอลัมน์ HP-1 (Cross-Lined Methyl Silicone) ความยาว 10 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.53 มิลลิเมตร ความหนาของฟิล์ม 2.65 ไมโครเมตร ขีดจำกัดของการตรวจวัดของสารแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนอยู่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ในช่วง 0.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และขีดจำกัดของการหาปริมาณวิเคราะห์ของสารแอมเฟตามีน และเมทแอมเฟตามีนอยู่ในช่วง 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

เคล, มอร์แกน และอเบรมสัน (Kiel, Morgan & Abramson, 1985) ทำการประเมินระบบที่จะมีผลต่อสารเอมีน 15 ชนิด โดยการเปลี่ยนแปลงของเวลาที่สารเคลื่อนที่ออกมา และความสมมาตรของพีค ของ primary amine, secondary amine และ tertiary amine โดยทำการปรับเปลี่ยนพีเอช ของเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ในช่วง 2.5 – 8 และการเปลี่ยนความเข้มข้นของ Sodium ion ในเฟสเคลื่อนที่ เพื่อดูกลไกของแรงกระทำของสารที่ไม่ชอบน้ำกับเฟสอยู่กับที่ การแลกเปลี่ยนไอออน และพันธะไฮโดรเจน ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง โดยเฟสเคลื่อนที่ของ A เป็น 0.1 M Phosphoric acid ใน Acetonitrile กับน้ำ (50:50) เฟสเคลื่อนที่ของ B เป็น 0.1 M Sodium hydroxide ใน Acetonitrile กับน้ำ (50:50) และ เฟสเคลื่อนที่ของ C เป็น 0.1 M Amine modifier ใน Acetonitrile กับน้ำ (50:50) อัตราการไหลทั้งหมด 2 มิลลิลิตรต่อนาที และอัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ของ C จะปรับเพิ่มขึ้น 25% จากอัตราการไหลทั้งหมด โดยความเข้มข้นของ amine modifier อยู่ที่ 25 mM ทุกการทดสอบ และการปรับเปลี่ยนพีเอช จะทำการปรับเปลี่ยนจากอัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ของ A และ B พบว่ากลไกของแรงกระทำของสารที่ไม่ชอบน้ำกับเฟสอยู่กับที่ จะทำให้เวลาที่สารเคลื่อนที่ออกมาลดลง ส่วนความสมมาตรของพีคจะถูกควบคุมการแลกเปลี่ยนไอออน และพันธะไฮโดรเจนในเฟสเคลื่อนที่

ซูซิฮาชิ และคณะ (Tsuchihashi et al., 1989) ศึกษาการตรวจวิเคราะห์สารกระตุ้นในปัสสาวะ โดยการทำอนุพันธ์ ด้วย TFA (Trifluoroacetyl) ภายในคอลัมน์ ทำการวัดด้วยเครื่องเฮดสเปสแก๊สโครมาโตกราฟี นำตัวอย่างปัสสาวะมาจำนวน 5 มิลลิลิตรใส่ขวดขนาด 20 มิลลิลิตร เติม Potassium carbonate 3.5 กรัม ให้ความร้อนที่ 80°C นาน 20 นาที นำส่วนที่เป็นไอเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ในปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร พร้อมทั้งทำอนุพันธ์ด้วย TFA โดยการนำสารละลาย MBTFA (N-methylbis [trifluoro acetamide]) จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดขนาด 10 มิลลิลิตร ผ่านแก๊ส N_2 ลงในขวด อัตราการไหล 20 มิลลิลิตรต่อนาที แล้วนำส่วนที่เป็นแก๊สของ MBTFA ฉีดเข้าสู่ sample loop ที่เชื่อมต่อตรง six-way valve โดยใช้ switched ให้สารกระตุ้นโดยทำอนุพันธ์ ภายในคาปิลลารีคอลัมน์ คาปิลลารีชนิด DB-1 ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร ความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร ให้ค่าความเป็นเส้นตรงของเมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ และแอมเฟตามีนซัลเฟตอยู่ในช่วง 0.04-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดของเมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ และแอมเฟตามีนซัลเฟตอยู่ที่ระดับ 0.03 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ฮายากาวา และคณะ (Hayakawa *et al.*, 1989) ทำการเปรียบเทียบสารที่ใช้ทำอนุพันธ์ ในการหาสารประกอบกลุ่มแอมเฟตามีน ด้วยเครื่องมือโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง โดยทำการเปรียบเทียบ sensitivity ของดีเทคเตอร์ระหว่าง Chemiluminescence กับ Fluorescence derivatizing agent ที่ใช้ Dns-Cl (Dansyl chloride), NBD-F (4-Fluoro-7-nitrobenzoxadiazole) และ NDA (Naphtalene–2,3- dicarbaldehyde) และทำปฏิกิริยากับน้ำยา Chemilumigenic reagent ที่เตรียมจาก Bis (2,4,6-Tri chlorophenyl) oxalate และ Hydrogen peroxide ที่ละลายใน Acetonitrile โดยใช้วิธี post - column พบว่า Dns-Cl เหมาะที่จะใช้เป็นสารในการทำอนุพันธ์ เพราะสามารถทำอนุพันธ์กับ primary amines และ secondary amines ได้ทั้งหมด และได้นำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดสารเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะที่มีระดับต่ำ $1x10^{-7}$ M ซึ่งปัสสาวะที่นำมาจะต้องทำความสะอาดก่อนที่จะทำอนุพันธ์ เพื่อลดการปนเปื้อนของพีคให้น้อยลงโดยทำการสกัดด้วย Diethyl ether ในสภาวะเป็นด่าง

เวอร์ที และเฮอร์ดิ (Veuthey & Haerdi, 1990) ศึกษาวิธีการแยกสารกลุ่มแอมเฟตามีน โดยใช้เครื่อง SFC (Supercritical fluid chromatography) เนื่องจากเป็นเทคนิคที่แยกสารได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพของเวลาดีกว่าเครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบธรรมดา โดยเติม FMOC-CL (9 – Fluorenylmethyl chloroformate) ในการทำอนุพันธ์กับ primary amies และ secondary amines ของสารกลุ่มแอมเฟตามีน โดยศึกษาอิทธิพลของความเป็นขั้วของ modifier และอิทธิพลของเฟสอยู่กับที่ โดยเครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ที่ถูกดัดแปลงวัดด้วย SFC พบว่า modifier ความเข้มข้นที่ 4.8% ของเมทานอล และคอลัมน์ชนิด Hypersil APs ความยาว 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.9 มิลลิเมตร ความหนาของฟิล์ม 5 ไมโครเมตร สามารถนำมาใช้แยกสารกลุ่มแอมเฟตามีนได้รวดเร็วภายในเวลา 3 นาที โดยพีคไม่ tailing

ลิลซันเด และคอร์เต (Lillsunde & Korte, 1991) ได้พัฒนาวิธีการสกัดยาในปัสสาวะโดยการสร้างหลอดสกัดซึ่งเรียกว่า "Chem elut" นำมาใช้แยกยาแต่ละประเภทแต่ละชนิดออกจากปัสสาวะ โดยใช้เทคนิค SPE (Solid phase extraction) ตัวอย่างที่ได้จะถูกนำไปทดสอบเบื้องต้นด้วยทินเลเยอร์โครมาโตกราฟีและนำไปตรวจยืนยันต่อด้วยแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี วิธีนี้มีประโยชน์ในการตรวจหาเอกลักษณ์ของยาแต่ละชนิดได้ง่ายและมี sensitivity ดี ซึ่งสามารถตรวจยาต่าง ๆ ได้หลากหลายและครอบคลุมสารได้เกือบ 300 ชนิด โดยนำมาประยุกต์ใช้ในงานประจำ

เธอร์แมน และคณะ (Thurman et al., 1992) ได้ใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี ด้วยการเลือกไอออน (Selected ion momitoring, SIM) ในการวิเคราะห์แอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะซึ่งสามารถแยกสารได้อนุพันธ์ 7 ตัว เป็นเอมีนที่สมมาตร รวมถึงยา

ต่าง ๆ คือ อีฟีดรีน ซูโดอีฟีดรีน ฟีนิลโพรพาโนลามีน เฟนเทอร์มีน โพพิลเฮกซิดรีน (Propylhexedrine) ฟีนิลอีฟีดรีน (Phenylephrine) ไฮดรอกซิล นอร์อีฟีดรีน (Hydroxynorephedrine) และเอมีนที่สังเคราะห์ได้ 2 ตัว คือ MDA (Methylene dioxyamphetamine) MDMA (Methylene-dioxymethamphetamine) ทำการสกัดปัสสาวะด้วยน้ำแล้วทำเป็นอนุพันธ์ด้วย HFBA (heptafluoro-butyric anhydride) หรือ 4-CB (4-Carbethoxy hexafluorobutyryl chloride) ให้ความร้อนและระเหยแห้งเติม Ethyl acetate นำไปวิเคราะห์ พบว่าประสิทธิภาพของ HFBA จะทำอนุพันธ์กับเอมีนสมมาตรได้ทุกตัว ส่วน 4-CB จะทำอนุพันธ์กับกลุ่ม hydroxy ที่อยู่ในเอมีนสมมาตรได้แค่บางตัว และยังพบว่า 4-CB จะให้ผลบวกลวงของเมทแอมเฟตามีนที่ระดับความเข้มข้น 20 - 2,250 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร โดยจะพบอีฟีดรีนและซูโดอีฟีดรีน ทั้งนี้ผลการศึกษายังขึ้นกับอุณหภูมิของช่องฉีดสารและการรักษาความสะอาดของช่องฉีดสาร

ฮอร์นเบค, แคร์ริจ, และซาร์นี (Hornbeck, Carrig & Czarny, 1993) ได้วิเคราะห์หาพีคปลอมปนของเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะ ที่ทำให้ผลการทดสอบเมทแอมเฟตามีนเป็นลบ โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี ด้วยการเลือกไอออนที่ต้องการ ศึกษาเวลาที่สารเคลื่อนที่ออกมา และสัดส่วนของไอออน ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของเมทแอมเฟตามีน พีคนี้จะพบเมื่อมีซูโดอีฟีดรีน หรือ อีฟีดรีนในระดับสูง หลังจากทำอนุพันธ์ กับ 4-CB HFBA และ TFAP (N-trifluoroacetyl-l-prolyl chloride) และใช้ N-methyl trideuterated psedoephedrine และ 2 Deuterated Ephedrine เติมลงในตัวอย่างเพื่อพิสูจน์ว่าซูโดอีฟีดรีนและอีฟีดรีน สามารถทำให้เกิดพีคปลอมปนได้ซึ่งทำให้ผลทดสอบเมทแอมเฟตามีนเป็นลบ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการแยกคือ อุณหภูมิของ Injection port ที่ 300°C low spit และใช้ isothermal เพราะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการฉีด จะมีผลต่อการปรากฏหรือหายไปของพีคปลอมปน สารที่ใช้ทำอนุพันธ์ทั้ง 3 ตัว สามารถใช้ได้ดี ดังนั้นในการวิเคราะห์เมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะจะต้องตรวจเบื้องต้นด้วย RIA (Radioimmunoaasay) และการใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี สามารถขจัดพีคปลอมปนของซูโดอีฟีดรีน และอีฟีดรีนในการตรวจวัดเมทแอมเฟตามีนได้

โกรจ และคณะ (Krogh et al., 1994) ได้การพัฒนาวิธีวิเคราะห์เฮโรอีนและแอมเฟตามีนในยาที่ห้ามใช้ทางกฎหมาย โดยใช้วิธี MEKC (Micellar electrokinetic chromatography) ได้ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้น SDS (Sodium dodecyl sulphate) เป็น surfactant ที่เติมในบัฟเฟอร์ และใช้ Acetonitrile เป็น organic modifier และใช้ Crystal violet เป็น internal standard ในการหาปริมาณ ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องคาปิลลารีอิเล็กโตรโฟริซีล (Capillary electrophoresis) พบว่า surfactant ที่เหมาะสมในบัฟเฟอร์ คือ 25 mM SDS, 10 mM Sodium dihydrogen phosphate, 10 mM

Disodium borate ที่พีเอช 9.0 และ 5% Acetonitrile สามารถใช้แยกเฮโรอีนและแอมเฟตามีนได้อย่างรวดเร็วภายในเวลา 15 นาที

แม็คเซีย และคณะ (Macchia et al., 1995) ศึกษาการตรวจวิเคราะห์เอทานอลในตัวอย่างชีววัตถุ เช่น เลือดซีรั่ม พลาสม่า ปัสสาวะ และน้ำลาย ด้วยเครื่องเฮดสเปสแก๊สโครมาโตกราฟี นำตัวอย่างจำนวน 0.1 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวดขนาด 20 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท ให้ความร้อนในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 75°C นาน 30 นาที เวลาการทำงานของเครื่อง 9 นาที เวลาที่ให้ความดันของแก๊สเข้าในขวด 3 นาที เวลาที่สารจาก sample loop ฉีดเข้าสู่เครื่อง 0.2 นาที และเวลาที่ดึงเข็มออกจาก Injection port 8.8 นาทีตามลำดับ นำส่วนที่เป็นไอฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี วัดด้วยตัวตรวจวัดเฟลมไอออไนเซชันดีเทคเตอร์ พบว่าให้ค่า coefficients of variation 0.8-2.9% ร้อยละการกลับคืนได้ถึง 99% ค่าความเป็นเส้นตรง อยู่ในช่วง 0.01-20 กรัมต่อลิตร และให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดเอทานอลที่ระดับ 0.01 กรัมต่อลิตร

สหประชาชาติ (United Nations, 1995) ได้จัดทำวิธีวิเคราะห์หาสารแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนด้วยเทคนิคต่าง ๆ เช่น LLE (Liquid-liquid-extraction) นำตัวอย่างปัสสาวะมา 2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 2-Methyl-phenlyl ethylamine เข้มข้น 8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรจำนวน 0.25 มิลลิลิตร เติม Sodium hydroxide เข้มข้น 1 M จำนวน 2 มิลลิลิตร น้ำกลั่นจำนวน 5 มิลลิลิตร และเติม Dichloromethaneจำนวน 20 มิลลิลิตร นำไปเขย่าเบา ๆ นาน 5 นาที ไขส่วนบนทิ้งไป นำไปสกัดต่อด้วย Sulphuric acid เข้มข้น 0.5 โมล จำนวน 2 มิลลิลิตร นำไปเขย่าและปั่นให้แยกชั้น นำส่วนบนมาจำนวน 15 มิลลิลิตร เติม Sodium hydroxide เข้มข้น 1 M จำนวน 1 มิลลิลิตร และและเติม Dichloromethaneจำนวน 2.5 มิลลิลิตร นำไปเขย่าและปั่นให้แยกชั้น นำชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์มาเติมด้วย Methanolic hydrochloric (9:1 v/v) จำนวน 50 ไมโครลิตร นำไประเหยแห้ง แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟี ด้วยตัวตรวจวัดเฟลมไอออไนเซชันหรือไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส คาปิลลารีคอลัมน์ที่ใช้เป็นชนิด nonpolar stationary phases อัตราการไหลของแก๊สฮีเลียมที่ 1 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิช่องฉีดสารที่ 250-280°C, อุณหภูมิของตัวตรวจวัด 250-280°C และอุณหภูมิของตู้อบที่ช่วง 90-280 °C ซึ่งการใช้โปรแกรมอุณหภูมิขึ้นกับชนิดคอลัมน์

ลอร์ด และพาว์ลิสซิน (Lord & Pawliszyn, 1997) ศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารกลุ่มแอมเฟตามีนในปัสสาวะด้วยเทคนิคSPME (Solid phase microextraction) โดยใช้เฮดสเปสทำการทดสอบปัจจัยต่าง ๆ เช่น การให้ความร้อนในเฮดสเปส การคนสาร การเติมเมทานอล การเติมเกลือ และพีเอชของบัฟเฟอร์ สภาวะที่เหมาะสม คือ นำตัวอย่างปัสสาวะมา 1 มิลลิลิตร บรรจุในขวด เติมเกลือของ Sodium chloride จำนวน 0.74 กรัม เติมบัฟเฟอร์ 0.5 M ของ Sodium sulphate ที่

พีเอช 12.0 ทำการปรับพีเอชของสารละลายด้วย 1 M ของ Potassium hydroxide และเติม Methanol 1 มิลลิลิตร ทำการคนสารละลายด้วยความเร็ว 1500 rpm ให้ความร้อนในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 15 นาที ทำการดูดจับสารกลุ่มแอมเฟตามีน ด้วยเทคนิค SPME โดย fiber เคลือบด้วย PDMS (Polydimethylsiloxane) หนา 100 ไมโครเมตร สารกลุ่มแอมเฟตามีนจับอยู่บน fiber ทำการฉีดสารเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี วัดด้วยตัวตรวจวัดเฟลมไอออไนเซชันดีเทคเตอร์ ที่อุณหภูมิ 250°C นาน 15 นาที พบว่าให้ค่า correlation coefficients ของแอมเฟตามีน ที่ 0.9948 และเมทแอมเฟตามีน ที่ 0.9935 ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดที่ระดับ 1.5 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

เพนตัน (Penton, 1997) ศึกษาการตรวจวิเคราะห์เอทานอลในเลือดและปัสสาวะ จากผู้ขับขี่รถด้วยอาการมึนเมา ด้วยเทคนิค SPME เปรียบเทียบกับเทคนิค SH (Static headspace) การเตรียมตัวอย่างในเทคนิค SPME โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี วัดด้วยตัวตรวจวัดเฟลมไอออไนเซชันดีเทคเตอร์ นำตัวอย่างเลือดหรือปัสสาวะมา 0.6 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวดขนาด 2 มิลลิลิตร ทำการดูดจับเอทานอลด้วย SPME โดย fiber เคลือบด้วย CW-DVB (Carbowax/divinylbenzene) เอทานอลถูกจับไว้บน fiber ทำการฉีดสารเข้าเครื่อง ที่อุณหภูมิ 210°C นาน 1 นาที ส่วนการเตรียมตัวอย่างในเทคนิค SH นำตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวดขนาด 20 มิลลิลิตร ปิดให้สนิท ให้ความร้อนในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 40°C นาน 30 นาที ฉีดส่วนที่เป็นไอเข้าเครื่อง จำนวน 1 มิลลิลิตร พบว่าทั้ง 2 เทคนิค ให้ค่าของเอทานอลในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยค่า correlation coefficients ที่ 0.9949 และค่าความเป็นเส้นตรง อยู่ในช่วง 0-500 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร วิธีนี้มีความแม่นยำ เป็นเลิศไม่มีการปนเปื้อนจากสารอื่น

ซานเดจพอร์ และคณะ (Sadeghipour et al., 1997) ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารกลุ่มแอมเฟตามีนจำนวน 6 ชนิด และสารเจือปนในเม็ดยาบ้า โดยใช้เครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ทำการเปรียบเทียบคอลัมน์ base-deactivated ซึ่งเป็นคอลัมน์ที่ผ่านการแลกเปลี่ยนไอออนของ Silanol groups กับ silica และคอลัมน์ Segular reversed phase และได้ทำการศึกษาส่วนประกอบของเฟสเคลื่อนที่ อิทธิพลของพีเอช ส่วนประกอบของบัฟเฟอร์และชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ พบว่าเฟสเคลื่อนที่เหมาะสมคือ 20 mM Sodium dihydrogen phosphate ที่พีเอช 3.8 กับ Acetonitrile (91:9) สามารถแยกสารกลุ่มแอมเฟตามีนทั้ง 6 ชนิดและสารเจือปนในเม็ดยาบ้าใช้เวลาน้อยกว่า 10 นาที โดยใช้คอลัมน์ base-deactivated โดยไม่ต้องเติมน้ำยาขัดขวาง (blocking agent) เช่น TEA (Triethylamine) ในเฟสเคลื่อนที่ ขีดจำกัดของการตรวจวัดอยู่ในช่วง 4-40 x 10^{-4} มิลลิกรัมต่อกรัม และขีดจำกัดของการหาปริมาณวิเคราะห์อยู่ในช่วง 1.3-3.3 x 10^{-4} มิลลิกรัมต่อกรัม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อัดแลนด์, โกรจ และราสมูนส์เสน (Ugland, Krogh & Rasmussen, 1997) ศึกษาการทำอนุพันธ์ของสารกลุ่มแอมเฟตามีนในปัสสาวะ ด้วยสารละลายกลุ่ม Alkylchloroformate โดยศึกษาสารในกลุ่มนี้จำนวน 3 ชนิด คือ Methylchloroformate, Butylchloroformate และ Propyl chloroformate อาศัยเทคนิคของ SPME เตรียมตัวอย่างโดยนำตัวอย่างปัสสาวะมาเติม internal standard คือ Methoxylphenamine แล้วเติม บัฟเฟอร์ 2.5 M ของ Potassium carbonate และ Potassium hydrogen carbonate จำนวน 300 ไมโครลิตร เติม 0.5 กรัม ของ Sodium chloride พีเอช 10.8 เติมสารผสมของสารละลาย Butylchloroformate, Propylchloroformate และ Methylchloro formate ลงในตัวอย่าง เขย่านาน 1 นาที ให้เข้ากัน ทำการสกัดด้วยเทคนิค SPME โดย fiber เคลือบด้วย PDMS ทำการสกัดนาน 14 นาที สารกลุ่มแอมเฟตามีน ถูกจับอยู่บน fiber นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี วัดด้วยตัวตรวจวัดไนโตรเจนฟอสฟอรัส และเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี แมสสเปคโตเมตรี พบว่าวิธีนี้สามารถตรวจวิเคราะห์สารกลุ่มแอมเฟตามีน อาศัยเทคนิค SPME การทำเป็นอนุพันธ์โดยใช้ Butylchloroformate และ Propylchloroformate ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดของแอมเฟตามีน และเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะที่ระดับความเข้มข้น 50 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

คุโรดา และคณะ (Kuroda et al., 1998) ทำการศึกษาสารเมทแอมเฟตามีนและสารในกลุ่มเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะ วิเคราะห์ด้วยเครื่องคาปิลลารีอิเล็กโตรโฟริซีล โดยการนำสารกลุ่มเมทแอมเฟตามีนที่ไม่ทำอนุพันธ์ วัดสารในช่วง UV ที่ 210 นาโนเมตร ด้วยเทคนิค CZE (Capillary zone electrophoresis) และMEKC สามารถแยกสารกลุ่มเมทแอมเฟตามีนภายใน 15 นาที ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดด้วยเทคนิค CZE ที่ 48-72 เฟมโตโมลต่อการฉีด (เฟมโต = 10^{-15}) และขีดจำกัดของการตรวจวัดด้วยเทคนิค MEKC ที่ 85-191 เฟมโตโมลต่อการฉีด และทำการวัดสารในช่วง LIF (Laser-induced fluorescence) ที่ 520 นาโนเมตร ด้วยการทำอนุพันธ์สารกลุ่มเมทแอมเฟตามีน ด้วย NBD-F (4-Fluoro-7-nitro-2,1,3-benzoxadiazole) สามารถแยกสาร ได้ภายใน 45 นาที และเทคนิค MEKC วัดสาร primary amines ที่ 22-40 อัตโตโมลต่อการฉีด (อัตโต = 10^{-18})

โคอิเดะ และคณะ (Koide et al., 1998) ทำการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์เมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีนในเส้นผมมนุษย์ ด้วยเฮดสเปส ทำการสกัดด้วยเทคนิค SPME เตรียมตัวอย่างโดยนำเส้นผมมา 1 มิลลิกรัม บรรจุลงในขวด เติมด้วย 0.2 มิลลิลิตร ของ 5 M Sodium hydroxide ทำการเขย่าที่อุณหภูมิ 75°C นาน 5 นาที สกัดด้วย SPME โดย fiber เคลือบด้วย PDMS หนา 100 ไมโครเมตร ในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 55°C นาน 20 นาที สารเมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีน ถูกจับอยู่บน fiber ทำการฉีดสารเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ที่อุณหภูมิ 220°C ภายในเวลา 0.5 นาที

พบว่าทำการสกัดด้วยวิธี SPME จะให้เปอร์เซ็นต์เมทแอมเฟตามีน และแอมเฟตามีน ในเส้นผม 62% และ 48% ตามลำดับ ให้กราฟมาตรฐานที่เป็นเส้นตรงของแอมเฟตามีนในเส้นผม อยู่ในช่วง 0.4-15 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม และเมทแอมเฟตามีน อยู่ในช่วง 4-160 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดของแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนในเส้นผมที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.4 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ

เมียง และคณะ (Myung et al., 1998) ศึกษาปัจจัยของ เกลือโซเดียม พีเอช เวลาสมดุล เวลาดูดกลืน ชนิดของไฟเบอร์ที่เคลือบและการวัดสารกระตุ้นในปัสสาวะ โดยทำการตรวจวัดแอมเฟตามีน เมทแอมเฟตามีน และไดเมทแอมเฟตามีน (Dimethamphetamine) ในปัสสาวะ เตรียมตัวอย่างโดยนำปัสสาวะมา 3 มิลลิลิตร ใส่ในขวดเติม 5 ไมโครลิตร ของ 5 M Potassium hydroxide และ 0.9 กรัม ของ Sodium chloride คนให้เข้ากัน ทำการสกัดด้วยเทคนิค SPME โดย fiber เคลือบด้วย PDMS หนา 100 ไมโครเมตร จุ่มลงในตัวอย่างปัสสาวะ คนด้วย Stirred นาน 30 นาที สารที่ต้องการวิเคราะห์จับอยู่บน fiber นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี พบว่าการสกัดด้วยเทคนิค SPME เป็นวิธีที่ง่ายและวิเคราะห์ได้รวดเร็วโดยไม่จำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ให้ background noise ต่ำ ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดของสารเมทแอมเฟตามีน แอมเฟตามีน และไดเมทแอมเฟตามีน ที่ระดับ 10, 10 และ 1 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และให้ค่าความแม่นยำอยู่ในช่วง 1.4-6.6% ภายใต้สภาวะของพีเอชที่ 12.4 ความเข้มข้นของ Sodium chloride ที่ 30% และเวลาสมดุลของสารที่ 30 นาที

นามิรา และคณะ (Namera et al., 1999) ได้วิเคราะห์สาร Nereistoxin และเมตาบอไลต์ในซีรั่ม โดยใช้ SPME ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องเฮดสเปสแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี เตรียมตัวอย่างซีรั่ม บรรจุลงในขวดเฮดสเปส เติม 5 M Sodium hydroxide และ Benzylacetone เป็น internal standard ให้ความร้อนในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 70°C ทำการสกัดด้วย SPME ที่เคลือบด้วย PDMS/DVB (Polydimethyl siloxane/divinylbenzene) หนา 65 ไมโครเมตร นาน 30 นาที ฉีดสารเข้าเครื่อง ที่อุณหภูมิ 250°C นาน 1 ชั่วโมง พบว่า ให้ค่าความเป็นเส้นตรงของ Nereistoxin และ N-methyl-N-(2- methylthio-1- methylthiomethyl)ethylamineในซีรั่ม ในช่วง 0.05-5.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร S,S′ Dimethyl dihydronereistoxin ในช่วง 0.01-5.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ 2-Methylthio-1- methylthio methylethylamine ในช่วง 0.5-10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดของ nereistoxin ในซีรั่ม อยู่ในช่วง 0.01-2.69 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และไม่มีสารอื่น ๆ มารบกวนการวิเคราะห์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

มากิโน และคณะ (Makino et al., 1999) ได้ทำศึกษาการแยกด้วย enantiomers ของสารเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะ โดยใช้คอลัมน์ 2 ชนิด คือ Strong cation-exchange pre-column (SCX) นำตัวอย่างมาผ่านคอลัมน์ เพื่อทำการจับโมเลกุลของเมทแอมเฟตามีน enantiomers ไว้ โดยให้สารที่มีประจุเป็นกลางและลบผ่านออกไป และทำการแยก (S)-(+)- เมทแอมเฟตามีน และ(R)-(-) - เมทแอมเฟตามีน ด้วยคอลัมน์ Phenyl-β-cyclodextrin-bonded semi-micro column (Chiral drug) ซึ่งใช้แยกสารประกอบ chiral วิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง พบว่าให้ค่าความเป็นเส้นตรงของทั้ง 2 enantiomers ที่ช่วงความเข้มข้น 5-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร R^2= 0.999 ขีดจำกัดของการตรวจวัดของ (S)-(+)-เมทแอมเฟตามีน อยู่ที่ 0.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และให้ค่าความแม่นยำของวิธีอยู่ในรูปค่าความสัมพัทธ์เบี่ยงเบนมาตรฐาน อยู่ในช่วง 0.21-0.24 %

ทอลวาร์, วัตสัน และสจ๊วต (Talwar, Watson & Stewart, 1999) ได้ศึกษาวิธีการตรวจวิเคราะห์สารแอมเฟตามีน เมทแอมเฟตามีน MDMA MDA และMDEA (3,4-Methylenedioxy ethylamphetamine) โดยนำตัวอย่างมาทำอนุพันธ์ ด้วย NQS (Sodium β-napthquinone-4-sulpho nate) นำตัวอย่างปัสสาวะมา 3 มิลลิลิตร เติม 10 ไมโครลิตร ของ Dimethylamine เป็น internal standard ที่ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร สกัดด้วย Ethanolic HCl (6:1) จำนวน 20 ไมโครลิตร นำไป centrifuge นาน 2 นาที แยกตัวทำละลายอินทรีย์ไประเหยด้วยแก๊ส N_2 ที่ 50°C นำตะกอนที่ได้มาเติมด้วย 8 % ของ Sodium carbonate จำนวน 0.5 มิลลิลิตร และ 0.5 มิลลิลิตร ของ 0.5 % NQS ทำการผสมสารที่อุณหภูมิ 70°C นาน 20 นาที ทิ้งให้เย็น เติมด้วย 1 มิลลิลิตร ของ Chloroform นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง วัดที่ 2 ความยาวคลื่นที่ 260 นาโนเมตร และ 450 นาโนเมตร พบว่าให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร อยู่ในช่วง 60-75 ไมโครกรัมต่อลิตร และที่ความยาวคลื่นที่ 450 นาโนเมตร อยู่ในช่วง 90-135 ไมโครกรัมต่อลิตร และให้ค่าขีดจำกัดของการหาปริมาณวิเคราะห์ที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร อยู่ในช่วง 115-155 ไมโครกรัมต่อลิตร และที่ความยาวคลื่นที่ 450 นาโนเมตร อยู่ในช่วง 210 -330 ไมโครกรัมต่อลิตร ให้ค่าร้อยละของการกลับคืนที่ 78 % และเป็นวิธีที่เหมาะสมให้ sensitivity ดี selectivity โดยไม่มีพีคอื่นรบกวน ให้ค่าความแม่นยำที่ค่า Cutoff 500 ไมโครกรัมต่อลิตร

วิลเลียมส์ และคณะ (Williams et al., 1999) ทำการศึกษายาที่มีผลทางด้านกฎหมายโดยใช้ Flash gas chromatography (Flash GC) ซึ่งสามารถแยกยาที่ห้ามใช้ทางกฎหมายจำนวน 19 ชนิด ภายในเวลา 90 วินาที โดยความเข้มข้นของสารที่ใช้ฉีด 10 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร สารทั้ง 19 ชนิดประกอบด้วย แอมเฟตามีน เมทแอมเฟตามีน โคเดอีน โคเคน บูตาบาร์บิทอล (Butabarbital) อะโมบาร์บิทอล (Amobarbital) เพนไตรดรีน (Penthidine) เพนโตบาร์บิทอล (Pentobarbital) ซีโค

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บาร์บิทอล (Secobarbital) กูลไตรไมด์ (Glutethimide) เฟนไซลิดรีน (Phencyclidine) เมทากูลโลน (Methaqualone) เมทาโดน (Methadone) เอมิทริทิลีน (Amitriptyline) อิมิพามีน (Imipramine) โดซิปีน (Doxepin) ดีซิพามีน (Desipramine) เพนตาโซซีน (Pentazocine) และออกซิลโคโดน (Oxyco- done) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์ 2 ตัว คือ ความสามารถที่สารแยกออกจากกัน และเวลาในการวิเคราะห์ คอลัมน์ที่ใช้ต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ในอัตรา 30°C ต่อวินาที ได้และมีประสิทธิภาพในการแยก โดยใช้เครื่อง High-speed gas chromatography คอลัมน์ใช้เป็นคาปิลลารี ความยาว 6 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร ความหนาของฟิลม์ 0.1 ไมโครเมตร ทำการแยกสาร 3 ชนิด คือ แอมเฟตามีน โคเคน และเฮโรอีน พบว่าสารทั้ง 3 ชนิดสามารถแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน ความแม่นยำของวิธีทำ reproducibility วิเคราะห์ 5 ครั้ง จำนวน 2 ชุด ของการทดลองให้ค่าความสัมพัทธ์เบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.580 % และให้ค่า repeatability ทำการวิเคราะห์ 10 ครั้ง ในเวลา 2 วัน ที่ 0.629% และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแบบธรรมดาโดยคอลัมน์ที่ใช้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ความหนาของฟิลม์ 0.25 ไมโครเมตร สามารถแยกสารได้ในเวลา 15-20 นาที

อโลนโซ, ฟอนทิชา และจูเลีย (Alonso, Fontecha & Juarez, 1999) ทำการพัฒนาวิธี SH ในการตรวจวิเคราะห์ Methyl-ketones และ secondary alcohols ใน blue cheese โดยนำตัวอย่างมา 10 กรัม บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ขนาด 20 มิลลิลิตร เติม Propionic acid ethyl ester 0.84 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น internal standard และเติม 10 กรัม Sodium sulphate ปิดให้สนิท ให้ความร้อนในเฮดสเปสที่อุณหภูมิ 80°C นาน 60 นาที เวลาที่ให้ความดันของแก๊สเข้าในขวด เวลาที่สารเข้าสู่สมดุล เวลาของสารเข้าสู่สมดุลใน sample loop ที่ 5 วินาที และเวลาที่สารจาก sample loop ฉีดเข้าสู่เครื่อง 2 นาที ฉีดสารเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี พบว่า Methyl-ketones ให้ค่าความแม่นยำที่ 3.1-9.7% ค่า coefficient of variation ที่ 1.1% และให้ค่าร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วง 81.3 % ส่วน secondary alcohols ให้ค่าความแม่นยำที่ 1.4-3.8% ค่า coefficient of variation ที่ 6.2% และให้ค่าร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วง 85.4 % วิธีนี้เหมาะสำหรับงานวิเคราะห์ประจำในห้องปฏิบัติการ

คาตาโอกะ, ลอร์ด และพอว์ลิสซิน (Kataoka, Lord & Pawliszyn, 2000) ได้พัฒนาการใช้ SPME ทำงานร่วมกับ LC-ESI-MS (Liquid chromatography - electrospay ionization mass spectro metry) ในการตรวจวัดหาแอมเฟตามีน เมทแอมเฟตามีน และสารอนุพันธ์ของเมททิลลีนไดออกซีในปัสสาวะ ด้วยเทคนิคการสกัดในหลอด SPME เป็นการสกัดสารอินทรีย์ในตัวอย่างที่เป็นน้ำ แล้วนำสารที่สกัดได้เข้าสู่หลอดคาปิลลารีทำการวัดสเปกตร้า สภาวะที่เหมาะสมของหลอดคาปิลลารี

SPME คือ การดูด-ปล่อยสาร 15 ครั้งของรอบสารตัวอย่าง 35 ไมโครลิตร ใน 50 mM Tris-HCl ที่พีเอช 8.5 อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 100 ไมโครลิตรต่อนาที โดยใช้คาปิลลารีคอลัมน์ชนิด Omegawax 250 ซึ่งหลอด SPME 1 หลอดสามารถวิเคราะห์สารได้ 500 ครั้ง พบว่า ขีดจำกัดของการตรวจวัดอยู่ในช่วง 0.38-0.82 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ร้อยละการกลับคืนได้ถึง 81 % และเป็นวิธีที่ง่ายรวดเร็ว เหมาะกับการวิเคราะห์สารกระตุ้นในปัสสาวะและจะไม่มีพีคของสารอื่นรบกวน

จอร์จ และเบรทเวท (George & Braithwaite, 2000) ได้ศึกษาการใช้อัตราส่วนไอโซเมอร์ของสารแอมเฟตามีน (l-Amphetamine: d- Amphetamine;1:1) ในการวิเคราะห์หาสาร Dexedrine (l-Amphetamine : d- Amphetamine;1:3) ในผู้ใช้แอมเฟตามีน โดยทำการศึกษา 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นปัสสาวะของผู้ใช้แอมเฟตามีนที่ทราบแน่นนอนและรายที่ใช้ Dexedrine ในการรักษาหรือลดความเป็นพิษ และส่วนแอมเฟตามีนที่เป็นผงแป้งจะทำอนุพันธ์และไม่ทำอนุพันธ์ของสารประกอบ Chiral ตัวอย่างที่ผ่านการสกัดด้วย Butyl acetate ทำอนุพันธ์ของสารประกอบ Chiral เติมสาร คือ TFAP ในการแยกไอโซเมอร์ของแอมเฟตามีน วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี พบว่าสามารถแยก l- Amphe tamine ได้ที่ 5.69 นาที และ l/d - Amphetamine ได้ที่ 6.06 นาที และในรายที่ใช้แอมเฟตามีนในทางที่ผิดจำนวน 165 ราย ค่าเฉลี่ย (± 1 SD) ของอัตราส่วนของ l/d ไอโซเมอร์ของแอมเฟตามีน 98.5% l/d (±27.5) และในรายที่ใช้ Dexedrine ในการรักษา 147 ราย ค่าเฉลี่ย (± SD) ของอัตราส่วนของ l/d ไอโซเมอร์ของแอมเฟตามีน 15 % (±4.9%) ส่วนในผงแป้งของแอมเฟตามีนจำนวน 17 ตัวอย่าง อัตราส่วน l/d ไอโซเมอร์ของแอมเฟตามีน 89.2% และเป็นเทคนิคที่รวดเร็วในการวิเคราะห์แยกไอโซเมอร์ของแอมเฟตามีนในผู้ใช้แอมเฟตามีนและผู้ใช้ Dexedrine ในการรักษา

จูราโด และคณะ (Jurado et al., 2000) ได้ทำการตรวจสารแอมเฟตามีน เมทแอมเฟตามีน MDA และ MDMA ในปัสสาวะ โดยพัฒนาวิธีการสกัดสารด้วย SPME เปรียบเทียบกับการใช้เฮคสเปส และไม่ใช้เฮคสเปส ในการทำให้เกิดอนุพันธ์ ศึกษาอิทธิพลอุณหภูมิของเฮคสเปส และขั้นตอนการเกิดสารอนุพันธ์ โดยนำตัวอย่างปัสสาวะบรรจุในขวดของเฮคสเปส เติม Sodium hydroxide, Sodium chloride และ Amphethamine-d_3 เป็น internal standard และให้ความร้อนในเฮคสเปส ที่ 100°C นาน 20 นาที ใช้ fiber เคลือบด้วย PDMS ดูดสารประกอบพวกแอมเฟตามีนทิ้งไว้นาน 10 นาที นำ fiber มาทำให้เป็นอนุพันธ์โดยให้สัมผัสกับ Trifluoroacetic anhydride ให้ความร้อนในเฮคสเปส ที่ 60°C นาน 20 นาที จะได้อนุพันธ์ของ Tifluoroacetyl นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนอยู่ในช่วง 3 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วน MDA และ MADA อยู่ในช่วง 6 นาโน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กรัมต่อมิลลิลิตร ให้ค่าขีดจำกัดของการหาปริมาณวิเคราะห์ของแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนอยู่ในช่วง 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วน MDA และ MADA อยู่ในช่วง 20 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งวิธีนี้ใช้เวลาในการวิเคราะห์ไม่เกิน 55 นาที และเหมาะกับงานประจำในห้องปฏิบัติการ

ชินากะ และคณะ (Chinaka et al., 2000) พัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์หา 18 enantiomers ของสารกระตุ้นจำนวน 9 ชนิด คือ แอมเฟตามีน เมทแอมเฟตามีน ไดเมทแอมเฟตามีน อีฟีดรีน นอร์อีฟีดรีนเมทิลอีฟีดรีน MDMA MDEA โดยการเติม chiral selector ที่ประกอบด้วย β-CD (β-cyclodextrin) กับ DM-β-CD (heptakis [2,6-di-o-methyl]-β-cyclodextrin) ลงใน electrolyte นำตัวอย่างปัสสาวะมา 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย 1 มิลลิลิตร ของ 10% Sodium carbonate ทำการสกัดด้วย Chloroform กับ Isopropanol (3:1) นำไปเขย่านาน 2 นาที และ centrifuge นาน 10 นาที แยกชั้นตัวทำละลายไประเหย และนำตะกอนมาละลายน้ำ วิเคราะห์ด้วยเครื่องคาปิลลารีอิเล็กโตรโฟริซีล พบว่าให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดอยู่ที่ระดับ 0.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ของ enantiomers ทั้งหมด ให้ค่าความแม่นยำของเวลาเคลื่อนที่ (migration time) และพื้นที่ใต้พีคของการวิเคราะห์ความแปรปรวนในวันที่วิเคราะห์ที่ 0.3 % และ 0.4 % ตามลำดับ ให้ค่ากราฟมาตรฐานในช่วง 0.2-500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($r^2 = 0.999$)

มิลส์ และวอคเกอร์ (Mills & Walker, 2000) ได้ทำการพัฒนาวิธีการสกัดและแยกสารที่สามารถระเหยได้ง่ายและระเหยได้ยากในตัวอย่างชีววัตถุ และในสารอื่น ๆ เช่น ปัสสาวะ เลือด อุจจาระ นม เส้นผม ลมหายใจ และน้ำลาย ด้วยเทคนิค SPME เทคนิคนี้เหมาะกับตัวอย่างที่มีปริมาณน้อย ๆ มีประโยชน์ต่อการเตรียมตัวอย่าง ช่วยเพิ่มความเข้มข้นของตัวอย่าง ขจัดสารที่รบกวนการวิเคราะห์ออก ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องเฮดสเปสเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี หรือเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี สามารถประยุกต์ใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารประกอบจำพวกยา และเมตาบอไลต์ของยา ตัวทำละลาย สารเคมี ยาฆ่าแมลง ออร์กาโนเมตัลลิก เป็นต้น ในอนาคตสามารถพัฒนาเทคนิคนี้ไปประยุกต์ใช้กับเครื่อง High performance liquid chromatography

ลี และคณะ (Lee et al., 2000) ประเมินการใช้เฮดสเปสในการทำอนุพันธ์ของสารและสกัดด้วยเทคนิค SPME ในการวิเคราะห์หาระดับแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนในซีรั่มโดยเปรียบเทียบกับการไม่ทำอนุพันธ์ของสารและสกัดด้วย SPME นำตัวอย่างซีรั่มมาเจือจางด้วย 1:3 ของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วย Boric acid กับ Sodium hydroxide และ น้ำ 2 ส่วน เตรียมสารละลาย 20 % HFBA กับสารละลาย Ethyl acetate ให้ความร้อนในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 270°C นาน 10 วินาที นำส่วนที่เป็นไอของ HFBA มาทำอนุพันธ์และสกัดด้วย SPME ในเฮดสเปส โดย fiber เคลือบด้วย non-polarpoly (Dimethylsiloxane) ที่พีเอช 9.5 นาน 40 นาที สารแอมเฟตามีน

และเมทแอมเฟตามีน ถูกจับอยู่บน fiber ฉีดสารเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี ที่อุณหภูมิ 260°C ภายในเวลา 2 นาที พบว่าสามารถตรวจวิเคราะห์แอมเฟตามีน และเมทแอมเฟตามีนในซีรั่มที่ระดับความเข้มข้น 6.0 และ 77 ไมโครกรัมต่อลิตร ในการทำอนุพันธ์ของสารและสกัดด้วย SPME ให้ค่า reproducibility ที่ 17% และการไม่ทำอนุพันธ์ของสารและสกัดด้วย SPME ให้ค่า reproducibility ต่ำที่ 7%

สเตรค และคูปแมนน์ (Staerk & Kulpmann, 2000) ได้พัฒนากระบวนการสกัดสารในการตรวจวิเคราะห์ยา ด้วยเทคนิค SPME โดยใช้อุณหภูมิสูง ๆ นำมาใช้ในการเตรียมตัวอย่างของการตรวจวิเคราะห์ยาเสพติดในปัสสาวะและในซีรั่ม เตรียมตัวอย่างโดยนำปัสสาวะสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ Hexane และ Ethyl acetate ที่พีเอช 9.0 แยกชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ ใส่ลงในขวดระเหยให้แห้งด้วยการผ่านแก๊ส N_2 ให้ความร้อนในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 200°C สกัดด้วยเทคนิค SPME โดย fiber เคลือบด้วย Polyacrylate และทำให้สารเกิดอนุพันธ์ ด้วย Acetic anhydride-pyridine นาน 10 นาที ทำการฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี ที่อุณหภูมิ 320 °C นาน 45 นาที สามารถตรวจพบสารกลุ่มแอมเฟตามีน 200 ไมโครกรัมต่อลิตร กลุ่มบาร์บิทูเรต (barbiturates) 500 ไมโครกรัมต่อลิตร กลุ่มเบนโซไดอะซีปีน (Benzodiazepines) 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เบนซอลเลคโกไน (Benzoylecgonine) 150 ไมโครกรัมต่อลิตร เมททาโด (Methadone) 100 ไมโครกรัมต่อลิตร และมอร์ฟีน (Opiates) 200 ไมโครกรัมต่อลิตร

สเปอร์เคอท์ และพราค์ (Sporkert & Pragst, 2000) ได้ตรวจวิเคราะห์สาร Lidocaine ในเส้นผมของผู้ที่รับประทานยาถึงแก่ความตาย จำนวน 49 ตัวอย่าง โดยเทคนิคเฮดสเปส SPME นำตัวอย่างเส้นผมพร้อมรากผม มาล้างด้วยสารละลาย SDS และ Acetone นาน 5 นาทีในอ่างโซนิค ทำให้แห้ง ตัดเส้นผมให้มีความยาว 1-2 เซนติเมตร ชั่งเส้นผมมา 10 มิลลิกรัม บรรจุลงในขวด เติม 100 มิลลิกรัม Etidocaine เป็น internal standard ทำการย่อย เส้นผมด้วย 1% Sodium hydroxide และเติม 0.5 กรัม ของ Sodium sulphate เป็น salting-out ให้ความร้อนในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 70°C นาน 30 นาที สกัดด้วยเทคนิค SPME โดย fiber เคลือบด้วย CW-DVB หนา 65 ไมโครเมตร ทำการดูดจับสาร นาน 15 นาที สาร Lidocaine จับอยู่บน fiber ทำการฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี ที่อุณหภูมิ 250°C นาน 5 นาที พบว่ากราฟมาตรฐานที่เป็นเส้นตรง อยู่ระหว่าง 0.1-1000 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม และให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดอยู่ที่ระดับ 0.1 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม ส่วนค่าขีดจำกัดของการหาปริมาณวิเคราะห์อยู่ที่ระดับ 0.4 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม และวิธีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการตรวจหายาเสพย์ติดชนิดอื่น ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ชัย, ลู และซู (Chai, Luo & Zhu, 2001) ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ชนิดของสารที่ไม่สามารถระเหยได้ในตัวอย่าง complex matrix ที่เป็นของแข็งและของเหลว โดยพัฒนา Phase reaction conversion (PRC) คือการทำปฏิกิริยาของสารละลายด้วยกรด วิเคราะห์ด้วยเครื่องเฮดสเปสแก๊สโครมาโตกราฟี โดยทำการตรวจวัด Carbonate (CO_3^{2-}) ในตัวอย่างกระดาษหมักที่เป็นสีดำ ขาว และเขียว เตรียมตัวอย่างโดยนำตัวอย่างมา 300 ไมโครลิตร บรรจุลงในขวด แล้วผ่านแก๊ส N_2 ลงในขวดด้วยอัตราการไหล 130 มิลลิลิตรต่อวินาที นาน 2 นาที เพื่อขจัด CO_2 แล้วเติม 0.5 มิลลิลิตร Sulfuric acid ความเข้มข้น 2 โมลต่อลิตร (ทำ PRC) ให้ความร้อนในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 30 วินาที นำส่วนที่เป็นไอฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ให้ค่ากราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงที่ R^2 = 0.9963 พบ ว่าวิธีนี้สามารถตรวจวิเคราะห์สารที่ไม่สามารถระเหยได้ มีความน่าเชื่อถือ เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว

ทรีย์ และคณะ (Theis et al., 2001) ศึกษาการใช้ Headspace Solvent Microextraction ในการวิเคราะห์สารระเหย Benzene, Toluene, Ethylbenzene และ O-xylene ทำการเตรียมสารระเหยโดยบรรจุสารลงในขวดขนาด 1 มิลลิลิตร และเติม n-Decane เป็น internal standard แล้วใช้ 1-Octanol เป็นตัวทำละลายหยดลงในขวด ทำการสกัดโดยใช้ stirring ด้วยความเร็วที่ 1500 rpm นาน 5 นาที นำส่วนที่เป็นไอฉีดสารเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี หรือเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี พบว่าวิธีนี้สามารถแยกสารทั้ง 4 ชนิด ภายใน 5 นาที และเหมาะกับงานที่วิเคราะห์ปริมาณต่ำ ๆ โดยไม่มีพีคอื่นรบกวนและราคาไม่แพง

มายูริ-เออเซโจ และคณะ (Mauri-Aucejo et al., 2001) ทำการตรวจวัดหาแอมเฟตามีนในปัสสาวะ โดยใช้ Batch และ flow injection อาศัยเทคนิคการสกัด LLE วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี นำตัวอย่างปัสสาวะมาปรับด้วย Sodium carbonate อิ่มตัวให้ได้พีเอช 13 สกัดด้วย Diethyl ether เขย่านาน 90 วินาที กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง นำตัวอย่างเข้าระบบโดยใช้ปั๊มในอัตราการไหล 2 มิลลิลิตรต่อนาที ผ่านไปยัง six-port valve ทำการผสมตัวอย่างกับอีเทอร์ แล้วผ่านไปยัง extraction coil ที่มีความยาว 11 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตร ทำการวัดสารด้วย fluorescence ที่ความยาวคลื่นของ emission ที่ 277 นาโนเมตรและความยาวคลื่น excitation ที่ 260 นาโนเมตร พบว่าให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดของแอมเฟตามีนที่ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าขีดจำกัดของการหาปริมาณวิเคราะห์ของแอมเฟตามีนที่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตรให้ค่า reproducibility ที่ 7% และให้ค่าร้อยละการกลับคืนทั้งก่อนและหลังการสกัดที่ 107 ± 8% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิธีนี้มีข้อดีคือไม่มีการรบกวนของสารอื่น ๆ ที่อยู่ในตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เปเรส และคณะ (Peres et al., 2002) ศึกษาการวิเคราะห์ลักษณะของ cheese ด้วยวิธี DH-MS (Dynamic headspace mass spectrometry) โดยนำตัวอย่างมา 5 กรัม บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ขนาด 20 มิลลิลิตร โดยผ่านแก๊ส helium อัตราการไหล 120 มิลลิลิตรต่อนาที นาน 2 นาที ให้ความร้อนในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 30°C นาน 20 นาที ทำการสกัดและจับสารด้วย adsorbent trap Tenax Ta 0.1 กรัม ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี ที่อุณหภูมิ 220°C นาน 3 นาที พบว่าวิธีนี้เหมาะต่อการแยกสารระเหยใน cheese ได้ง่ายและรวดเร็วใช้เวลาในการวิเคราะห์ 7 นาที และสามารถตรวจสารในกลุ่ม Alkanes, Esters, Methylketone, Carboxylic acid ได้เกือบ 100 ชนิด

ยาง, ฮวง และสเมทินา (Yang, Huang & Smetena, 2002) ทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อวิธีการวิเคราะห์สารระเหยกลุ่มไฮโดร์คาร์บอนในใบยาสูบด้วยเทคนิคเฮดสเปส SPME ปัจจัยที่ศึกษา คือ อุณหภูมิตู้อบของเฮดสเปส, พีเอช, ความชื้น และชนิดของ SPME พบว่าตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ต้องมีความชื้นสูง ๆ และมีสภาวะเป็นกรด โดยนำใบยาสูบมา 2.1 กรัม บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ให้อุณหภูมิตู้อบของเฮดสเปสที่ 100°C นาน 12 นาที ทำการลดอุณหภูมิลงมาจนกระทั่งถึงที่ 25°C โดยใช้เวลาภายใน 20 นาที หลังจากนั้นสกัดด้วย SPME ที่มีความเป็นโพลาริตี้สูง ๆ โดยใช้ SPME ที่เคลือบด้วย CW-DVB หนา 65 ไมโครเมตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี และเป็นวิธีที่เหมาะในการแยกสารระเหยได้ในใบยาสูบ

ครูวีย์ส์ และคณะ (Cruwys et al., 2002) ทำการพัฒนาเทคนิค SH เพื่อวิเคราะห์สารที่ระเหยได้ของ fatty acids ในน้ำเสีย โดยศึกษาปัจจัยต่าง ๆ คือ ปริมาณตัวอย่าง, ชนิดและความเข้มข้นของเกลือ, การเตรียมตัวอย่าง, เวลาและอุณหภูมิที่สารเข้าสู่สมดุลในเฮดสเปส ผลการศึกษาพบว่า นำตัวอย่างน้ำเสียมา 2 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ขนาด 20 มิลลิลิตร แล้วเติม Sodium hydrogen sulfate จำนวน 1 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนในเฮดสเปสที่อุณหภูมิ 85°C นาน 30 นาที อุณหภูมิของ loop ที่ 105°C และอุณหภูมิของ transferline ที่ 135°C ทำการฉีดไอเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ให้ค่าขีดจำกัดการตรวจวัดของอะซีติก (Acetic), โพไพโอนิก (Propionic), ไอโซบิวทิริก (iso-Butyric), เอ็นบิวทิวริก (n-Butyric),ไอโซวาลิริก (iso-Valeric) และเอ็นวาลิริก (n-Valeric) ที่ระดับความเข้มข้น3.7, 3.3, 0.9, 0.3, 0.7 และ 0.3 ไมโครกรัมต่อลิตร

เมทรีย์, บัสโต และกรูวช์ (Mestres, Busto & Guasch, 2002) ประยุกต์เทคนิคเฮดสเปส SPME ในการตรวจวิเคราะห์สารที่ระเหยได้ของสารประกอบกลุ่มกำมะถันในตัวอย่างไวน์ โดยศึกษาปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปริมาณตัวอย่าง, ชนิดของ SPME, เวลาและอุณหภูมิที่สารเข้าสู่สมดุลในเฮดสเปส ผลการศึกษาพบว่าต้องนำปริมาณตัวอย่างไวน์มา 10 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ขนาด 20 มิลลิลิตร แล้วเติม Sodium chloride จำนวน 3 กรัม นำไปให้ความร้อนในเฮดสเปสที่

อุณหภูมิ 35°C นาน 2 ชั่วโมง สกัดด้วยเทคนิค SPME โดย fiber เคลือบด้วย DVB-CAR-PDMS (Divinylbenzene-Carboxen-Polydimetylsiloxane) ดูดจับสารที่อุณหภูมิ 280°C นาน 4 ชั่วโมง ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ด้วยตัวตรวจวัด FPD (Flame photometric detector) ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดสารประกอบกลุ่มกำมะถันอยู่ที่ระดับความเข้มข้น 0.05-10 ไมโครกรัมต่อลิตร

มาร์กาเรต และคณะ (Margaret et al., 2002) ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของแอมเฟตามีน, เมทแอมเฟตามีน และอนุพันธ์ในปัสสาวะ ด้วยเทคนิค SPME วิเคราะห์ด้วย EIS-FAIMS-MS (Electrospray ionization-high-field asymmetric waveform ion mobility spectrometry-mass spectrometry) นำตัวอย่างปัสสาวะมาจำนวน 4 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวด ทำการปรับพีเอชของด้วย Potassium hydroxide ให้ได้ พีเอช 10 ทำการสกัดตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการสกัดด้วยเทคนิค SPME โดย fiber เคลือบด้วย PDMS หนา 100 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิ 250°C นาน 1-2 นาที ฉีดเข้าเครื่อง พบว่าให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดของแอมเฟตามีน, เมทแอมเฟตามีน และอนุพันธ์ที่ระดับความเข้มข้น 7.5, 0.6 และ 0.2-3.0 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถตรวจได้ภายใน 20 นาที

แฟรงค์ และคณะ (Frank et al., 2002) ได้ศึกษาการตรวจวัดสารกลุ่มแอมเฟตามีนและกลุ่มยาสังเคราะห์ในเส้นผม ด้วยเทคนิคเฮดสเปส SPDE (Solid-phase dynamic extraction) นำตัวอย่างเส้นผมมาทำความสะอาดด้วยน้ำ, ปิโตเลียม และไดคลอโรมีเทน ตามลำดับ ตัดเส้นผมให้มีขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วชั่งเส้นผมมา 10 มิลลิกรัม บรรจุลงในขวดขนาด 10 มิลลิลิตร แล้วเติม Soduim hydroxide ที่ความเข้มข้น 4 โมลาร์ จำนวน 1 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนในเฮดสเปสที่อุณหภูมิ 50°C นาน 5 นาที สกัดด้วยเทคนิค SPDE โดย fiber เคลือบด้วย PDMS หนา 50 ไมโครเมตร และ 10% AC (Activated carbon) ทำการสกัดนาน 9 นาที แล้วทำเป็นอนุพันธ์บน fiber นาน 1 นาที ปล่อยแก๊ส nitrogen ลงในขวด นาน 1 นาที หลังจากนั้นทำการดูดจับสารตัวอย่างแล้วฉีดเข้าเครื่องที่อุณหภูมิ 250°C นาน 4 นาที ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดกลุ่มแอมเฟตามีนอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.03 – 0.19 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม ค่า correlation coefficients อยู่ในช่วง 0.992-0.999 ค่าความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 0.1-20 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม

จอห์น และแอนด์ราจซ์ (John & Andrzej, 2003) ทำการประยุกต์ใช้ HSM (Headspaec solvent microextraction) ในการตรวจวิเคราะห์ก๊าซโซลีน, เบนซีน, โทลูอีน, เอทิลเบนซีน และไซลีนในตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิง นำตัวอย่างน้ำมันมา 1 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวด ขนาด 2 มิลลิลิตร เติม Ethylacetate จำนวน 2 ไมโครลิตร เป็น internal standard นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50°C โดยมีการคนตัวอย่างตลอดเวลาที่ความเร็วรอบ 1200 rpm นาน 30 นาที หลังจากนั้นทำการสกัดด้วยเทคนิค HSM โดยนำเข็มที่เคลือบ Hexadecane จำนวน 1 ไมโครลิตร ทำการสกัดนาน 3 นาที แล้ว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ดึงเข็มขึ้นมาอย่างช้า ๆ วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรีตัวตรวจวัดเฟลมไอออไนเซชันพบว่าวิธีนี้สามารถวิเคราะห์ก๊าซโซลีน, เบนซีน, โทลูอีน, เอทิลเบนซีน และไซลีนในตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้เวลาเพียง 12 นาที

วอล์ดิมาร์, ไพออต และเจนัส (Waldemar, Piotr & Janusz, 2003) พัฒนาวิธีการตรวจสารที่ระเหยได้ในกลุ่มคาร์โบนิลในบรั่นดีและเครื่องดื่มที่มีแอกอฮอล์ โดยใช้เทคนิคเฮดสเปส SPME นำตัวอย่างมาจำนวน 10 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ทำให้เป็นอนุพันธ์ด้วยการเติม PFBHA [O-(2, 3, 4, 5, 6-Pentafluorobenzyl) hydroxyamines] จำนวน 0.1 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 35°C นาน 1.5 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นปรับพีเอชด้วย Sulfuric acid ให้ได้พีเอช 2 ทำการสกัดด้วย SPME โดย fiber เคลือบด้วย PDMS หนา 100 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิ 250°C นาน 5 นาที ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีด้วยตัวตรวจวัด ECD (Electron capture detector) พบว่าให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดของสารกลุ่มอัลดีไฮด์และคีโตนที่ระดับความเข้มข้น 0.05-0.5 นาโนกรัมต่อลิตร

ออสการ์, บีโกนา และมาเรีย (Oscar, Begona & Maria, 2003) ทำการวิเคราะห์สารที่ระเหยได้ในกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ในวัสดุที่ใช้บรรจุของ ด้วยเทคนิคเฮดสเปส SPME นำผิววัสดุบรรจุของจำพวกเซลล์ลูโลส, โพลีเอทิลลีน, อะลูมิเนียม ตัดให้ได้ขนาด 120 ตารางเซนต์ บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ขนาด 15 มิลลิลิตร เติม Hexadecane จำนวน 1 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C นาน 5 นาที สกัดด้วย SPME โดย fiber เคลือบด้วย DAR-PDMS (Carboxen-polydimetyl siloxane) หนา 75 ไมโครเมตร นาน 60 นาที ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี พบว่าวิธีนี้สามารถตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่เป็นของแข็งได้และหลีกเลี่ยงการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดของกลุ่มสารประกอบอินทรีย์อยู่ในช่วงระดับความเข้มข้น 3- 375 นาโนกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 15-2,800 นาโนกรัมต่อลิตร

ยอน และคณะ (Youn et al., 2003) ได้ทำการวิเคราะห์สารกลุ่ม PCBs (Polychlorinated biphenyls) ในตัวอย่างน้ำ ด้วยเทคนิค MA-HS-SPME (microwave-assisted headspace solid phase microextraction) โดยศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อวิธี เช่น เวลาและอุณหภูมิที่ใช้สกัด, ปริมาณเกลือที่เติม, ปริมาณตัวอย่าง, การเติมเมทานอล และการทดสอบความถูกต้องของวิธี จากการศึกษาพบว่าวิธีที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์คือ ต้องนำตัวอย่างน้ำมา 20 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ขนาด 40 มิลลิลิตร โดยไม่ต้องเติมเกลือและเมทานอล นำไปให้ความร้อนโดยแช่ในอ่างน้ำร้อนในเครื่อง microwave ที่อุณหภูมิ 100°C และให้พลังงาน microwave ที่ 30 วัตต์ นาน 1 นาที แล้วหยุด 3 นาที (เรียกว่า 1 รอบ) ทำซ้ำทั้งหมด 15 รอบ แล้วสกัดด้วยเทคนิค SPME โดย fiber เคลือบด้วย PDMS หนา 100 ไมโครเมตร แล้วฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ด้วยตรวจวัด ECD ให้ค่า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ขีดจำกัดของการตรวจวัดของสารกลุ่ม PCBs ที่ระดับความเข้มข้น 0.27-1.34 นาโนกรัมต่อลิตร ค่า correlation coefficients อยู่ในช่วง 0.99 และค่าความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 1-80 นาโนกรัมต่อลิตร

ฮอง-ปิง และคณะ (Hong-Ping et al., 2003) ได้ทำการศึกษาการตรวจวัดยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจำนวน 16 ชนิดในน้ำ ด้วยเทคนิค MA-HS-SPME โดยศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อวิธี เช่น ปริมาณตัวอย่าง, เวลาและอุณหภูมิที่ใช้สกัด, จำนวนพลังงานและเวลา microwave และชนิด SPME จากผลการศึกษาพบว่าวิธีที่เหมาะต่อการตรวจยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำ คือ นำตัวอย่างน้ำมา 20 มิลลิลิตร ใส่ใน bottom flask เติม Sodium chloride จำนวน 2 กรัม นำเข้าไปไว้ในเครื่อง microwave เชื่อม bottom flask ด้วย condenser และให้พลังงาน microwave ที่ 285 วัตต์ นาน 10 นาที แล้วสกัดด้วยเทคนิค SPME โดย fiber เคลือบด้วย DVB-CAR-PDMS ที่อุณหภูมิ 310°C นาน 3 นาที แล้วฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ด้วยตรวจวัด ECD ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดของยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจำนวน 16 ชนิดที่ระดับความเข้มข้น 0.002-0.07 ไมโครกรัมต่อลิตร ค่า correlation coefficients อยู่ในช่วง 0.9978

คาร์ลอส (Carlos, 2003) ทำการศึกษาวิธีปริมาณ Propionic acid ทั้งหมดในอาหารสัตว์ด้วยเทคนิคเฮดสเปส SPME วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี นำตัวอย่างอาหารสัตว์จำนวน 10 กรัมใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำแล้วทำการคนตัวอย่างตลอดเวลานาน 10 นาที นำไปปั่นเพื่อแยกชั้น นำชั้นน้ำใส่ในขวดเฮดสเปส ขนาด 120 มิลลิตร ปรับพีเอชให้เป็นกรดด้วย 10 % Sulfuric acid เพื่อแตกตัวเป็น Propoinic acid อิสระ แล้วปรับตัวอย่างให้เป็นด่างด้วย Sodium chloride ประมาณ 8 กรัม ปิดจุกสนิท นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C นาน 10 นาที สกัดด้วย SPME โดย fiber เคลือบด้วย PA (Poylacrylate) หนา 85 ไมโครเมตร นาน 5 นาที แล้วฉีดเข้าเครื่อง พบว่าให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดที่ระดับความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าขีดจำกัดของการหาปริมาณวิเคราะห์ที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ฟิลิปป์ และคณะ (Philippe et al., 2003) ทำการศึกษาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในเฮดสเปสในการวัดหา Acrylamide จาก Maillard reaction systems เทียบกับ Acrylamide ในกระบวนการมันฝรั่ง วิเคราะห์ด้วย PTR-MS (Proton transfer reaction mass spectrometry) เทียบกับ GC-EI-MS (Gas chromatography electron-impact mass spectrometry) ทำการเตรียมตัวอย่างมันฝรั่งตัดเป็นแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร มา 2 กรัม บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150°C และ 170°C ตามลำดับ นำไปอบที่ 50°C นาน 5 ชั่วโมงโดยผ่านแก๊ส nitrogen เบา ๆ จะได้ตัวอย่างเป็นผงสีขาว หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 120°C - 170°C แล้วฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ทำการวัดด้วย PTR-MS และ GC-EI-MS พร้อมกัน โดยใช้ Y-connect

แยก 2 คอลัมน์ คาปิลลารีคอลัมน์ที่ใช้คือ ชนิด DB-Wax จำนวน 2 คอลัมน์ พบว่าเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในเฮดสเปสของ Maillard reaction systems ที่อุณหภูมิ 150°C นาน 6-7 นาที และในกระบวนการของมันฝรั่ง ที่อุณหภูมิ 170°C นาน 2 นาที และในการวัดของ PTR-MS สาร Acrylamide ออกมาที่เวลา 50 นาที และ GC-EI-MS สาร Acrylamide ออกมาที่เวลา 49.6 นาที

เทลส์ และคณะ (Tales et al., 2004) ทำการตรวจวิเคราะห์เบนซีน, โทลูอีน และไซลีนในปัสสาวะ ด้วยเทคนิคเฮดสเปส SPME นำปัสสาวะมา 10 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ขนาด 20 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนในเฮดสเปส สกัดด้วย SPME โดย fiber เคลือบด้วย PDMS หนา 30 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิ 25°C แล้วฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดเบนซีน, โทลูอีนและไซลีนที่ระดับความเข้มข้น 0.31, 0.5 และ 0.28 นาโนกรัมต่อลิตร ให้ค่าขีดจำกัดของการหาปริมาณวิเคราะห์เบนซีน, โทลูอีนและไซลีนที่ระดับความเข้มข้น 1.1, 1.6 และ1.0 นาโนกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นเส้นตรงอยู่ช่วง 0.5-3,000 นาโนกรัมต่อลิตร ค่า correlation coefficients อยู่ในช่วง 0.9989 โดยใช้เวลาการวิเคราะห์เพียง 3 นาที

มิตซูชิ และไทซู (Mitsushi & Taizou, 2004) ทำการประยุกต์ เทคนิคเฮดสเปส SPME ในการตรวจยาฆ่าแมลงจำนวน 174 ชนิด ในกลุ่มต่าง ๆ ในตัวอย่างน้ำ โดยนำตัวอย่างน้ำมา จำนวน 10 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ขนาด 20 มิลลิลิตร เติม Sodium sulphate จำนวน 4 กรัม นำไปให้ความร้อนในเฮดสเปส สกัดด้วย SPME โดย fiber เคลือบด้วย PA หนา 85 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิ 60-100°C นาน 60 นาที ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี พบว่าสามารถแยกชนิดยาฆ่าแมลงในกลุ่มต่าง ๆ ให้ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดยาฆ่าแมลงจำนวน 17 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่า correlation coefficients อยู่ในช่วง 0.979-0.999

โจส และคณะ (Jose et al., 2004) ทำการตรวจหาเอกลักษณ์สารกลุ่มไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างดินที่ปนเปื้อนมลพิษจากปิโตรเลียม ด้วยเทคนิคเฮดสเปส นำตัวอย่างดินมาจำนวน 2 กรัม บรรจุลงในขวดเฮดสเปส ขนาด 10 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนในเฮดสเปส ที่อุณหภูมิ 95°C นาน 45 นาที อุณหภูมิของ loop ที่ 120°C และอุณหภูมิของ transferline ที่ 130°C แล้วฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตเมตรี ทำการยืนยันผลโดยใช้คาปิลลารีคอลัมน์ 2 ชนิด ชนิดที่ 1 คือ HP-5MS (5% Diphenyl-95%dimetylsiloxane) ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร เคลือบฟิล์มหนา 0.25 ไมโครเมตร ชนิดที่ 2 คือ DB-VRX (Poly-siloxane) ยาว 20 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.18 มิลลิเมตร เคลือบฟิล์มหนา 1.0 ไมโครเมตร พบว่าเป็นวิธีที่รวดเร็วสามารถแยกสารได้ภายใน 18 นาที เมื่อใช้คาปิลลารีคอลัมน์ HP-5MS และคาปิลลารีคอลัมน์ DB-VRX สามารถแยกสารได้ภายใน 6 นาที

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University