บทที่ 1

บทนำ

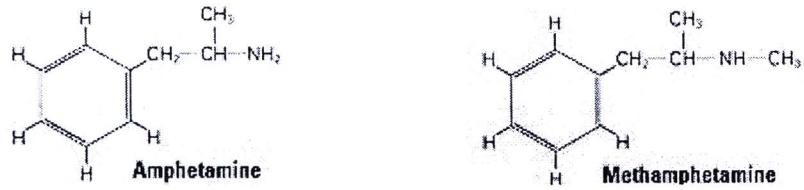
1.1 เมทแอมเฟตามีน/แอมเฟตามีน (Methamphetamine/Amphetamine)

1.1.1 สถานการณ์ยาบ้าในประเทศไทย

การแพร่ระบาดของสารเสพติดประเภทยาบ้าซึ่งมีส่วนประกอบของเมทแอมเฟตามีน 21.76 ± 6.39 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ คาเฟอีน 62.43 ± 9.15 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และบางครั้งมีแอมเฟตามีนและเอฟีดรีน (ephedrine) ปนอยู่ด้วย (Adam *et al.*, 2005) พบว่ายังเป็นปัญหาสำคัญของประเทศและยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากสถิติการจับกุมผู้ต้องหาในคดีค้ายาเสพติดที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2549 จนถึงกลางปี 2552 คือ 36,854 คน, 42,723 คน, 48,693 คน และ 21,145 คน (ม.ค.-มิ.ย. 2552) ตามลำดับ (Social research institute CMU, 2009) โดยคดีการจับกุมยาบ้าและปริมาณน้ำหนักของกลางของสารเมทแอมเฟตามีนสูงกว่าสารเสพติดชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ชนิดของยาเสพติดที่ผู้เข้าบำบัดรักษาครั้งแรกมากที่สุดคือ ยาบ้า ในปี 2549 คิดเป็นร้อยละ 78.9, ในปี 2550 คิดเป็นร้อยละ 80.2 และในปี 2551 ร้อยละ 84.5 ของผู้เข้าบำบัดรักษายาเสพติดครั้งแรกทั้งหมด และในช่วงปี 2553 คาดว่าสถานการณ์ปัญหายาเสพติดจะยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ประมาณการว่าจะมีผู้ต้องหาที่ถูกจับกุมทั้งสิ้น 260,000 คน และมีผู้เข้าบำบัดรักษาประมาณ 120,000 คน (Social research institute CMU, 2009)

1.1.2 ประวัติความเป็นมาของสารกลุ่มแอมเฟตามีน

แอมเฟตามีนเป็นสารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาในปี ค.ศ.1887 โดยนักเคมีชาวโรมาเนียในประเทศเยอรมัน ชื่อ Lazăr Edeleanu ในรูปของแอมเฟตามีนซัลเฟต (Amphetamine Sulfate) (Cody, 2005) ต่อมาในปี ค.ศ.1893 นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น ชื่อ Nagai Nagayoshi ก็สามารถสังเคราะห์เมทแอมเฟตามีนจากอีเฟดรีน (Ephedrine) ของต้นหมา-หวง (Ephedra sinica) ซึ่งมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางได้รุนแรงกว่าแอมเฟตามีน (Yudko *et al.*, 2003) และในปี ค.ศ.1919 นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น ชื่อ Akira Ogata ได้สังเคราะห์เมทแอมเฟตามีนในรูปผลึกใสที่มีความบริสุทธิ์สูงขึ้นมา (Ogata, 1919) ซึ่งยาบ้าที่ระบาดในประเทศไทยขณะนี้มีสารประกอบหลักเป็นเมทแอมเฟตามีน แสดงสูตรโครงสร้างดังรูป 1.1



รูป 1.1 โครงสร้างของแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีน (http://leda.lycaeum.org)

1.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของเมทแอมเฟตามีน

เมทแอมเฟตามีนมีชื่อทางเคมีว่า N-methyl-1-phenylpropan-2-amine มีสูตรโมเลกุลทางเคมี คือ C10H15N และมีคุณสมบัติทางเคมีแสดงดังตาราง 1.1

ตาราง 1.1 คุณสมบัติทางเคมีของเมทแอมเฟตามีน (Moffat *et al.*, 2004)

คุณสมบัติ	เมทแอมเฟตามีน
ชื่อทางเคมี	N-methyl-1-phenylpropan-2-amine (IUPAC)
สูตรโมเลกุลทางเคมี	$C_{10}H_{15}N$
น้ำหนักโมเลกุล	149.2
จุดเดือด	200-203 องศาเซลเซียส
ลักษณะที่ปรากฏ	ผลึกใสไม่มีสี ไม่มีกลิ่น
การละลาย	สามารถละลายได้ในคลอโรฟอร์ม เอทานอล อีเทอร์ และมีค่าคงที่ในการละลายอยู่ในสภาวะกรด

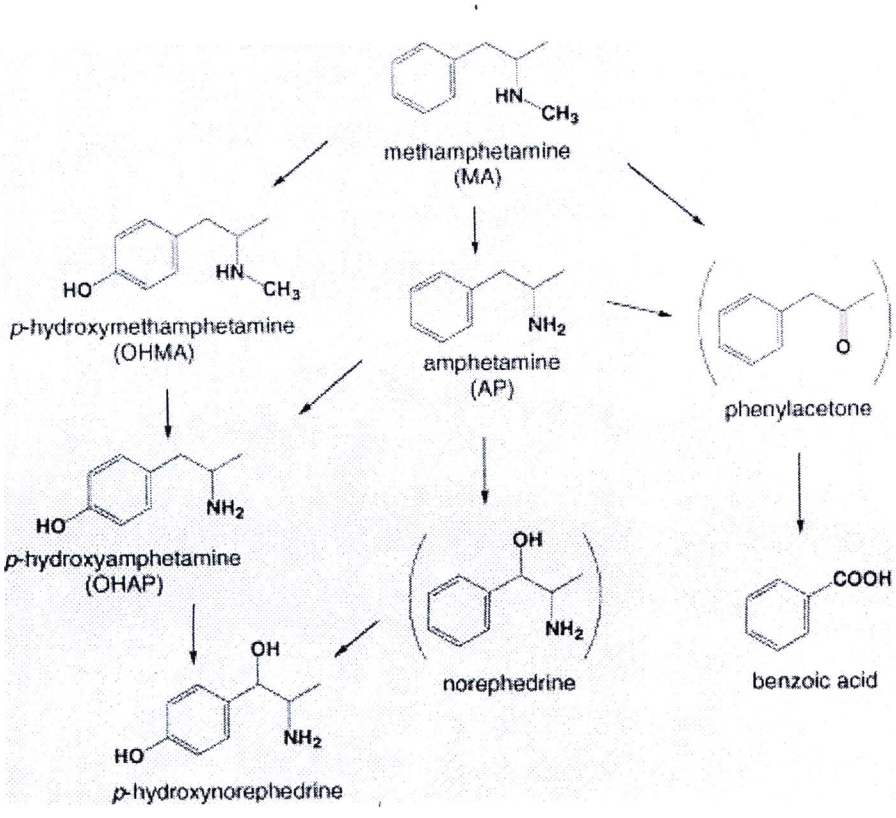
1.1.4 วิธีการได้รับสารเมทแอมเฟตามีนเข้าสู่ร่างกาย

วิธีเสพเมทแอมเฟตามีนเข้าสู่ร่างกายทำได้หลายวิธี เช่น การรับประทาน ฉีดเข้าเส้นเลือด และสูดดมไอสารเมทแอมเฟตามีน แต่การออกฤทธิ์และความรุนแรงจะแตกต่างกัน หากใช้โดยวิธีรับประทานผ่านกระเพาะอาหาร เข้าสู่กระแสเลือดและไปออกฤทธิ์ที่สมองใช้ระยะเวลาประมาณ 20-30 นาที และเมทแอมเฟตามีนบางส่วนจะถูกทำลายที่กระเพาะอาหารและที่ตับ ทำให้เมทแอมเฟตามีนออกฤทธิ์ได้น้อยกว่าการฉีดเข้าเส้นเลือดและสูดดมไอ นอกจากนี้วิธีเสพที่นิยมมากที่สุดคือ วิธีสูดดมไอสารเมทแอมเฟตามีน โดยการใช้หลอดสูบเอาควันที่ได้จากการเผาไหม้เม็ดยาบ้าเข้าทางปากคล้ายกับการสูบบุหรี่ (Logan, 2002) ซึ่งวิธีนี้จะออกฤทธิ์ที่สมองอย่างรวดเร็วและ

ส่งผลต่อร่างกายอย่างรุนแรงและรวดเร็วกว่าวิธีการเสพในรูปแบบอื่น ทำให้ผู้เสพเกิดอาการกระชุ่มกระชวยและมีความสุข (Euphoria) ทันที (Winslow *et al.*, 2007)

1.1.5 ขบวนการเปลี่ยนแปลงของเมทแอมเฟตามีนเมื่อเข้าสู่ร่างกาย

เมื่อได้รับเมทแอมเฟตามีนเข้าสู่ร่างกายจะมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงดังนี้ เมทแอมเฟตามีนซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 10.1 ชั่วโมง จะถูกเปลี่ยนแปลงโดยปฏิกิริยา N-demethylation ให้เป็นแอมเฟตามีนซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 12.2 ชั่วโมง (Albertson *et al.*, 1999) ดังแสดงในรูป 1.2 โดยเมทแอมเฟตามีนจะถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ประมาณ 43% ภายใต้สภาวะปกติ ส่วนที่เหลือจะขับออกมาในรูปของ ρ-hydroxymethamphetamine 15% โดยปฏิกิริยา hydroxylation และในรูปแอมเฟตามีน 5 เปอร์เซ็นต์ (Moffat *et al.*, 2004) ซึ่งขบวนการเปลี่ยนแปลงนี้จะขึ้นกับสภาวะความเป็นกรด-ด่างของปัสสาวะ



รูป 1.2 ขบวนการเปลี่ยนแปลงของเมทแอมเฟตามีนเมื่อเข้าสู่ร่างกายในหนูทดลอง (Kanamori *et al.*, 2005)

1.1.6 เภสัชวิทยาและความเป็นพิษของเมทแอมเฟตามีน

เมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีน ออกฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งจะรบกวนการทำงานของสารส่งผ่านประสาท (neurotransmitter) หลายระบบ โดยเฉพาะสารส่งผ่านประสาทที่เกี่ยวกับนอร์อีพิเนพฟรีน (norepinephrine) และโดปามีน (dopamine) โดยเมทแอมเฟตามีนจะส่งผลให้นอร์อีพิเนพฟรีนและโดปามีนถูกปล่อยออกมามาก ในขณะเดียวกันก็จะยับยั้งไม่ให้มีการดูดซึมกลับ จึงทำให้นอร์อีพิเนพฟรีนและโดปามีนคั่งอยู่แถวจุดประสานประสาท (synapse) มาก (Logan, 2002) ทำให้เกิดอาการดังต่อไปนี้

1.1.6.1 ระบบ Norepinephrine สมองส่วน cortical และ reticular activating system จะถูกกระตุ้นทำให้ไม่รู้สึกง่วงนอน อาการเหนื่อยล้าคล้ายกับว่าลดลงหรือหายไป จึงทำให้ผู้ใช้แรงงานหรือคนขับรถบรรทุก รู้สึกคล้ายกับว่าทำงานได้นานขึ้นและเหนื่อยน้อยลง (Brust, 1993)

1.1.6.2 ระบบ Dopamine เมื่อเมทแอมเฟตามีนเข้าไปจะกระตุ้น mesolimbic dopamine ทำให้ผู้เสพมีลักษณะ euphoria คือ มีอารมณ์สนุกสนาน ครึกครื้น กล้าแสดงออก มีความเชื่อมั่นในตัวเองสูงขึ้น ถ้ากระตุ้นโดปามีนในส่วน lateral hypothalamus ทำให้ความอยากอาหารลดลง (anorexia) อย่างไรก็ตามเมื่อสารส่งผ่านประสาทเหล่านี้เมื่อถูกเอนไซม์ (enzyme) ที่อยู่ในสมองทำลายจนหมดเมื่อหยุดเสพยา ผลที่ตามมาก็คือ เกิดอาการซึมเศร้า อ่อนเพลีย หรือหมดแรง สำหรับฤทธิ์เสพติดเชื่อว่าเกิดจากเมื่อเมทแอมเฟตามีนกระตุ้น dopamine cell ซึ่งเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับ brain reward system และเมื่อ brain reward system ได้รับการกระตุ้นทำให้เกิดมีความอยากถูกกระตุ้นอีกที่เรียกว่า ความอยากยา (craving) (Brust, 1993)

1.1.6.3 อาการของผู้เสพเมทแอมเฟตามีน (symptom) เมื่อเสพเข้าสู่ร่างกาย ในระยะแรกจะออกฤทธิ์ทำให้ร่างกายตื่นตัว หัวใจเต้นเร็ว ความดันโลหิตสูง ใจสั่น และประสาทตึงเครียด แต่เมื่อหมดฤทธิ์ยาจะรู้สึกอ่อนเพลียมากกว่าปกติ ประสาทล้าทำให้การตัดสินใจช้า และผิดพลาด เป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงได้ ถ้าใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้สมองเสื่อม เกิดอาการประสาทหลอน เห็นภาพลวงตา หวาดระแวง คลุ้มคลั่ง เสียสติ เป็นบ้าอาจทำร้ายตนเองและผู้อื่นได้ หรือในกรณีที่ได้รับยาในปริมาณมาก (overdose) จะไปกดประสาท และระบบการหายใจทำให้หมดสติ และถึงแก่ความตายได้ (Winslow *et al.*, 2007)

1.1.6.4 ความเป็นพิษของเมทแอมเฟตามีน ผลกระทบจากการเสพเมทแอมเฟตามีนต่อร่างกายคือ ทำให้สุขภาพเสื่อมโทรมจากการที่เมทแอมเฟตามีนทำให้รู้สึกไม่ง่วงนอน ความอยากอาหารลดลง และจากการกระตุ้นความรู้สึกทางเพศ ซึ่งอาจทำให้เกิดโรคติดเชื้อทางเพศสัมพันธ์ หรือโรค AIDS (Logan, 2002) ผลต่อจิตใจ เมื่อเสพยาบ้าเป็นระยะเวลานานหรือใช้เป็น

จำนวนมาก จะทำให้ผู้เสพมีความผิดปกติทางด้านจิตใจ กลายเป็นโรคจิตชนิดหวาดระแวง ส่งผลให้มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไป เช่น เกิดอาการหวาดหวั่น หวาดกลัว ประสาทหลอน ซึ่งโรคนี้หากเกิดขึ้นแล้ว อาการจะคงอยู่ตลอดไป แม้ในช่วงเวลาที่ไม่ได้เสพยาก็ตาม ผลต่อพฤติกรรม ฤทธิ์ของยาจะกระตุ้นสมองส่วนที่ควบคุมความก้าวร้าว และความกระวนกระวายใจ ดังนั้นเมื่อเสพเมทแอมเฟตามีนไปนานๆ จะก่อให้เกิดพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป คือ ผู้เสพจะมีความก้าวร้าวเพิ่มขึ้น และหากยังใช้ต่อไปจะมีโอกาสเป็นโรคจิตชนิดหวาดระแวง เกรงว่าจะมีคนมาทำร้ายตนเอง จึงต้องทำร้ายผู้อื่นก่อน (Albertson *et al.*, 1999)

1.1.7 การวินิจฉัยบุคคลที่เสพเมทแอมเฟตามีน

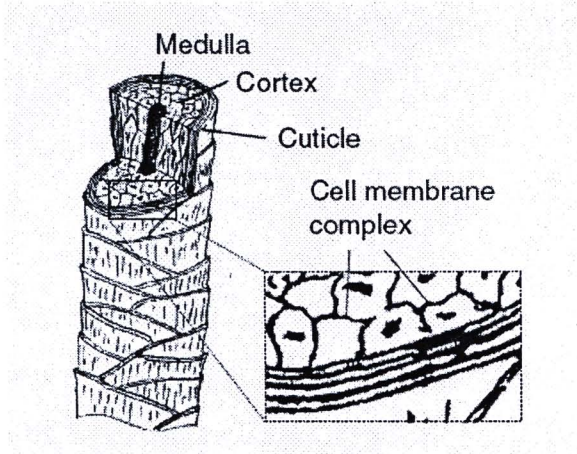
การตรวจวินิจฉัยว่ามีการเสพสารเมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีน สามารถทำได้โดยการตรวจในเลือด ปัสสาวะหรือเส้นผม การตรวจหาสารเสพติดในเลือดมีข้อดีคือ สามารถตรวจหาสารเสพติดภายหลังจากเสพอย่างเฉียบพลัน แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่เหมะสมกับผู้เสพสารเสพติดเป็นครั้งคราว และสามารถตรวจพบได้ภายหลังจากการเสพ 24 ชั่วโมง (Wong *et al.*, 2005) การตรวจหาสารเสพติด ในปัสสาวะสามารถตรวจได้ภายหลังจากการเสพประมาณ 1 - 3 วัน (Wong *et al.*, 2005) มีข้อดีคือ สามารถเก็บตัวอย่างปัสสาวะได้สะดวกและความเข้มข้นของสารที่ตรวจวัดสูงกว่าในสิ่งส่งตรวจอื่น แต่มีข้อจำกัดคือ ขั้นตอนในการควบคุมการเก็บตัวอย่างปัสสาวะยุ่งยากเพื่อป้องกันการเจือปนสารอื่นๆลงในปัสสาวะจากผู้เสพ ส่วนการตรวจในเส้นผมสามารถตรวจหาสารเสพติดได้ในช่วงเวลานานขึ้นเป็นสัปดาห์หรือเป็นเดือน ดังนั้นการตรวจจากเส้นผมจึงเป็นวิธีที่ดีสำหรับนำมาใช้ในการติดตามผู้ที่เสพแบบไม่ต่อเนื่องหรือในกรณีที่ไม่สามารถให้ผลการตรวจจากสิ่งส่งตรวจอื่นได้ เนื่องจากการตรวจหาปริมาณสารที่จะไปปรากฏในเส้นผมมีระดับต่ำมาก จึงต้องอาศัยวิธีการตรวจที่มีความไวสูง ซึ่งตามเกณฑ์ของ Society of Hair Testing (SoHT) ได้กำหนดไว้ว่าการตรวจวิเคราะห์หาสารเมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีนในเส้นผมควรจะสามารถตรวจพบสารได้ถึงระดับ 0.2 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม เส้นผม (SoHT, 2004) ในประเทศไทยได้มีการพัฒนาวิธีการตรวจหาสารเมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีนในเส้นผมขึ้น โดยวิธี automated headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry (automated HS-SPME GC-MS) ซึ่งใช้ปริมาณเส้นผม 20 มิลลิกรัม ในการตรวจวิเคราะห์ จากนั้นทำการสกัดโดยใช้ Hydrochloric acid (HCl) และตรวจวิเคราะห์โดย automated HS-SPME GC-MS ได้ค่า limit of detection (LOD) และ limit of quantitation (LOQ) ของเมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีนเท่ากับ 0.3, 0.5 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม และ 2.0, 2.5 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม ตามลำดับ (Monnatee *et al.*, 2008)

1.2 การตรวจวิเคราะห์เมทแอมเฟตามีนและอนุพันธ์ในเส้นผม

การตรวจวิเคราะห์ในเส้นผมเริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 1960 และ ค.ศ. 1970 โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectroscopy ตรวจหาสารโลหะ เช่น ตะกั่ว ปรอท สารหนู ในเส้นผม แต่เนื่องจากเครื่องมือมีสภาพความไวที่ไม่เพียงพอ การตรวจหาสารเสพติดและยาจึงไม่สามารถทำได้ในขณะนั้น ต่อมาในปี ค.ศ. 1979 Baumgartner และคณะ (Baumgartner *et al.*, 1979) ประสบความสำเร็จในการใช้เทคนิค radioimmunoassay (RIA) ตรวจหาสารเสพติดในเส้นผมของผู้เสพสารเฮโรอีน และพบว่าความเข้มข้นของมอร์ฟีนที่ตรวจพบในเส้นผมจะแตกต่างกันไปตามความยาวของเส้นผมและสัมพันธ์กับระยะเวลาที่เสพสาร หลังจากนั้นได้มีรายงานการศึกษาการตรวจสารเสพติดในเส้นผมมาอย่างต่อเนื่อง

1.2.1 ลักษณะกายวิภาคของเส้นผม

เส้นผมและเส้นขนเป็นองค์ประกอบในร่างกายมนุษย์ที่กระจายอยู่ทั่วร่างกาย โดยส่วนที่อยู่บริเวณศีรษะเรียกว่าเส้นผม ซึ่งประกอบไปด้วยเส้นเลือดฝอยมากมายที่ช่วยหล่อเลี้ยงเส้นผมให้เจริญเติบโต และช่วยปรับอุณหภูมิร่างกาย เส้นผมประกอบไปด้วยส่วนรากผมหรือกระเปาะผมที่อยู่บริเวณใต้หนังศีรษะ และส่วนที่เป็นเส้นผมที่เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงโปรตีนให้เป็นเส้นผมซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นบริเวณเหนือหนังศีรษะขึ้นไป (Robertson, 1999) เมื่อสารเสพติดและอนุพันธุ์ที่อยู่ในกระแสเลือดแพร่เข้าไปสู่เส้นผมที่มีการเจริญเติบโตผ่านทางเส้นเลือดฝอยตลอดระยะเวลาที่สารเสพติดนั้นคงอยู่ในกระแสเลือดภายในร่างกาย ทำให้เกิดการสะสมของสารนั้นๆ ในเส้นผมส่วนของคอร์เทกซ์ (cortex) แสดงดังรูป 1.3 โดยเส้นผมมีอัตราเจริญเฉลี่ย 0.22 - 0.52 มิลลิเมตรต่อวันหรือ 0.6 - 1.42 เซนติเมตรต่อเดือน (Saitoh *et al.*, 1970)



รูป 1.3 ลักษณะกายวิภาคและส่วนประกอบของเส้นผม (Pragst *et al.*, 2006)

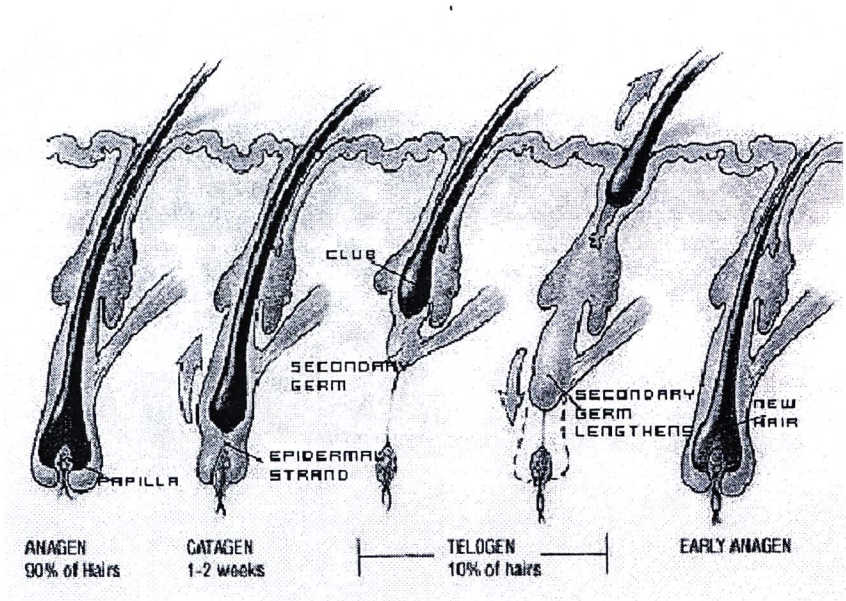
1.2.2 การเติบโตของเส้นผม (Pragst *et al.*, 2006)

เส้นผมมีการเติบโตเป็นวัฏจักรแสดงดังรูป 1.4 ซึ่งแบ่งได้ 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะเติบโต (Anagen phase) ในระยะนี้ต่อมรากผมที่อยู่ลึกสุด (follicle) ซึ่งอยู่ในชั้นหนังแท้จะมีหลอดเลือดฝอยมากมายที่จะช่วยหล่อเลี้ยงเส้นผมให้เติบโต ในระยะนี้อัตราการเติบโตโดยเฉลี่ยจะยาวประมาณ 0.22 ถึง 0.52 มิลลิเมตรต่อวัน หรือ 0.6 ถึง 1.42 เซนติเมตรต่อเดือน ทำให้สารเสพติดสามารถสะสมในเส้นผมได้

2. ระยะพัก (Catagen phase) เมื่อการเติบโตถึงที่สุดแล้วเส้นผมของคนเราก็จะเข้าสู่ระยะพัก เป็นเพียงช่วงสั้นๆ โดยประมาณ 2-3 สัปดาห์ ต่อมรากผมเริ่มมีการสลาย

3. ระยะหยุดการเติบโต (Telegen phase) จะเป็นระยะสุดท้ายของเส้นผมที่จะเติบโตและต่อมรากผมจะค่อยๆ เลื่อนสูงขึ้นไปเรื่อยๆ เส้นผมที่งอกใหม่จะดันให้เส้นผมเก่าหลุดร่วงไป โดยทั่วไประยะนี้จะกินเวลาประมาณ 3 เดือน

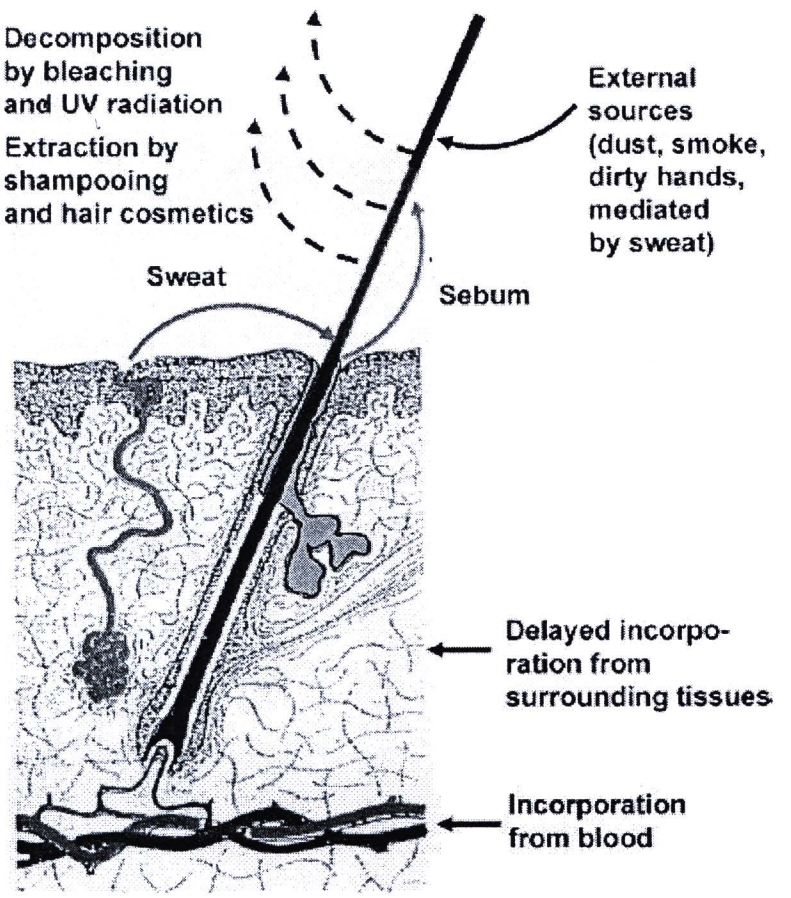


รูป 1.4 ระยะการเติบโตของเส้นผม (http://hairtransplantsurgery.ie.)

1.2.3 การรวมเข้าด้วยกัน (Incorporation) ของสารในเส้นผม

กลไกที่สารต่างๆ ตลอดจนสารเสพติดเข้าไปอยู่ในเส้นผมแสดงตามรูป 1.5 สามารถอธิบายได้ด้วย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการแรกจากการที่เลือดมีสารไปหล่อเลี้ยงที่รากผมขณะที่มีการสร้างเส้นผม ซึ่งทำให้สารสามารถสะสมภายในเส้นผม กระบวนการที่สอง คือ จากสารที่มีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมที่มาเกาะกับเส้นผม เช่น จากสารคัดหลั่งจากต่อมไขมันและต่อมเหงื่อ

ที่มีสารเสพติดอยู่ในเลือด เนื่องจากเส้นผมมีพื้นที่ผิวเป็นรูพรุนสามารถดูดซึมของเหลวจากภายนอก ดังนั้นสารต่างๆจึงถูกถ่ายโอนจากต่อมเหงื่อไปเส้นผมได้ง่าย นอกจากนี้เส้นผมส่วนคิวติเคิล (cuticle) นี้มีลักษณะคล้ายเกล็ดปลาผายออก (Pragst *et al.*, 2006) จึงทำให้สารต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมซึมผ่านเข้าไปได้ ดังนั้นการตรวจวิเคราะห์จะต้องมีการล้างเส้นผมเพื่อขจัดสารปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม ส่วนการใช้ผลิตภัณฑ์ตกแต่งเส้นผม เช่น การดัด การย้อมสีผม การใช้น้ำยายืดผม พบว่าสามารถทำลายคิวติเคิลของเส้นผม ทำให้ระดับสารลดลงอย่างชัดเจน ถึง 30-80% (Skopp *et al.*, 1997)



รูป 1.5 การรวมเข้าด้วยกัน (Incorporation) และการกำจัด (Elimination) ของสารในเส้นผม (Pragst *et al.*, 2006)

1.2.4 การเตรียมตัวอย่างเส้นผมเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ (Sample preparation)

ในการตรวจวิเคราะห์หาสารเสพติดจากเส้นผม มีขั้นตอนที่สำคัญในการเตรียมตัวอย่าง ดังนี้

1.2.4.1 การขจัดสิ่งปนเปื้อนออกจากเส้นผม (Decontamination) การตรวจวิเคราะห์สารเสพติดในเส้นผม เริ่มจากขั้นตอนการล้างเส้นผม เป็นการทำความสะอาดเส้นผมภายนอกเพื่อช่วยลดหรือชำระล้างสิ่งปนเปื้อนเส้นผม น้ำมันจากต่อมไขมัน เหงื่อ และฝุ่นผงที่จะเป็นสาเหตุของการเพิ่มสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (background noise) ในการตรวจวิเคราะห์ นอกจากนี้เพื่อลดสิ่งปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมที่ยึดเกาะบริเวณชั้นผิวของเส้นผม ที่จะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดของผลการตรวจ (Pragst *et al.*, 2006) โดยสารละลายที่นำมาล้างเส้นผมต้องมีคุณสมบัติในการชะล้างสิ่งปนเปื้อนแต่ไม่นำสารสำคัญภายในเส้นผมออกมา ส่วนใหญ่ที่มีการใช้แบ่งออกแบ่งสามกลุ่มคือ แอลกอฮอล์ (methanol หรือ ethanol) (Fritch *et al.*, 1992), 0.1% sodiumdodecylsulfate (SDS) หรือสารชะล้าง (detergents) อื่นๆ (Chiarotti *et al.*, 1996) และกลุ่ม dichloromethane (Gaillard *et al.*, 1997) สารละลายส่วนมากจะใช้ชะล้างร่วมกับน้ำ โดยอาจจะเขย่าเส้นผมด้วยเครื่อง ultrasonicator ร่วมกับสารละลายที่อุณหภูมิห้องนาน 15 นาที

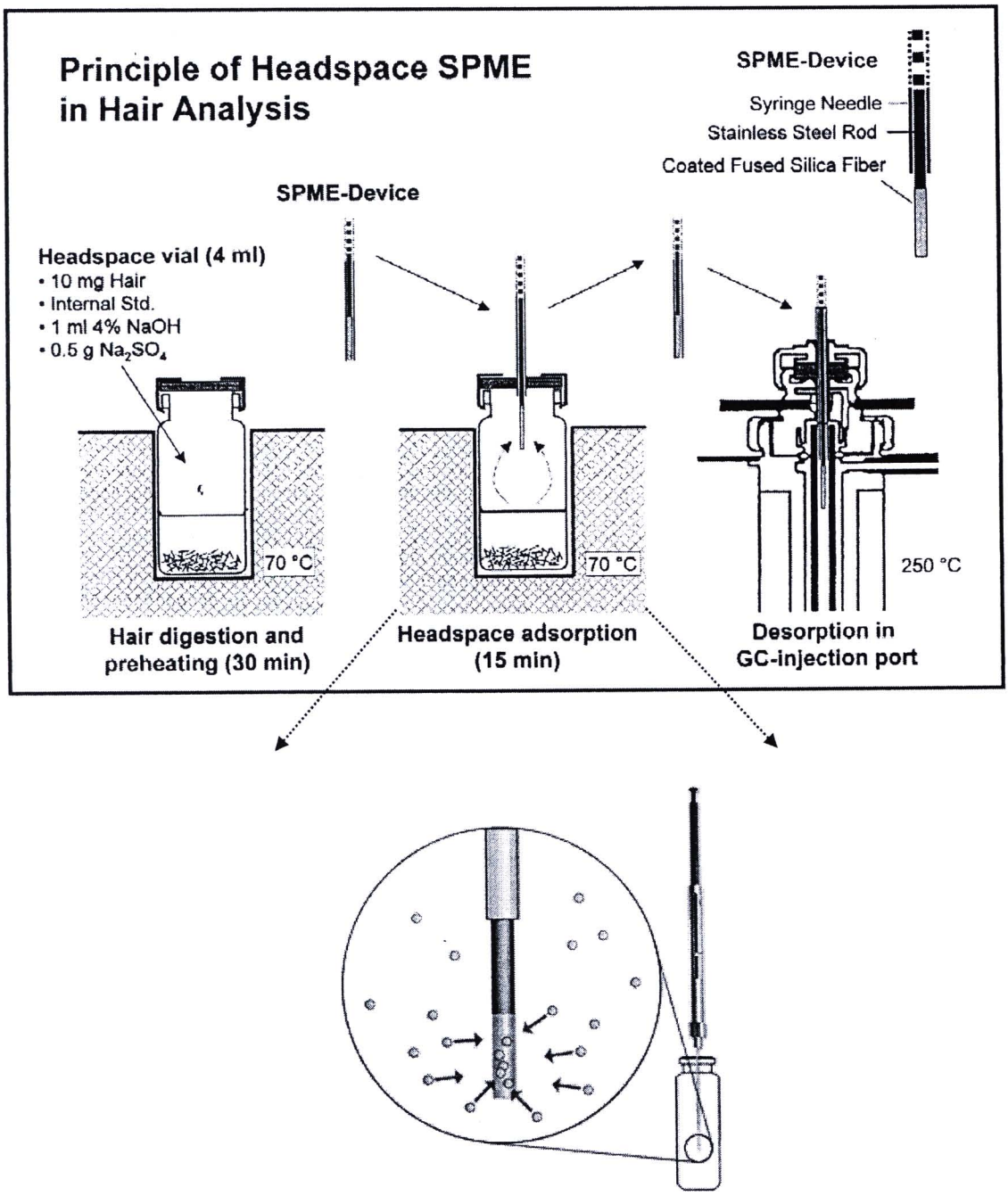
1.2.4.2 การสกัดสารเสพติดจากเส้นผม (Extraction) ขั้นตอนหลักที่มีผลต่อการตรวจวิเคราะห์เริ่มจากการสกัดสารเสพติดออกจากเส้นผม การสกัดสามารถทำได้ด้วยสารละลายที่เป็นกรดหรือด่าง การสกัดด้วยด่างจะย่อยสลายเส้นผมพร้อมกับสารที่สะสมในเส้นผมทั้งหมดออกมา ส่วนมากนิยมใช้ 0.2-1 โมลาร์ Sodium hydroxide (NaOH) ในเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส ส่วนการสกัดด้วยกรดเป็นการดึงสารที่สะสมภายในเส้นผมออกมาโดยไม่ย่อยสลายเส้นผมมากเท่ากับการใช้ด่าง ซึ่งจะสกัดโดยใช้ 0.01-0.5 โมลาร์ HCl (Pragst *et al.*, 2006) จากการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดของ Nakahara (Nakahara, 1995) พบว่าไม่มีความแตกต่างของการสกัดทั้งสองวิธีอย่างมีนัยสำคัญในการตรวจวิเคราะห์เมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีน แต่ในกรดจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าในด่าง นอกจากนี้การสกัดด้วยด่างจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนพื้นหลังและรบกวนผลการตรวจวิเคราะห์ (Kintz *et al.*, 1997)

1.2.4.3 Clean up เป็นขั้นตอนการนำสารสกัดที่ได้มาทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค solid-phase extraction (SPE) และ liquid-phase extraction (LLE) แต่เนื่องจากว่าเทคนิค SPE และ LLE มีความยุ่งยากในการเตรียมอุปกรณ์ สิ้นเปลืองสารเคมีและใช้ระยะเวลานาน (Nagasawa *et al.*, 1996) ภายหลังจึงได้พัฒนาเทคนิค solid-phase microextraction (SPME) และเริ่มใช้ตรวจหาคาเฟอีนในเครื่องดื่มโดย Hawthorne และคณะ (Hawthorne *et al.*, 1992)

SPME ได้คิดค้นโดย Janus Pawliszyn ในปี 1989 (Arthur *et al.*, 1990) ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการสกัดสารตัวอย่าง โดยหลักการทำงานของ SPME คือ สารพอลิเมอร์ (polymer) ที่ coated บน silica fiber จะทำหน้าที่ดูดซับ (adsorption) สารตัวอย่างที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compounds) ในขวดเก็บตัวอย่าง จากนั้นนำไฟเบอร์ (fiber) ที่ดูดซับสารตัวอย่างมาฉีดใน injector port ของ GC หรือ GC-MS ที่มีอุณหภูมิสูง เพื่อทำการดึงสารที่ถูกดูดซับออกมาจากไฟเบอร์ (desorption) ดังที่แสดงในรูป 1.6 ซึ่งสารพอลิเมอร์ที่เคลือบบนไฟเบอร์มีหลายชนิด การเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับสารตัวอย่างที่เราต้องการวิเคราะห์ (Theodoridis *et al.*, 2000)

SPME จึงเป็นวิธีที่ดีกว่าเทคนิค LLE และ SPE ในแง่ของการลดขั้นตอนในการปฏิบัติงานและระยะเวลาในการตรวจวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังใช้สารละลายในปริมาณน้อย และช่วยปรับปรุงคุณภาพของการตรวจวัด เนื่องจากไม่ถูกรบกวนจากสารละลายในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง (Vas *et al.*, 2004) ทำให้มีค่า LOD ในระดับที่ดี วิธีการนี้เหมาะกับการวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่าย

1.2.4.4 การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี (GC/MS) ในปี 2004 Gentili และคณะ (Gentili *et al.*, 2004) ได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์หาเมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีนด้วยเทคนิค HS-SPME GC-MS โดยใช้เส้นผม 10 มิลลิกรัม ได้ค่า LOD และ LOQ ของเมทแอมเฟตามีนเท่ากับ 0.37 และ 1.11 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม และของแอมเฟตามีนเท่ากับ 1.29 และ 3.87 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม ตามลำดับ ในประเทศไทยได้มีการศึกษาโดยใช้เทคนิคนี้โดย มนต์นที เป็งวงค์ (Monnatee *et al.*, 2008) ได้ค่า LOD และ LOQ เท่ากับ 0.3, 0.5 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม ของเมทแอมเฟตามีนและ 2.0, 2.5 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม ของแอมเฟตามีน ซึ่งให้ความไวที่ดีกว่าแต่ต้องใช้ปริมาณเส้นผมถึง 20 มิลลิกรัม และจากผลการศึกษาของงานวิจัยที่ตรวจวัดสารเสพติดในเส้นผมด้วยเทคนิคชนิดเดียวกันพบว่าในงานที่ใช้เส้นผมในการตรวจวัดปริมาณมากจะให้ความไวในการตรวจวัดที่สูงกว่า (Röhrich *et al.*, 1997; Skender *et al.*, 2002; Cordero *et al.*, 2007)



รูป 1.6 หลักการของเทคนิค headspace solid phase microextraction (HS-SPME) ในการตรวจวิเคราะห์เส้นผม (Sporkert *et al.*, 2000)

1.2.4.5 การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างร่วมกับวิธีการเตรียมอนุพันธ์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี (GC-MS) ซึ่งวิธีการเตรียมอนุพันธุ์ (derivatization) ต่อสารที่ต้องการตรวจเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความไวในการตรวจวิเคราะห์ด้วย GC-MS (Segura *et al.*, 1998) ส่วนใหญ่จะใช้ร่วมกับการทำให้น้ำสกัดจากเส้นผมบริสุทธิ์ด้วยวิธี SPE หรือ LLE ในการศึกษาของ Pujadas และคณะ (Pujadas *et al.*, 2003) ค่า LOD และ LOQ ในการตรวจหาสารกลุ่มแอมเฟตามีนในเส้นผมอยู่ในช่วง 0.03 - 0.08 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม และ 0.10 - 0.25 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Cordero และคณะ (Cordero *et al.*, 2007) ที่ได้ค่า LOD = 0.1 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม และ LOQ = 0.2 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม แต่เนื่องจากขั้นตอนในการวิเคราะห์มีความยุ่งยากและใช้เวลานาน ทำให้ขาดความสะดวกสำหรับการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีจำนวนมาก (Nagasawa *et al.*, 1996)

ต่อมามีการพัฒนาการตรวจวิเคราะห์ด้วยการเตรียมอนุพันธ์ร่วมกับเทคนิค SPME GC-MS ซึ่งในปี 2001 Liu และคณะ (Liu *et al.*, 2001) ได้ศึกษาการตรวจวิเคราะห์หาสารกลุ่มแอมเฟตามีนด้วยสารเตรียมอนุพันธุ์ชนิด Heptafluorobutyric chloride (HFBCl) โดยใช้เส้นผมในการตรวจวิเคราะห์ยาว 5 เซนติเมตร พบว่าค่า LOD = 1 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม ทั้งแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีน จากนั้นในปี 2006 มีการศึกษาโดยใช้สารเตรียมอนุพันธุ์ชนิด ethylchloroformate โดย Yahata และคณะ (Yahata *et al.*, 2006) โดยใช้เส้นผม 10 มิลลิกรัม รายงานค่า LOD = 0.02 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม ของแอมเฟตามีนและ 0.01 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม ของเมทแอมเฟตามีน และในปีเดียวกัน Nishida และคณะ (Nishida *et al.*, 2006) ได้ศึกษาโดยใช้สารเตรียมอนุพันธุ์ชนิด propylchloroformate โดยใช้เส้นผม 1 เซนติเมตร รายงานค่า LOD = 0.05 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม ของแอมเฟตามีนและ 0.02 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม ของเมทแอมเฟตามีน

1.3 แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี (GC-MS)

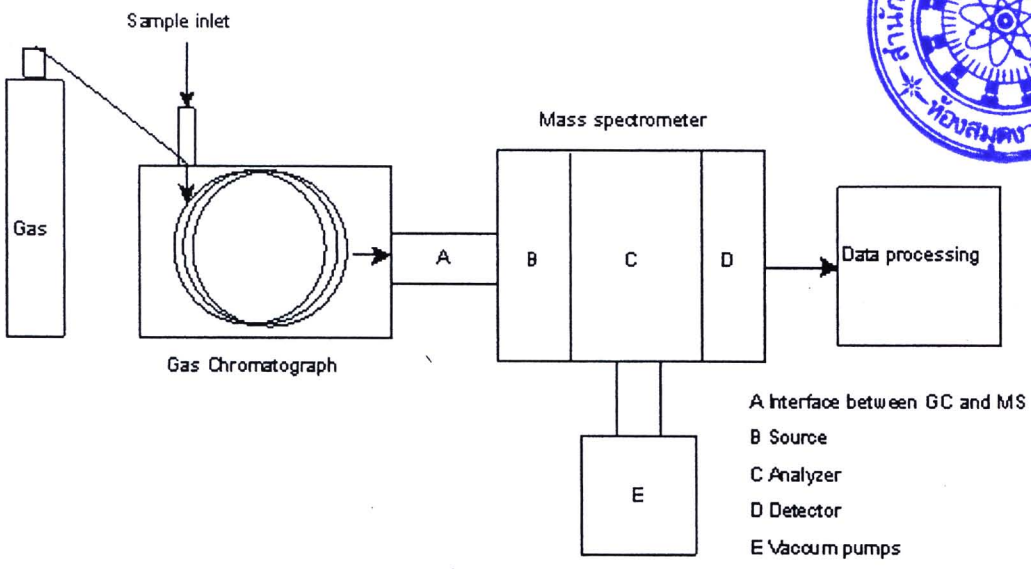
ขั้นตอนก่อนการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างเส้นผมด้วย GC-MS จะต้องกำหนดวิธีสำหรับระบบเก็บตัวอย่างข้อมูล (data acquisition) ของส่วน MS ซึ่งเป็นวิธีการอ่านสัญญาณไฟฟ้าและทำการบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล ในส่วนควบคุมการตรวจวัดของ MS แบ่งวิธีการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีการเก็บข้อมูลแบบ scan เป็นการเก็บข้อมูลโดยกำหนดให้เก็บข้อมูลทุก ion mass ที่อยู่ในช่วง ion mass ที่ได้กำหนดไว้ ส่วนใหญ่ใช้สำหรับการตรวจวิเคราะห์สารต่างๆ ในครั้งแรก หรือตรวจวิเคราะห์ unknown sample

2. วิธีการเก็บข้อมูลแบบ selected ion monitoring (SIM) เป็นการเก็บข้อมูลโดยกำหนดให้เก็บข้อมูลเฉพาะ ion mass ที่สนใจหรือต้องการศึกษาเท่านั้น ใช้สำหรับการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่ทราบ ion mass หรือตัวอย่างที่ต้องการหาปริมาณจากการคำนวณด้วยกราฟมาตรฐาน

หลังจากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยจะเข้าสู่ขั้นตอนของขบวนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS ซึ่งจะอาศัยหลักการแยกสารทางโครมาโทกราฟี (พรเทพ, 2548; Agilent technologies, 2005) คือ สารผสมที่อยู่ในตัวอย่างอาศัย mobile phase พาเคลื่อนที่ไปตาม stationary phase จึงเกิดขบวนการแยกของสาร เนื่องจากสารมีความสามารถในการละลายที่แตกต่างกันส่งผลถูกเหนี่ยวรั้งได้ต่างกัน

ระบบแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรี ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ส่วนแก๊สโครมาโทกราฟี ส่วนการนำสารเข้าของแมสสเปกโทรมิเตอร์และแมสสเปกโทรมิเตอร์ และส่วนควบคุมและประมวลผลดังรูป 1.7



รูป 1.7 ระบบของแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรมิเตอร์ (พรเทพ, 2548)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 17 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247771
เลขเรียกหนังสือ

ซึ่งขั้นตอนวิเคราะห์มีรายละเอียด ดังนี้ (พรเทพ, 2548)

1. ขั้นตอนการนำสารเข้าสู่เครื่อง GC-MS

ขั้นตอนแรกเป็นการนำสารตัวอย่างเข้าเครื่อง โดยใช้การฉีด ซึ่งมี 2 แบบ คือ

- แบบอัตโนมัติ (auto injection) เป็นการใช้เข็มฉีดสารและมีระบบทำความสะอาดเข็มโดยอัตโนมัติ

- แบบธรรมดา (manual injection) ใช้ไมโครไซริงค์ (microsyring) ดูดสารที่ต้องการแล้วฉีดผ่านเซฟตัม (septum)

การฉีดทั้ง 2 แบบนี้ สารจะเข้าสู่ส่วนฉีดสาร (inlet; injector port) ซึ่งขั้นตอนนี้สารจะระเหยกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว ก่อนที่สารจะเข้าสู่ระบบการแยกสารสามารถตั้งระบบการฉีดสารในสถานะแก๊สได้ 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 แบบฉีดแยกส่วน (split mode) สารตัวอย่างที่ถูกฉีดจะระเหยกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว โดยไอของสารส่วนหนึ่งจะถูกพาทิ้งออกไป ในขณะที่ไอของสารอีกส่วนหนึ่งจะถูกพาเข้าสู่คอลัมน์ ซึ่งอัตราส่วนโดยปริมาตรของตัวอย่างที่ถูกพาออกไปต่อตัวอย่างที่ถูกนำเข้าคอลัมน์เรียกว่า split ratio สามารถปรับตั้งได้ ตัวอย่างเช่นตั้งค่า 250:1 หมายความว่าไอของสารจะถูกพาทิ้งออกไป 250 ส่วนเข้าสู่คอลัมน์เพียง 1 ส่วน การฉีดแบบนี้เหมาะกับสารที่มีความเข้มข้นสูง เพื่อป้องกันไม่ให้สารเข้าสู่คอลัมน์และหน่วยตรวจวัดมากเกินไป

แบบที่ 2 แบบฉีดเข้าหมด (splitless mode) มีการปิดวาล์ว (split valve) ระหว่างการฉีดสารตัวอย่าง ดังนั้นสารตัวอย่างจะกลายเป็นไอและถูกพาเข้าสู่คอลัมน์ทั้งหมดในเวลาที่กำหนด หลังจากเวลาที่กำหนดไว้วาล์วจะเปิดออกแล้วแก๊สเฉื่อยจะพาไอของสารที่เหลือออกไป ซึ่งการฉีดแบบนี้เหมาะกับสารที่มีความเข้มข้นต่ำมากๆ หรือสารที่ระเหยยากต้องใช้เวลาในการระเหย

2. ขั้นตอนขบวนการแยกสารด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (GC)

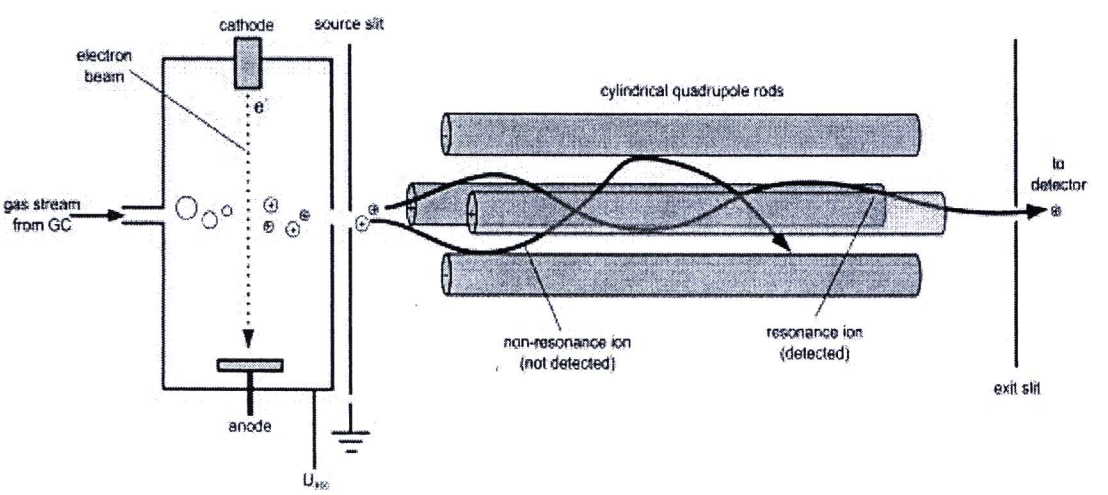
เมื่อสารตัวอย่างผ่านเข้าสู่ส่วนฉีดสาร (inlet) ทำให้สารตัวอย่างกลายเป็นไอ จะมีแก๊สเฉื่อย (carrier gas) พาสารในสถานะไอเข้าสู่คอลัมน์ ปัจจุบันนิยมใช้แคพิลลารีเป็นคอลัมน์ ซึ่งในแคพิลลารีคอลัมน์นี้จะมี stationary phase บรรจุด้วยอนุภาคของแข็งที่มีของเหลวเป็นสารเคมีฉาบอยู่ (liquid phase) เพื่อทำหน้าที่แยกสารตัวอย่างและมีหลักการเลือก liquid phase คือ เลือกสภาพขั้ว (polarity) ที่ใกล้เคียงกับสารตัวอย่าง (like separates like) รวมทั้งไม่ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างที่เป็น mobile phase เมื่อไอระเหยของสารตัวอย่างผ่าน stationary phase ทำให้เกิดการเหนี่ยวรั้งใน liquid phase ที่แตกต่างกัน โดยขึ้นกับความสามารถในการละลายของสารแต่ละชนิด ถ้าสารใดมีความสามารถในการละลายมากจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ออกจากคอลัมน์มากกว่าสารที่ละลายได้น้อย จึงสามารถแยกสารออกจากกันได้

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์ (MS)

สารที่ผ่านการแยกจากคอลัมน์จะเข้าสู่แมสสเปกโทรมิเตอร์ โดยผ่านระบบเชื่อมต่อ (Interface) ที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้สารคงอยู่ในสภาวะแก๊สและปรับลดความดันบรรยากาศจากปลายคอลัมน์ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีให้มีสภาพเป็นสุญญากาศ หลังจากนั้นโมเลกุลของสารตัวอย่างจะกลายเป็นไอออนในแหล่งกำเนิดไอออน (ion source) ซึ่งมี 2 วิธี คือ การเกิดไอออนโดยวิธีทางเคมี (Chemical ionization; CI) โดยใช้รีเอเจนต์แก๊สมีเทน (CH_4) และการเกิดไอออนจากการกระทบด้วยอิเล็กตรอน (Electron impact; EI) ดังรูป 1.8 เมื่อผ่านกระบวนการนี้จะทำให้สารแตกตัวกลายเป็นไอออนที่มีประจุบวกและถูกผลักหรือดึงดูดเข้าสู่ส่วนแยกมวล (mass analyzer) ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งโลหะหน้าตัดกลม 4 แท่งขนานกันและมีความต่างศักย์ที่ตรงข้ามกันเรียกว่า ควอดรูโพล (quadrupole) ทำหน้าที่แยกไอออนโดยอัตราส่วนของมวลต่อประจุ (m/z) โดยอาศัยอิทธิพลของสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าดังรูป 1.8

4. ขั้นตอนประมวลผลการวิเคราะห์และรายงานผล

ภายหลังการแยกไอออนเฉพาะที่กำหนดหรือเลือกไว้จะผ่านเข้าสู่หน่วยตรวจวัด (detector) อิเล็กตรอนมัลติไพลเออร์ (electron multiplier) จะทำหน้าที่นับไอออนและให้สเปกตรัม (spectrum) ออกมา โดยแมสสเปกตรัมที่ได้จะเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไอออน (ion abundance) กับค่ามวลต่อประจุภายใต้สภาวะที่ควบคุม อัตราส่วนปริมาณของไอออนกับค่ามวลต่อประจุที่จำเพาะ จะแสดงลักษณะเฉพาะของแต่ละสารประกอบ ซึ่งผลจากแมสสเปกตรัมจึงสามารถนำไปใช้ในการหาโมเลกุลและโครงสร้างทางเคมีของแต่ละสารที่ผ่านการแยกโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีได้



รูป 1.8 การเกิดไอออนของสารด้วยการใช้ EI เกิดเป็นอนุภาคมีประจุแล้วถูกผลักหรือดึงเข้าสู่ส่วนแยกมวลควอดรูโพล (Quadrupole) (Agilent technologies, 2005)

1.4 ประโยชน์ของการตรวจวิเคราะห์ในเส้นผม

การตรวจวินิจฉัยการเสพสารเสพติดนิยมตรวจจากปัสสาวะซึ่งสามารถตรวจพบในระยะเวลาสั้น ๆ ส่วนการตรวจในเลือดใช้สำหรับการตรวจหาระดับของสารซึ่งจะสัมพันธ์กับการได้รับสารเสพติดอย่างเฉียบพลัน อย่างไรก็ตามในกรณีที่ผู้เสพหยุดใช้สารเสพติดก่อนการตรวจ 2-3 วัน หรือเสพเป็นช่วงๆ อาจทำให้ไม่สามารถตรวจพบสารเสพติดนั้นๆ ในเลือดหรือปัสสาวะ จึงไม่สามารถใช้ในการยืนยันว่ามีการเสพสารเสพติดนั้นๆ จริง การตรวจสารเสพติดในเส้นผมมีข้อดีคือ ง่ายต่อการเก็บตัวอย่างเส้นผมสำหรับผู้ตรวจ ไม่สิ้นเปลืองอุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างเส้นผม นอกจากนี้ยังสามารถตรวจประวัติการเสพย้อนหลังได้จากแต่ละช่วงตามระยะความยาวของเส้นผม (Kronstand *et al.*, 1998) ทำให้ได้ข้อมูลการเสพและช่วยในการตรวจพิสูจน์ได้ดีขึ้นโดยเฉพาะในกรณีที่หยุดการเสพมาชั่วคราว

1.5 ปัญหาในการตรวจหาระดับแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีน

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาการตรวจหาสารเมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีนในเส้นผมขึ้นในประเทศไทย โดยวิธี automated headspace solid-phase microextraction และทำการวิเคราะห์โดย gas chromatography-mass spectrometry (automated HS-SPME GC-MS) (Monnatee *et al.*, 2008) ซึ่งใช้ปริมาณเส้นผม 20 มิลลิกรัม จากผลการตรวจวิเคราะห์รายงานค่า limit of detection (LOD) และ limit of quantitation (LOQ) ของแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนเท่ากับ 2.0, 2.5 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม และ 0.3, 0.5 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัมเส้นผม ตามลำดับ แม้ว่าผลที่ได้จะเป็นไปตามเกณฑ์ของ Société franÇaise de toxicologie analytique (SFTA) ที่กำหนดให้ค่า LOQ ของการตรวจหาเมทแอมเฟตามีนเท่ากับ 0.5 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม เส้นผม (Pragst *et al.*, 2006) แต่ยังสูงกว่าที่กำหนดไว้โดย SoHT ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการพัฒนาวิธีการตรวจหาสารเมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีนในเส้นผม ให้มีความไวในการตรวจมากขึ้นโดยทำ derivatization คู่ควบกับ automated HS-SMPE GC-MS โดยมีสมมติฐานว่าการตรวจหาสารเมทแอมเฟตามีนและแอมเฟตามีนด้วยการใช้สารเตรียมอนุพันธุ์ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค automated HS-SMPE GC-MS จะมีความไวเพิ่มกว่าวิธีที่ได้ศึกษาก่อนหน้านี้ (Monnatee *et al.*, 2008) ทั้งนี้เพื่อให้สามารถประยุกต์วิธีนี้ไปใช้ได้จริงในภาคสนามซึ่งอาจจะเก็บปริมาณเส้นผมจากผู้เสพได้ไม่มากนัก และสามารถประยุกต์ใช้ในงานประจำที่ต้องตรวจเส้นผมจำนวนครั้งละมากๆ ได้

1.6 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.6.1 ศึกษาสภาวะการสกัดที่เหมาะสมในการตรวจหาระดับเมทแอมเฟตามีนในเส้นผม

1.6.2 ศึกษาสารเตรียมอนุพันธุ์ (derivatizing reagents) ที่เหมาะสมในการตรวจหาแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนในเส้นผม ด้วยวิธี HS-SPME GC-MS

1.6.3 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ (method validation)

1.6.4 ศึกษาระดับของแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนที่ตรวจพบในเส้นผม ในกลุ่มที่เข้ารับการบำบัดรักษายาเสพติด

1.6.5 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีนจากการตรวจด้วยวิธีจากศึกษานี้และการตรวจจากวิธีก่อนหน้านี้ของมนต์นที (Monnatee *et al.*, 2008)