การพัฒนาแนวทางการเก็บคราบเมทแอมเฟตามีนบนพื้นผิวด้วยทิชชู่เปียกเชิงพาณิชย์เพื่อการวิเคราะห์ทางนิติวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี

Development of a Commercial Wet Wipe Sampling Method for the Collection of Methamphetamine Surface Residues for Forensic Analysis by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC–MS)

กชกร เจริญกุลเมธี*[1], ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี[2], ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง[3]

[1]นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

[2]อาจารย์ ดร. สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

**Corresponding author, e-mail: p.paeryypow@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการเก็บคราบเมทแอมเฟตามีนจากพื้นผิวโดยประยุกต์ใช้ทิชชู่เปียกเชิงพาณิชย์เป็นวัสดุสำหรับการตรวจเก็บ และเพื่อประเมินความเป็นไปได้ของการใช้ทิชชู่เปียก 3 สูตร ได้แก่ สูตรน้ำ สูตรแอลกอฮอล์ และสูตรต้านแบคทีเรีย เป็นวัสดุทางเลือกในการเก็บคราบเมทแอมเฟตามีน โดยเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานที่ใช้ผ้าก๊อซและกระดาษกรองชุบเมทานอล การทดลองดำเนินการโดยเตรียมคราบเมทแอมเฟตามีนบนพื้นผิวโต๊ะภายในห้องปฏิบัติการในพื้นที่ขนาด 10 × 10 เซนติเมตร จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างด้วยวัสดุแต่ละชนิดตามรูปแบบตารางหมากรุก (Cross-hatch pattern) เพื่อลดความแปรปรวนของทิศทางการเช็ด โดยทำการทดลองซ้ำ จำนวน 3 ครั้งต่อตัวอย่าง (n = 3) เพื่อประเมินความสม่ำเสมอของผลการทดลอง จากนั้นตัวอย่างที่ได้จะถูกนำไปสกัดและวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC–MS) ผลการศึกษาพบว่าทิชชู่เปียกทั้ง 3 สูตร สามารถตรวจพบเมทแอมเฟตามีน ได้ร้อยละ 100 ในทุกตัวอย่างทดสอบ โดยทิชชู่เปียกสูตรน้ำให้ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟสูงสุด (60,826.58) และ มีค่าความแปรปรวนสัมพัทธ์ (%RSD) ต่ำที่สุดที่ร้อยละ 15.27 แสดงถึงความสม่ำเสมอและประสิทธิภาพ ในการตรวจเก็บคราบที่มีแนวโน้มดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าทิชชู่เปียกเชิงพาณิชย์มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุสำหรับการเก็บคราบยาเสพติด เนื่องจากมีความสะดวกต่อการใช้งาน และลดโอกาส การทำลายพื้นผิววัตถุพยาน นอกจากนี้ การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ปริมาณมากภายในสถานที่เกิดเหตุ ยังส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานจากการสัมผัสสารเคมีอันตรายในขณะปฏิบัติงาน ดังนั้น การพัฒนาแนวทางการตรวจเก็บโดยใช้ทิชชู่เปียกเชิงพาณิชย์ จึงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและมีศักยภาพ ในการนำไปใช้งานจริง

เนื่องจากเป็นวัสดุที่พร้อมใช้งาน (Ready-to-use) ช่วยลดขั้นตอนการเตรียมสารเคมีภาคสนาม และที่สำคัญคือการช่วยยกระดับความปลอดภัยให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน

คำหลัก: เมทแอมเฟตามีน, การตรวจเก็บคราบบนพื้นผิว, ทิชชู่เปียก, GC–MS, นิติวิทยาศาสตร์

Abstract

This research aimed to develop an alternative method for collecting methamphetamine residues from surfaces by utilizing commercial wet wipes as sampling materials. The study evaluated the feasibility of three distinct formulations—water-based, alcohol-based, and anti-bacterial—compared to the forensic standard protocols using methanol-soaked gauze and filter paper. Methamphetamine residues were prepared on laboratory bench surfaces (10×10 cm area). Samples were collected using a systematic cross-hatch pattern to minimize wiping direction variability, with each experiment performed in triplicate ($n=3$) to ensure result consistency. The acquired samples were extracted and qualitatively analyzed using Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS).

The results demonstrated a 100% detection rate for methamphetamine across all wet wipe formulations. Notably, the water-based wet wipe exhibited the highest performance, yielding a mean peak area of 60,826.58 and the lowest relative standard deviation (%RSD) at 15.27%, indicating a higher level of sampling consistency under the conditions of this study. These findings highlight the potential of commercial wet wipes as a convenient and non-destructive alternative for forensic evidence collection. Furthermore, conventional methods involving high volumes of organic solvents at crime scenes pose significant health risks to practitioners through hazardous chemical exposure. Therefore, the development of a wet wipe-based approach presents a highly effective and practical alternative. As a ready-to-use material, it simplifies field-based preparation and, most importantly, enhances the operational safety of forensic personnel.

Keywords: Methamphetamine, drug residue, wet wipes, surface sampling, forensic sampling, gas chromatography-mass spectrometry

บทนำ

ปัญหาการใช้ยาเสพติดยังคงเป็นประเด็นสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสังคมในหลายมิติ ทั้งด้านสาธารณสุข เศรษฐกิจ และความมั่นคงของประเทศ จากรายงานการสังเคราะห์สถานการณ์ยาเสพติดในประเทศไทย พ.ศ. 2567 ของคณะกรรมการบริหารเครือข่ายองค์กรวิชาการสารเสพติด ศูนย์วิทยาการเสพติด มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล ระบุว่าสถานการณ์การแพร่ระบาดของสารเสพติดยังคงมีความต่อเนื่องและซับซ้อน โดยเฉพาะสารเสพติดสังเคราะห์ที่สามารถผลิตได้ง่ายและกระจายตัวรวดเร็ว (ศูนย์วิทยาการเสพติด มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล, 2567) ในระดับสากล สำนักงานยาเสพติดและอาชญากรรมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Office on Drugs and Crime [UNODC], 2023) รายงานถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของสารเสพติดสังเคราะห์และสารออกฤทธิ์ต่อจิตประสาทชนิดใหม่ ซึ่งหลายชนิดมิได้มีวัตถุประสงค์ทางการแพทย์ แต่ถูกนำไปใช้ในทางที่ผิดเพื่อความบันเทิงหรือกระตุ้นสมรรถภาพ ส่งผลให้เกิดปัญหาสังคมและอาชญากรรมในวงกว้าง

ข้อมูลจากสถาบันบำบัดรักษาและฟื้นฟูผู้ติดยาเสพติดแห่งชาติบรมราชชนนี (2568) ระหว่างปีงบประมาณ 2564-2568 พบว่า จำนวนผู้ป่วยยาเสพติดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งผู้เสพรายใหม่และผู้เข้ารับการรักษาซ้ำ โดยสารเสพติดที่พบมากที่สุด ได้แก่ ยาบ้า เฮโรอีน และยาไอซ์ ตามลำดับ การใช้ยาเสพติดมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการก่ออาชญากรรม ทั้งความผิดเกี่ยวกับชีวิต ร่างกาย เพศ และทรัพย์สิน จากรายงานผลการดำเนินงานประจำปี 2567 ของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ (2567) พบว่าจากคดีอาญาทั้งหมดกว่า 500,000 คดี มีคดีที่เกี่ยวข้องกับยาเสพติดจำนวน 249,029 คดี คิดเป็นเกือบครึ่งหนึ่งของคดีที่จับกุมได้ สะท้อนถึงบทบาทสำคัญของสารเสพติดในบริบททางอาชญากรรม นอกจากนี้ สำนักงานป้องกันและปราบปรามยาเสพติด (ป.ป.ส., 2568) รายงานถึงแนวโน้มการซุกซ่อนหรืออำพรางยาเสพติดในรูปแบบที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น การชุบหรือดูดซับสารเสพติดลงบนวัตถุที่มีมูลค่าหรือของใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ธนบัตร เอกสาร หรือชิ้นส่วนยานพาหนะ ซึ่งทำให้การตรวจเก็บคราบสารเสพติดจากพื้นผิวมีความสำคัญต่อการพิสูจน์ข้อเท็จจริงทางคดี

วิธีการตรวจเก็บคราบสารเสพติดที่ใช้โดยทั่วไปในงานนิติวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การใช้ก้านสำลี ผ้าก๊อซ หรือกระดาษกรองชุบตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น อะซิโตน (acetone) หรือเมทานอล (methanol) เพื่อเช็ดเก็บคราบจากพื้นผิว แม้ว่าวิธีดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพ แต่มีข้อจำกัดด้านความปลอดภัยและอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นผิววัตถุพยาน (UNODC, 2023)

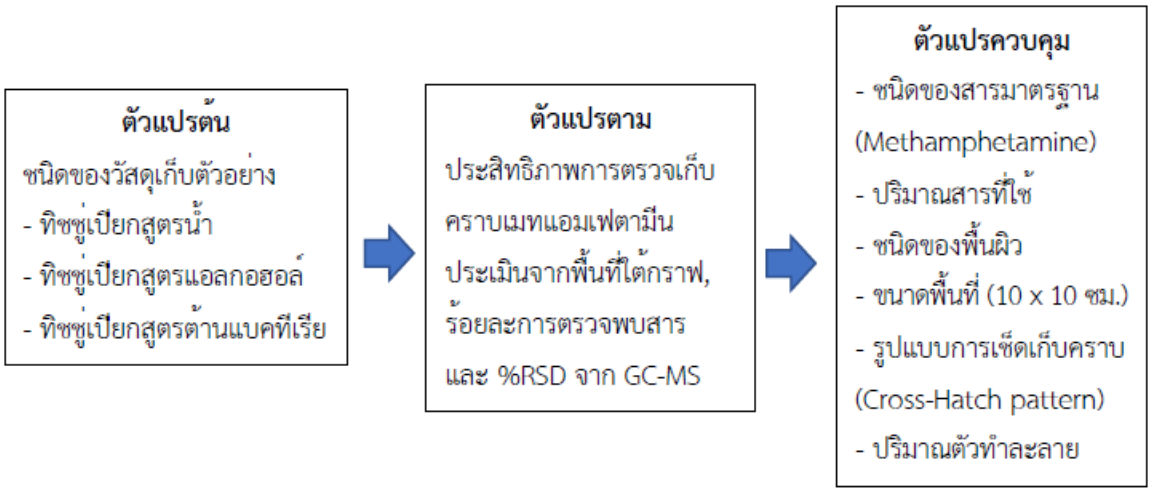
ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ทิชชู่เปียกเชิงพาณิชย์ชนิดต่างๆ เป็นวัสดุทางเลือกสำหรับการเก็บคราบเมทแอมเฟตามีนจากพื้นผิว โดยวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยเทคนิค แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (GC–MS) เพื่อพัฒนาแนวทางที่ปลอดภัยและเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของทิชชู่เปียกเชิงพาณิชย์ 3 ประเภท ได้แก่ สูตรน้ำ สูตรแอลกอฮอล์ และสูตรต้านแบคทีเรีย ในการเก็บคราบเมทแอมเฟตามีนจากพื้นผิวขนาด 10 × 10 เซนติเมตร ภายในห้องปฏิบัติการ โดยวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยเทคนิค GC-MS
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการตรวจพบและความสม่ำเสมอของการเก็บคราบเมทแอมเฟตามีนระหว่างทิชชู่เปียกแต่ละประเภทกับวิธีมาตรฐาน (ผ้าก๊อซและกระดาษกรองชุบเมทานอล)

กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุเช็ดเก็บคราบยาเสพติด โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) กรอบแนวคิดของการวิจัยนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น ได้แก่ ชนิดของวัสดุเก็บตัวอย่าง ซึ่งคาดว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจเก็บคราบเมทแอมเฟตามีนบนพื้นผิว โดยประเมินผลผ่านตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าพื้นที่ใต้กราฟ และค่าความแปรปรวนสัมพัทธ์ (%RSD) จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC–MS ทั้งนี้มีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ เช่น ปริมาณสาร ขนาดพื้นที่ และรูปแบบการเช็ด เพื่อให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือและสามารถเปรียบเทียบได้อย่างเหมาะสม



วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินความเป็นไปได้ของการใช้ทิชชู่เปียกเชิงพาณิชย์เป็นวัสดุสำหรับการเก็บคราบเมทแอมเฟตามีนจากพื้นผิว และตรวจยืนยันเชิงคุณภาพด้วยเทคนิค GC-MS

ผู้วิจัยเลือกใช้สารมาตรฐานเมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ (methamphetamine hydrochloride) ความบริสุทธิ์ 99.95% สำหรับการเตรียมตัวอย่างคราบยาเสพติด โดยชั่งสารมาตรฐาน

0.01000 กรัม แล้วปรับปริมาตรด้วยเมทานอลให้ได้ปริมาตรรวม 5 มิลลิลิตร จากนั้นทำให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10 นาที และพักไว้ 1 คืนก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้การเตรียมคราบเมทแอมเฟตามีนในรูปแบบสารละลาย แทนการใช้สารในสถานะของแข็ง เพื่อควบคุมปริมาณสาร ให้มีความแม่นยำและสม่ำเสมอในทุกชุดการทดลอง

การเตรียมพื้นผิวสำหรับการทดลอง พื้นผิวทดลองเป็นโต๊ะภายในห้องปฏิบัติการที่ผ่านการทำความสะอาดก่อนการทดลอง กำหนดพื้นที่ขนาด 10 × 10 เซนติเมตร สำหรับเตรียมคราบสารเสพติด โดยทำการหยดสารละลายตัวอย่างจำนวน 1 หยดลงบนพื้นผิว และปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อจำลองลักษณะคราบตกค้างบนพื้นผิวจริง

วัสดุที่ใช้ในการตรวจเก็บคราบประกอบด้วย 5 ชนิด ได้แก่ 1) ผ้าก๊อซชุบเมทานอล 2) กระดาษกรองชุบเมทานอล ซึ่งใช้เป็นวิธีมาตรฐานเปรียบเทียบ และ 3) ทิชชู่เปียกเชิงพาณิชย์ 3 สูตร ได้แก่ สูตรน้ำ สูตรแอลกอฮอล์ และสูตรต้านแบคทีเรีย วัสดุทุกชนิดถูกตัดให้มีขนาด 5 × 5 เซนติเมตรก่อนการใช้งาน

การตรวจเก็บคราบดำเนินการโดยใช้วัสดุแต่ละชนิดเช็ดบนพื้นผิวตามรูปแบบตารางหมากรุก (cross-hatch pattern) เพื่อเพิ่มความสม่ำเสมอของการเก็บตัวอย่าง ทำการทดลองซ้ำ จำนวน 3 ครั้งต่อตัวอย่าง เพื่อควบคุมความแปรปรวนของการทดลอง มีการควบคุมแรงกดและความเร็วในการเช็ดให้ใกล้เคียงกันในทุกการทดลอง รวมถึงใช้วัสดุที่มีความชื้นในปริมาณสม่ำเสมอ และสุ่มลำดับการทดลองเพื่อลดอคติที่อาจเกิดขึ้น หลังจากนั้นนำวัสดุที่ใช้เก็บคราบใส่ภาชนะสะอาด เติมเมทานอลปริมาตร 5 มิลลิลิตร และนำไปสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10 นาที สารละลายที่ได้ถูกกรองและเก็บในขวด vial ขนาด 1.5 มิลลิลิตร เพื่อเตรียมสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ดำเนินการด้วยเครื่อง GC-MS โดยใช้คอลัมน์ชนิด 5MS UI (Ultra Inert) fused-silica capillary column (5% phenyl-95% dimethylpolysiloxane stationary phase; 30 m × 0.32 mm i.d. × 0.25 µm film thickness; Agilent Technologies, USA) ก๊าซตัวพาเป็นฮีเลียมที่อัตราการไหลคงที่ 1.0 mL/min โปรแกรมอุณหภูมิเตาอบ เริ่มต้นที่ 110°C คงไว้ 2 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 15°C/min จนถึง 300°C และคงไว้ 2 นาที รวมเวลาการวิเคราะห์ประมาณ 20-22 นาที โหมดการฉีดตัวอย่างเป็นแบบ splitless โดยตั้งอุณหภูมิหัวฉีดที่ 250°C ปริมาตรฉีด 1 µL เครื่องตรวจวัดมวลสารทำงานในโหมด Electron Ionization (EI) ที่พลังงาน 70 eV ช่วงการสแกนมวล (scan range) m/z 40-400

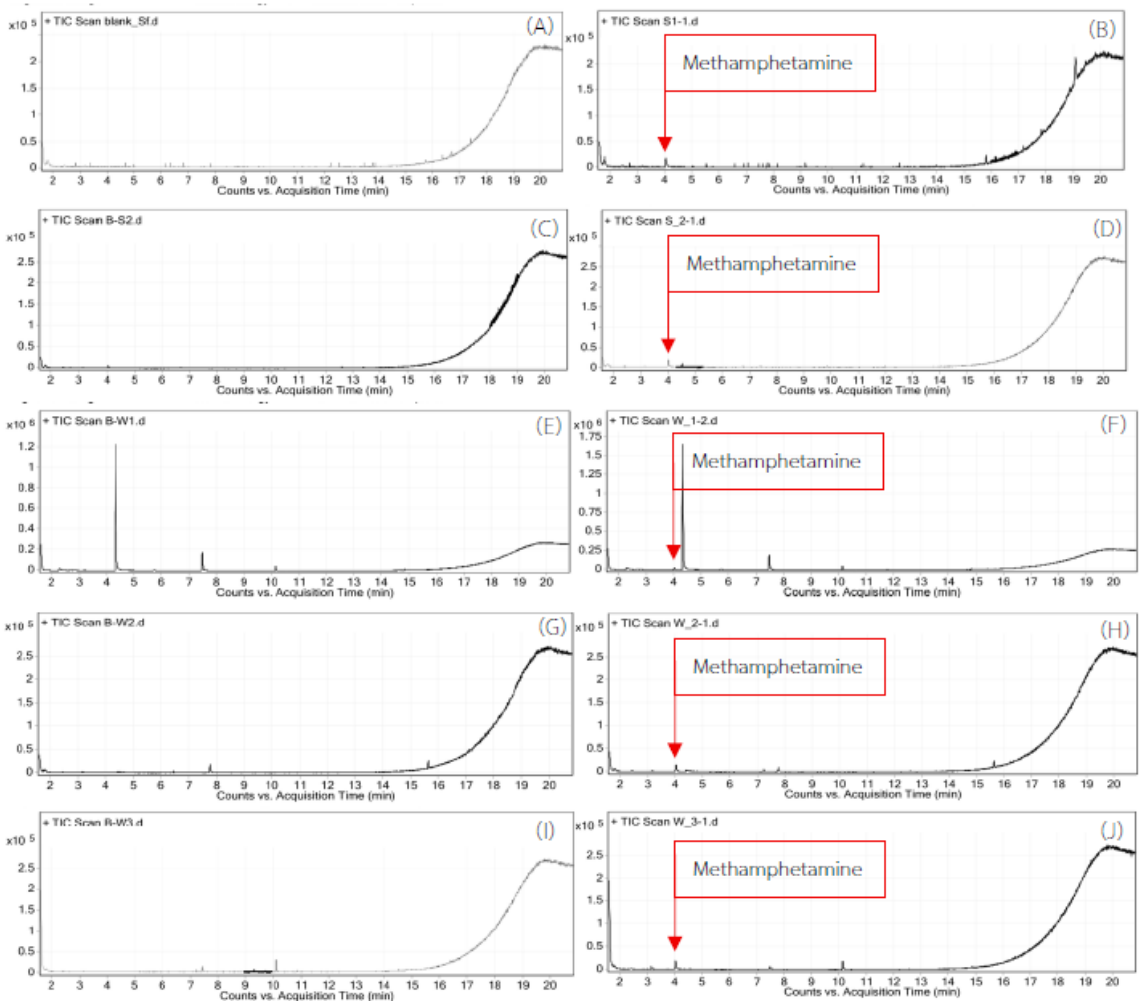
การระบุชนิดสารดำเนินการโดยเปรียบเทียบค่า retention time และรูปแบบ mass spectrum ของตัวอย่างกับสารมาตรฐานเมทแอมเฟตามีน และตรวจสอบความสอดคล้องของสเปกตรัมกับฐานข้อมูลมวลสารของ National Institute of Standards and Technology (NIST Mass Spectral Library) โดยพิจารณา ค่าความสอดคล้องของสเปกตรัม (match factor) ร่วมกับตำแหน่ง retention time เพื่อยืนยันชนิดสาร โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ค่า match factor ไม่น้อยกว่า 90%

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผล Total Ion Chromatogram (TIC) ของตัวอย่าง มาวิเคราะห์และรายงานในลักษณะการตรวจพบหรือไม่พบสารเมทแอมเฟตามีน (detected / not detected) และสรุปผลด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยคำนวณร้อยละการตรวจพบ (%detection) ค่าเฉลี่ย(Mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าความแปรปรวนสัมพัทธ์ (%RSD) ของพื้นที่ใต้กราฟ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความสม่ำเสมอในการตรวจเก็บของวัสดุแต่ละชนิด

ผลการวิจัย

จากผลการทดลองในการตรวจเก็บคราบยาเสพติดชนิดเมทแอมเฟตามีนจากพื้นผิว โดยใช้วัสดุสำหรับการตรวจเก็บชนิดต่าง ๆ เมื่อนำตัวอย่างที่ได้ไปสกัดและวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS) พบว่า ผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ในรูปของโทเทลไอออนโครมาโทแกรม (Total Ion Chromatogram) ดังแสดงในภาพที่ 1 และการคำนวณร้อยละการตรวจพบ (%detection) ค่าเฉลี่ย(Mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าความแปรปรวนสัมพัทธ์ (%RSD) ของพื้นที่ใต้กราฟ ดังแสดงในตาราง 1



ภาพ 1 โครมาโทแกรมแบบ Total Ion Chromatogram (TIC) จากการวิเคราะห์ด้วย GC-MS เปรียบเทียบตัวอย่าง blank และตัวอย่างที่ตรวจเก็บคราบเมทแอมเฟตามีนด้วยวัสดุต่าง ๆ ได้แก่ ผ้าก๊อซชุบเมทานอล (A-B) กระดาษกรองชุบเมทานอล (C-D) ทิชชู่เปียกสูตรน้ำ (E-F) สูตรแอลกอฮอล์ (G-H) และสูตรต้านแบคทีเรีย (I-J)

ดังแสดงในภาพ 1 โครมาโทแกรมแบบ Total Ion Chromatogram (TIC) ของตัวอย่างที่ตรวจเก็บคราบเมทแอมเฟตามีนด้วยวัสดุทุกชนิด (B, D, F, H และ J) ปรากฏพีคของเมทแอมเฟตามีนอย่างชัดเจนที่ค่า retention time เฉลี่ยประมาณ 4.00 ± 0.05 นาที ซึ่งสอดคล้องกับสารมาตรฐานภายใต้สภาวะการวิเคราะห์เดียวกัน ขณะที่ตัวอย่าง blank ของวัสดุแต่ละชนิด (A, C, E, G และ I) ไม่พบพีคที่ตำแหน่งดังกล่าว แสดงถึงความจำเพาะของวิธีการตรวจเก็บและการวิเคราะห์ และไม่พบสัญญาณรบกวนที่มีนัยสำคัญในช่วงเวลาเดียวกัน การยืนยันชนิดสารดำเนินการโดยพิจารณารูปแบบ mass spectrum ซึ่งแสดงไอออนจำเพาะที่ค่า m/z 58 (base peak), 91 และ 149 สอดคล้องกับสารมาตรฐานและฐานข้อมูลมวลสาร สนับสนุนความถูกต้องของการระบุชนิดสาร

เมื่อพิจารณาความเข้มสัญญาณของพีค พบว่าวัสดุมาตรฐาน ได้แก่ ผ้าก๊อซและกระดาษกรองชุบเมทานอล (B และ D) ให้ความเข้มสัญญาณค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามพบความแตกต่างของพื้นที่ใต้กราฟระหว่างการทำซ้ำบางครั้ง สะท้อนถึงความแปรปรวนในการดูดซับและการถ่ายโอนสารจากพื้นผิวสู่วัสดุเก็บ สำหรับทิชชู่เปียกทั้งสามสูตร (F, H และ J) สามารถตรวจพบเมทแอมเฟตามีนได้ชัดเจนทุกสูตร โดยสูตรน้ำให้พีคที่มีลักษณะคมชัดและสัญญาณพื้นฐานราบเรียบกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรแอลกอฮอล์และสูตรต้านแบคทีเรีย ซึ่งบางการทำซ้ำพบ baseline fluctuation มากกว่า อาจเนื่องมาจากสารเติมแต่งในผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อเมทริกซ์ของตัวอย่างและเสถียรภาพของสัญญาณ

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุแต่ละชนิดในเชิงเปรียบเทียบ ได้ทำการนำค่าพื้นที่ใต้กราฟจากโครมาโทแกรมแบบ Total Ion Chromatogram (TIC) ของพีคเมทแอมเฟตามีนมาวิเคราะห์เชิงปริมาณแบบสัมพัทธ์ (relative quantitative comparison) โดยใช้ค่า peak area เป็นตัวแทนของปริมาณสารที่ตรวจเก็บได้ภายใต้สภาวะการทดลองเดียวกัน และสรุปผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ใต้กราฟของเมทแอมเฟตามีน (n = 3)

Sample	%detection	Mean Area	Std.Deviation	RSD
S1	100	56,457.28	24,185.77	42.84
S2	100	64,822.97	17,003.78	26.23
W1	100	60,826.58	9,288.71	15.27
W2	100	49,543.50	12,317.45	24.86
W3	100	48,320.29	10,265.38	21.24

จากตาราง 2 พบว่า วัสดุทุกชนิดสามารถตรวจพบเมทแอมเฟตามีนได้ครบถ้วน คิดเป็นร้อยละ 100 ของตัวอย่างที่ทดสอบ แสดงให้เห็นว่าวิธีการตรวจเก็บภายใต้เงื่อนไขการทดลองนี้มีความไว (analytical sensitivity) เพียงพอสำหรับการตรวจยืนยันเชิงคุณภาพ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟ (Mean Area) พบว่า วัสดุแต่ละชนิดให้ค่าที่แตกต่างกัน โดยทิชชู่เปียกสูตรน้ำ (W1) ให้ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟสูงที่สุดในกลุ่มทิชชู่เปียก และมีค่าความแปรปรวนสัมพัทธ์ (%RSD) ต่ำที่สุด (15.27%) สะท้อนถึงความสม่ำเสมอของกระบวนการดูดซับและสกัดสารที่ดีกว่าวัสดุอื่น ในขณะที่ทิชชู่เปียกสูตรแอลกอฮอล์ (W2) และสูตรต้านแบคทีเรีย (W3) แม้ตรวจพบสารได้ครบถ้วน แต่มีค่า %RSD สูงกว่า (24.86% และ 21.24% ตามลำดับ) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสกัดหรือก่อให้เกิด matrix effect

สำหรับวัสดุมาตรฐาน ได้แก่ ผ้าก๊อซชุบเมทานอล (S1) และกระดาษกรองชุบเมทานอล (S2) พบว่าค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟอยู่ในระดับใกล้เคียงกับกลุ่มทิชชู่เปียก อย่างไรก็ตาม S1 มีค่า %RSD สูงถึง 42.84% แสดงถึงความ แปรปรวนของผลการทดลองที่มากกว่า ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยด้านแรงกด ความสามารถในการดูดซับ และการระเหยของตัวทำละลายในระหว่างกระบวนการตรวจเก็บ

ผลการเปรียบเทียบเชิงปริมาณสัมพัทธ์จากพื้นที่ใต้กราฟ TIC ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า แม้ว่าวัสดุทุกชนิดสามารถตรวจพบสารได้อย่างครบถ้วน แต่มีความแตกต่างในด้านความสม่ำเสมอของการตรวจเก็บ โดยทิชชู่เปียกสูตรน้ำ มีให้ผลที่มีความเที่ยง (precision) สูงที่สุดภายใต้เงื่อนไขของการศึกษานี้

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า ทิชชู่เปียกเชิงพาณิชย์สามารถใช้เป็นวัสดุทางเลือกในการตรวจเก็บคราบเมทแอมเฟตามีนจากพื้นผิวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะทิชชู่เปียกสูตรน้ำ (W1) ซึ่งให้ค่าความแปรปรวนสัมพัทธ์ต่ำที่สุด สะท้อนถึงความสม่ำเสมอของการเก็บและการถ่ายโอนสารมายังขั้นตอนการวิเคราะห์ได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานอย่างผ้าก๊อซชุบเมทานอล ซึ่งผลการทดลองนี้สนับสนุนแนวคิดของ Klette et al. (2015) ที่ทำการเปรียบเทียบวัสดุตรวจเก็บ 5 ชนิดและพบว่าลักษณะทางกายภาพของวัสดุส่งผลต่อแรงเสียดทานและการสัมผัสกับพื้นผิวในขณะป้ายตรวจเก็บ (Wiping) นอกจากนี้ การที่ทิชชู่เปียกสามารถเก็บคราบได้ดีโดยไม่ต้องอาศัยตัวทำละลายอินทรีย์ปริมาณมาก ยังสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Van Dyke et al. (2011) เกี่ยวกับการเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นผิวเพื่อลดการสูญเสียสารจากการระเหยและเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ ทั้งนี้ หลักการสำคัญของการตรวจเก็บคราบสารเสพติดบนพื้นผิว คือประสิทธิภาพการถ่ายโอน (transfer efficiency) และการสกัด (extraction efficiency) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้เก็บตัวทำละลาย และคุณสมบัติของพื้นผิว

การที่ทิชชู่เปียกสูตรน้ำให้ผลสม่ำเสมอกว่าวัสดุอื่น อาจอธิบายได้จากองค์ประกอบที่ไม่มีสารเติมแต่ง เช่น แอลกอฮอล์ น้ำหอม หรือสารต้านจุลชีพ ซึ่งอาจก่อให้เกิด matrix effect หรือรบกวนการเกิด

สัญญาณในระบบ GC–MS โดยเฉพาะในโหมด full scan ที่พิจารณา Total Ion Chromatogram (TIC) (Peters et al., 2017) งานศึกษาก่อนหน้ารายงานว่าสารเติมแต่งในผลิตภัณฑ์เช็ดทำความสะอาดบางชนิดสามารถสร้าง background ion หรือ co-eluting compounds ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำและความเที่ยงของการวิเคราะห์ (Lociciro et al., 2004) สอดคล้องกับผลของ W2 และ W3 ที่แม้ตรวจพบสารครบถ้วน แต่มีค่า %RSD สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานที่ใช้ผ้าก๊อซหรือกระดาษกรองชุบเมทานอล พบว่าวิธีดังกล่าวยังคงมีประสิทธิภาพในการตรวจพบสารเสพติด ซึ่งสอดคล้องกับแนวปฏิบัติทางนิติวิทยาศาสตร์ที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เมทานอล หรืออะซิโตไนไตรล์ ในการเก็บตัวอย่างคราบยาเสพติดจากพื้นผิว (UNODC, 2009; NIST, 2020) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้พบว่า S1 มีค่า %RSD สูงกว่าอย่างชัดเจน อาจเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของปริมาณตัวทำละลายที่ผู้ปฏิบัติงานชุบลงบนวัสดุ รวมถึงการระเหยของเมทานอลระหว่างการเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีรายงานว่าส่งผลต่อความแปรปรวนของการวิเคราะห์แบบ wipe sampling (Verweij et al., 2014)

ในเชิงกลไก ทิชชู่เปียกสูตรน้ำอาจมีสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ในปริมาณต่ำ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการชะล้างและการถ่ายโอนคราบสารจากพื้นผิวมายังวัสดุเก็บตัวอย่าง กลไกดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่าสารลดแรงตึงผิวสามารถเพิ่ม recovery ของสารอินทรีย์จากพื้นผิวเรียบได้ (Klette et al., 2015) นอกจากนี้ ปริมาณของเหลวในผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์มีความคงที่จากการควบคุมมาตรฐานการผลิต จึงลดความคลาดเคลื่อนระหว่างผู้ปฏิบัติ เมื่อเทียบกับการชุบเมทานอลด้วยตนเองในภาคสนาม

ในด้านความปลอดภัยและการปฏิบัติงานภาคสนาม การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์มีข้อจำกัดทั้งด้านการระเหย ความไวไฟ และความเป็นพิษต่อผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงความเสี่ยงต่อการทำลายพื้นผิววัตถุพยาน โดยเฉพาะพื้นผิวที่บอบบางหรือมีมูลค่าสูง (UNODC, 2009) ดังนั้น การใช้ทิชชู่เปียกจึงเป็นทางเลือกที่ลดความเสี่ยงดังกล่าว และเพิ่มความสะดวกในการพกพาและใช้งานในสถานการณ์ภาคสนาม

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังเป็นการศึกษาบนพื้นผิวชนิดเดียว และประเมินผลเชิงคุณภาพโดยพิจารณาจากการตรวจพบและการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟ TIC เท่านั้น ยังไม่ได้ประเมินขีดจำกัดการตรวจพบ (LOD/LOQ) หรือ recovery ในเชิงปริมาณอย่างแท้จริง อีกทั้งยังไม่ได้ทดสอบกับพื้นผิวที่มีความขรุขระหรือมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ซึ่งมีรายงานว่าส่งผลต่อประสิทธิภาพการเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญ (Verweij et al., 2014; Klette et al., 2015) ดังนั้น การศึกษาในอนาคตควรขยายไปยังพื้นผิวหลายประเภท การประเมิน recovery เชิงปริมาณ การทดสอบ LOD/LOQ และการวิเคราะห์สถิติเปรียบเทียบเชิงนัยสำคัญ เพื่อยืนยันศักยภาพของทิชชู่เปียกในฐานะวิธีมาตรฐานทางเลือกในงานนิติวิทยาศาสตร์ยาเสพติด

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าทิชชู่เปียกเชิงพาณิชย์สามารถใช้เป็นวัสดุทางเลือกในการเก็บคราบเมทแอมเฟตามีนจากพื้นผิวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถตรวจพบสารได้ครบถ้วนร้อยละ 100 เมื่อวิเคราะห์ด้วย GC–MS ภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกัน การเปรียบเทียบเชิงสัมพัทธ์จากพื้นที่ใต้กราฟ Total Ion Chromatogram (TIC) พบว่าทิชชู่เปียกสูตรน้ำให้ค่าความแปรปรวนสัมพัทธ์ต่ำที่สุด สะท้อนถึงความเที่ยงและความสม่ำเสมอของกระบวนการเก็บและสกัดสารที่ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น แม้ว่าวิธีมาตรฐานที่ใช้ผ้าก๊อซหรือกระดาษกรองชุบเมทานอลยังคงมีประสิทธิภาพในการตรวจพบสาร แต่มีความแปรปรวนสูงกว่าและมีข้อจำกัดด้านความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น ทิชชู่เปียกสูตรน้ำจึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นแนวทางทางเลือกสำหรับการตรวจเก็บคราบยาเสพติดในงานนิติวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัด เช่น การศึกษาบนพื้นผิวชนิดเดียวและการใช้สารตัวอย่างเพียงชนิดเดียวซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ควรขยายการทดสอบไปยังพื้นผิวหลากหลายประเภท ทั้งพื้นผิวมีรูพรุนและไม่มีรูพรุน เพื่อประเมินประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมจริง
2. ควรศึกษาการประยุกต์ใช้กับยาเสพติดชนิดอื่นที่พบในสถานที่เกิดเหตุ
3. ควรประเมินค่าขีดจำกัดการตรวจพบ (LOD/LOQ) และร้อยละการกู้คืน (recovery) ในเชิงปริมาณ
4. ควรใช้สารมาตรฐานภายใน (internal standard) เพื่อควบคุมความคลาดเคลื่อนจากกระบวนการสกัดและ matrix effect

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์วิทยาการเสพติด มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล. (2567). *รายงานการสังเคราะห์สถานการณ์ยาเสพติดในประเทศไทย พ.ศ. 2567*. มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล.

ศิริกัญญา เรื้องศรี. (2552). *การแยกเมทแอมเฟตามีนกับไดเมทิลแอมเฟตามีนในตัวอย่างยาบ้าด้วยวิธี thin layer chromatography (TLC) และวิธี gas chromatography (GC).* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร. คลังปัญญา มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สถาบันบำบัดรักษาและฟื้นฟูผู้ติดยาเสพติดแห่งชาติบรมราชชนนี. (2568). *รายงานสถิติผู้เข้ารับการบำบัดรักษาผู้ติดยาเสพติด ประจำปีงบประมาณ 2564-2568.* กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. (2567). *รายงานผลการดำเนินงานประจำปี 2567.* สำนักงานตำรวจแห่งชาติ.

สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด. (2568). *รายงานสถานการณ์ยาเสพติดของประเทศไทย.* กระทรวงยุติธรรม.

Cettier, A., Pfammatter, J. P., & O'Connell, J. (2015). Surface wipe sampling efficiency for organic compounds. *Science of the Total Environment,* 506–507, 414-422. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.050.

Harris, M., Nicolle, S., Chappell, A., & Mayo, E. (2022). Deposition of methamphetamine residues produced by simulated smoking. *Environmental Toxicology and Pharmacology,* 92, Article 103861. https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103861.

Klette, K. L., Horn, C. K., Stout, P. R., & Anderson, C. J. (2015). Comparison of five collection devices for the detection of methamphetamine on surfaces. *Journal of Forensic Sciences,* 60(1), 167–171. https://doi.org/10.1111/1556-4029.12558.

Lociciro, S., Hayoz, P., Esseiva, P., & Ribaux, O. (2004). Design of a system for the profiling of illicit drug seizures. *Forensic Science International,* 144(1), 7–14. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.03.003.

Martyny, J. W., Arbuckle, S. L., McCammon, C. S., Jr., Esswein, E. J., Erb, N., & Van Dyke, M. (2008). Methamphetamine contamination on environmental surfaces caused by simulated smoking of methamphetamine. *Journal of Chemical Health and Safety,* 15(4), 25–31. https://doi.org/10.1016/j.jchas.2007.12.002.

National Institute for Occupational Safety and Health. (2016). *Methamphetamine on surfaces: Method 9111.* In NIOSH manual of analytical methods (NMAM). https://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdf/9111.pdf.

National Institute of Standards and Technology. (2020). *NIST/EPA/NIH mass spectral library (NIST 20). U.S. Department of Commerce.* https://www.nist.gov/srd/nist-standard-reference-database-1a.

Peters, F. T., Drummer, O. H., & Musshoff, F. (2017). Validation of new methods in forensic toxicology. *Forensic Science International,* 274, 80-85. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.11.028.

Sisco, E., Staymates, M., & Gillen, G. (2020). Improving the collection of trace narcotics from surfaces. *Forensic Science International,* 311, Article 110271. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110271.

United Nations Office on Drugs and Crime. (2009). *Guidance on illicit drug identification by lay installers and first responders.* United Nations. https://www.unodc.org/documents/scientific/Guidance_on_Illicit_Drug_Identification.pdf.

United Nations Office on Drugs and Crime. (2023). *World drug report 2023.* https://www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/world-drug-report-2023.html.

Van Dyke, M. V., Martyny, J. W., & Serrano, K. A. (2011). Evaluation of wipe sampling strategies and surfaces for the quantification of methamphetamine residue. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene,* 8(1), 14–22. https://doi.org/10.1080/15459624.2011.536440.

Verweij, A. M. A., Lipman, P. J. L., & Colijn, H. A. (2014). Liquid chromatographic–mass spectrometric determination of methamphetamine and its metabolites in oral fluid. *Forensic Science International,* 238, 45-51. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.02.019.