

การศึกษาสารมาตรฐานภายในชนิดใหม่เพื่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณ
ของเมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ที่ผสมสารส้มโดยแก๊สโครมาโทกราฟี
The Study of Alternative Internal Standard for Quantitative Analysis
of Alum-Contaminated Methamphetamine Hydrochloride
by Gas Chromatography

อธิป อจละนันท์* และปริญญา สีลานันท์
คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Athip Achalanant* and Parinya Seelanan
Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received: October 6, 2022

Revised: February 3, 2023

Accepted: February 7, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเสถียรและประสิทธิภาพของสารมาตรฐานภายใน (IS) ชนิดใหม่สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ (MA) ที่ผสมสารส้มด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) โดยการศึกษาจากสาร 4 ชนิด ได้แก่ Diphenylamine (DPA), Benzylamine, N-methylbenzyl Amine และ Diphenhydramine ตัวอย่างที่ใช้เตรียมได้จากการผสมสารมาตรฐาน MA และสารส้มเข้าด้วยกันใน IS จากผลการวิจัย พบว่า 1) ความเสถียรของสารที่นำมาศึกษามีเพียง DPA ที่เสถียรต่อตัวอย่าง ไม่ทำปฏิกิริยากับ MA และสารส้ม สามารถเตรียม และเก็บไว้สำหรับการวิเคราะห์ MA เป็นระยะเวลานานกว่า 1 เดือน และ 2) ตัวอย่างในสถานะที่มี DPA และไม่มี DPA ให้ผลความเข้มข้นของ MA ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า DPA เป็น IS ที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ MA เนื่องจาก DPA ไม่รบกวนการวิเคราะห์ สรุปได้ว่า DPA ที่นำมาพัฒนาเป็น IS ชนิดใหม่ ให้ประสิทธิภาพ และความเสถียรสูง สามารถเป็นทางเลือกในการวิเคราะห์สารเสพติด MA ที่ปนเปื้อนสารส้มได้ โดยลดข้อจำกัด และความยุ่งยากของการวิเคราะห์ เนื่องจากวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของ MA ต้องมีการสกัดตัวอย่างเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนซึ่งส่งผลต่อความเสถียรของ IS แต่หากใช้ DPA เป็น IS จะลดขั้นตอนดังกล่าวลงได้ จึงสามารถนำผลการตรวจพิสูจน์เข้าสู่กระบวนการได้เร็วขึ้น ความคลาดเคลื่อนสำหรับการตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์จากการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ปนเปื้อนก็ลดลง อันเป็นประโยชน์แก่การสอบสวน และสร้างมาตรฐานต่อกระบวนการพิจารณาในชั้นศาล

คำสำคัญ: เมทแอมเฟตามีน สารมาตรฐานภายใน สารส้ม แก๊สโครมาโทกราฟี

Abstract

This research aimed to study the efficiency and stability of alternatives Internal Standard (IS) for the quantitative analysis of alum-contaminated Methamphetamine hydrochloride (MA) by Gas Chromatography (GC). The research was performed by the analysis of 4 chemicals including Diphenylamine (DPA), Benzylamine, N-methyl benzylamine and Diphenhydramine as the proposed IS. A mixture of standard MA and alum was prepared and used in this experiment. The results showed that 1) the stability was only achieved by DPA, with no reaction to MA and alum. The prepared DPA as IS in MA analysis can be stored up to 1 month and 2) MA concentration in DPA tested condition was not significantly different to the system without DPA at the statistical significance level of 0.05. It showed that DPA was the efficient IS for quantitative analysis of MA because DPA did not disturb the analysis. In summary, the proposed DPA was exhibited with stability and high efficiency. DPA can be used as an alternative IS for the analysis of alum-contaminated MA with less limitation and difficulty. As the standard method needed sample extraction for elimination of matrixes, use of DPA can reduce the complicated process of extraction. This can encourage a faster analysis with more reliable result for the contaminated drugs under forensic science to the criminal prosecution. Consequently, narcotic examination and inquiry process can be developed for the fairness of justice system.

Keywords: Methamphetamine, Internal Standard, Alum, Gas Chromatography

บทนำ

ปัญหายาเสพติดในประเทศไทยในปัจจุบันยังคงเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากสถิติจากสำนักงานคณะกรรมการป้องกัน และปราบปรามยาเสพติดประจำปีงบประมาณ 2564 พบว่า มีการจับกุมที่เกี่ยวข้องกับยาเสพติด ทั้งหมด 337,186 คดี ของกลางจากการจับกุมส่วนใหญ่เป็นเมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ (Methamphetamine hydrochloride, MA) ในลักษณะต่าง ๆ จำแนกได้เป็น ยาบ้า 554 ล้านเม็ด และยาไอซ์ 26,622 กิโลกรัม และพบว่า มีแนวโน้มสูงขึ้นตลอด 5 ปีที่ผ่านมา (สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด, 2564) ความแตกต่างระหว่างยาบ้า และยาไอซ์ คือ ความบริสุทธิ์ของ MA โดยยาไอซ์มีความบริสุทธิ์เกือบ 100% (กิตติมา วัฒนากมลกุล, 2555) ในขณะที่องค์ประกอบของยาบ้าเกิดจากผสม MA กับ คาเฟอีน แป้ง สีส้มอาหาร หรือสารแต่งกลิ่น (สุรธัญย์ วีรพัฒน์ปวัน, 2551) ลักษณะทางกายภาพของยาไอซ์จะเป็นวัตถุเกล็ดสีขาว หรือใสคล้ายผลึกของสารเคมีหลายชนิดทำให้เกิดการนำเอาสารเคมีมาผสมเพื่อปลอมแปลงให้เกิดประโยชน์ในการขาย มีรายงานว่าสารส้มเป็นตัวเลือกที่พบบ่อยที่นำมาผสมเพราะมีลักษณะทางกายภาพคล้ายกับยาไอซ์ หาซื้อได้ง่าย และราคาถูก จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของยาเสพติดในไทย

พบแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากการลักลอบนำเข้ามากขึ้น ราคาจำหน่ายที่ถูกลง และผู้ค้าใช้ช่องทางออนไลน์ ในการกระจายยาเสพติด ส่งผลให้ผู้คนเข้าถึงยาเสพติดได้ง่ายทำให้จำนวนผู้เสพยาใหม่เพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2564 พบว่า มีผู้เสพยาใหม่ที่สมัครใจเข้ารับการบำบัดมากถึงร้อยละ 70 ซึ่งผู้เสพยาใหม่ที่เข้ารับการบำบัดการใช้ยาไอซ์ หรือ MA สูงขึ้นตลอดในช่วง 5 ปี ที่ผ่านมา เป็นยาเสพติดที่ต้องเฝ้าระวังอย่างมาก (สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด, 2564) เนื่องจากราคาจำหน่ายยาไอซ์ต่ำลง ผู้ค้ามักผสมสารชนิดอื่น เพื่อหวังกำไรสูงขึ้น มีรายงานการใช้สารผสมเนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึง กับยาไอซ์ หรือใช้สารปนเปื้อนชนิดอื่น ๆ ที่ผสมเข้ามาในของกลาง สารที่ผสมอาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ เช่นเดียวกับสารส้มได้ อีกทั้งอัตราโทษของการมีเมทแอมเฟตามีนไว้ในครอบครองตามประมวลกฎหมาย ยาเสพติด พ.ศ. 2564 จะตัดสิน โดยพิจารณาน้ำหนักสารบริสุทธิ์ของ MA ในของกลางเป็นเกณฑ์

การหาความบริสุทธิ์ของ MA เพื่อนำใช้ในการคำนวณน้ำหนักสารบริสุทธิ์ในปัจจุบันนิยมใช้วิธีโครมาโทกราฟี เช่น แก๊สโครมาโทกราฟี (GC) ซึ่งการวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีด้วยเทคนิค Internal Standardization Method มีข้อดี คือ เทคนิคดังกล่าวสามารถคำนวณหาปริมาณของ MA ได้อย่างถูกต้อง เพราะการสร้างกราฟมาตรฐานจะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของพื้นที่ใต้ Peak ของสารมาตรฐาน MA กับพื้นที่ใต้ Peak ของสารมาตรฐานภายใน (IS) และความเข้มข้นของ MA ซึ่งวิธีดังกล่าวจะลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการเตรียมตัวอย่าง และการทดสอบตัวอย่างเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือในการหาความบริสุทธิ์ของ MA ได้ (สำนักยาและวัตถุเสพติด, 2560) อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบหาความบริสุทธิ์ของสารเมทแอมเฟตามีนที่ผสมสารส้มในปัจจุบันมีขั้นตอนในการตรวจที่ยุ่งยาก และซับซ้อน เพื่อเป็นการลดขั้นตอนการตรวจพิสูจน์ และหาความบริสุทธิ์ของ MA ในของกลาง ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาสารมาตรฐานภายใน (IS) ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์เมทแอมเฟตามีนที่ผสมสารส้มด้วยวิธี แก๊สโครมาโทกราฟี ตลอดจนเพื่อการประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ และการนำไปสู่อัตราโทษของผู้ต้องหา ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อให้เกิดความเป็นธรรม และประโยชน์สูงสุดในกระบวนการยุติธรรม

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาชนิดของสารเคมีที่มีความเสถียร และมีประสิทธิภาพในการนำมาใช้เป็นสารมาตรฐานภายใน (IS) สำหรับการวิเคราะห์เมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ที่ผสมสารส้ม โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

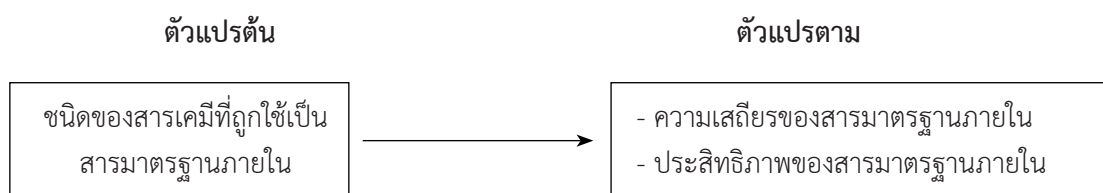
แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและกรอบแนวคิด

ยาเสพติดแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามประมวลกฎหมายยาเสพติด พ.ศ. 2564 ได้แก่ ยาเสพติดให้โทษ วัตถุออกฤทธิ์ และสารระเหย โดยยาเสพติดให้โทษหมายถึงสารเคมี พืช หรือวัตถุนิติใด ๆ ซึ่งเมื่อเสพแล้วทำให้เกิดผลต่อร่างกาย และจิตใจในลักษณะสำคัญ เช่น ต้องเพิ่มขนาดการเสพ มีอาการถอนยาเมื่อขาดยา มีความต้องการเสพทั้งทางร่างกาย และจิตใจอย่างรุนแรงตลอดเวลา และสุขภาพ โดยทั่วไปทรุดโทรมลง ยาเสพติดรวมถึงสารเคมีที่ใช้ในการผลิตยาเสพติดให้โทษด้วย แต่ไม่รวมยาสามัญประจำบ้านบางตำรับที่มี ยาเสพติดให้โทษผสมอยู่ตามกฎหมายว่าด้วยยา ทั้งนี้เมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์จัดเป็นยาเสพติดให้โทษ ตามประมวลกฎหมายยาเสพติด พ.ศ. 2564 (ประมวลกฎหมายยาเสพติด พ.ศ. 2564, 2564)

ความแตกต่างในการ Adsorption และ Partitioning ระหว่างเฟสโดยมีแก๊สตัวพาเป็นเฟสเคลื่อนที่ (ธนบุรณ์ รัชตฤงการสกุล, 2553) การวิเคราะห์ปริมาณสารด้วยเทคนิค GC ทำได้โดยการสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration Curve) ที่หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของพื้นที่ใต้ Peak ของสารมาตรฐานเทียบกับพื้นที่ใต้ Peak ของ IS (แกน Y) กับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน (แกน X) เพื่อสร้างสมการเชิงเส้นสำหรับใช้คำนวณความเข้มข้นในสารตัวอย่างที่สภาวะเดียวกันได้

กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาความเสถียรของสารเคมีที่ถูกนำมาใช้เป็น IS ต่อสารส้ม รวมถึงแนวคิดการวิเคราะห์เชิงปริมาณของ IS ในตัวทำละลายและในตัวอย่าง MA ที่มีสารส้มผสมอยู่โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (GC)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. สารเคมีที่ถูกนำมาใช้เป็นสารมาตรฐานภายใน (IS) มีความเสถียรไม่ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง เมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ (MA) และสารส้ม
2. สารเคมีที่ถูกนำมาใช้เป็นสารมาตรฐานภายใน (IS) มีความเสถียร ไม่แตกตัวในตัวทำละลาย
3. สารเคมีที่ถูกนำมาใช้เป็นสารมาตรฐานภายใน (IS) มีประสิทธิภาพดี ไม่ทำให้ค่าความเข้มข้นของ เมทแอมเฟตามีน (MA) ที่ผสมสารส้มเปลี่ยนแปลง

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยการศึกษาสารเคมีที่ใช้เป็นสารมาตรฐานภายใน (IS) ชนิดใหม่ สำหรับการวิเคราะห์เมทแอมเฟตามีน (MA) ที่ผสมกับสารส้ม และทดสอบกับสารมาตรฐาน MA ที่ทราบความเข้มข้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวิธีโดยใช้เทคนิค GC มีรายละเอียดการทดลอง ดังนี้

สารเคมี และวัสดุอุปกรณ์

สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย คือ สารส้มที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เมทานอล (HPLC Grade, จาก Labscan) Diphenylamine (จาก Alfa Aesar) Benzylamine Hydrochloride และ N-methylbenzylamine (จาก Across Organic) และ Diphenhydramine Hydrochloride (จาก Sigma Aldrich) สารมาตรฐาน Methamphetamine Hydrochloride (99.95%, จาก Lipomed) เครื่องมือสำหรับการวิจัย ได้แก่

เครื่อง Gas Chromatography รุ่น GC-2030 (SHIMADZU) เครื่อง Gas Chromatography–Mass Spectroscopy รุ่น 7890B-MS5977A (Agilent Technology) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น ML-204 (Mettler Toledo) เครื่อง Ultrasonic Cleaner

วิธีการวิจัย

1. การทดสอบความเสถียรของสารเคมีที่ใช้เป็นสารมาตรฐานภายใน (IS)

ในการทดสอบสารเคมีที่ถูกนำมาใช้เป็น IS นั้น ทำโดยนำ IS มาทดสอบว่าไม่เกิดการสลายตัว หรือเกิดปฏิกิริยากับสารส้ม และ MA โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 การเตรียมสารละลาย IS

ชั่งสารเคมีตัวอย่าง Diphenylamine (DPA) 0.100 g ปรับปริมาตรด้วย Methanol จนมีปริมาตรเป็น 100 mL ทำการ Sonication เป็นเวลา 5 นาที ทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS สำหรับสารเคมีตัวอย่าง Benzylamine (BZA), Diphenhydramine (DPHM) จะเตรียมโดยวิธีเดียวกันกับ DPA ส่วน N-methylbenzylamine (MBZA) ซึ่งเป็นของเหลว จะเตรียมโดยการปิเปต MBZA 0.1 mL แล้วปรับปริมาตรด้วย Methanol จนเป็น 100 mL ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS

1.2 การเตรียมสารเพื่อใช้ในการทดสอบความเสถียรของ IS เมื่อมีสารส้มผสม ชั่งสารส้ม 0.02 กรัม แล้วปรับปริมาตรด้วย IS แต่ละชนิด จนมีปริมาตรเป็น 5 mL ทำการ Sonication เป็นเวลา 10 นาที ทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS เป็นระยะเวลา 3 วัน

1.3 การเตรียมสารเพื่อใช้ในการทดสอบความเสถียรของ IS เมื่อมี MA ชั่ง MA 0.0050 กรัม แล้วปรับปริมาตรด้วย IS (ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารส้ม) จนมีปริมาตรเป็น 5 mL ทำการ Sonication เป็นเวลา 5 นาที ทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วย GC-MS เป็นระยะเวลา 3 วัน

1.4 สภาวะการทดลองของเครื่อง GC - MS

Column : HP-5MS (30 m, 0.320 mm i.d., Film Thickness 0.25 μ m)
Carrier gas : Helium flow 1 mL/min
Injector : 1 μ L, Splitless, 250 $^{\circ}$ C
Oven : Temperature program เริ่มที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 0.5 min เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200 $^{\circ}$ C ด้วยอัตรา 12 $^{\circ}$ C/min และ 225 $^{\circ}$ C ด้วยอัตรา 15 $^{\circ}$ C/min เป็นเวลา 1 min และเพิ่มเป็น 300 $^{\circ}$ C ด้วยอัตรา 8 $^{\circ}$ C/min เป็นเวลา 5.5 min

Detector : MS Ionization Mode EI Mode 70 eV

Transfer line Temp. 280 $^{\circ}$ C

Ion Source Temp. 230 $^{\circ}$ C

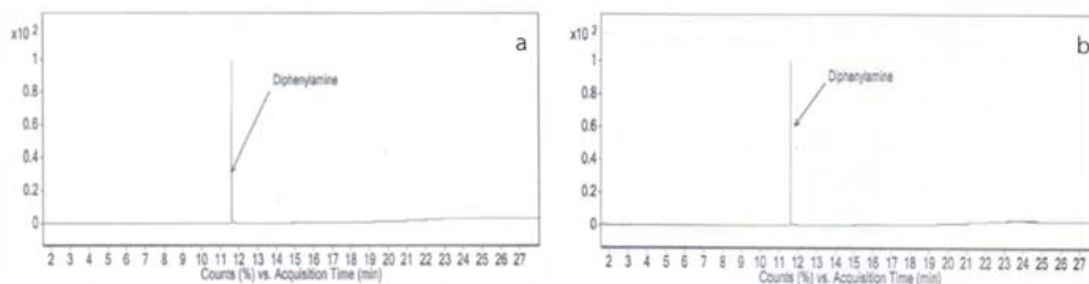
Quad Temp. 150 $^{\circ}$ C

1.5 ความเสถียรของ IS ในตัวทำละลายทดสอบวิเคราะห์ IS ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารส้ม (จากข้อ 1.3) ด้วย GC ที่เวลา 1 วัน 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ 3 สัปดาห์ 4 สัปดาห์ ทำการเปรียบเทียบสัญญาณจากพื้นที่ใต้พีค (Peak Area) กับพื้นที่ใต้พีคที่ 1 วัน คำนวณค่าร้อยละความเสถียร (ST%) โดยเกณฑ์ยอมรับอยู่ในช่วง $100 \pm 15\%$ และร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (% RSD) พิจารณาเกณฑ์น้อยกว่า 5% รายละเอียดสภาวะการทดลอง มีดังต่อไปนี้

ผลการศึกษา

1. ผลการทดสอบความเสถียรของสารเคมีที่ใช้เป็นสารมาตรฐานภายใน (IS)

จากผลการใช้ Diphenylamine (DPA) เป็น IS พบว่า โครมาโทแกรมของสภาวะการวิเคราะห์ที่มีเพียง DPA (Control) เทียบกับ DPA ที่มีสารสัมผัสผสมอยู่ ไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าไม่มีการสลายตัว และไม่ทำปฏิกิริยากับสารสัมผัสที่ระยะเวลา 1 วัน ดังตารางที่ 2 นอกจากนี้ เมื่อใช้ DPA ครบ 3 วัน ก็ยังไม่พบความแตกต่างกับสภาวะ Control (ภาพที่ 2) แสดงให้เห็นว่า DPA มีความเสถียรต่อสารสัมผัสเพราะไม่เกิดการสลายตัวและไม่ทำปฏิกิริยากับสารสัมผัสในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา

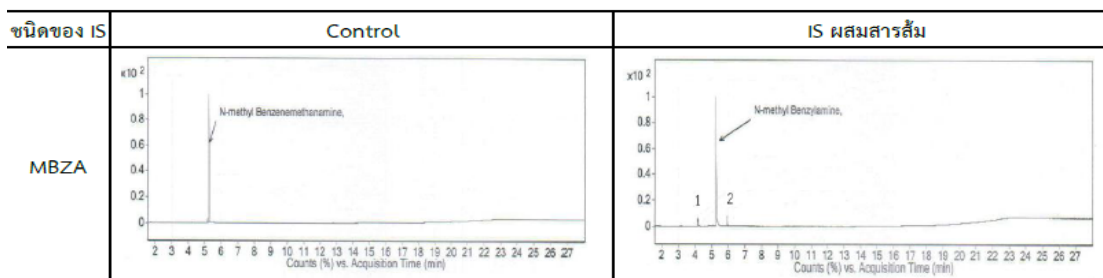


ภาพที่ 2 โครมาโทแกรมของ (a) DPA ใน methanol (b) DPA ที่มีสารสัมผัสเมื่อตั้งทิ้งไว้ 3 วัน

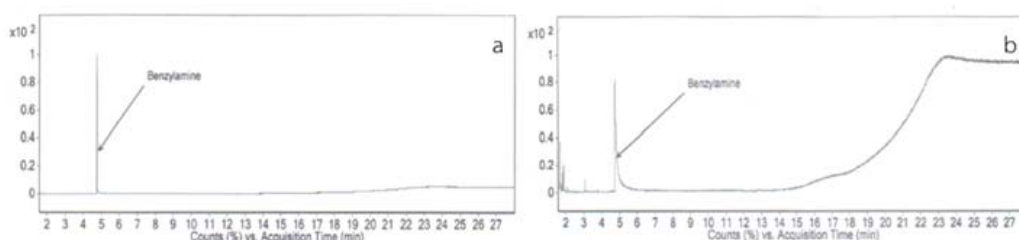
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบโครมาโทแกรมของ IS แต่ละชนิด เมื่อผสมสารสัมผัสและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน

ชนิดของ IS	Control	IS ผสมสารสัมผัส
DPA		
BZA		
DPHM		

ตารางที่ 2 (ต่อ)



จากผลการทดสอบ Benzylamine (BZA) พบว่า โครมาโทแกรมของ BZA ที่ละลายใน Methanol เทียบกับที่ผสมสารส้ม แตกต่างกันเล็กน้อย พบ Peak ของ BZA ที่มีสารส้มผสมอยู่เกิด Tail เล็กน้อย แสดงให้เห็นว่า BZA อาจไม่เกิดการสลายตัว และไม่ทำปฏิกิริยากับสารส้มในระยะเวลา 1 วัน (ตารางที่ 2) แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 วัน พบลักษณะของโครมาโทแกรมของ BZA ที่มีสารส้มผสมอยู่ แตกต่างกับ โครมาโทแกรม BZA ที่ไม่มีสารส้มอย่างเห็นได้ชัด Peak ของ BZA มีความสูงลดลง มีความไม่สมมาตรของ Peak เกิดขึ้น โดยพบเป็นลักษณะ Tail และ Base Line ยกตัวขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงเวลา 20–24 นาที แสดงให้เห็นว่า BZA เกิดการสลายตัว หรือทำปฏิกิริยากับสารส้มในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา ซึ่งส่งผลให้ BZA ไม่มีความเสถียรต่อสารส้ม รายละเอียดผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 3

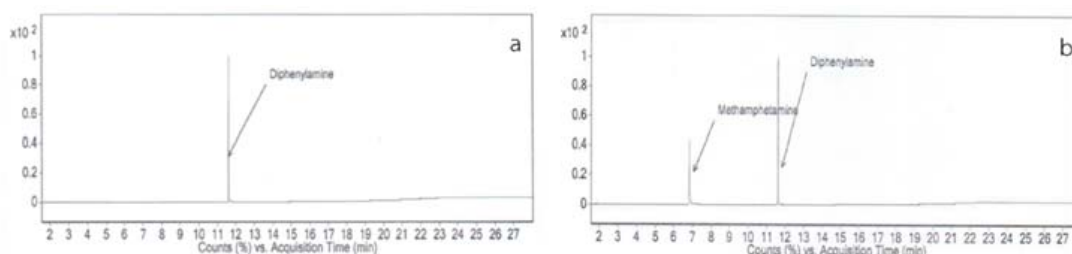


ภาพที่ 3 โครมาโทแกรมของ (a) BZA ใน Methanol (b) BZA ที่มีสารส้มผสมเมื่อตั้งทิ้งไว้ 2 วัน

จากผลการทดสอบ Diphenhydramine (DPHM) เป็น IS พบว่า ลักษณะโครมาโทแกรมของ DPHM ที่ละลายใน Methanol มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเทียบกับโครมาโทแกรมของ DPHM ที่มีสารส้มผสมอยู่ โดยพบสัญญาณ Peak ที่เพิ่มขึ้นถึง 6 Peaks ลักษณะของโครมาโทแกรมที่มีสารส้มผสมอยู่นั้น (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ Peak ที่เกิดขึ้นใหม่มีค่า Retention Time ที่ไม่ตรงกันกับ DPHM (ที่เวลา 14 นาที) แสดงให้เห็นว่า ในระยะเวลา 1 วันหลังจากผสม DPHM เกิดการสลายตัว หรือทำปฏิกิริยากับสารส้มในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา ซึ่งส่งผลให้ DPHM ไม่มีความเสถียรต่อสารส้ม

จากผลการทดสอบ N-methylbenzylamine (MBZA) เป็น IS พบว่า ลักษณะโครมาโทแกรมของ MBZA ที่ละลายใน Methanol เทียบกับโครมาโทแกรมของ MBZA ที่มีสารส้มผสม แตกต่างกัน โดยพบสัญญาณ Peak เพิ่มขึ้น 2 Peak ในโครมาโทแกรมที่มีสารส้มผสม (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ Peak ที่เกิดขึ้นมีค่า Retention Time ที่ไม่ตรงกันกับ MBZA แสดงให้เห็นว่า MBZA เกิดการสลายตัวหรือทำปฏิกิริยากับสารส้ม ในช่วงระยะเวลาที่ศึกษาซึ่งส่งผลให้ MBZA ไม่มีความเสถียรต่อสารส้ม

จากผลการทดสอบสารเคมีทั้ง 4 ชนิด คือ DPA, BZA, DPHM และ MBZA นั้น มีเพียง DPA ที่มีความเสถียรต่อสารส้ม เมื่อนำ DPA ไปวิเคราะห์ความเสถียรในตัวอย่างที่มี MA เทียบกับการวิเคราะห์ความเสถียรในสภาวะที่มีเพียงตัวทำละลาย พบว่า ลักษณะของโครมาโทแกรม DPA ที่มี MA ไม่มีความแตกต่างกับโครมาโทแกรมของ DPA ที่ละลายใน Methanol เมื่อวิเคราะห์เป็นระยะเวลาจนถึง 3 วัน ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครมาโทแกรมของ (a) DPA ใน Methanol (b) DPA ที่มี MA เมื่อตั้งทิ้งไว้ 3 วัน

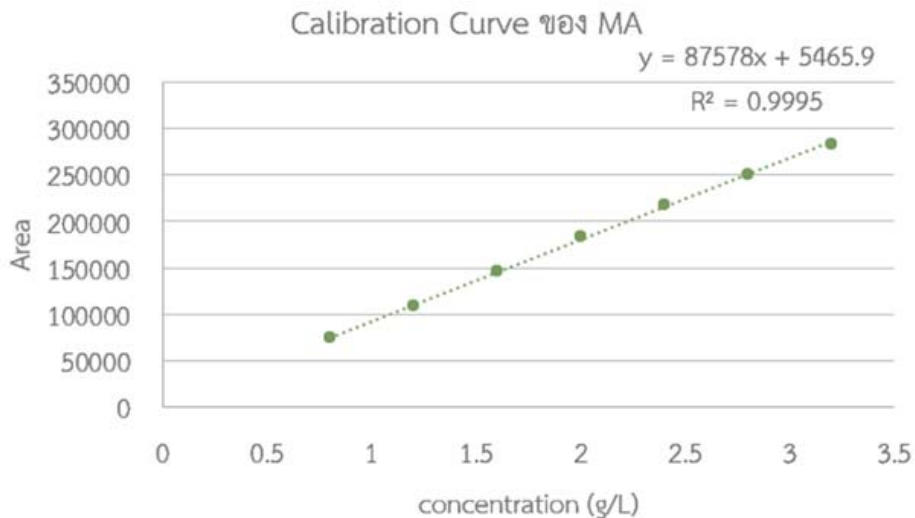
จากผลการทดสอบความเสถียรของ DPA ในตัวทำละลายเป็นระยะเวลานาน 4 สัปดาห์ มีค่าความเสถียร (ST%) อยู่ในช่วงร้อยละ 97.34–99.98 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ($100 \pm 15\%$) และเมื่อวิเคราะห์พื้นที่ใต้ Peak เฉลี่ยช่วงตั้งแต่ 1 วัน จนถึง 4 สัปดาห์ พบ %RSD เท่ากับ 0.98% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เช่นกัน (%RSD < 5%)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความเสถียรของ internal standard (IS) ที่ความเข้มข้น 1 g/L (n=7)

ระยะเวลา	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของ DPA	%RSD	ST%
1 วัน	$101,381 \pm 263$	0.26	-
1 อาทิตย์	$101,366 \pm 682$	0.67	99.98 ± 0.67
2 อาทิตย์	$98,689 \pm 663$	0.67	97.34 ± 0.65
3 อาทิตย์	$100,268 \pm 1098$	1.09	98.90 ± 1.08
4 อาทิตย์	$100,622 \pm 895$	0.89	99.25 ± 0.88

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีที่ถูกนำมาใช้เป็น IS โดยเปรียบเทียบความเข้มข้น MA สภาวะที่มี IS กับสภาวะที่ไม่มี IS

การทดสอบความเป็นเส้นตรงของสารมาตรฐาน MA พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ .9995 ซึ่งยอมรับได้ ($r^2 > 0.998$) โดยได้สมการเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้ Peak เทียบกับ MA และความเข้มข้นของ MA มีสมการเป็น $y = 87578x + 5465.9$ และมีช่วงความเป็นเส้นตรงในสภาวะที่ทำการวิเคราะห์



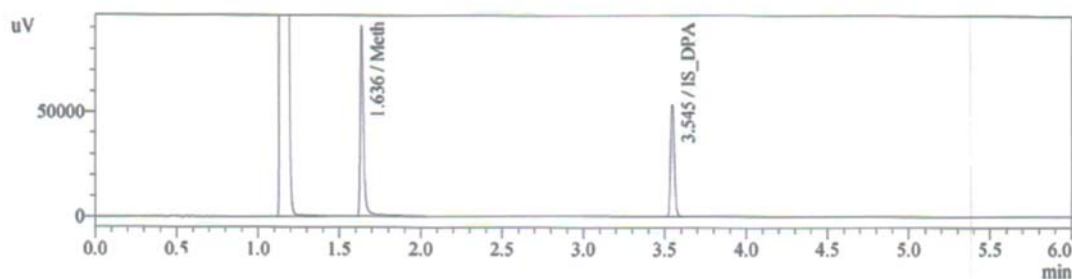
ภาพที่ 5 กราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของ MA

จากผลการทดสอบความแม่นยำ (Accuracy) พบว่า การวิเคราะห์ MA ที่ความเข้มข้น 1.2, 2.0 และ 2.4 g/L มีค่าร้อยละความถูกต้องเท่ากับ 101.46 ± 1.11 , 98.61 ± 0.42 และ 100.02 ± 0.62 ตามลำดับ ซึ่งร้อยละความถูกต้องของความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ช่วง 90–110%) จากผลการทดสอบความเที่ยง (Precision) การวิเคราะห์ MA ที่ระดับความเข้มข้น 1.2, 2.0 และ 2.4 g/L เมื่อพิจารณา ค่า %RSD มีค่าเท่ากับ 1.10, 0.42 และ 0.62 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (%RSD < 2) และสอดคล้องกับค่าทางทฤษฎีที่ยอมรับได้ตามการคำนวณจากสมการ HORRAT (Horwitz & Albert, 2006)

ตารางที่ 4 ค่าร้อยละความถูกต้อง %RSD และ HORRAT ของตัวอย่าง MA ที่ทราบความเข้มข้น (n=7)

ความเข้มข้น (g/L)	ความเข้มข้นที่ได้*	ร้อยละความถูกต้อง (Accuracy)	%RSD (Precision)	HORRAT
1.2	1.22 ± 0.01	101.46 ± 1.11	1.10	0.86
2.0	1.97 ± 0.01	98.61 ± 0.42	0.42	0.36
2.4	2.40 ± 0.01	100.02 ± 0.62	0.62	0.53

* จากการวิเคราะห์และคำนวณโดยใช้สมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน ($y = 87578x + 5465.9$)



ภาพที่ 6 โครมาโทแกรมของ MA (ที่ 1.636 นาที) โดยใช้ DPA เป็น IS (ที่ 3.545 นาที)

จากผลการทดลองหาค่าความเข้มข้นของ MA เปรียบเทียบระหว่างสภาวะที่มีเพียง MA (Control) กับสภาวะที่ใช้ DPA เป็น IS เพื่อทดสอบความใช้ได้ของ IS ในการวิเคราะห์ปริมาณสารบริสุทธิ์ พบว่าความเข้มข้นของ MA ในสารละลายบริสุทธิ์มีความเข้มข้นเฉลี่ย 1.370 ± 0.010 g/L สำหรับในสภาวะที่มี MA และ DPA (เป็น IS) วิเคราะห์ด้วยสภาวะการทดลองเดียวกัน ให้ความเข้มข้นเฉลี่ยของ MA อยู่ที่ 1.380 ± 0.005 g/L เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นที่ได้จากการทดลองทั้ง 2 สภาวะ และทำการวิเคราะห์ด้วย t-test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของความเข้มข้น MA ในสภาวะที่ไม่มี DPA และที่มี DPA

ตารางที่ 5 ค่าสถิติความเข้มข้นของ MA ในสภาวะที่มี DPA และไม่มี DPA

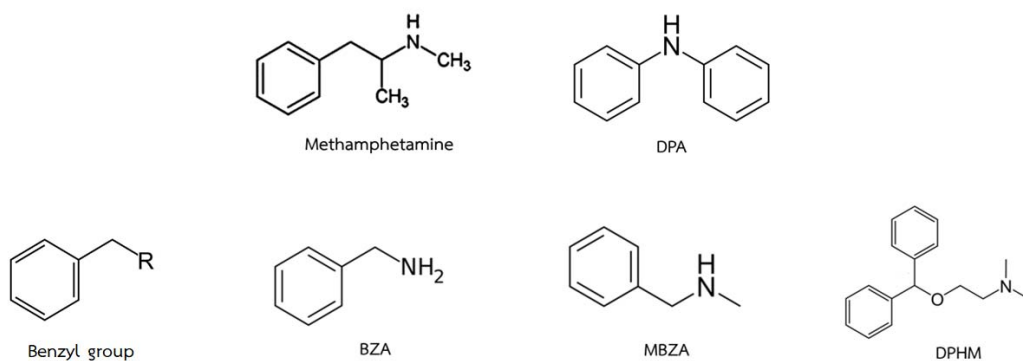
สภาวะ	ความเข้มข้นของ MA (g/L)	df	t	sig
ไม่มี DPA	1.370 ± 0.010	6	-1.55	0.08
มี DPA	1.380 ± 0.005			

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาและวิจัยในหัวข้อ “การศึกษาสารมาตรฐานภายในชนิดใหม่ เพื่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณของเมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ที่ผสมสารส้มโดยแก๊สโครมาโทกราฟี” เพื่อให้ทราบถึงชนิดของสารมาตรฐานภายใน (IS) ที่มีความเสถียร ไม่แตกตัวในตัวทำละลาย ไม่ทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบในสารตัวอย่าง และสามารถวิเคราะห์ความเข้มข้นของเมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ (MA) ที่ผสมสารส้มโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีได้ถูกต้อง หรือมีประสิทธิภาพที่ดีในการวิเคราะห์ สามารถอธิบายได้เป็น 2 หัวข้อดังนี้

1. การศึกษาความเสถียรของสารที่ถูกนำมาใช้ IS พบว่า Diphenhydramine (DPHM) ซึ่งถูกใช้เป็น IS ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ MA (ธนบุรณ์ อึ้งศฤงคารสกุล, 2553) ไม่สามารถใช้เป็น IS ในการหาปริมาณ MA ในตัวอย่างที่มีสารส้มผสมอยู่ได้เนื่องจาก DPHM ทำปฏิกิริยากับสารส้มเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 วัน ซึ่งให้ผลคล้ายกับ N-methylbenzylamine (MBZA) ซึ่งถูกใช้เป็น IS เพื่อใช้ในการหาปริมาณ MA (Kumazawa et. al., 2007) ไม่สามารถใช้เป็น IS ในตัวอย่างที่มีสารส้มผสมอยู่ จากการวิเคราะห์

โครมาโทแกรมของสารทั้ง 2 ชนิด (ตารางที่ 2) พบ Peak เพิ่มขึ้นหลายตำแหน่ง โดยพบ Retention Time แยกออกจากตำแหน่งของตัวสารที่นำมาใช้เป็น IS แสดงให้เห็นถึงการเกิดสารชนิดอื่น ขณะที่ Benzylamine (BZA) มีลักษณะโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับ MBZA และมีลักษณะโครงสร้างใกล้เคียงกับ Amphetamine-type Stimulants (ATS) โครงสร้างที่ใกล้เคียง หรือสัมพันธ์กันกับ ATS สามารถถูกนำมาใช้เพื่อเป็น IS ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้น MA ได้ (UNODC, 2006) แต่จากผลการศึกษา พบว่า BZA ไม่มีความเสถียรต่อสารสัมผัสโดยเมื่อทำการผสมกันระหว่าง BZA และสารสัมผัสเป็นเวลา 2 วัน พบโครมาโทแกรมของ BZA มีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป คือ ความสูงของ Peak ลดลง และความไม่สมมาตรเพิ่มขึ้น ทำให้ทราบว่า BZA ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็น IS ทั้งนี้ BZA และ MBZA เป็นสารประกอบเอมีนที่มีลักษณะโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายกันจากการทดลอง พบว่า BZA เริ่มมีการสลายตัวในวันที่ 2 ในขณะที่ MBZA สลายตัวตั้งแต่วันแรก สอดคล้องกับความเป็นเบสของสารเคมี โดยที่ MBZA มีความเป็นเบสสูงกว่า BZA เนื่องจาก MBZA เป็นสารประกอบเอมีนประเภททุติยภูมิ ในขณะที่ BZA เป็นปฐมภูมิ จึงส่งผลให้ MBZA สามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างว่องไวกว่า (Ouellette & Rawn, 2015) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาโครมาโทแกรมของ BZA MBZA และ DPHM ซึ่งเป็นสารเคมีที่ไม่สามารถใช้เป็น IS ได้ พบว่า มีลักษณะของโครมาโทแกรมที่คล้ายกันในสภาวะที่วิเคราะห์ คือ สัญญาณ Baseline มีการยกตัวสูงขึ้นในช่วงเวลา 20–24 นาที ทั้งนี้ โครงสร้างทางเคมีของสารทั้ง 3 ชนิด คล้ายคลึงกันดังภาพที่ 7 โดยพบว่า โครงสร้างของสารทั้ง 3 ชนิดมีหมู่ Benzyl ที่สร้างพันธะกับ Hetero Atom หรืออะตอมของไนโตรเจน (N) และอะตอมของออกซิเจน (O) แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้ IS สำหรับการวิเคราะห์ MA ที่มีสารสัมผัสผสม ไม่ควรเลือกใช้สารเคมีที่มีหมู่ Benzyl ต่อกับ Hetero Atom เพราะอาจส่งผลให้เกิดความไม่เสถียรของ IS ในสภาวะที่มีสารสัมผัสปนเปื้อนได้ ซึ่งการใช้ IS ที่ไม่เสถียรต้องประกอบในสารตัวอย่างจะส่งผลต่อการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตัวอย่างได้เนื่องจากพื้นที่ใต้ Peak ของ IS จะถูกใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน (สำนักยาและวัตถุเสพติด, 2560) ซึ่งหากพื้นที่ใต้ Peak ของ IS ในตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลให้ความเข้มข้นของสารในตัวอย่างที่วิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น และหากจะทำการใช้ IS ดังกล่าว ในการวิเคราะห์ เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของตัวอย่างที่มีองค์ประกอบที่สามารถทำปฏิกิริยากับ IS ได้ จะต้องเตรียมตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ โดยการสกัดตัวอย่างเพื่อกำจัดองค์ประกอบหรือสารปนเปื้อนที่ทำปฏิกิริยากับ IS ให้หมดไปก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการวิเคราะห์เนื่องจากต้องใช้เวลาในการสกัด อีกทั้งสารเคมี ที่ใช้ในการสกัดมักเป็นสารที่อันตรายส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่ทำการวิเคราะห์ได้ จึงควรหลีกเลี่ยงวิธีการดังกล่าว



ภาพที่ 7 โครงสร้างทางเคมีของ Methamphetamine (MA) หมู่ Benzyl และสารเคมีที่ถูกนำมาใช้เป็น IS

จากผลการศึกษาความเสถียรของสารเคมีที่นำมาใช้เป็น IS ชนิดใหม่พบเพียง Diphenylamine (DPA) ที่สามารถใช้เป็น IS ในการหาปริมาณ MA ในตัวอย่างที่มีสารส้ม เนื่องจากไม่ทำปฏิกิริยากับสารส้ม และ MA ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่พบในตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ การใช้ DPA เป็น IS จึงสามารถทำได้เพื่อเป็นการลดขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่าง และเป็นการลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการเตรียมตัวอย่างตลอดจนการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตัวอย่างด้วย (สำนักยาและวัตถุเสพติด, 2560) สาเหตุที่ DPA มีความเสถียรนั้นอาจเกิดจาก DPA มีโครงสร้างเป็นหมู่เอมีนที่มีวงเบนซีนมาสร้างพันธะกับอะตอมของ N ส่งผลให้โครงสร้างของ DPA สามารถเกิด Resonance ได้จึงทำให้โครงสร้างมีความเสถียรสูงกว่าสารชนิดอื่น และจากผลการศึกษาพบว่าลักษณะของ โครมาโทแกรมของ DPA ที่ละลายใน Methanol ไม่มีการแตกตัว หรือสลายตัว แสดงให้เห็นว่า DPA มีความเสถียรที่ดีต่อสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ MA ที่มีสารส้มผสมอยู่โดยแก๊สโครมาโทกราฟีได้ ทั้งนี้ ค่าความเสถียรของ DPA ใน Methanol มีค่าความเสถียรสูงอยู่ในช่วง 97.34–99.98% เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟในแต่ละสัปดาห์ พบค่า %RSD อยู่ที่ 0.98 แสดงให้เห็นถึงความเสถียรของ DPA ในตัวทำละลายในช่วงระยะเวลาที่นานถึง 4 สัปดาห์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าสามารถเตรียม DPA ละลายใน Methanol เพื่อใช้เป็น IS ในการวิเคราะห์หาปริมาณ MA ที่ผสมในสารส้ม ได้นานถึง 4 สัปดาห์

2. การศึกษาประสิทธิภาพของสารที่ถูกนำมาใช้เป็น IS เป็นการศึกษาว่าสารเคมีที่ถูกนำมาใช้เป็น IS ในการวิจัยครั้งนี้ไม่ส่งผลต่อการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ MA ที่มีสารส้มผสมอยู่ และต้องสามารถวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ MA ได้อย่างถูกต้อง จึงต้องมีการสร้างกราฟมาตรฐาน เพื่อใช้ในการหาความเข้มข้นของ MA จากผลการทำกราฟมาตรฐาน หรือ Calibration Curve และการทดสอบความใช้ได้ของกราฟเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ MA พบว่า กราฟที่ได้มีสมการ $y = 87578x + 5465.9$ โดยสมการนี้จะถูกนำมาใช้ในการหาความเข้มข้นของ MA และสมการดังกล่าวมีค่า r^2 เท่ากับ 0.9995 ในช่วง 0.8–3.2 g/L ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ส่งผลให้สมการดังกล่าวเป็นสมการเส้นตรงที่เหมาะสมในการหาความเข้มข้นของ MA เมื่อนำตัวอย่างที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน 3 ค่า มาวิเคราะห์ทดสอบความแม่นยำของสมการเส้นตรงพบว่า ได้ค่าร้อยละความถูกต้องอยู่ในช่วง 98.61–101.46% โดยค่าร้อยละความถูกต้องที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งแสดงถึงสมการเส้นตรงที่ใช้ในการคำนวณหาความเข้มข้นของ MA มีความแม่นยำที่ดี และเมื่อทำการทดสอบความเที่ยงพบ %RSD มีค่าอยู่ในช่วง 0.42–1.10 ซึ่งค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ นอกจากนี้เมื่อคำนวณค่า HORRAT พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.36–0.86 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ($\text{HORRAT} < 2$) ซึ่งจากค่าทั้งสองค่าทำให้ทราบว่าสมการเส้นตรงดังกล่าวมีความเที่ยงตรง จากตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้ทำการวิเคราะห์สมการเส้นตรงที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน เพื่อทดสอบความใช้ได้ของกราฟทำให้สามารถสรุปได้ว่ากราฟมาตรฐานที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณหาความเข้มข้น MA มีความเป็นเส้นตรง มีค่าความเที่ยงตรงและความแม่นยำสูงในสภาวะที่ทำการวิเคราะห์

จากผลการศึกษาการหาความเข้มข้นใน MA จากกราฟมาตรฐานที่มีสมการเส้นตรง $y = 87578x + 5465.9$ โดยการเปรียบเทียบระหว่างสภาวะที่มี DPA และไม่มี DPA เพื่อทดสอบความใช้ได้ในการนำ DPA ไปใช้เป็น IS ชนิดใหม่ พบว่า ความเข้มข้นของ MA ที่ได้ในสภาวะที่ไม่มี DPA ให้ความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1.370 ± 0.010 และความเข้มข้นของ MA จากตัวอย่างที่มี DPA มีความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1.380 ± 0.005 เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสองสภาวะ โดยทดสอบ t-test พบว่า ค่าความเข้มข้นจากการ

วิเคราะห์ทั้งสองสภาวะ ไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า DPA ไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของ MA ด้วยเทคนิค Gas Chromatography จึงสามารถสรุปได้ว่า DPA สามารถนำมาใช้เป็น IS ได้เนื่องจากมีประสิทธิภาพที่ดีเพราะ DPA ไม่รบกวนการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ MA ส่งผลให้สามารถหาความเข้มข้นของ MA ในตัวอย่างได้ถูกต้อง

จากการวิเคราะห์หาความเสถียรของสารเคมีทั้ง 4 ชนิดได้แก่ DPA, DPHM, MBZA และ BZA พบว่ามีเพียง DPA เท่านั้นที่มีความเสถียรต่อสารสัมผัส และ MA ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในตัวอย่างงานวิจัยครั้งนี้ ทั้งนี้ DPA ที่นำมาเตรียมเป็น IS โดยการละลายใน Methanol ยังมีความเสถียรสูงไม่มีการแตกตัวเป็นสารอื่น ๆ ตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ และจากการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ MA ในตัวอย่างที่ผสมสารสัมผัส พบว่า DPA ไม่รบกวนการวิเคราะห์แต่อย่างใดส่งผลให้ DPA เป็น IS ที่มีประสิทธิภาพที่ดีเมื่อนำมาใช้เป็น IS ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ MA ในตัวอย่าง MA ที่มีสารสัมผัสผสมอยู่ ซึ่งทำให้สรุปได้ว่า DPA สามารถใช้เป็น IS ทางเลือกใหม่ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของ MA ที่ปนเปื้อนหรือผสมสารสัมผัสได้อย่างดีเยี่ยม เนื่องจากการเตรียมตัวอย่างที่สะดวกกว่า รวดเร็วกว่า ประหยัดสารเคมี และลดการใช้สารเคมีอันตรายในการสกัด ส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้ตรวจพิสูจน์ยาเสพติด เนื่องจากไม่จำเป็นต้องทำการสกัดสารตัวอย่างเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนก่อนการตรวจพิสูจน์ ส่งผลให้ระยะเวลาในการตรวจวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ MA ในตัวอย่างลดลง จึงนำไปสู่การสรุปสำนวนได้อย่างรวดเร็วขึ้น ทำให้เข้าสู่กระบวนการในชั้นศาลได้ไวขึ้น นอกจากนี้วิธีการวิเคราะห์ความเข้มข้นโดยใช้ IS ยังเป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูง (นฤมล วิชรปัทมา, 2552) ทำให้ทราบน้ำหนักสารบริสุทธิ์ของ MA ได้อย่างเที่ยงตรง ส่งผลให้เกิดการตัดสินใจที่ถูกต้องหาอย่างเป็นธรรม เนื่องจากการตัดสินใจของผู้ต้องหาที่เกี่ยวข้องกับยาเสพติดในปัจจุบันจะพิจารณาจากน้ำหนักสารบริสุทธิ์ของ MA ในตัวอย่างของกลางที่ผู้ต้องหาไม่ไวในครอบครอง (สหวัดฒ ธนาจุฬาวงษ์, 2561) ซึ่งจะนำไปสู่ความมีมาตรฐานและเป็นที่น่าเชื่อถือแก่กระบวนการยุติธรรมของไทยยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้

1.1 การทดลองนี้เป็นเพียงการศึกษา และทดลองพัฒนาการใช้สารมาตรฐานภายใน หรือ Internal Standard (IS) ในระยะแรกเท่านั้น หากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องการนำ IS ที่ศึกษานี้ไปใช้ และพัฒนาการวิเคราะห์ตัวอย่าง หรือวัตถุพยานของกลาง ต้องมีการ Method Validation วิธีการวิเคราะห์ Methamphetamine (MA) อย่างละเอียด และเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานสากลเพื่อความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือสูงสุด

1.2 การนำ Diphenylamine (DPA) มาใช้เป็น IS ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ MA ในตัวอย่างที่มีสารสัมผัสปนเปื้อน ทำให้การตรวจวิเคราะห์ง่ายขึ้น เวลาในการวิเคราะห์ลดลง เนื่องจากการใช้ DPA เป็น IS ในการวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของ MA เป็นการลดขั้นตอนการวิเคราะห์หลังทั้งในส่วนของการสกัดจึงประหยัดเวลาในการวิเคราะห์มากขึ้นผู้ตรวจพิสูจน์จึงสามารถออกรายงานการตรวจพิสูจน์ได้ไวขึ้นและสามารถเข้าสู่กระบวนการในชั้นศาลได้เร็วขึ้น รวมถึงเวลาในการดำเนินคดีแก่ผู้ต้องหาน้อยลง นอกจากนี้ เป็นการลดค่าใช้จ่ายแก่หน่วยงานที่ตรวจวิเคราะห์ ก่อให้เกิดประโยชน์แก่กระบวนการยุติธรรมในการพิจารณาคดียาเสพติดได้ดียิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาลักษณะการเกิดปฏิกิริยาของสารส้ม หรือการตกตะกอนของสารต่างๆ จากการใช้สารส้ม เพื่อเข้าใจการเกิดปฏิกิริยาหรืออันตรายปฏิกิริยาในสภาวะทดลองที่ชัดเจนมากขึ้น

2.2 ควรศึกษาสารมาตรฐานภายในชนิดอื่นๆ เป็นทางเลือกเพิ่มเติม โดยพิจารณาจากคุณสมบัติความเป็นพิษน้อย และสามารถกำจัดของเสียได้ง่าย เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยต่อไป

2.3 ควรนำข้อมูลการตรวจพบยาไอซ์ หรือ MA ที่มีสารส้มปนเปื้อนมาช่วยวิเคราะห์หาพื้นที่ซึ่งมีการจับกุม เพื่อศึกษาเส้นทางการขาย ขยายผลการจับกุม หรือวางแผน และกำหนดนโยบายด้านการป้องกันและปราบปรามแก่เจ้าพนักงานต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กองควบคุมคุณภาพน้ำ. (2564). การใช้สารเคมีอย่างปลอดภัย สารส้ม (Aluminium Sulfate). การประปาส่วนภูมิภาค. [Online] Available: http://wqc-portal.pwa.co.th/attachment /topic/30/ Alum_Rev02.pdf. [2565, มิถุนายน 5].

กิตติมา วัฒนากมลกุล. (2555). ยาไอซ์. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. [Online] Available : <https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/service-knowledge-article-info.php?id=88>. [2565, มิถุนายน 5].

ธนบูรณ์ ธัชศฤงคารสกุล. (2553). การเตรียม methamphetamine จากยาเสพติดที่ตรวจจับ (ยาไอซ์) และตรวจความบริสุทธิ์ด้วยวิธี Gas Chromatography–FID. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นฤมล วิชรปัทมา. (2552). Liquid Chromatography and Capillary Electrophoresis. กรุงเทพฯ: มิสเตอร์ก๊อปปี้.

ประมวลกฎหมายยาเสพติด พ.ศ. 2564. (2564). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 138 ตอนที่ 73 ก หน้า 11–80.

แม่น อมรสิทธิ์,อมร เพชรสม, พลกฤษณ์ แสงวณิช, ภควดี สุทธิไวยกิจ, มาณพ สิทธิเดช, สายสุนีย์ เหลียวเรืองรัตน์, อุมพร สุขม่วง และวันเพ็ญ ช้อนแก้ว. (2555). หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ (Part II). กรุงเทพฯ: ชวนพิมพ์ 50.

สหวัดน์ ธนาจุฬาวงษ์. (2561). การกำหนดโทษในคดียาเสพติด: ศึกษาความผิดฐานผลิต. วิทยานิพนธ์นิติศาสตรมหาบัณฑิต คณะนิติศาสตร์ปริธี พนมยงค์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด. (2564). รายงานผลการดำเนินงานป้องกันและปราบปรามยาเสพติดประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564. [Online] Available: <https:// www.oncb.go.th/EBookLibrary/ annual%20report%202564.pdf>. [2565, มิถุนายน 5].

สำนักยาและวัตถุเสพติด. (2560). คู่มือการตรวจพิสูจน์ยาเสพติดในของกลางเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: โอ-วิทย์ (ประเทศไทย) จำกัด.

สุรธัญ วีรพัฒน์ปวัน. (2551). ข้อมูลเกี่ยวกับยาบ้าที่ตรวจจับได้ในจังหวัดสุราษฎร์ธานีในปี 2550. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

References

- National Library of Medicine. (2022). **Methamphetamine**. [Online] Available: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Methamphetamine>. [2022, June 5].
- Ouellette, R. J., & Rawn, J. D. (2015). **Amines and Amides**. *Organic Chemistry Study Guide*, 465–494. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-801889-7.00023-6>.
- Kumazawa, T., Hasegawa, C., Lee, X.-P., Hara, K., Seno, H., Suzuki, O., & Sato, K. (2007). Simultaneous Determination of Methamphetamine and Amphetamine in Human Urine Using Pipette Tip Solid-phase Extraction and Gas Chromatography–mass Spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. **44** (2), 602–607. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.12.025>.
- UNODC. (2006). **Recommended Methods for the Identification and Analysis of Amphetamine, Methamphetamine and their Ring-substituted Analogues in Seized Materials**. [Online] Available: <https://www.unodc.org/unodc/en/scientists/recommended-methods-for-the-identification-and-analysis-of-amphetamine--methamphetamine-and-their-ring-substituted-analogues-in-seized-materials.html>. [2022, June 5].
- Horwitz, W., & Albert, R. (2006). The Horwitz Ratio (HorRat): A useful Index of Method Performance with Respect to Precision. *Journal of AOAC International*. **89** (4), 1095–1109. <https://doi.org/10.1093/jaoac/89.4.1095>.

คณะผู้เขียน

ร้อยตำรวจเอก อธิป อจละนันท์

กลุ่มงานตรวจยาเสพติด ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 2
ถ.โรงพยาบาลเก่า ต.บางปลาสร้อย อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรี 20000
Email: a.athip24@gmail.com

พันตำรวจตรี ดร.ปริญญ์ สีสานนท์

คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ
ต.สามพราน อ.สามพราน จ.นครปฐม 73110
Email: parinya.se@rpca.ac.th

