การตรวจหา CS CN และ CR ที่ตกค้างบนวัสดุหลังจากการใช้แก๊สน้ำตาโดยเทคนิค GC-MS

Detection of CS, CN and CR on Material after Exposing with Tear Gas by GC-MS Technique

สมาจารย์ กษณะ [1] ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง [2] ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี [2] สันติ์ สุขวัจน์ [3]

[1] กองบังคับการอารักขาและควบคุมฝูงชน กองบัญชาการตำรวจนครบาล กรุงเทพมหานคร 10210
[2] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม 73000
[3] คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ นครปฐม 73110

บทคัดย่อ

แก๊สน้ำตาเป็นอุปกรณ์ที่เจ้าหน้าที่ควบคุมฝูงชนใช้ในการสลายฝูงชนในกรณีที่การชุมนุมของฝูงชนเริ่มพัฒนาเข้าสู่ระดับการจลาจล ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเทคนิคการตรวจหาสาร Chlorobenzylidene-Malononitrile (CS) Chloroacetophenone (CN) และ Dibenzoxazepine (CR) ที่ตกค้างอยู่บนเศษผ้าภายหลังการใช้แก๊สน้ำตาโดยเทคนิค Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS) ซึ่งสารประกอบทั้งสามตัวนี้ เป็นสารออกฤทธิ์ที่พบได้ทั่วไปในแก๊สน้ำตา ในการทดลองมีการใช้ Solid Phase Microextraction (SPME) ในการสกัดตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS ซึ่งในการวิเคราะห์ด้วย GC-MS ใช้คอลัมน์ DB-5MS ชนิดแคปิลลารี และตรวจวัดโดยใช้ Selected Ion Monitoring (SIM) mode ทำการแยกมวลโดยสอบเทียบมวลกับฐานข้อมูลของ NIST Library จากผลการทดลองพบว่าตรวจพบเฉพาะ CS ในแก๊สน้ำตาที่นำมาศึกษา และยังตรวจพบ CS บนเศษผ้าเป็นระยะทาง 5 เมตรในทั้ง 4 ทิศทางจากจุดระเบิดของแก๊สน้ำตา และจากการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของ CS ในโครมาโทแกรมพบว่า ปริมาณของ CS ลดลงเมื่อระยะทางจากจุดที่เกิดการระเบิดของแก๊สน้ำตาเพิ่มขึ้น จากผลการวิจัยที่ได้นี้ แสดงข้อมูลสำคัญที่อาจช่วยในการสืบสวนสอบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ในกรณีที่มีการใช้แก๊สน้ำตาได้

คำสำคัญ: แก๊สน้ำตา แก๊สโครมาโทกราฟี แมสสาปาโทรเมทรี การสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งปริมาณน้อย

Abstract

Tear gas is widely used by the authority to dissipate demonstrators when the crowd turns into a riot. This study has developed the technique of Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS) for the analysis of Chlorobenzylidene-Malononitrile (CS) Chloroacetophenone (CN) or Dibenzoxazepine (CR) deposited on cloths after discharging the tear gas. The three compounds are commonly found in tear gas as the active components. The method of Solid Phase Microextraction (SPME) was employed to extract sample for GC-MS analysis. The GC-MS measurement was carried out by using a DB-5MS capillary column with the detection in a Selected Ion Monitoring (SIM) mode and the masses of the ions were identified by comparing the data to the database in the NIST library. It was found that the CS was the only active agent used in the tear gases studied. The CS was detected on the cloth samples placed within a distance of 5 metres in 4 directions from the discharging points. As suggested by the peak areas of CS in the chromatograms, the amount of CS decreased as the distance between the discharging point and the sample target increased. The finding from this experiment provided significant information that may aid forensic investigation in cases involving the use of tear gas.

Keywords: Tear gas, Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS), Solid Phase Microextraction (SPME)

บทนำ

การใช้แก๊สน้ำตาในการสลายฝูงชนจากกรณีการก่อความไม่สงบเมื่อ พ.ศ. 2551 เริ่มเป็นที่สนใจของสาธารณะชนทั่วไปว่า การสัมผัสกับแก๊สน้ำตามีผลทำให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตของผู้ที่ได้รับการสัมผัสหรือไม่ และส่วนผสมของแก๊สน้ำตาที่นำมาใช้นั้นประกอบด้วยสารเคมีชนิดใด เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ได้รับสารเพียงใด และสารที่ใช้เป็นที่ยอมรับหรือเห็นชอบจากนานาประเทศแล้วว่าสามารถใช้ในการควบคุมฝูงชนได้อย่างเหมาะสมหรือไม่

แก๊สน้ำตาที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าเป็นสารเคมีซึ่งก่อให้เกิดอาการการระคายเคือง มีจำนวนหลายชนิด โดยมี 5 ชนิด ที่ใช้กันมาแต่ดั้งเดิมในสหภาพยุโรป คือ Chlorobenzylidene-Malononitrile ซึ่งรู้จักกันในชื่อของ CS หลังจากที่ Ben B. Corson และ Roger W. Stoughton ได้สังเคราะห์ขึ้นเป็นครั้งแรก Chloroacetophenone (CN หรือ “Mace”), Dibenzoxazepine (CR), Oleoresin Capsicum (OC), Pelargonic acid Vanillylamide (PAVA) และ Diphenylamino-chloroarsine (DM หรือ Adamsite) ซึ่งทำให้เกิดอาการระคายเคืองอันมีสารหนูเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งเคยได้มีการใช้ในบางประเทศภายนอกสหภาพยุโรป [1]

Chloroacetophenone (CN) เริ่มมีการใช้กันอย่างแพร่หลายโดยกองทัพสหรัฐอเมริกาหลังจากที่สงครามโลกครั้งที่ 1 สงบลง ซึ่ง CN เป็นผลการพัฒนาของ Graebe ผู้คนพบในปี ค.ศ. 1869 ภายใต้เครื่องหมายการค้า Chemical Mace โดยจุดประสงค์ขณะนั้นเพื่อใช้ในการป้องกันตัวและยังเป็นแก๊สน้ำตาพื้นฐานประจำหน่วยงานทหารและตำรวจ [2]

Chlorobenzalmalononitrile (CS) [3] ได้มีการใช้เป็นครั้งแรกในสมรภูมิรบโดยกองกำลังอังกฤษในปี ค.ศ. 1958 ซึ่งภายหลังจากนั้นก็ได้มีการใช้ CS กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากการใช้ CS มีผลต่อการควบคุมและสลายฝูงชน โดยไม่ทำให้เกิดการบาดเจ็บล้มตาย CS จึงกลายมาเป็นอุปกรณ์ประจำหน่วยงานของตำรวจนับแต่นั้นเป็นต้นมา และสาธารณะชนบางกลุ่มได้มีการใช้ CS ในการต่อสู้โจมตีเช่นเดียวกัน ในบริเวณที่มีการชุมนุมกันอย่างหนาแน่นหรือพื้นที่ปิด ผลที่เกิดขึ้นจากการใช้ CS ไม่อาจจะคาดเดาได้ มีรายงานถึงการใช้ CS ในเหตุการณ์สลายกลุ่มผู้ก่อความไม่สงบในค่ายกักกันผู้ลี้ภัยเวียดนามในประเทศฮ่องกง ซึ่งในกลุ่มผู้ก่อความไม่สงบดังกล่าว 96 รายมีอาการไหม้ที่ผิวหนังอย่างรุนแรง ซึ่งมีอายุตั้งแต่น้อยกว่า 1 ขวบไปจนถึง 51 ปี บาดแผลจากการไหม้คิดเป็น 1 - 8% ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นบริเวณผิวหนัง [4]

Dibenz(b,f)-1:4-oxazepine (CR) เป็นสารที่ก่อให้เกิดความระคายเคือง ซึ่งมีความเป็นพิษน้อยกว่า CS หรือ CN CR ออกฤทธิ์ในทันทีและมีผลระคายเคืองต่อตา จมูก และผิวหนัง แต่การออกฤทธิ์คงอยู่ไม่นานเมื่อเทียบกับแก๊สน้ำตาชนิดอื่น CR มีความรุนแรงมากกว่า CS 5 - 10 เท่า ในปริมาณที่เท่ากัน CR เป็นที่นิยมมากเมื่อเปรียบเทียบกันในเรื่องของความปลอดภัย ซึ่งมีความปลอดภัยกว่าสารก่อให้เกิดความระคายเคืองชนิดอื่นเนื่องจากมีค่า LC*t*50 (ปริมาณของสารที่แขวนลอยอยู่ในอากาศที่สามารถทำให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิต) ที่สูงกว่า ส่วนค่า LC*t*50 ของ CR สำหรับมนุษย์อยู่ที่ประมาณ >100,000 mg.min/m3 ผลที่เกิดขึ้นจากการใช้ CR และ CS ค่อนข้างเหมือนกัน แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ไม่ได้หมายความว่า CR จะไม่มีความเสี่ยงโดยสิ้นเชิง CR มีความคงตัวปานกลาง ทนต่อสภาวะอากาศ และตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม เพราะฉะนั้นความเป็นพิษอาจเกิดขึ้นได้อันเนื่องมาจากการสัมผัสเป็นระยะเวลานาน [5]

จากการศึกษาพบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ในปี 2002 Smith, et al. ได้ทำการวิจัยการตรวจวิเคราะห์ลูกระเบิด CS ที่ใช้ในการควบคุมฝูงชน โดยการนำตัวอย่างระเบิดแก๊สน้ำตา มาทำให้ฟุ้งกระจายไปในอากาศ แล้วจึงทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas chromatography/Mass spectrometry เก็บตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โดยเทคนิค Solid Phase Microextraction [6] และในปี 1994 Chlobowska, et al. ได้ทำการวิจัยการตรวจวิเคราะห์ CS และ CN ที่ตกค้างบนเศษผ้าที่ทำการฉีดพ่นแก๊สน้ำตาที่มีสาร CS และ CN อยู่ ใช้ head space ทำให้ตัวอย่างกลายเป็นไอเพื่อการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas chromatography/Mass spectrometry ซึ่งในการตรวจวิเคราะห์พบว่า ระยะเวลาเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ตรวจพบ CS ได้ยากขึ้น ซึ่งในทางตรงกันข้าม CN จะยังคงอยู่บนเศษผ้าแม้เวลาจะผ่านไปหลายสัปดาห์แล้วก็ตาม [7]

ดังนั้น การใช้สาร CS, CN และ CR ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการควบคุมฝูงชนในปัจจุบัน จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจวิเคราะห์ว่าแก๊สน้ำตาที่เจ้าหน้าที่ควบคุมฝูงชนใช้ในประเทศไทยเป็นสารเคมีชนิด CS CN และ CR หรือไม่ หากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเป็นการใช้สาร CS CN หรือ CR แล้ว อาจถือได้ว่าการปฏิบัติหน้าที่ตามขอบเขตของการใช้กำลังในการสลายฝูงชนของเจ้าหน้าที่เป็นไปอย่างเหมาะสม เพราะสารดังกล่าวเป็นสารที่ได้รับการยอมรับจากทั่วโลกว่ามีความปลอดภัยในการใช้งานในระดับหนึ่งที่ไม่ทำอันตรายแก่ชีวิต แต่ในทางตรงกันข้าม หากไม่พบการใช้สารดังกล่าวเหล่านี้ในแก๊สน้ำตาแล้ว ย่อมเป็นที่กังขาแก่สาธารณชนโดยทั่วไปถึงการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ว่าได้มีการใช้สารเคมีชนิดใดในแก๊สน้ำตา และจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ได้รับสารหรือไม่ ซึ่งอาจนำไปสู่การปฏิบัติหน้าที่โดยมิชอบของผู้ทำหน้าที่ควบคุมฝูงชนได้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองที่สำคัญ ได้แก่

Gas Chromatography ยี่ห้อ Bruker รุ่น 450-GC และ Mass Spectrometry ยี่ห้อ Bruker รุ่น 300-MS TQ Mass Spectrometer แบบ Quadrupole ของสถาบันธัญญารักษ์ CombiPAL ยี่ห้อ CTC Analytics ของสถาบันธัญญารักษ์ ใช้ GC Column ยี่ห้อ Agilent รุ่น Agilent J&W GC Columns DB-5MS, Length 30 m, Diam. 0.250 mm, Film 0.25 m ส่วน SPME Stableex Fiber for Autosampler Holder, DVB/CAR/PDMS (gray) ยี่ห้อ Supelco และ PAL SPME Option Kit for CTC Analytics CombiPAL และ GC Syringe ใช้ 10 I 701N Syringe ยี่ห้อ Hamilton ส่วนแก๊สใช้แก๊ส Helium

อุปกรณ์สำหรับการทดลองที่สำคัญ ประกอบด้วย

ผ้าดิบขาวชนิดฟอกสี ขนาด 5 × 5 นิ้ว สายวัดระยะ เสาและเชือกฟาง ซองพลาสติกแบบผนึกได้ สำลีก้าน กรรไกร กระดาษฟอยล์

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

Acetone (GR for analysis) ยี่ห้อ Merck และ n-Hexane (GR for analysis) ยี่ห้อ Merck และแก๊สน้ำตามี 2 ชนิด คือ แก๊สน้ำตาแบบหมอกควันชนิดขว้างทำงานด้วยระบบไพโรเทคนิคยี่ห้อFederal Laboratories รุ่น 555 CS จากกองกำกับการควบคุมฝูงชน 1 กองบังคับการอารักขาและควบคุมฝูงชนสำนักงานตำรวจแห่งชาติ และแก๊สน้ำตาแบบหมอกควันชนิดขว้างซึ่งทำงานด้วยระบบไพโรเทคนิค ยี่ห้อ NonLethal Technologies รุ่น MP-15-CS จากกองกำกับการควบคุมฝูงชน1กองบังคับการอารักขาและควบคุมฝูงชนสำนักงานตำรวจแห่งชาติ

วิธีการทดลอง

การเก็บตัวอย่างจากกระป๋องแก๊สน้ำตา

ทำการเก็บตัวอย่างสารจากกระป๋องแก๊สน้ำตายี่ห้อ Federal Laboratories รุ่น 555 CS ที่ยังไม่มีการใช้งานด้วยสำลีก้าน บรรจุในซองพลาสติกสะอาดปิดสนิทเพื่อป้องกันการปนเปื้อนกับสารอื่น ๆ ทำการบันทึกข้อมูลเฉพาะของแต่ละตัวอย่างและเก็บตัวอย่างสารจากกระป๋องแก๊สน้ำตายี่ห้อ NonLethal Technologies รุ่น MP-15-CS ที่ยังไม่มีการใช้งานด้วยสำลีก้าน บรรจุในซองพลาสติกสะอาดปิดสนิท เพื่อป้องกันการปนเปื้อนกับสารอื่น ๆ ทำการบันทึกข้อมูลเฉพาะของแต่ละตัวอย่าง จากนั้นเก็บตัวอย่างสารจากกระป๋องแก๊สน้ำตาจากกระป๋องแก๊สน้ำตายี่ห้อ Federal Laboratories รุ่น 555 CS ที่ใช้งานแล้วด้วยสำลีก้าน บรรจุในซองพลาสติกสะอาดปิดสนิท เพื่อป้องกันการปนเปื้อนกับสารอื่น ๆ ทำการบันทึกข้อมูลเฉพาะของแต่ละตัวอย่างและเก็บตัวอย่างสารจากกระป๋องแก๊สน้ำตายี่ห้อ NonLethal Technologies รุ่น MP-15-CS ที่ใช้งานแล้วด้วยสำลีก้าน บรรจุในซองพลาสติกสะอาดปิดสนิท เพื่อป้องกันการปนเปื้อนกับสารอื่น ๆ ทำการบันทึกข้อมูลเฉพาะของแต่ละตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างเศษผ้าที่สัมผัสกับแก๊สน้ำตา

กำหนดจุดที่จะให้วัสดุสัมผัสกับแก๊สน้ำตาโดยเริ่มจากจุดต้นกำเนิดของแก๊สน้ำตา ทำการวัดระยะออกไป 1 เมตร ในสี่ทิศทาง คือ ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตกและทิศใต้ ปักเสาความสูง 1 เมตรกำหนดให้เป็นจุดที่ 1 ของแต่ละทิศ แล้วจึงวัดระยะจากจุดที่ 1 ต่อไปอีก 1 เมตรในทิศทางเดียวกันกำหนดให้เป็นจุดที่ 2 และทำในลักษณะเดียวกันจนครบ 5 จุดทั้ง 4 ทิศทาง จากนั้นเก็บตัวอย่างเศษผ้า (วัสดุ) ที่สัมผัสกับน้ำตายี่ห้อ Federal Laboratories รุ่น 555 CS ที่ยังไม่มีการใช้งานบรรจุลงในซองพลาสติกสะอาดปิดสนิทเพื่อป้องกันการปนเปื้อนกับสารอื่น ๆ และทำการบันทึกข้อมูลเฉพาะของแต่ละตัวอย่าง ในเรื่องของสถานที่และเวลาที่เก็บตัวอย่าง แล้วเก็บตัวอย่างเศษผ้า(วัสดุ)ที่สัมผัสกับแก๊สน้ำตายี่ห้อ NonLethal Technologies รุ่น MP-15-CS ที่ยังไม่มีการใช้บรรจุลงในซองพลาสติกสะอาดปิดสนิทเพื่อป้องกันการปนเปื้อนกับสารอื่นๆและทำการบันทึกข้อมูลเฉพาะของแต่ละตัวอย่าง ในเรื่องของสถานที่และเวลาที่เก็บตัวอย่าง

สภาวะที่ใช้ในการทดลอง

นำตัวอย่างทั้งหมดที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ดังสภาวะเครื่อง Gas Chromatography/Mass Spectrometry with SPME มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

- *Injection Mode:* GC SPME
- *Injection Port:* 210 C
- *Required Syringed:* SPME Fiber
- *Sample Agitator:* Agitate and Heat
- *Agitator Temperature:* 70.0 C
- *Extraction Time:* 30.00 min
- *Desorb Time:* 5.00 min
- *Column Oven:* 60.0 C
- *Column Oven/Ramp Rate:* 250.0 C; 10.0 C/min
- *Column Oven/Ramp Rate:* 280.0 C; 20.0 C/min
- *Method Specs:* SIM mode

ทำการวิเคราะห์ Mass Spectrum ของสารแต่ละชนิด โดยใช้ NIST Database Identication

Figure 1. Tear gas discharging point

Figure 2. Collecting used tear gas canister

การเตรียมตัวอย่าง

1. การเตรียมตัวอย่างตรวจด้วยเทคนิค Solid Phase Microextraction

นำสำลีก้านที่ได้จากการเก็บตัวอย่างระเบิดแก๊สน้ำตา รุ่น 555 CS และรุ่น MP-15-CS ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน ตัดก้านสำลีออกแล้วบรรจุลงใน vial ขนาด 20 มิลลิลิตร ปิดฝา อย่างละ 1 ขวด

นำสำลีก้านที่ได้จากการเก็บตัวอย่างระเบิดแก๊สน้ำตา รุ่น 555 CS และรุ่น MP-15-CS ที่ใช้งานแล้ว ตัดก้านสำลีออกแล้วบรรจุลงใน vial ขนาด 20 มิลลิลิตร ปิดฝา อย่างละ 1 ขวด

นำเศษผ้าประมาณ ส่วนของผ้าจากตัวอย่างแก๊สน้ำตารุ่น 555 CS ที่ตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้ว บรรจุลง ใน vial ขนาด 20 มิลลิลิตร ปิดฝา จำนวน 19 ขวด

นำเศษผ้าประมาณ ส่วนของผ้าจากตัวอย่างแก๊สน้ำตารุ่น MP-15-CS ที่ตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้ว

บรรจุลง ใน vial ขนาด 20 มิลลิลิตร ปิดฝา จำนวน 5 ขวด

นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Gas Chromatography/Mass pectrometry

2. การเตรียมตัวอย่างตรวจด้วยเทคนิค Solvent Extraction

นำตัวอย่างตรวจที่ได้จากระเบิดแก๊สน้ำตา รุ่น 555 CS และรุ่น MP-15-CS ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานและที่ใช้งานแล้ว มาเติม Acetone และ Hexane แล้วจึงนำตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry

ผลการศึกษา

จากการทดลองที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างตรวจจากระเบิดแก๊สน้ำตาทั้งสองรุ่นโดยตรง ในสภาวะก่อนและหลังจากที่มีการใช้งานระเบิดแก๊สน้ำตา รวมถึงการเก็บตัวอย่างตรวจจากเศษผ้าที่มีการสัมผัสกับแก๊สน้ำตาทั้งสองยี่ห้อในระยะต่าง ๆ ได้ผลการทดลอง ดังนี้

Figure 3. Samples preparation

Figure 4. Solvent extraction method with syringe filtered

1. ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างลูกระเบิดแก๊สน้ำตา

การเก็บตัวอย่างจากลูกระเบิดแก๊สน้ำตาทั้ง 2 ยี่ห้อโดยตรงที่ยังไม่มีการใช้งานและที่ใช้งานแล้ว เพื่อตรวจหาสาร CS CN และ CR ก่อนการใช้งานและภายหลังการใช้งาน ซึ่งจากการทดลองพบสาร CS ในทั้งสองตัวอย่างตรวจ แต่ไม่พบสาร CN หรือ CR

2. ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างจากเศษผ้า

ผลการตรวจหา CS, CN และ CR ที่ตกค้างบนเศษผ้าภายหลังการสัมผัสกับแก๊สน้ำตารุ่น 555 CS กับแก๊สน้ำตารุ่น MP-15-CS ตรวจพบเฉพาะ CS บนเศษผ้าเป็นระยะทาง 5 เมตรในทั้ง 4 ทิศทาง ที่มีการฟุ้งกระจายของแก๊สน้ำตาไปตกค้างบนเศษผ้าภายหลังจากมีการใช้แก๊สน้ำตาแล้ว

3. ผลการศึกษาหาความสัมพันธ์ของปริมาณสารจากต้นกำเนิด

ผลการทดลองเก็บตัวอย่างเศษผ้าที่สัมผัสกับแก๊สน้ำตารุ่น 555 CS จากทั้ง 4 ทิศทาง และตัวอย่างเศษผ้าที่สัมผัสกับแก๊สน้ำตารุ่น MP-15-CS ในทิศทางเดียว พบว่าผลการทดลองของทั้งสองตัวอย่างมีการลดลงของ CS เมื่อระยะทางจากจุดระเบิดของแก๊สน้ำตาเพิ่มขึ้น

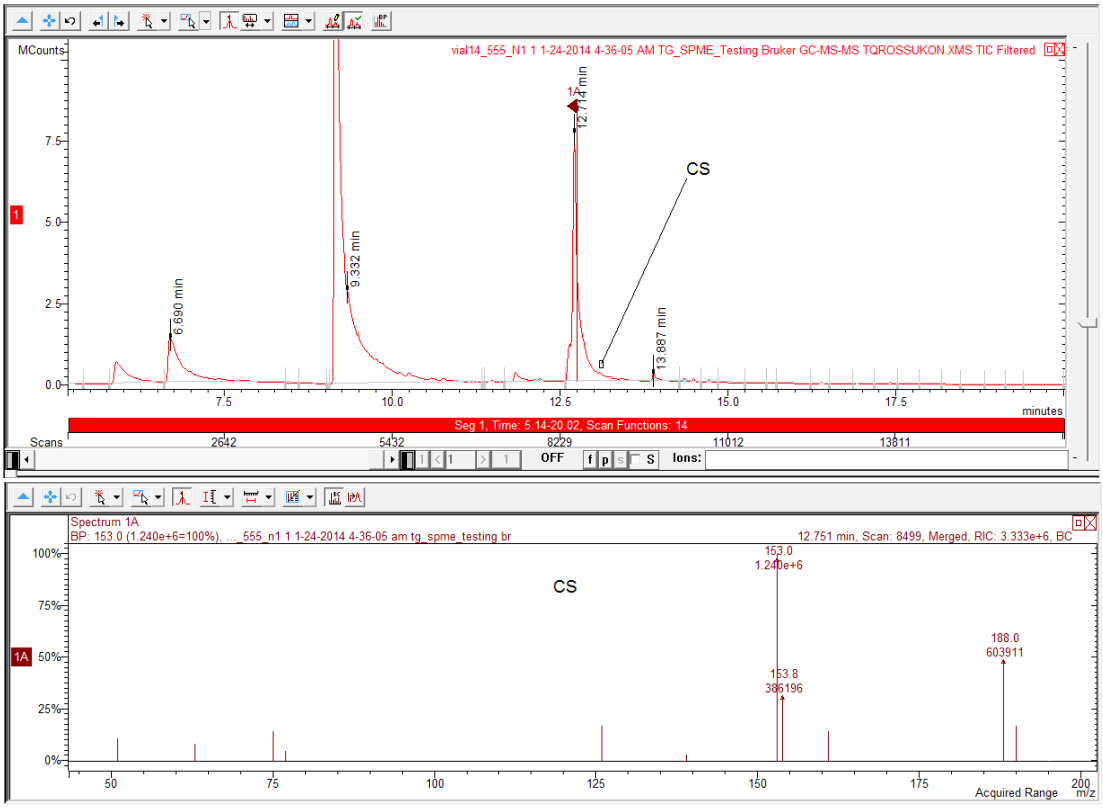

Figure 5. Chromatogram and Mass Spectrum of material exposing with 555 CS tear gas at 1 meter

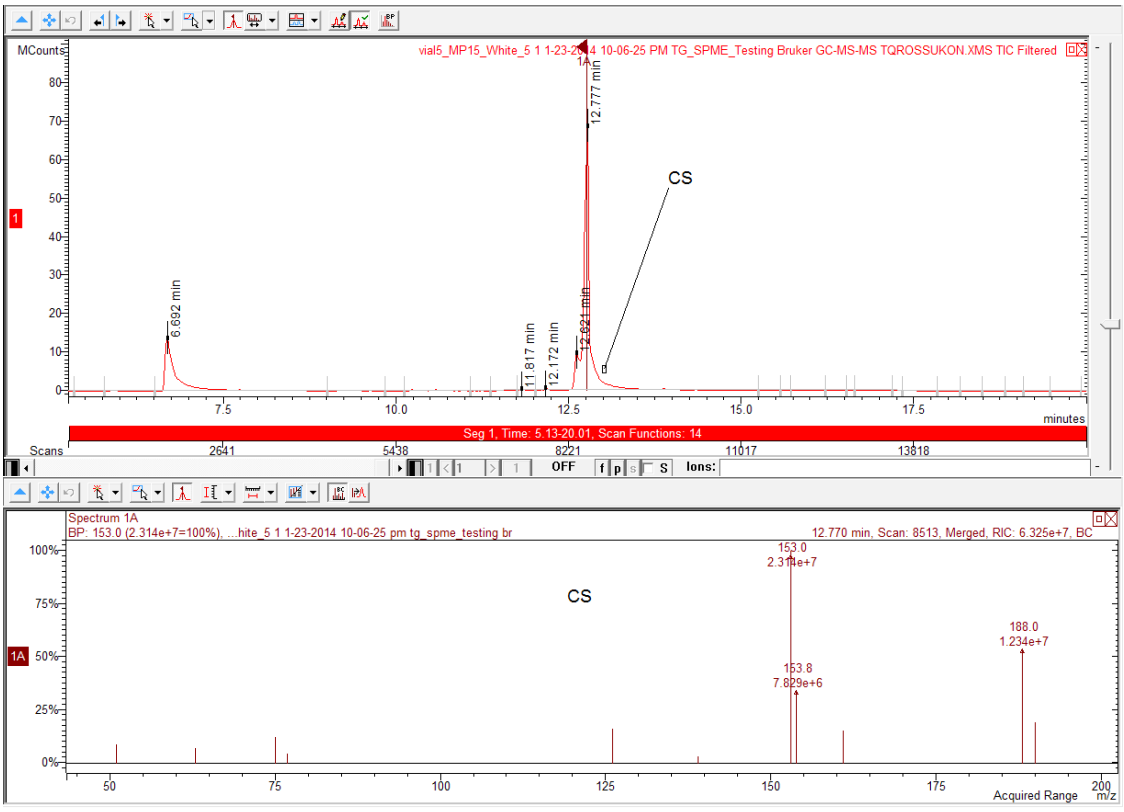

Figure 6. Chromatogram and Mass Spectrum of material exposing with MP-15-CS tear gas at 1 meter

Table 1. The analysis results of tear gas canisters used in this study

ตัวอย่างตรวจ	สภาวะตัวอย่างตรวจ	สาร CS	สาร CN	สาร CR
555 CS	ก่อนการใช้งาน	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	หลังการใช้งาน	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
MP-15-CS	ก่อนการใช้งาน	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	หลังการใช้งาน	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

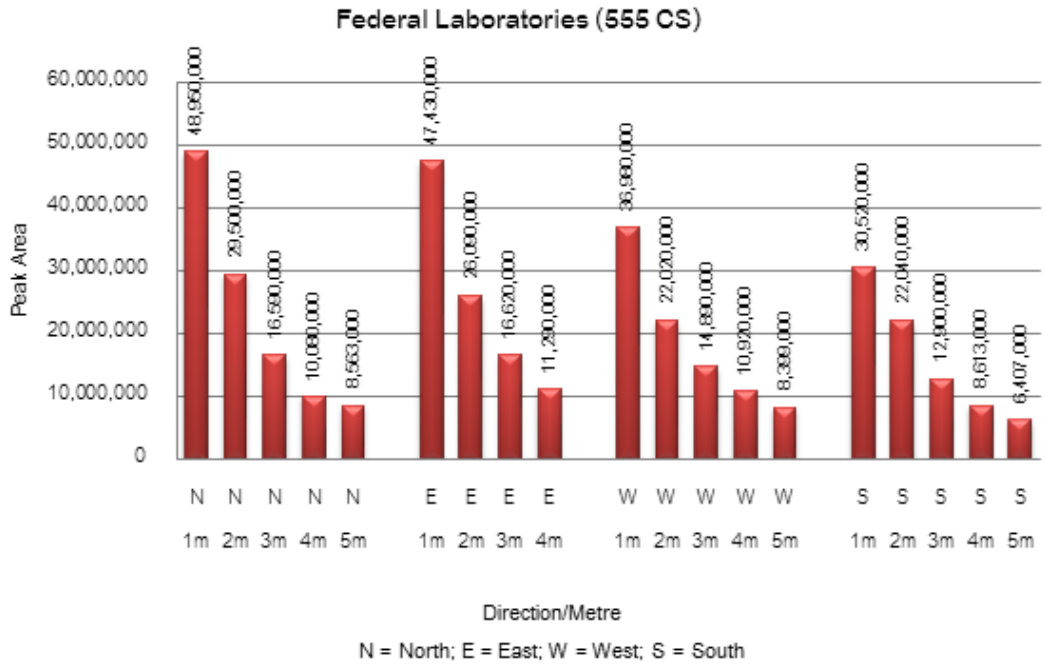

Figure 7. Peak Area of 555 CS tear gas from 4 directions

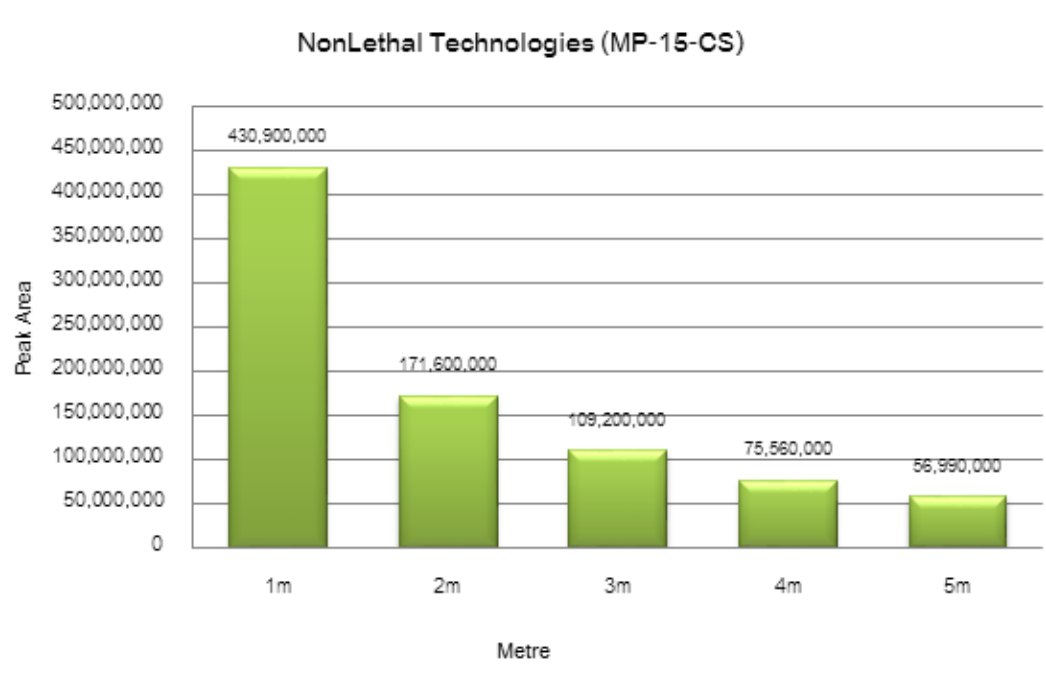

Figure 8. Peak Area of MP-15-CS tear gas

อภิปรายผล

การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างเศษผ้า (วัสดุ) หลังจากการใช้แก๊สน้ำตาจำนวน 2 ยี่ห้อ คือ ยี่ห้อ Federal Laboratories รุ่น 555 CS และยี่ห้อ NonLethal Technologies รุ่น MP-15-CS ด้วยวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS) โดยเทคนิค Solid Phase Microextraction (SPME) และเทคนิค Solvent Extraction ได้ข้อสรุป ดังนี้

การศึกษาวิเคราะห์ตัวอย่างเศษผ้าด้วยวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS) โดยใช้เทคนิค Solid Phase Microextraction (SPME) การศึกษาครั้งนี้ ผลที่ได้คือพบสาร 2-Chlorobenzylidene Malononitrile (CS) ในตัวอย่างแก๊สน้ำตาทั้งสองยี่ห้อ Federal Laboratories รุ่น 555 CS และยี่ห้อ NonLethal Technologies รุ่น MP-15-CS ซึ่งเป็นแก๊สน้ำตาที่มีการนำเข้ามาใช้ในประเทศไทย โดยไม่พบสาร Chloroacetophenone (CN) และสาร Dibenz(b,f)-1:4-Oxazepine (CR) ในแก๊สน้ำตาทั้งสอง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแก๊สน้ำตาที่นำเข้ามาใช้ในประเทศไทยมีความปลอดภัยในระดับมาตรฐานเป็นที่สากลยอมรับ เนื่องจากสาร CS เป็นสารที่มีความเป็นพิษน้อยกว่าสาร CN 3 - 5 เท่า และไม่มีการคงอยู่ของสารบนร่างกายของผู้ที่สัมผัสกับแก๊สน้ำตา อีกทั้งมีความปลอดภัยกว่าสาร CR เนื่องจากสาร CS จะสลายไปในสภาพแวดล้อมเมื่อเวลาผ่านไป จึงไม่ทำให้ความเป็นพิษเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการสัมผัสกับสาร CS ในระยะยาว

ในปี 2006 Jagerdeo, et al. ได้ศึกษาการตรวจหาสาร CS และ CN ที่ใช้ในระบบการรักษาความปลอดภัยของธนาคาร [8] โดยการปล่อยสารสีรวมไปถึงสาร CS หรือ CN ออกมาเพื่อไปจับกับธนบัตรที่ถูกโจรกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการตรวจหา CS CN และ CR ที่ตกค้างบนวัสดุหลังจากการใช้แก๊สน้ำตาโดยเทคนิค GC-MS ว่าสามารถตรวจพบสาร CS และ CN ที่ตกค้างอยู่บนวัสดุเช่น ผ้า กระดาษ ยาง และพลาสติก ด้วยเทคนิค Solid Phase Microextraction (SPME) เหมือนกันสำหรับการศึกษาหาความสัมพันธ์ของปริมาณ CS, CN และ CR กับระยะทางต้นกำเนิดของแก๊สน้ำตา สามารถตรวจหาความสัมพันธ์ได้โดยปริมาณของ CS, CN และ CR จะแปรผกผันกับระยะทางจากต้นกำเนิดของแก๊สน้ำตา เมื่อวัสดุมีระยะห่างที่มากขึ้นจะมีสาร CS ตกค้างบนวัสดุน้อยลงดังแสดงตาม Peak Area ที่ได้จากผลการทดลองในระยะต่าง ๆ

ส่วนการเตรียมตัวอย่างตรวจด้วยเทคนิค Solid Phase Microextraction มีขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างตรวจที่น้อย สะดวก รวดเร็ว และให้ผลการทดลองที่ดีกว่าการเตรียมตัวอย่างตรวจด้วยเทคนิค Solvent Extraction ที่มีขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างมาก ใช้อุปกรณ์ในการสกัดตัวอย่างมากและให้ผลการทดลองได้ไม่ชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร รวมถึงเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสถาบันธัญญารักษ์ที่ให้คำแนะนำและสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ ตลอดจนข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Olajos, E. J. and Salem, H. (2001). Riot control agents: pharmacology, toxicology, biochemistry and chemistry. *J. Appl. Toxicol.* 21: 355-391.
2. Olajos, E. J. and Stopford, W. (2004). *Introduction and historical perspectives: Riot control agents*. Florida: CRC Press.
3. Corson, B. B. and Stoughton, R. W. (1928). Reactions of Alpha, Beta-unsaturated Dinitriles. *J. Am. Chem. Soc*. 50: 2825-2837.
4. Zekri, A.M., King, W.W., Yeung, R. and Taylor, W.R. (1995). Acute mass burns caused by o-chlorobenzylidene malononitrile (CS) tear gas. *Burns*. 21: 586-589.
5. Ballantyne, B. (1977). The acute mammalian toxicology of dibenzene-1,4-oxazepine. *Toxicology*. 8: 347-379.
6. Smith, P.A., Kluchinsky, T.A. Jr, Savage, P.B., Erickson, R.P., Lee, A.P., Williams, K., Stevens, M., and Thomas, R.J. (2002). Traditional sampling with laboratory analysis and solid phase microextraction sampling with eld gas chromatography/mass spectrometry by military industrial hygienists. *AIHA Journal.* 63: 284-292.
7. Chlobowska, Z., E. Chudzikiewwics and Hebenstreit, J. (1994). Studies on identication of tear gas traces. *Z. Zagadnien Nauk Sadowych*. XXX: 28-33.
8. Jagerdeo, E., Leibowitz, J.N., Schumacher, L., Henningsen, D.A. and Lebeau, M. (2006). Analysis of trace amount of bank dye and lachrymators from exploding bank devices by solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatographic Science.* 44: 86-90.