

<http://journal.rmutp.ac.th/>

การหาปริมาณปรอทในตัวอย่างครีมหน้าขาวโดยเทคนิคการวิเคราะห์ ปรอทโดยตรงด้วยการสลายตัวด้วยความร้อน

นภาพร บุญนาราวัชรีย์ และ นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น*

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

รับบทความ 28 มิถุนายน 2563 แก้ไขบทความ 24 ธันวาคม 2563 ตอรับบทความ 17 กุมภาพันธ์ 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์ปรอทโดยตรงด้วยการสลายตัวด้วยความร้อน เทคนิคนี้จัดเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการหาปริมาณปรอทในตัวอย่างครีมหน้าขาว โดยที่สามารถชั่งตัวอย่างครีมเข้าเครื่องวิเคราะห์ได้โดยไม่ต้องมีการเตรียมตัวอย่าง เป็นการลดมลพิษจากของเสียที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง รวมทั้งประหยัดเวลาและพลังงานที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างอีกด้วย กราฟมาตรฐานที่ใช้พล็อตระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของปรอทในรูปความสูงพีคและน้ำหนักของสารมาตรฐานปรอทช่วง 0.1-10 นาโนกรัม กราฟที่ได้มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงดังสมการ $y=2.003 \times 10^{-2}X - 5.14 \times 10^{-4}$ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) 0.9991 ความเที่ยงของการวิเคราะห์แสดงในเทอม Repeatability มีค่าร้อยละ 14 และ 5.9 rsd ($n=3$) ที่ 1.2 และ 868 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าร้อยละการได้กลับคืนอยู่ระหว่างร้อยละ 88-110 ค่าขีดจำกัดการตรวจวัด (LOD) เท่ากับ 0.1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (3sd/m, $n=10$) ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในตัวอย่างครีมหน้าขาว 12 ตัวอย่างที่จำหน่ายใน จ.ชลบุรี ในช่วงปี พ.ศ. 2562 พบว่ามีสองตัวอย่างที่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้มีในเครื่องสำอางไปมาก นอกนั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปลอดภัยต่อผู้ใช้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข

คำสำคัญ : ครีมหน้าขาว; ปรอท; อะมัลกัม; เทคนิคการวิเคราะห์ปรอทโดยตรงด้วยการสลายตัวด้วยความร้อน

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +66 3810 3111, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: napa@buu.ac.th

<http://journal.rmutp.ac.th/>

Determination of Mercury Contents in Facial Whitening Cream Samples by Direct Thermal Decomposition Mercury Analyzer

Napaporn Bunnaranurak and Napa Tangtreamjitmun*

Chemistry Department, Faculty of Science, Burapha University
169 Longhard-Bangsean Road, Saensuk, Mueang, Chonburi 20131

Received 28 June 2020; Revised 24 December 2020; Accepted 17 February 2021

Abstract

Direct thermal decomposition mercury analysis is an efficient technique for determination of mercury in facial whitening creams. The analysis can be performed without any sample preparation. The samples can be weighed and placed directly into the analyzer. Thus, there is no chemical waste produced in sample preparation. The time and energy used in sample digestion are saved as well. The calibration curve between mercury absorbance in terms of peak height and weight of standard mercury in the range of 0.1-10 ng was created. The calibration curve was linear followed the equation $y=2.003 \times 10^{-2}X - 5.14 \times 10^{-4}$ with coefficient of determination (R^2) 0.9991. The precision in term of repeatability were 14% and 5.9% *rsd* ($n=3$) at 1.2 and 868 $\mu\text{g kg}^{-1}$, respectively. The recoveries were between 88-110%. The detection limit (LOD) was 0.1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ($3\text{sd}/m$, $n=10$). The amount of mercury detected in 12 whitening cream samples sold in Chonburi province during the year 2019 were within the safety standard permitted in general cosmetics under the notification of the Ministry of Public, except two samples were over the permitted standard.

Keywords : Facial Whitening Cream; Mercury; Amalgam; Direct Thermal Decomposition Mercury Analysis

* *Corresponding Author. Tel.: +66 3810 3111, E-mail Address: napa@buu.ac.th*

1. บทนำ

ครีมหน้าขาว หรือครีมหน้าใส จัดเป็นเครื่องสำอางที่เป็นที่นิยมกันมากสำหรับผู้หญิงเพื่อใช้ทาใบหน้าให้ขาวใสตามชื่อครีม โปรทเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ถูกลักลอบใส่ลงในครีมหน้าขาว โดยโปรทจะไปยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase) ซึ่งเป็นตัวสร้างเม็ดสีเมลานิน (Melanin) เมื่อร่างกายมีการสร้างเม็ดสีลดลงจึงทำให้สีผิวขาวขึ้น โปรทจัดเป็นสารที่เป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ โปรทในครีมทาหน้าเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ทำให้มนุษย์ได้รับพิษจากโปรทที่เข้าสู่ร่างกายทางผิวหนัง โดยมีงานวิจัยตรวจพบปริมาณโปรท ในปัสสาวะในสตรีที่ใช้ครีมทาหน้าขาว [1]-[4] ในประเทศไทยกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดให้โปรทเป็นสารห้ามใช้ ลำดับที่ 221 ตามประกาศวัตถุที่ห้ามใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอาง ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนพิเศษ 114 ง ลงวันที่ 17 พฤษภาคม 2559 โดยกำหนดชื่อสารห้ามใช้ คือ “โปรท (CAS No. 7439-97-6) และสารประกอบของโปรท” โดยยกเว้นโปรทที่อนุญาตให้ใส่เป็นวัตถุดิบเสียในเครื่องสำอางบริเวณรอบดวงตา ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข แห่งพระราชบัญญัติเครื่องสำอาง พ.ศ. 2558 เรื่อง กำหนดวัตถุกันเสียที่อาจใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอาง พ.ศ. 2560 ลำดับที่ 14 ไทเมอโรซอล และลำดับที่ 15 เฟนิล เมอคิวริก อะซีเตท หรือเฟนิล เมอคิวริก เบนโซเอต ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 0.007 (70 ส่วนในล้านส่วน หรือ 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในรูปโปรท ดังนั้นในเครื่องสำอางชนิดอื่นที่ไม่มีการยกเว้น จึงมีเงื่อนไขว่า ให้มีการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้ไม่เกิน 1 ส่วนในล้านส่วนโดยน้ำหนัก (1 ส่วนในล้านส่วน หรือ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ดังนั้นการตรวจวิเคราะห์ปริมาณโปรทในครีมหน้าขาวจึงมีความสำคัญ

วิธีวิเคราะห์โปรทที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีตั้งแต่การใช้ชุดทดสอบสารประกอบโปรทแอมโมเนียของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งปริมาณต่ำสุดของโปรทที่ตรวจพบได้ คือร้อยละ 0.15 น้ำหนักต่อน้ำหนัก หรือ 1500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม [5] หรือชุดตรวจสอบสารโปรทจากผลิตภัณฑ์ฟอกผิวขาวของภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ตรวจสอบสารประกอบโปรทได้ทุกชนิด ทั้งโปรทแอมโมเนีย โปรทคลอไรด์ และ

โปรทอะซีเตท เป็นต้น โดยช่วงปริมาณที่ตรวจสอบได้อยู่ระหว่าง 25-1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม [6] จะเห็นว่าการใช้ชุดทดสอบนี้ไม่สามารถตรวจโปรทที่มีปริมาณระหว่าง 1-25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่เกินเกณฑ์ที่กำหนดให้มีในเครื่องสำอางได้ แต่ถือว่าเป็นการตรวจสอบเบื้องต้นด้วยการใช้ระยะเวลาอันสั้น การวิเคราะห์โปรทในระดับน้อยจึงต้องใช้เทคนิคขั้นสูงทางเครื่องมือวิทยาศาสตร์ โดยเทคนิคที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันสำหรับวิเคราะห์โปรทในครีมหน้าขาว ได้แก่ เทคนิคโคลด์เวเปอร์อะตอมมิกแอสซอร์พชันสเปกโทรเมตรี [7]-[9] อินดักทีฟพลาสมาแมสสเปกโทรเมตรี [10], [11] โดยเทคนิคทั้งสองนี้จะต้องมีการย่อยตัวอย่างครีม หรือใช้สารเคมีในการรีดิวซ์ให้โปรทกลายเป็นไอที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งเป็นการเพิ่มมลพิษที่มาจากของเสียจากการวิเคราะห์ และเสียเวลาและพลังงานในการวิเคราะห์ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์โปรทโดยตรงด้วยการสลายตัวด้วยความร้อน ซึ่งไม่มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง เพียงแต่ชั่งน้ำหนักตัวอย่างโปรทและนำไปวิเคราะห์ โปรทจะถูกเผาไหม้ที่ 700 องศาเซลเซียส ไอออนโปรทจะถูกรีดิวซ์ด้วยสารคะตะลิสต์ กลายเป็นไอของโปรท และถูกจับด้วยทองเกิดเป็นสารอะมัลกัม แล้วจึงให้ความร้อนให้โปรทหลุดออกมา กลายเป็นอะตอมอิสระของโปรท ผ่านไปยังเซลล์สำหรับตรวจวัดการดูดกลืนแสงของอะตอมโปรท ที่ความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร ของเสียที่เกิดขึ้นหลังการตรวจวัดจะมีแคโปรทซึ่งจะถูกดูดซับเอาไว้ด้วยตัวดูดซับ เพื่อนำไปกำจัดต่อไป จึงจัดเป็นเทคนิคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องใช้ความชำนาญในการฝึกใช้เครื่องมือ เมื่อเทียบกับเครื่องโคลด์เวเปอร์อะตอมมิกแอสซอร์พชันสเปกโทรเมตรี และเครื่องอินดักทีฟพลาสมาแมสสเปกโทรเมตรี เทคนิคการวิเคราะห์โปรทโดยตรงด้วยการสลายตัวด้วยความร้อนได้ถูกนำมาใช้ในการตรวจวัดโปรทในตัวอย่างหลายชนิด ได้แก่ ในเส้นผมและขนสัตว์ [12] ในดิน [13] ในอาหารเม็ดของแมวและสุนัข [14] ในปลา [15] งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำมาตรวจวัดโปรทในครีมทาหน้า

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

เครื่องวิเคราะห์ปรอท Direct Thermal Decomposition Mercury Analyzer (Mercury Analyzer 3000; MA-3000 บริษัท Nippon Instruments Corporation; NIC ประเทศญี่ปุ่น) เครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง (Analytical Balance รุ่น MS105DU บริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) ไมโครปิเปต ขนาด 0.5-10 และ 10-100 ไมโครลิตร (รุ่น Research® Plus บริษัท Eppendorf ประเทศเยอรมนี) สารละลายมาตรฐานปรอท 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (HgCl₂ ในกรดไนตริก 0.1

โมลต่อลิตร) กรดไนตริก 16 โมลต่อลิตร (Nitric acid: HNO₃) เกรดบริสุทธิ์สูง ของบริษัท Kanto ประเทศญี่ปุ่น และ แอล - ซี ส เต อี น (L-Cysteine : HSCH₂CH(NH₂)COOH, 121.16 กรัมต่อโมล) ของบริษัท Nacalai ประเทศญี่ปุ่น

2.2 ตัวอย่าง

ตัวอย่างครีมน้ำขาว จำนวน 12 ตัวอย่าง ซื้อมาจากร้านค้าใน จ.ชลบุรี ในระหว่างเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2561-เดือนมกราคม พ.ศ. 2562 มีรายละเอียด ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดข้อมูลตัวอย่างครีมน้ำขาว

ตัวอย่างที่	ข้อบ่งใช้ในการรักษาที่ติดบนฉลาก	ราคา (บาท/กรัม)	แหล่งผลิตที่ระบุบนฉลาก	แหล่งจำหน่าย	สถานะเลขที่จดแจ้ง*
L1	ผิวขาวกระจ่างใส ลดเลือนจุดต่างดำ	7	มี	ห้างสรรพสินค้า	คงอยู่
L2	ผิวขาวกระจ่างใส	3	มี	ร้านขายส่ง	คงอยู่
L3	ผิวขาวกระจ่างใส ผิวนุ่มชุ่มชื้น ลดเลือนริ้วรอย	6	มี	ร้านสะดวกซื้อ 7-11	คงอยู่
L4	ผิวขาวกระจ่างใส	3	ไม่มี	ร้านขายส่ง	คงอยู่
L5	ผิวขาวกระจ่างใส ผิวนุ่มชุ่มชื้น	1	มี	ห้างสรรพสินค้า	คงอยู่
L6	ผิวขาวกระจ่างใส ผิวนุ่มชุ่มชื้น ฆ่าเชื้อสิว รักษาสิวอักเสบ	8	ไม่มี	ร้านขายส่ง	ยกเลิก
L7	ปรับผิวขาว ผิวชุ่มชื้น	0.3	มี	ตลาดนัด	คงอยู่
L8	ปรับสีผิวใต้วงแขน ผิวเรียบเนียน ลดกลิ่นกาย	9	มี	ร้านขายส่ง	คงอยู่
M9	ผิวขาวกระจ่างใส ลดฝ้า-กระ จุดต่างดำ	5	มี	ร้านสะดวกซื้อ 7-11	คงอยู่
M10	ปรับสีผิวใต้วงแขน ลดกลิ่นกาย เห็นผลภายใน 3-7 วัน	8	ไม่มี	ร้านขายส่ง	ไม่มี
H11	ลดสิ่ว ฝ้า จุดต่างดำ	7	ไม่มี	ตลาดนัด	ไม่มี
H12	ผิวขาวกระจ่างใส ผิวเนียนนุ่ม ลดเลือนริ้วรอย ลดสิ่ว ฝ้า จุดต่างดำ	30	มี	ร้านขายส่ง	คงอยู่

*http://164.115.28.102/FDA_SEARCH_CENTER/PRODUCT/FRM_SEARCH_CMT.aspx (สืบค้นเมื่อ เดือนมกราคม พ.ศ. 2562)

2.3 การวิเคราะห์ปรอท

เครื่อง MA-3000 นี้ มีเครื่องจัดการตัวอย่างส่งตรวจอัตโนมัติ (Autosampler) โดยตัวอย่างจะถูกส่งใส่ภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่างทำด้วยเซรามิก ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง x ยาว x ลึก 0.5 x 3.1 x 0.8 เซนติเมตร มีลักษณะคล้ายเรือ (โบท) วางอยู่บนภาชนะหนึ่งจะบรรจุได้ 10 โบท และเครื่องจัดการตัวอย่างส่งตรวจอัตโนมัติ ใส่ได้มากที่สุด 10 ภาชนะ จึงสามารถใส่ตัวอย่างเพื่อการตรวจวัดได้ทีเดียว 100 ตัวอย่าง ก่อนการตรวจวัดทุกครั้ง ต้องทำความสะอาดโบท โดยตั้งโปรแกรม Purge ในเครื่อง MA-3000 ให้อยู่ที่ 850 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาทีต่อโบท โดยให้สัญญาณของโบทเปล่า ที่ได้ต้องเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด กรณีนี้ให้มีความสูงพีคน้อยกว่า 0.0002 เนื่องจากทำการวิเคราะห์ในช่วง 10 นาโนกรัม

2.3.1 การตรวจสอบเบื้องต้น โดยการสกรีนนิ่ง (Screening)

เป็นการตรวจวัดหาปริมาณปรอท โดยใช้ปลายไม้แหลม เช่น ไม้จิ้มฟัน จิ้มคริมตัวอย่าง แล้วนำไปแตะเบาๆ ที่ภายในโบท ซึ่งจะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าว่ามีคริมติดอยู่ที่โบท เพราะมีปริมาณน้อยมาก แล้วจึงนำโบทเข้าเครื่องจัดการตัวอย่างส่งตรวจอัตโนมัติ เพื่อตรวจวัดปริมาณปรอท โดยตั้งโปรแกรมอุณหภูมิในเครื่อง MA-3000 สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่าง ดังตารางที่ 2

2.3.2 การสร้างกราฟมาตรฐานปรอท

เตรียมสารละลายมาตรฐานปรอท 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร จากสารละลายมาตรฐานปรอท 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย L-Cysteine 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (เตรียมในกรดไนตริกร้อยละ 0.2) ปีเปตสารละลายมาตรฐานปรอท 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร นี้ลงในโบทที่ปริมาตร 1, 3, 8, 25, 50 และ 100 ไมโครลิตร เพื่อให้ได้ปรอทหนัก 0.1, 0.3, 0.8, 2.5, 5 และ 10 นาโนกรัม ตามลำดับ และนำไปเข้าเครื่องจัดการตัวอย่างส่งตรวจอัตโนมัติ ของเครื่อง MA-3000 เพื่อวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของปรอทในหน่วยความสูงพีค (Peak Height) โดยตั้งโปรแกรมอุณหภูมิในเครื่อง MA-3000 สำหรับวิเคราะห์สารมาตรฐาน ดังตารางที่ 2

2.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ซึ่งตัวอย่างคริมให้รู้น้ำหนักแน่นอนถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 5 ลงในโบทที่ทำความสะอาดแล้ว นำเข้าเครื่องจัดการตัวอย่างส่งตรวจอัตโนมัติ ของเครื่อง MA-3000 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณปรอท โดยใช้โปรแกรมอุณหภูมิในเครื่อง MA-3000 สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่าง ดังตารางที่ 2 สภาวะเดียวกับที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณปรอทเบื้องต้นในข้อ 2.3.1

ตารางที่ 2 สภาวะของเครื่อง MA-3000 ที่ใช้ในการวิเคราะห์สาร

สภาวะที่ใช้วิเคราะห์สารตัวอย่าง	
Air flow	0.4 L min ⁻¹
1 st Decomposition	200°C 60 s
2 nd Decomposition	350°C 150 s
3 rd Decomposition	850°C 180 s
สภาวะที่ใช้วิเคราะห์สารมาตรฐาน	
Air flow	0.4 L min ⁻¹
Drying	150°C 60 s
2 nd Decomposition	800°C 120 s

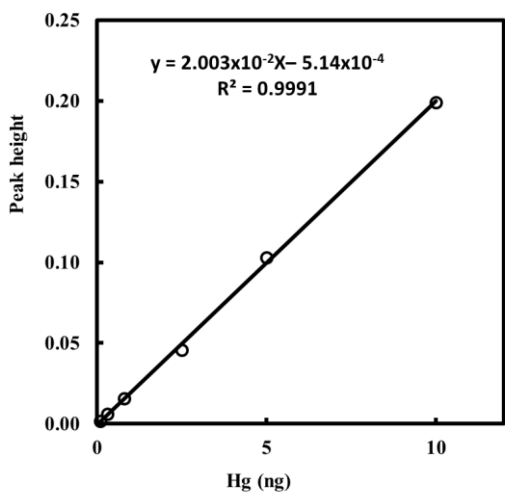
3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์

กราฟมาตรฐานของปรอท ที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง MA-3000 จะได้ค่าการดูดกลืนแสงในรูปความสูงพีค ซึ่งแปรผันตรงกับ น้ำหนักของปรอท ในหน่วยนาโนกรัม เนื่องจากพีคการดูดกลืนแสงที่ได้เป็นของปรอททั้งหมดที่ใส่ลงไปโบท จึงมีความสะดวกในการคำนวณออกมาในหน่วยน้ำหนักมากกว่าความเข้มข้น เพราะเมื่อนำไปคำนวณปริมาณปรอทในตัวอย่าง จะต้องคำนวณจากน้ำหนักตัวอย่างที่ซั่งลงไปโบทเพื่อตรวจวัด จึงจะได้ปริมาณปรอทในตัวอย่างออกมาเป็นหน่วยความเข้มข้นของปรอทต่อน้ำหนักตัวอย่าง ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณปรอท ถ้าสารตัวอย่างมีปริมาณปรอทมากก็สามารถซั่งตัวอย่างน้ำหนักน้อยเพียง 1 มิลลิกรัม หรือในทางตรงกันข้ามถ้าสารตัวอย่างมีปรอทมากก็สามารถซั่งสารตัวอย่างได้มากที่สุดถึง 1500 มิลลิกรัม (ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของตัวอย่างแต่ละชนิด)

กราฟมาตรฐานทุกจุดเตรียมจากสารละลายมาตรฐานตัวเดียวกัน คือสารละลายมาตรฐานปรอท 0.1

มิลลิกรัมต่อลิตร และใช้ไมโครปิเปตดูดสารมาตรฐาน ความเข้มข้นเดียวกันที่ปริมาตรต่าง ๆ กัน จึงไม่ต้องเตรียมสารมาตรฐานหลายความเข้มข้น ทำให้ลดความคลาดเคลื่อนจากการเตรียมผนวกกับทักษะการใช้ไมโครปิเปต ทำให้กราฟมาตรฐานที่ได้มีจุดทุกจุดอยู่บนเส้นตรง โดยเป็นการวัดจุดละ 1 ครั้งเท่านั้นดังในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กราฟมาตรฐานปรอท (n=1)

กราฟมาตรฐานในรูปที่ 1 นี้ จึงแสดงถึงข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นสูงมากซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่เข้าใกล้ 1 มาก นอกจากนี้ผลของการเติม L-Cysteine ในสารละลายมาตรฐานปรอทที่เตรียมขึ้น ทำให้ปรอทเกิดสารเชิงซ้อนกับ L-Cysteine [16] ช่วยให้สารละลายมาตรฐานปรอทมีความเสถียร ความเข้มข้นไม่เปลี่ยนแปลง สามารถเก็บไว้ใช้ได้นาน 4-6 เดือน เมื่อเก็บในที่เย็น

ค่าขีดจำกัดการตรวจวัดทำโดยวิเคราะห์สารละลายแบลงค์ (สารละลาย L-Cysteine 100 มิลลิกรัมต่อลิตร) จำนวน 10 โป้ท และนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณที่ได้ ไปคำนวณหาความเข้มข้นดังสมการที่ (1) [17]

$$LOD = \frac{3sd}{m} \quad (1)$$

โดยที่

LOD = ค่าขีดจำกัดการตรวจวัด

sd = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณ

m = ความชันของสมการกราฟมาตรฐาน

ปรากฏว่าได้ค่า LOD เท่ากับ 0.010 นาโนกรัม ซึ่งเมื่อคำนวณต่อน้ำหนักตัวอย่าง 100 มิลลิกรัม จะได้ค่า LOD เท่ากับ 0.1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานปริมาณปรอท 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เทคนิคนี้จึงสามารถตรวจวัดปริมาณปรอทในครีมน้ำขาวได้อย่างน่าเชื่อถือ

ค่าความเที่ยงของวิธีในเทอม Repeatability ทำโดยซังตัวอย่าง L1 ปริมาณ 100 มิลลิกรัม และตัวอย่าง M10 ปริมาณ 5 มิลลิกรัม ซังตัวอย่างละ 3 ชุด นำไปตรวจวัดด้วยเครื่อง MA-3000 ได้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (%rsd) เท่ากับร้อยละ 14 ที่ 1.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และร้อยละ 5.9 ที่ 868 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่ได้ต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ AOAC [18]

ค่าร้อยละการได้กลับคืน (%R) ทำโดยใช้ตัวอย่างที่มีปริมาณปรอทน้อยมากกับปานกลางมาเติมปรอทเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรปริมาตรตามที่ต้องการลงไปเพื่อให้ได้น้ำหนักปรอทตามที่ต้องการดังรายละเอียดในตารางที่ 3 และนำไปตรวจวัดด้วยเครื่อง MA-3000 นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่าร้อยละการได้กลับคืนดังสมการที่ (2)

$$\%R = \frac{C_3 - C_2}{C_1} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่

C_1 = ความเข้มข้นของปรอทที่เติมลงไปในตัวอย่าง

C_2 = ความเข้มข้นของปรอทที่มีอยู่ก่อนในตัวอย่าง

C_3 = ความเข้มข้นของปรอททั้งหมดที่ตรวจพบในตัวอย่าง

ค่าร้อยละการได้กลับคืนที่ได้แสดงดังในตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าค่าที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์ AOAC [18]

ตารางที่ 3 ร้อยละการได้กลับคืนของปรอทที่เติมในตัวอย่างครีมน้ำขาว

ตัวอย่างที่	ปรอท (ng) (n=3)		%R
	ที่เติม	ที่พบ	
L1	0	0.12	-

	1	1.22	110
L2	0	0.18	-
	1	1.22	104
L3	0	0.16	-
	1	1.24	108
M9	0	4.60	-
	5	9.10	90
M10	0	4.34	-
	5	8.74	88

3.2. ปริมาณปรอทในตัวอย่างครีมหน้าขาว

เนื่องจากมีตัวอย่างครีมหน้าขาวที่อาจมีปริมาณปรอทสูงถึงระดับร้อยละ เช่น ถ้าตัวอย่างครีมมีปรอทร้อยละ 1 หรือ 10000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อซั่งตัวอย่างมาเพียง 1 มิลลิกรัม จะมีปรอทถึง 10 ไมโครกรัม ซึ่งจะทำให้หลังการตรวจวัดตัวอย่างนี้ ปรอทจะตกค้างอยู่ในเครื่องมาก ต้องมีการทำความสะอาดไล่ปรอทออกจากเครื่อง ด้วยการเปิดเครื่อง ใส่โบ๊ทเปล่าตั้งโปรแกรม Purge อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส 4 นาที เพื่อไล่ปรอทที่ตกค้างในเครื่องออก โดยดูจากสัญญาณของโบ๊ทเปล่า ต้องเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด (<0.0002) เท่ากับที่เคยตรวจวัดได้ก่อนวัดตัวอย่างนี้ ซึ่งเท่ากับเป็นการทำความสะอาดโบ๊ทก่อนใช้ไปด้วย แต่จะเสียเวลาในการทำความสะอาดค่อนข้างนาน การตรวจสอบเบื้องต้นโดยการ Screening ด้วยเครื่อง MA-3000 จึงถูกใช้เพื่อเป็นการป้องกันการปนเปื้อนของปรอทปริมาณมากในเครื่อง การ Screening ตัวอย่างครีมหน้าขาวทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ได้ผลดังในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการ Screening ปรอทในตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ความสูงพีค
L1	0.00039
L2	0.00044
L3	0.00031
L4	0.00056
L5	0.00047
L6	0.00068
L7	0.00128
L8	0.00041

M9	0.0035
M10	0.0020
H11	1.0621
H12	1.1707

จะพบว่าตัวอย่าง H11 และ H12 มีค่าความสูงพีคเกิน 1 ซึ่งจัดว่าสูงมาก ดังนั้นตัวอย่าง 2 ตัวนี้มีปรอทเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ปนเปื้อนได้ในเครื่องสำอางแน่นอน และตัวอย่างที่มีปรอทสูงแบบนี้จะไม่สามารถตรวจวัดโดยตรงได้ด้วยเครื่อง MA-3000 ต้องมีการเจือจางความเข้มข้นของปรอทในตัวอย่างก่อนการตรวจวัด ส่วนตัวอย่าง L1-L8 และ M9-M10 มีค่าความสูงพีค ใกล้เคียงค่าของโบ๊ทเปล่า จึงนำไปซั่งให้รู้น้ำหนักแน่นอนและตรวจวัด

การตรวจวัดปรอทในครีมตัวอย่าง เมื่อซั่งครีมตัวอย่าง L1-L8 และ M9-M10 มาตัวอย่างละ 20 มิลลิกรัม นำไปตรวจวัดด้วยเครื่อง MA-3000 ปรากฏว่า L1-L8 ได้ความสูงพีคอยู่ระหว่าง 0.0010-0.0020 จึงได้ซั่งน้ำหนัก L1-L8 เพิ่มขึ้น 5 เท่า เป็น 100 มิลลิกรัม นำไปตรวจวัดได้สัญญาณ ได้ความสูงพีคอยู่ระหว่าง 0.0010-0.0030 ซึ่งไม่ต่างจากสัญญาณที่ได้จากการซั่ง 20 มิลลิกรัมมากนัก น่าจะเป็นปรอทที่ปนเปื้อนมาในวัตถุดิบหรือขบวนการผลิต มากกว่าที่จะเป็นปรอทที่ผู้ผลิตตั้งใจใส่ลงไปนในครีมตัวอย่าง ความเข้มข้นของปรอทที่คำนวณจากความสูงพีคที่ได้จากตัวอย่างครีม 100 มิลลิกรัม จะอยู่ระหว่าง 1.2-2.0 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ดังในตารางที่ 5 ส่วนตัวอย่าง M9-M10 ได้ความสูงพีคสูงมากจนเกินกราฟมาตรฐาน จึงนำมาซั่งน้ำหนักลดลงเหลือ 5 มิลลิกรัม ได้ค่าปรอทประมาณ 0.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานปริมาณปรอทที่อนุญาตให้ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ความสูงพีค		Hg ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
	20 mg (n=1)	100 mg (n=3)	
L1	0.00129	0.00187	1.2 \pm 0.2
L2	0.00175	0.00317	1.8 \pm 0.1

L3	0.00116	0.00262	1.6±0.2
L4	0.00168	0.00184	1.2±0.2
L5	0.00130	0.00355	2.0±0.3
L6	0.00138	0.00210	1.3±0.2
L7	0.00108	0.00238	1.4±0.2
L8	0.00126	0.00313	1.8±0.2
M9	0.37749	0.09148*	920±51
M10	0.33672	0.08628*	868±51

*น้ำหนัก 5 มิลลิกรัม

การตรวจวัดปรอทในครีมตัวอย่างที่มีปรอทปริมาณสูงมาก ซึ่งตามตารางที่ 5 คือ ตัวอย่าง H11 และ H12 โดยปกติหากสามารถตรวจสอบด้วยชุดทดสอบปรอทได้ว่ามีปรอทปนเปื้อนแสดงว่ามีปรอทสูงมาก ระดับเปอร์เซ็นต์ จะไม่จำเป็นต้องนำมาตรวจวัด หากต้องการตรวจวัดทำโดยนำตัวอย่างมาเตรียมเป็นสารละลายด้วยเอทานอล และเจือจางก่อนการตรวจวัด ในกรณีนี้ได้เลือกทำตัวอย่างเดียวโดยซังตัวอย่าง H12 มา 5 มิลลิกรัม ละลายในเอทานอลเป็น 25 มิลลิลิตร และปิเปตสารละลายนี้ 10 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ด้วยสารละลาย L-Cysteine ในกรดไนตริก และปิเปตไป 200 ไมโครลิตร นำไปตรวจวัดด้วยเครื่อง MA-3000 ได้ผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปรอทตัวอย่าง H12 ด้วย การเจือจางก่อนตรวจวัด

ข้อมูล	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ปริมาตรที่ตรวจวัด (µL)	200	200
ความสูงพีค	0.00463	0.00378
ปรอทจากกราฟ (ng)	0.213	0.170
ปรอทในตัวอย่าง (mg kg ⁻¹)	5325	4250

ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในตัวอย่าง H12 นี้มีค่า 4250-5325 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือร้อยละ 0.4-0.5 ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานไปมาก แสดงว่ามีการเติมสารปรอทหลงไปในผลิตภัณฑ์โดยตั้งใจจากผู้ผลิต เมื่อดูข้อมูลของครีมตัวอย่าง H12 จากตารางที่ 1 จะพบว่า เป็นครีมที่มีราคาต่อกรัมสูงที่สุด รวมทั้งมีเลขที่จดแจ้ง ที่ยังคงสถานะมีอยู่ในเว็บไซต์การตรวจสอบของ คณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข จึงอาจเป็นไปได้ว่า ตัวอย่างนี้เป็นของปลอมจึงได้มีการเติมปรอทหลงไปปริมาณมากขนาดนี้

4. สรุป

เทคนิคการวิเคราะห์ปรอทโดยตรงด้วยการสลายตัวด้วยความร้อน สามารถตรวจวัดได้รวดเร็ว มีข้อเสียแค่อายุของปรอทซึ่งจะถูกดูดซับเพื่อเก็บไปกำจัด เป็นของเสียอันตราย แต่เทคนิคนี้จะไม่เหมาะสมสำหรับตรวจวัดปรอทปริมาณมากระดับเปอร์เซ็นต์ ที่น่าจะใช้ชุดทดสอบเพื่อตรวจสอบเบื้องต้น หรือถ้าต้องการลดของเสียจากการตรวจวัดจากการใช้ชุดทดสอบ อาจใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ ที่เรียกว่าเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์สเปกโทรโฟโตมิเตอร์แบบพกพา ซึ่งสามารถตรวจวัดปรอทในครีมหน้าขาวได้ตั้งแต่ 200 มิลลิกรัมเมอคิวรีคลอไรด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่างขึ้นไป [19] จัดเป็นเทคนิคที่ไม่ต้องเตรียมตัวอย่างเช่นกัน มาทดสอบเบื้องต้นก่อน จากนั้นจึงนำตัวอย่างที่ตรวจไม่พบ มาตรวจวัดด้วยเทคนิคการสลายตัวด้วยความร้อน ข้อจำกัดของเทคนิคการวิเคราะห์ปรอทโดยตรงด้วยการสลายตัวด้วยความร้อน นี้อาจอยู่ที่การที่ต้องใช้เวลานานในการทำความสะอาดโบ๊ท ซึ่งถ้ามีจำนวนโบ๊ทมากพออาจช่วยได้โดยการนำโบ๊ทไปทำความสะอาดในเตาเผาอุณหภูมิสูงที่ตั้งอยู่ในตู้ดูดควันเพื่อกำจัดไอปรอท นอกจากนี้ผู้วิเคราะห์ต้องมีความชำนาญในการใช้อุปกรณ์พื้นฐานอย่างเครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง และไมโครปิเปตที่คุณภาพดีสามารถดูดสารที่ปริมาตรต่ำกว่า 10 ไมโครลิตรได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท โคแอกซ์ กรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ปรอท MA-3000 ของบริษัท Nippon Instruments Corporation; NIC ประเทศญี่ปุ่น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] R. D. Barr, B. A. Woodger and P. H. Rees, "Levels of mercury in urine correlated with the use of skin lightening creams," *The American Journal of Clinical Pathology*, vol. 59, pp. 36-40, Feb. 1973.

[2] C. C. Sun, "Allergic contact dermatitis of the face from contact with nickel and

- ammoniated mercury in spectacle frames and skin-lightening creams,” *Contact Dermatitis*, vol. 17, pp. 306–309, Jul. 1987.
- [3] M. M. Weldon, M. S. Smolinski, A. Maroufi and B. W. Hasty, “Mercury poisoning associated with a Mexican beauty cream,” *The Western Journal of Medicine*, vol. 173, no. 1, pp. 15-18, Jul. 2000.
- [4] T. Y. Chan, “Inorganic mercury poisoning associated with skin-lightening cosmetic products,” *Clinical Toxicology*, vol. 49, no. 10, pp. 886-891, Sep. 2011.
- [5] A. Boonprachom, N. Yukittichai, N. Ekkabut, N. Pongnimitprasert and N. Nuntharatanapong, “Investigation of ammoniated mercury and hydroquinone in whitening creams distributed in amphur muangnakhon pathom province,” *Thai Bulletin of Pharmaceutical Sciences*, vol. 8, no. 1, pp. 1-8, Jan. 2013.
- [6] P. Kongseree. (2015, Mar 27). Mercury Test Kit-Cosmetics, Department of Chemistry Faculty of Science Mahidol University. [Online]. Available:https://old.mahidol.ac.th/th/latest_news58/DMSc-Award.html
- [7] S. S. Agrawal and M. Mazhar, “Adulteration of mercury in skin whitening creams – A nephrotoxic agent,” *Current Medicine Research and Practice*, vol. 5, pp. 172-175, Aug. 2015.
- [8] Y. B. Ho, N. H. Abdullah, H. Hamsan and E. S. S. Tan, “Mercury contamination in facial skin lightening creams and its health risks to user,” *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, vol. 88, pp. 72-76, May 2017.
- [9] C. P. Peregrino, M. V. Moreno, S. V. Miranda, A. D. Rubio and L. O. Leal, “Mercury Levels in Locally Manufactured Mexican Skin-Lightening Creams,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 8, no. 6, pp. 2516-2523, Jun. 2011.
- [10] S. S. Agrawal and P. Sharma, “Current status of mercury level in skin whitening creams,” *Current Medicine Research and Practice*, vol. 7, no. 2, pp. 47-50, Apr. 2017.
- [11] S. Y. Ng, F. Dewi, J. Wang, L. P. Sim, R. Y. C. Shin, and T. K. Lee, “Development of a cosmetic cream certified reference material: Certification of lead, mercury and arsenic mass fractions in cosmetic cream,” *International Journal of Mass Spectrometry*, vol. 389, pp. 59-65, Oct. 2015.
- [12] J. V. Cizdziel and S. Gerstenberger, “Determination of total mercury in human hair and animal fur by combustion atomic absorption spectrometry,” *Talanta*, vol. 64, pp. 918-921, Jun. 2004.
- [13] D. Saniewsk and M. Bętdowska, “Mercury fractionation in soil and sediment samples using thermo-desorption method,” *Talanta*, vol. 168, pp. 152–161, Mar. 2017.
- [14] A. Luippold and M. S. Gustin, “Mercury concentrations in wet and dry cat and dog food,” *Animal Feed Science and Technology*, vol. 222, pp. 190–193, Oct. 2016.
- [15] L. Makedonski, K. Peycheva and M. Stancheva, “Determination of heavy metals in selected black sea fish species,” *Food Control*, vol. 72, pp. 313-318, Aug. 2017.
- [16] F. Jalilehvand, B. O. Leung, M. Izadifard and E. Damian, “Mercury(II) Cysteine Complexes in Alkaline Aqueous Solution,” *Inorganic Chemistry*, vol. 45, no. 1, pp. 66-73, Jan. 2006.
- [17] G. D. Long and J. D. Winefordner, “Limit of detection, A closer look at the IUPAC

definition," *Analytical Chemistry*, vol. 55, no. 7, pp. 712A-724A, Jun. 1983.

[18] AOAC, "Guidelines for standard method performance requirements: Appendix F," Arlington, VA, 2012, pp. 9.

[19] C. R. Hamann *et al.*, "Spectrometric analysis of mercury content in 549 skin-lightening products: Is mercury toxicity a hidden global health hazard?," *Journal of the American Academy of Dermatology*, vol. 70, no. 2, pp. 281-287, Feb. 2014.

