

บทความวิจัย

การหาลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะโดยใช้เซลล์ไฟฟ้าเคมี

LATENT FINGERPRINTS DETECTION ON METAL PHYSICAL EVIDENCE
USING ELECTROCHEMICAL CELL

อดิเรก พิทักษ์^{1,2} อวิกา แสงวิมาน^{1,2} เขมฤทัย งามะพัฒน์^{1,2*} สุรินทร์ ชมเสาร์หัส³ และ ศิริประภา รัตตัญญู³

¹ ห้องปฏิบัติการสังเคราะห์และการใช้ประโยชน์จากเคมีสีเขียว ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด กรุงเทพฯ 10140

² กลุ่มวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์เพื่อคำตอบของสังคม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด กรุงเทพฯ 10140

³ กองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

Adirek Pitak^{1,2}, Awika Saengwiman^{1,2}, Kheamrutai Thamaphat^{1,2*},

Surin Chomsaohus³ and Siriprapa Rattanyu³

¹ Green Synthesis and Application Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science,
King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Bangkok 10140

² Applied Science and Engineering for Social Solution, King Mongkut's University of Technology Thonburi,
Bangmod, Bangkok 10140

³ Central Police Forensic Science Division, Office of Police Forensic Science,
Royal Thai Police, Pathum Wan, Bangkok 10330

*Email: s903607@yahoo.com

บทคัดย่อ

ลายนิ้วมือประกอบด้วยรูปแบบของเส้นนูนซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัวสำหรับแต่ละบุคคล และไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบตั้งแต่เกิดจนตาย ดังนั้นรอยลายนิ้วมือจึงเป็นพยานหลักฐานสำคัญในการเชื่อมโยงไปหาผู้กระทำความผิด โดยรอยลายนิ้วมือที่พบบนวัตถุพยานที่รวบรวมได้ในสถานที่เกิดเหตุส่วนใหญ่เป็นลายนิ้วมือประเทรรอยลายนิ้วมือแฝง (latent fingerprints หรือ LFPs) ซึ่งมองไม่เห็นหรือมองเห็นด้วยตาเปล่าไม่ชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวิธีการตรวจหา LFPs บนวัตถุที่เป็นโลหะ เช่น อาวุธ เครื่องมือ และปลอกกระสุนปืน โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า โดยอาศัยเซลล์ อิเล็กโทรไลต์อย่างง่าย ประกอบด้วยแท่งคาร์บอนและตัวอย่างวัตถุพยานทำหน้าที่เป็นขั้วบวกและลบ ตามลำดับ ขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 นี้ จุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเซลล์ ไอออนบวกจะเคลื่อนที่มารับอิเล็กตรอนที่ขั้วลบ เกิดเป็นอนุภาคของโลหะเคลือบที่ผิววัตถุตัวอย่างบริเวณที่ไม่มีรอยลายนิ้วมือเท่านั้น ทำให้สามารถเห็นภาพรอยลายนิ้วมือได้อย่างชัดเจน ในการทดลองได้ทำการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสม ผลการทดลองพบว่าการใช้สารละลาย AgNO_3 ความเข้มข้น 5 mM ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 5 V สามารถตรวจหา LFPs บนพื้นผิวเรียบและขรุขระ เช่น แผ่นทองแดง ทองเหลือง

เหล็ก สแตนเลส สังกะสี และเหรียญกษาปณ์ ได้ภายในเวลา 1 นาที นอกจากนั้นยังพบว่าการตรวจการ LFPs ด้วยวิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านี้ สามารถทำให้ LFPs ที่สดใหม่และ LFPs ที่มีอายุซึ่งมีรูปแบบของรอยนิ้วมือปรากฏให้เห็นเพียงเล็กน้อย มีรายละเอียดปรากฏชัดเจนขึ้นได้ ปัจจุบันวิธีการตรวจหา LFPs ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ได้รับการยืนยันโดยสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ ประเทศไทย และมีการนำไปใช้จริงในทางปฏิบัติเพื่อเพิ่มความคมชัดของ LFPs บนพื้นผิวของวัตถุที่เป็นโลหะแล้ว

คำสำคัญ: รอยลายนิ้วมือแฝง เซลล์ไฟฟ้าเคมี การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า วัตถุพยาน โลหะ

ABSTRACT

Fingerprints (FPs) consist of line patterns formed on the finger tips named as ridges. They are unique to each person and immutable; therefore, they have been mostly used as important physical evidence in criminal investigation purposes. The latent fingerprints (LFPs) are the most common form of FPs evidence presented at a crime scene. They are the most problem because they are present but largely invisible. Therefore, a new, rapid and more efficient method for LFPs detection on metallic objects such as weapons, tools and cartridges using electrodeposition was developed in this work. A simple electrolytic cell consists of a carbon rod as an anode and the physical evidence sample as a cathode immersed in an electrolyte solution. When the direct current was applied, cations were reduced to the metal particles at cathode. The metal particles were coated only on the conductive areas except LFPs residues areas. It resulted in a negative image of the LFPs with high contrast. In the experiment, the suitable electrolyte solution and its concentration were investigated. It was found that the best visual contrast of the FPs on both smooth and rough surfaces such as copper, brass, iron, stainless steel, zinc plates and coin was observed within a minute using 5 mM AgNO_3 as the electrolyte solution at a potential difference of 5 V. Furthermore, both fresh and aged LFPs, which minutiae features of the ridges, could be observed in more detail by this method. At present, this method has been approved and practically used by the Office of Police Forensic Science, Thailand for visualization of LFPs on metal surfaces.

Keywords: latent fingerprints, electrochemical cell, electrodeposition, physical evidence, metal

บทนำ

การเก็บรวบรวมพยานหลักฐานในการสืบสวนหาตัวผู้กระทำผิดมารับโทษตามกฎหมายเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากพยานหลักฐานแต่ละชิ้นสามารถระบุตัวผู้กระทำผิดและขั้นตอนในการกระทำผิดได้ โดยพยานหลักฐานที่สามารถพบได้ในสถานที่เกิดเหตุ เช่น คราบเลือด คราบอสุจิ คราบน้ำลาย รอยฟัน เส้นผม และรอยลายนิ้วมือ เป็นต้น แต่รอยลายนิ้วมือเป็นพยานหลักฐานที่มีความสำคัญและพบมากที่สุดบนวัตถุพยาน สามารถนำมาตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลเพื่อยืนยันตัวผู้กระทำผิดได้อย่างถูกต้อง เพราะลายนิ้วมือของมนุษย์มีลักษณะพิเศษไม่เหมือนกัน แม้กระทั่งฝาแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกันซึ่งมีรหัสพันธุกรรม (DNA) เหมือนกัน ก็ยังคงมีลายนิ้วมือที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ลายนิ้วมื่อยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ (ridge) ตั้งแต่เกิดจนตาย (Jackson and Jackson, 2011) ซึ่งรอยลายนิ้วมือที่พบในสถานที่เกิดเหตุสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ รอยลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (visible fingerprints หรือ VFPs) และรอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นหรือมองเห็นด้วยตาเปล่าไม่ชัดเจน (latent fingerprints หรือ LFPs) VFPs เกิดจากนิ้วมือที่เปื้อนเลือดหรือสีไปสัมผัสกับวัตถุพยานเกิดเป็นรอยลายนิ้วมือบนพื้นผิววัตถุนั้น หรืออาจเกิดจากการประทับนิ้วมือบนวัตถุผิวนิ่ม (plastic fingerprints) เช่น ดินน้ำมัน ช็อกโกแลตก้อน หรือปูนที่ยังไม่แห้ง ทำให้มองเห็นรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิววัตถุได้อย่างชัดเจน ส่วน LFPs เกิดจากคราบเหงื่อและคราบไขมันที่ถูกขับออกจากต่อมเหงื่อที่อยู่บนเส้นขนของลายนิ้วมือ เมื่อนิ้วมือไปสัมผัสกับวัตถุจะทำให้คราบเหงื่อและคราบไขมันติดอยู่บนพื้นผิววัตถุนั้น เนื่องจากคราบเหงื่อและคราบไขมันมีลักษณะใสไม่มีสี จึงทำให้มองเห็นรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิววัตถุนั้นไม่ชัดเจนหรือไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Choi et al., 2008) โดยรอยลายนิ้วมือที่พบบนวัตถุพยานที่รวบรวมได้ในสถานที่เกิดเหตุส่วนใหญ่เป็นลายนิ้วมือประเภท LFPs ซึ่งเป็นที่ยอมรับในทางกฎหมายของทุกประเทศทั่วโลกในการนำมาใช้ตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล

วัตถุพยานหลักฐานส่วนใหญ่ที่พบในสถานที่เกิดเหตุ เช่น ปลอกกระสุนปืน มีด กุญแจ เหรียญพระเครื่อง และอาวุธพกพาต่างๆ จะเป็นวัตถุที่มีส่วนประกอบของโลหะซึ่งเป็นพื้นผิวที่ไม่รูพรุน (non-porous surface) พื้นผิวประเภทนี้จะไม่สามารถดูดซับเอาส่วนประกอบใดๆ ของคราบเหงื่อและไขมันได้ ทำให้รอยลายนิ้วมื่อยังคงปรากฏอยู่บนพื้นผิววัตถุได้เป็นเวลานานหากไม่ถูกลบทิ้งหรือได้รับผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม (ไทพีศรีนิติ, 2537) โดยวิธีการตรวจหา LFPs บนวัตถุพยานที่เป็นโลหะนั้น สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ จะนิยมใช้อยู่ 4 วิธี คือ การปิดผงฝุ่นดำ (carbon black dust) การอบโอกราว (super glue) ร่วมกับการปิดผงฝุ่นดำ การอบโอกราวร่วมกับการฉายแสงความยาวคลื่นต่างๆ (polilight) และการอบโอกราวร่วมกับการย้อมสีโรดามีน 6G (rhodamine 6G) แล้วจึงฉายแสงความยาวคลื่นต่างๆ ซึ่งในการปิดผงฝุ่นดำนั้นต้องใช้ความชำนาญในการปิดโดยปิดวนตามเส้นลายนิ้วมือและไม่ให้เป็นการทำลาย LFPs และต้องไม่ใช้ผงฝุ่นในการปิดมากเกินไป เพราะผงฝุ่นมักฟุ้งกระจายในอากาศส่งผลเสียต่อระบบทางเดินหายใจ นอกจากนี้การปิดผงฝุ่นดำไม่สามารถใช้หา LFPs ที่

มีอายุ (aged LFPs) ได้ สำหรับวิธีการรอบโอภาวต้องใช้ระยะเวลาสั้นครั้งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมงตามขนาดของวัตถุ และรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏยังไม่ชัดเจนเพียงพอที่จะนำไปตรวจเอกลักษณ์บุคคลได้ เนื่องจากอนุภาคของไซยาโนอะคริเลต (cyanoacrylate) จะไปจับกับส่วนที่เป็นน้ำและไขมัน เกิดเป็นคราบสีขาวเกาะอยู่บริเวณ LFPs และบริเวณอื่นๆ ที่มีความชื้น ดังนั้นการรอบโอภาวจึงต้องใช้ร่วมกับวิธีการอื่นๆ ด้วย เช่น หลังจากรอบโอภาวแล้วต้อง 1) ทำการปิดผงฝุ่นข้างลงไปบนคราบที่คาดว่าจะมีรอยลายนิ้วมือ 2) ฉายแสงความยาวคลื่นต่างๆ หรือ 3) ย้อมสี R6G แล้วจึงฉายแสงความยาวคลื่นต่างๆ จึงทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการตรวจหา LFPs ที่มากขึ้น ก่อให้เกิดความล่าช้าในการจับกุมผู้กระทำผิด และสิ้นเปลืองงบประมาณภาครัฐในการจัดหาสารเคมีและเครื่องมือต่างๆ ดังนั้นหน่วยงานทางด้านตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์จึงยังคงต้องการวิธีการใหม่และมีประสิทธิภาพในการตรวจหา LFPs บนวัตถุที่เป็นโลหะ

หลายปีที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยที่นำเสนอวิธีการตรวจหา LFPs บนวัตถุที่เป็นโลหะ ในปี ค.ศ. 2007 ได้มีการนำเอาผงไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ที่มีคุณสมบัติทางแสงมาตรวจหา LFPs พบว่าอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีขนาดในระดับไมครอน เป็นผงสีขาว ให้ผลดีในการพัฒนาหา LFPs บนวัตถุพื้นผิวเรียบ (Choi et al., 2007) ต่อมาในปี ค.ศ. 2009 ได้มีนักวิทยาศาสตร์พัฒนานาอนุภาคนาโนของ CdSe มาประยุกต์ใช้หา LFPs เนื่องจากว่าอนุภาคนาโนของ CdSe มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ สามารถเรืองแสงได้ หา LFPs ได้ง่าย และเหมาะกับผู้ที่ไม่มี ความถนัดทางด้านเคมี ผลการทดลองพบว่าค่า pH มีผลต่อความคมชัดของ LFPs ที่ปรากฏ โดยเบสอ่อนๆ จะเห็นรอยลายนิ้วมือปรากฏได้ชัดเจนกว่าเบสแก่ภายใต้การกระตุ้นของแสงในความยาวคลื่น 380 nm (Wang et al., 2009) ต่อมาในปี ค.ศ. 2011 ได้มีนักวิจัยทำการทดลองหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเพื่อพัฒนาหา LFPs โดยนำเอา TiO_2 SPR เจนเซิล ไวโอเลตมาเปรียบเทียบกับ CdSe ที่มีขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตร เพื่อหา LFPs บนวัสดุหลากหลายชนิด เช่น แผ่นซีดี กระป๋องน้ำ แผ่นพลาสติก แผ่นอะลูมิเนียมบาง แผ่นกระเบื้อง พื้นผิวมีรูพรุน เทปกาชชนิดต่างๆ และแผ่นไม้ ซึ่งอนุภาคนาโนของ CdSe สามารถหาลายนิ้วมือที่ผ่านมาหลายวันได้ภายใน 5-15 นาที เหมาะที่จะใช้กับวัสดุที่ไม่มีรูพรุน และค่า pH ที่เหมาะสม คือ 8 จะมีประสิทธิภาพในการหา LFPs ได้ดีที่สุด (Wang et al., 2011)

ในปี ค.ศ. 2012 ได้มีการนำเอาวิธีการเคลือบโลหะโดยใช้เทคนิคสเปตเตอร์ริงมาใช้ในการตรวจหา LFPs โดยการเคลือบทองแดงหรือฟิล์มบางของทองที่มีความหนาประมาณ 20-30 nm บนพื้นผิวของโลหะ ซึ่งจะเคลือบไม่ติดบน LFPs จึงทำให้เห็นลายนิ้วมือปรากฏขึ้น โดยวิธีการนี้สามารถตรวจหา LFPs ที่มีอายุประมาณ 1 เดือน ได้ และใช้เวลาไม่นานประมาณ 1 นาที แต่วิธีการนี้ใช้สารตั้งต้นที่มีราคาแพง เครื่องมือในการเคลือบฟิล์มมีราคาสูง ระบบยุ่งยากซับซ้อนเนื่องจากต้องมีระบบสุญญากาศ เครื่องมือมีขนาดใหญ่ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ต้องใช้สำหรับตรวจหา LFPs ในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น (Ramos and Vieira, 2012) ต่อมาในปี ค.ศ. 2013 ได้มีการนำประโยชน์ของการนำไฟฟ้ามาใช้ในการหา LFPs บนวัสดุที่นำไฟฟ้า โดยทำการเคลือบอนุภาคนาโนของทองบนพื้นผิวของโลหะโดยใช้เทคนิคการเคลือบด้วยวิธีทางไฟฟ้า พบว่าเทคนิคนี้เป็นวิธีทางไฟฟ้าเคมีที่ง่ายและรวดเร็ว มีประสิทธิภาพในการแสดง

ผลลายนี้นิ้วมือบนวัตถุที่นำไฟฟ้าได้ทั้งพื้นผิวที่เรียบและพื้นผิวขรุขระ แต่เป็นวิธีที่มีต้นทุนสูง ชุดอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาแพง เนื่องจากใช้เป็นขั้วไฟฟ้า 3 ขั้ว ซึ่งมีขั้วแคโทด แอโนด และขั้วอ้างอิง นอกจากนั้นยังไม่สะดวกในการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ (Qin et al., 2013) ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวิธีการใหม่ที่สามารถตรวจหา LFPs ได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และมีราคาถูก โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์

การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (electrodeposition) คือ กระบวนการที่ทำให้อนุมูลของโลหะในสารละลายเคลื่อนที่ไปเคลือบบนผิววัสดุที่ต้องการชุบเคลือบด้วยสนามไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ประกอบด้วยขั้วร่วม (counter electrode หรือ CE) หรือขั้วแอโนด ขั้วทำงาน (working electrode หรือ WE) หรือขั้วแคโทด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolytic solution) ซึ่งเป็นเกลือของโลหะ การชุบโลหะด้วยไฟฟ้าปกตินิยมใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ สี เครื่องจักรกลหนัก อิเล็กทรอนิกส์ และการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อตกแต่งผลิตภัณฑ์ให้เกิดความสวยงาม/แวววาว ป้องกันการผุกร่อนและยืดอายุการใช้งาน เพิ่มความสามารถในการนำไฟฟ้า เพิ่มความแข็ง และช่วยในงานเชื่อมประสานโลหะ อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการของเซลล์ไฟฟ้าเคมีมาประยุกต์ใช้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ สำหรับตรวจหาและเพิ่มความคมชัดของ LFPs บนพื้นผิววัตถุพยานที่เป็นโลหะ โดยได้ทำการศึกษาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาที่เหมาะสมในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เพื่อให้ LFPs ปรากฏบนพื้นผิววัสดุได้ชัดเจนที่สุด นอกจากนั้นยังได้ศึกษาผลของอายุของ LFPs ต่อความสามารถในการตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

วิธีการ

1. การเตรียมวัตถุพยานตัวอย่าง

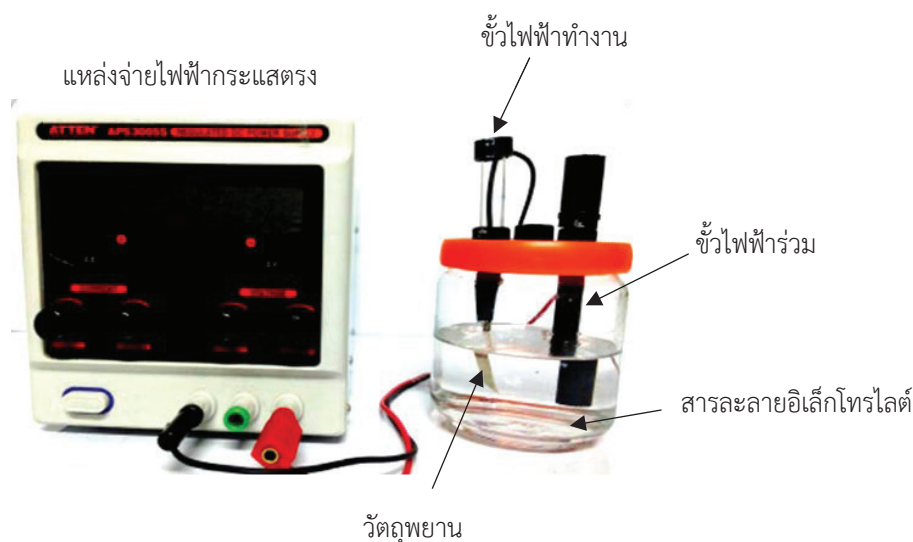
วัตถุพยานตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย แผ่นทองเหลือง (C2801) แผ่นทองแดง (C1100) แผ่นสแตนเลส (S304) แผ่นสังกะสี (G3302) และเหรียญกษาปณ์ ซึ่งเป็นวัสดุที่มีส่วนประกอบของโลหะที่พบมากในสถานที่เกิดเหตุ เช่น ปลอกกระสุนปืน เหรียญ กุญแจ แม่กุญแจ ลูกบิดประตู มีดและอาวุธพกพา โดยนำแผ่นโลหะมาตัดให้มีขนาด $3 \times 3 \text{ cm}^2$ แล้วนำมาทำความสะอาดโดยนำไปแช่ในอะซิโตนเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปแช่ต่อในเอทานอลเป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน และทิ้งไว้ให้แห้ง เพื่อจำลอง LFPs ต่อไป

2. การจำลอง LFPs บนพื้นผิวของวัตถุพยานตัวอย่าง

การจำลอง LFPs บนพื้นผิวของวัตถุต่างๆ ทำได้โดยการให้อาสาสมัคร 1 คน เป็นผู้ประทับลายนิ้วมือตลอดการทดลองเพื่อให้รูปแบบลายนิ้วมือไม่เปลี่ยนแปลง ก่อนทำการประทับรอยลายนิ้วมือให้อาสาสมัครล้างทำความสะอาดมือให้สะอาด แล้วใช้นิ้วลูบบริเวณที่โชนบนใบหน้าเพื่อให้นิ้วสัมผัสสารคัดหลั่งจากต่อมไขมันจนเคลือบติดอยู่บนลายนิ้วมือ จากนั้นจึงประทับนิ้วมือลงบนแผ่นโลหะตัวอย่างโดยใช้มวลขนาด 1 kg กดทับเป็นเวลา 5 วินาที หลังจากนั้นจึงนำแผ่นโลหะที่ประทับรอยลายนิ้วมือแล้วไปใช้ในการทดลองเพื่อตรวจหา LFPs ต่อไป

3. การตรวจหา LFPs บนวัตถุพยานที่เป็นโลหะโดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

ในกระบวนการตรวจหา LFPs ด้วยวิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ใช้หลักการของเซลล์ไฟฟ้าเคมีแบบเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ชุดอุปกรณ์ประกอบด้วยชิ้นทำงานที่สร้างจากแท่งอะคริลิกทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 mm ยาว 10 cm โดยด้านหนึ่งต่อปากคีบสำหรับจับวัตถุพยานที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ส่วนอีกด้านต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (ATTEN, APSA0035S) และขั้วร่วมซึ่งใช้แท่งคาร์บอนทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 mm และยาว 15 cm (Thai Carbon & Graphite Co., Ltd.) ต่อเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ ขั้วไฟฟ้าทั้งสองนี้จุ่มอยู่ในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต หรือ AgNO_3 (Poch) ความเข้มข้น 5 mM ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์สำหรับตรวจหา LFPs บนวัสดุโลหะโดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

ในการทดลองได้ทำการศึกษาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า และผลของอายุของ LFPs ต่อความสามารถในการตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การศึกษาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

การทดลองในตอนนี้จะทำการจำลอง LFPs ที่สดใหม่บนแผ่นทองเหลือง แล้วทำการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยใช้ชุดอุปกรณ์ดังรูปที่ 1 กำหนดให้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วร่วมและชิ้นทำงานเท่ากับ 4, 5 และ 6 V ที่แต่ละค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะใช้เวลาในการตรวจหา LFPs เท่ากับ 1, 3, 6 และ 10 นาที หลังจากนั้นจะนำแผ่นวัสดุตัวอย่างมาถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล Canon (IXUS 130) ในกล่องควบคุมแสง เพราะแสงมีผลต่อภาพ LFPs ที่ได้ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์และ

เปรียบเทียบความคมชัดของ LFPs ที่ปรากฏหลังทำการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เมื่อได้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และระยะเวลาที่เหมาะสมในตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าแล้ว จึงใช้เงื่อนไขดังกล่าวเพื่อหา LFPs บนแผ่นทองแดง สแตนเลส สังกะสี และเหรียญกษาปณ์

2. การศึกษาผลของอายุของ LFPs ต่อความสามารถในการตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

การทดลองในตอนนี้จะทำการตรวจหา LFPs ที่มีอายุ 1, 3, 7 และ 14 วัน บนแผ่นทองเหลือง โดยใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในตอนต้นที่ 3.1 หลังจากนั้นจึงนำแผ่นวัสดุตัวอย่างมาถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล Canon (IXUS 130) ในกล่องควบคุมแสง แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความคมชัดของ LFPs ที่ปรากฏหลังทำการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

ผลการทดลองและวิจารณ์

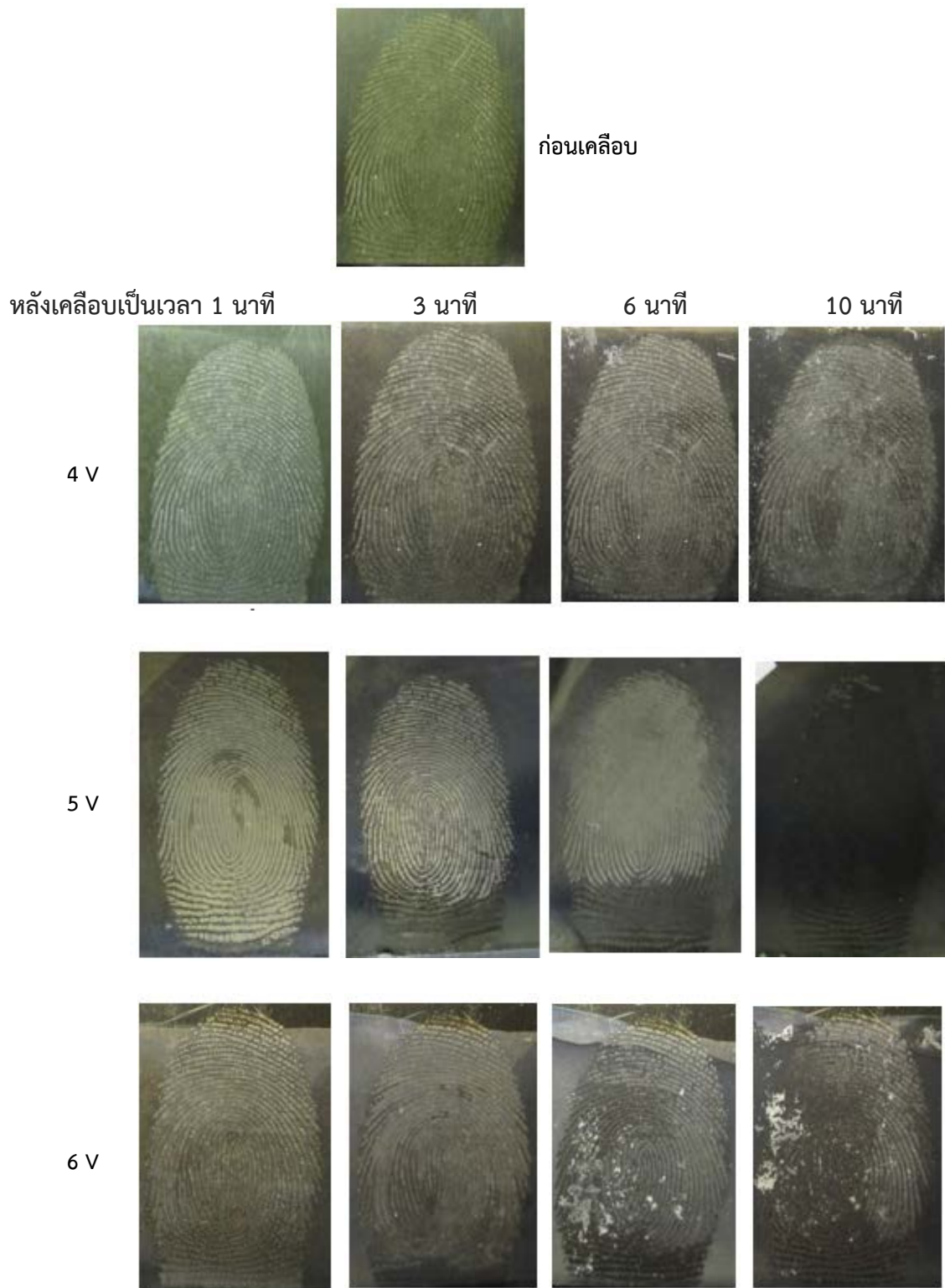
1. ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาที่เหมาะสมในตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

ผง AgNO_3 เมื่อละลายในน้ำจะแตกตัวเป็น Ag^+ และ NO_3^- และเมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ในสารละลายซึ่งประกอบด้วย Ag^+ ในความเข้มข้นที่มากกว่า Ag^+ ที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงาน (ซึ่งก็คือวัตถุที่ยานที่ต้องการตรวจหา LFPs) จะเกิดการแพร่ของ Ag^+ ไปยังผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงานเนื่องจากอิทธิพลของสนามไฟฟ้า เพื่อไปรับอิเล็กตรอนที่บริเวณพื้นผิวของวัตถุเฉพาะบริเวณที่ไม่มีสารคัดหลั่งหลังจากนิ้วมือที่สัมผัสเท่านั้น ซึ่งเมื่อ Ag^+ รับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นโลหะเงิน (Ag) ที่มีสีเทาดำ สำหรับบริเวณที่มีสารคัดหลั่ง (LFPs) Ag^+ จะไม่สามารถไปรับอิเล็กตรอนที่บริเวณนั้นได้ เนื่องจากองค์ประกอบของสารคัดหลั่งจะทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้า ดังนั้นจากปรากฏการณ์นี้เองจึงทำให้เห็นเป็นรอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้น

ในการทดลองเพื่อหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับตรวจหา LFPs นั้นได้จำลอง LFPs ที่สดใหม่บนแผ่นทองเหลือง และหา LFPs บนพื้นผิวของแผ่นทองเหลืองโดยกำหนดให้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้เท่ากับ 4, 5 และ 6 V และใช้ระยะเวลาในการตรวจหาเท่ากับ 1, 3, 6 และ 10 นาที ภาพถ่าย LFPs บนพื้นผิวของแผ่นทองเหลืองก่อนและหลังการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยใช้กล้องดิจิตอลภายใต้กล่องควบคุมแสง แสดงดังรูปที่ 2 จากรูปพบว่าเมื่อค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 4 V Ag ที่ไปเคลือบบนพื้นผิวของแผ่นทองเหลืองจะทำให้พื้นผิวมีสีขาว เมื่อใช้เวลาในการเคลือบมากขึ้นจะมีสีดำ แต่รายละเอียดของเส้นลายนิ้วมือที่ปรากฏจะไม่ชัดเจนแม้ว่าจะเพิ่มเวลาในการเคลือบจนถึง 10 นาที เมื่อค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 5 V และใช้เวลาในการเคลือบ 1-3 นาที Ag ที่ไปเคลือบบนพื้นผิวของแผ่นทองเหลืองจะทำให้พื้นผิวมีสีดำ ทำให้ลายนิ้วมือที่ปรากฏมีความคมชัด และสามารถสังเกตเห็นรายละเอียดของเส้นลายนิ้วมือที่มีความชัดเจนมากขึ้น ทำให้สามารถแยกเส้นลายนิ้วมือแต่ละเส้นได้อย่างไร

ก็ตามเมื่อค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 6 V Ag ลายนิ้วมือที่ปรากฏจะไม่มีคมชัด ไม่สามารถสังเกตเห็นรายละเอียดของลายนิ้วมือได้อย่างชัดเจน เพราะเกิดการเหลื่อมล้ำกันจนไม่สามารถแยกลายนิ้วมือแต่ละเส้นออกจากกันได้ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสม คือ 5 V โดยใช้เวลา 1 นาที ในการชุบโลหะเพื่อตรวจหา LFPs

เมื่อนำแผ่นวัสดุตัวอย่างไปวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวและปริมาณธาตุต่างๆ บนพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope หรือ SEM) และเอกซเรย์สเปกโตรมิเตอร์แบบกระจายพลังงาน (energy dispersive X-ray spectrometer หรือ EDX) ตามลำดับ (JEOL, JSM-6610 LV) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะพื้นผิวของแผ่นวัสดุตัวอย่างก่อนและหลังทำการตรวจหา LFPs โดยใช้แผ่นทองแดงที่มี LFPs แบบสดใหม่ติดอยู่เป็นวัตถุตัวอย่าง และทำการตรวจหา LFPs โดยใช้ความต่างศักย์ 5 V เป็นเวลา 1 นาที รูปที่ 3 แสดงภาพถ่าย SEM ของพื้นผิวของแผ่นทองแดงที่มี LFPs ติดอยู่ ก่อนและหลังทำการตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ และรูปที่ 4 แสดงองค์ประกอบของธาตุในบริเวณต่างๆ ด้วยเทคนิค EDX



รูปที่ 2 ภาพถ่าย LFPs ที่ปรากฏหลังทำการเคลือบด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 4, 5 และ 6 V เป็นระยะเวลาต่างๆ โดยใช้สารละลาย AgNO_3 ที่มีความเข้มข้น 5 mM

บริเวณที่ไม่มีสารคัดหลั่ง (คราบเหงื่อหรือคราบไขมัน) จากนิ้วมือ

ไม่ผ่านการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

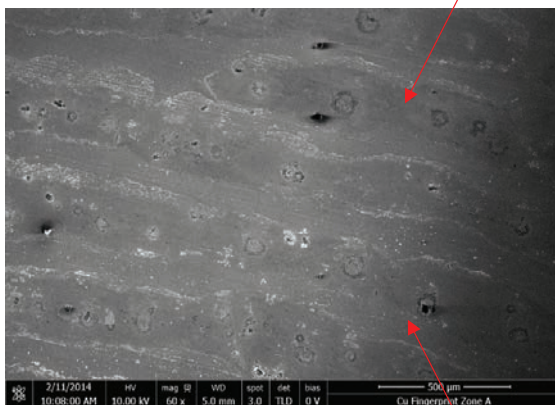


ผ่านการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า
ที่ความต่างศักย์ 5 V
เป็นเวลา 1 นาที

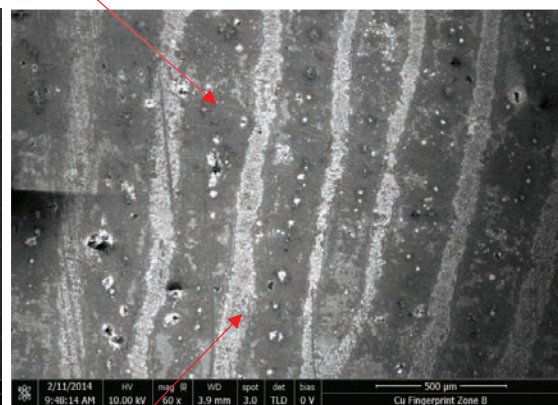
บริเวณที่มีสารคัดหลั่ง (คราบเหงื่อหรือคราบไขมัน) จากนิ้วมือ

ภาพถ่าย LFPs บนแผ่นทองแดงด้วยกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัล

บริเวณที่มีสารคัดหลั่ง (คราบเหงื่อหรือคราบไขมัน) จากนิ้วมือ



ไม่ผ่านการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

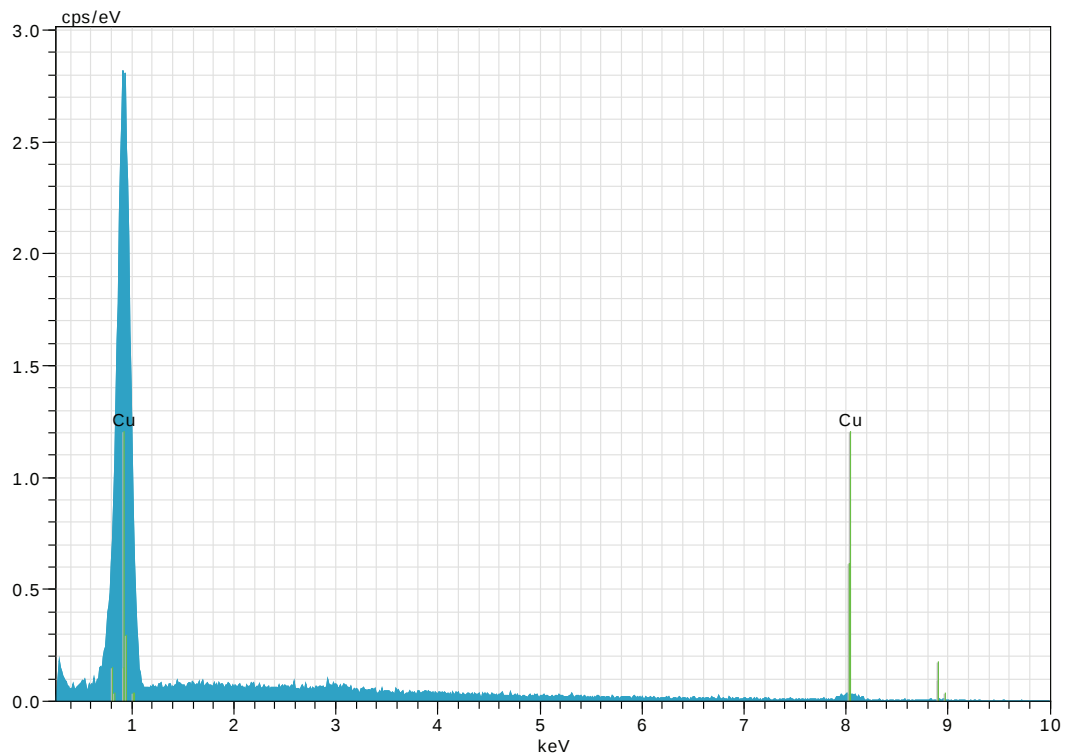


ผ่านการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์
5V เป็นเวลา 1 นาที

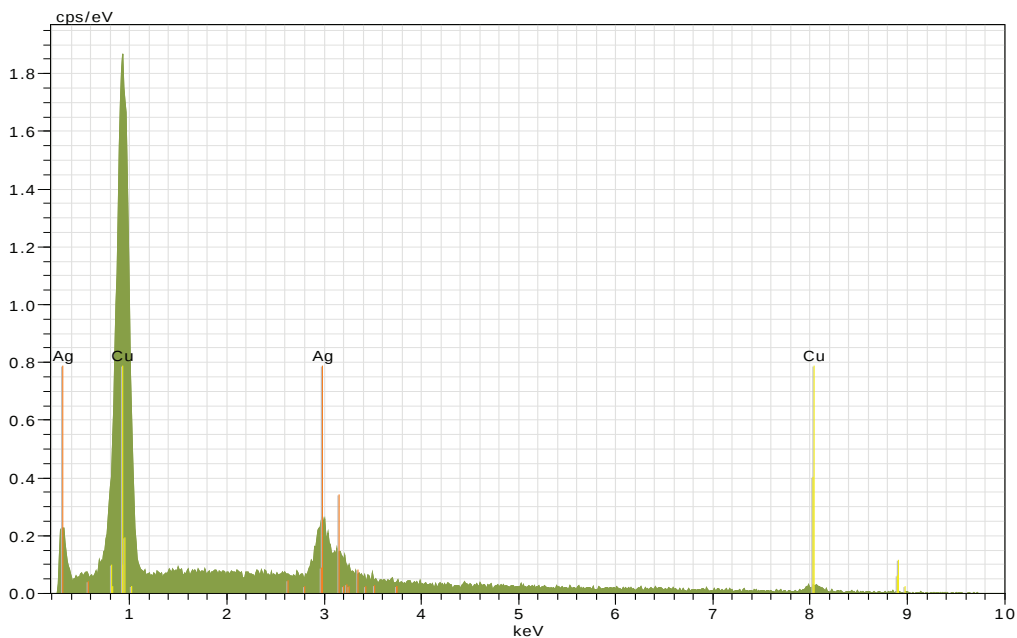
บริเวณที่ไม่มีสารคัดหลั่ง (คราบเหงื่อหรือคราบไขมัน) จากนิ้วมือ

ภาพถ่าย SEM

รูปที่ 3 ภาพถ่ายและภาพ SEM ของพื้นผิวของแผ่นทองแดงบริเวณที่มีและไม่มีสารคัดหลั่งประทับ
ก่อนและหลังการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าเพื่อหา LFPs



บริเวณที่มีสารคัดหลังประทับ



บริเวณที่ไม่มีสารคัดหลังประทับ

รูปที่ 4 สเปกตรัม EDX ที่แสดงถึงปริมาณของธาตุองค์ประกอบบนพื้นผิวของแผ่นทองแดงบริเวณที่มีและไม่มีสารคัดหลังประทับภายหลังการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าเพื่อหา LFPs ที่ความต่างศักย์ 5 V เป็นเวลา 1 นาที

จากรูปที่ 3 และ 4 จะเห็นว่าพื้นผิวของแผ่นทองแดงบริเวณที่มีสารคัตหลังติดอยู่ จะพบธาตุทองแดง (Cu) ปริมาณ 100 % หลังจากทำการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าเพื่อหา LFPs แต่พื้นผิวของแผ่นทองแดงบริเวณที่ไม่มีสารคัตหลังติดอยู่จะปรากฏ Ag ปริมาณ 23.99% และพบ Cu เป็นปริมาณ 76.01% แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า Ag จะเคลือบอยู่บนพื้นผิวของวัสดุบริเวณที่ไม่มีสารคัตหลังติดอยู่ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าเท่านั้น แต่จะไม่เคลือบบนบริเวณที่มีสารคัตหลังซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้า ทำให้เห็นความแตกต่างของสีระหว่างพื้นผิววัสดุกับ LFPs จึงทำให้เห็นรอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้นอย่างชัดเจนและสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าดังกลไกที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

ก่อนเคลือบ



หลังเคลือบ



แผ่นทองแดง

แผ่นทองเหลือง

แผ่นสแตนเลส

แผ่นสังกะสี



ก่อนเคลือบ



หลังเคลือบ

เหรียญห้าบาท

รูปที่ 5 ภาพถ่าย LFPs ที่ปรากฏบนพื้นผิวของวัสดุต่างๆ โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 5 V และใช้ระยะเวลาในการเคลือบ 1 นาที

เมื่อนำหลักการเดียวกันนี้ไปหา LFPs บนแผ่นโลหะอื่นๆ ที่มีพื้นผิวเรียบ ได้แก่ แผ่นทองแดง ทองเหลือง สแตนเลส และสังกะสี และตัวอย่างวัตถุที่มีพื้นผิวขรุขระ คือ เหรียญกษาปณ์ ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ AgNO_3 ความเข้มข้น 5 mM สามารถหา LFPs บนพื้นผิวของโลหะต่างๆ ได้ภายในระยะเวลา 1 นาที โดยใช้หลักการชุบโลหะด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ความต่างศักย์เท่ากับ 5 V ซึ่งจะทำให้การเคลือบ Ag บนพื้นผิวของโลหะบริเวณที่ปราศจากคราบเหงื่อ/คราบไขมันจากต่อมเหงื่อและต่อมไขมันที่อยู่บนเส้นขนของลายนิ้วมือบนนิ้วมือ (ซึ่งก็คือบริเวณที่ไม่มีสารคัดหลั่งประทับอยู่นั่นเอง) จึงทำให้เกิดรอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้นอย่างชัดเจน และสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่รอยลายนิ้วมือที่ปรากฏขึ้นมานี้ ส่วนที่มีสีดำจะเป็นส่วนของเส้นร่องของลายนิ้วมือบนนิ้วมือ ดังนั้นจึงต้องทำการเปลี่ยนให้ส่วนที่มีสีดำเป็นส่วนของเส้นขนแทน (เช่นเดียวกับวิธีการหา LFPs วิธีการอื่นๆ ที่กองพิสูจน์หลักฐานใช้อยู่ในปัจจุบัน) โดยนำภาพถ่ายของลายนิ้วมือที่ปรากฏขึ้นมาให้สีในโทนเทา (grayscale) และทำการปรับภาพให้บริเวณที่มีสีขาวเป็นสีดำและบริเวณที่มีสีดำเป็นสีขาวด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CC ก็จะได้ภาพลายนิ้วมือที่ลายเส้นสีดำคือเส้นขน และลายเส้นสีขาวคือส่วนของเส้นร่องของลายนิ้วมือบนนิ้วมือ ดังแสดงในรูปที่ 6



ภาพรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิว
หลังจากการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า



ภาพรอยลายนิ้วมือในโหมดสี
แบบ grayscale



ภาพรอยลายนิ้วมือหลังจาก
ปรับให้เป็นสีตรงกันข้าม

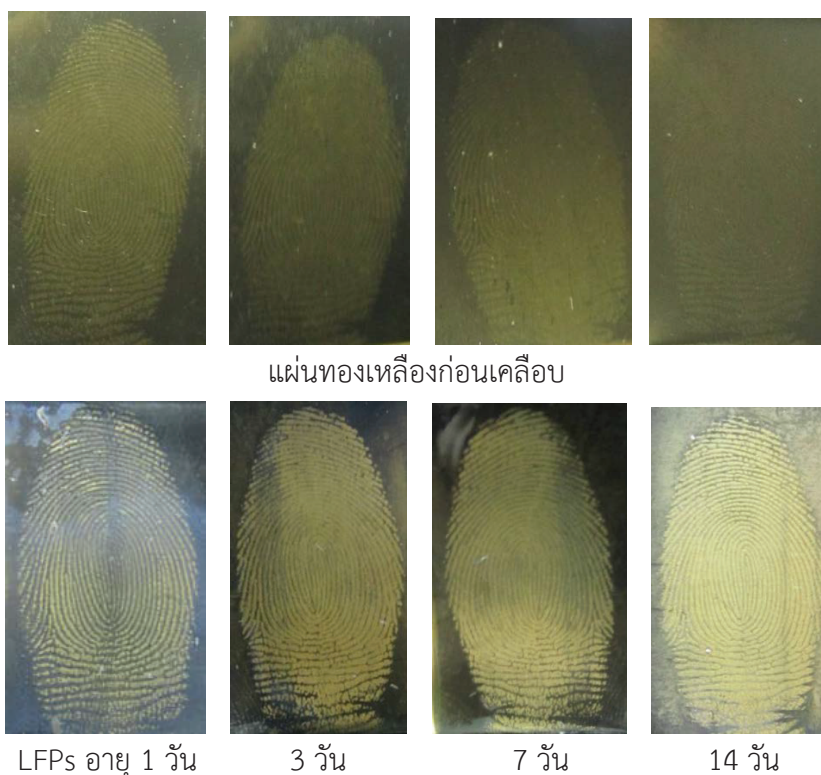
รูปที่ 6 การเปลี่ยนสีภาพถ่ายโดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CC

2. ผลของอายุของ LFPs ต่อความสามารถในการตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

ในเหตุการณ์คดีต่างๆ ที่เกิดขึ้น เจ้าหน้าที่กลุ่มงานตรวจสถานที่เกิดเหตุไม่สามารถเข้าไปยังสถานที่เกิดเหตุได้ทันทีทันใด ทำให้รอยลายนิ้วมือที่อยู่บนวัตถุพยานไม่ใช่รอยลายนิ้วมือที่สดใหม่ ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงทำการศึกษาผลของอายุของ LFPs ต่อความสามารถในการตรวจหา LFPs โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า โดยทำการจำลองอายุของ LFPs ที่มีอายุต่างๆ ได้แก่ LFPs แบบสดใหม่

LFPs ที่มีอายุ 1, 3, 7 และ 14 วัน บนแผ่นทองเหลือง แล้วทำการ LFPs ด้วยวิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า โดยใช้สารละลาย AgNO_3 ความเข้มข้น 5 mM ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วร่วมและขั้วทำงานเป็น 5 V และระยะเวลาในการตรวจหา LFPs เท่ากับ 1 นาที ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 7

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลานานขึ้น รายละเอียดของเส้นลายนิ้วมือของ LFPs นั้นไม่ชัดเจน เพราะ LFPs เริ่มเลือนหายไปเนื่องจากองค์ประกอบบางส่วนที่อยู่ในสารคัดหลังเกิดการระเหยไปตามกาลเวลา ซึ่งสังเกตได้จากภาพถ่ายก่อนทำการตรวจหา LFPs และเมื่อทำการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าพบว่า Ag ที่ไปเคลือบบนพื้นผิวของแผ่นทองเหลืองมีสีดำ ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างพื้นผิววัสดุและ LFPs อย่างชัดเจน ทำให้ ปรากฏรอยลายนิ้วมือที่มีความคมชัดแม้อายุของ LFPs จะผ่านไปถึง 2 อาทิตย์ นอกจากนั้นโลหะเงินนี้สามารถเคลือบติดบนพื้นผิวของวัตถุได้เป็นระยะเวลานานโดยไม่มีการจางหาย ยกเว้นจะมีการขูดขีดอย่างตั้งใจ



แผ่นทองเหลืองก่อนเคลือบ

LFPs อายุ 1 วัน

3 วัน

7 วัน

14 วัน

รูปที่ 7 ผลการตรวจหา LFPs บนแผ่นทองเหลืองที่ LFPs มีอายุแตกต่างกัน โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 5 V เป็นเวลา 1 นาที

สรุป

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการใหม่สำหรับการประยุกต์ใช้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อเพิ่มความคมชัดของ LFPs บนวัสดุที่เป็นโลหะ โดยใช้วิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าซึ่งใช้สารละลาย AgNO_3 ความเข้มข้น 5 mM เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 5 V โดยวิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านี้สามารถทำให้ LFPs ปรากฏได้ชัดเจนขึ้นเนื่องจาก Ag^+ ในสารละลายจะไปปรับอิเล็กตรอนที่พื้นผิวของโลหะ และเกิดเป็น Ag เคลือบที่ผิวโลหะบริเวณที่เกิดจากเส้นร่องบนนิ้วมือเท่านั้น จึงทำให้เห็นรอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้นได้ ซึ่งวิธีการนี้เหมาะสำหรับหา LFPs บนพื้นผิวโลหะได้ทุกชนิด แม้ว่าจะมีองค์ประกอบของสารคัดหลั่งที่ติดอยู่บนพื้นผิวของโลหะเพียงเล็กน้อย นับเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว โดยใช้เวลาในการตรวจหา LFPs เพียงแค่ 1 นาที สามารถใช้วิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้แทนวิธีการตรวจหา LFPs บนวัสดุโลหะที่สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจใช้อยู่ในปัจจุบันได้ เนื่องจากมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และมีราคาถูกกว่า ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายของหน่วยงานภาครัฐในการนำเข้าสารเคมีหรืออุปกรณ์ต่างๆ จากต่างประเทศได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558 กลุ่มเรื่องความมั่นคงและปัญหาชายแดนใต้ แผนงานการวิจัยและพัฒนาเพื่อดำรงสภาพและ/หรือเพิ่มประสิทธิภาพสิ่งอุปกรณ์ทางทหาร

เอกสารอ้างอิง

- ไทพีศรีนิติ ภัคติกุล. (2545). **หลักการสืบสวนสอบสวนและการพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์**. เชียงใหม่: คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Choi, M.J., McDonagh, A.M., Maynard, P. and Roux, C. (2008). Metal-containing nanoparticles and nano-structured particles in fingerprint detection. **Forensic Science International**, **179**, 87-97.
- Choi, M.J., Smoother, T., Martin, A.A., McDonagh, A.A., Maynard, P.J. and Lennard, C. (2007). Fluorescent TiO_2 powders prepared using a new perylene dimide dye: applications in latent fingerprint detection. **Forensic Science International**, **173**, 154-160.
- Jackson, A.R.W. and Jackson, J.M. (2011). **Forensic Science**. (3rd ed.) Harlow: Pearson Prentice Hall.

- Wang, Y., Mo, Y. and Zhou, L. (2011). Synthesis of CdSe quantum dots using selenium dioxide as selenium source and its interaction with pepsin. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, **79**, 1311-1315.
- Wang, Y.F., Yang, R.Q., Wang, Y.J., Shi, Z.X. and Liu, J.J. (2009). Application of CdSe nanoparticle suspension for developing latent fingerprints on the sticky side of adhesives. **Forensic Science International**, **185**, 96-99.
- Qin, G., Zhang, M., Zhang, Y., Zhu, Y., Liu, S., Wu, W. and Zhang, X. (2013). Visualizing latent fingerprints by electrodeposition of metal nanoparticles. **Journal of Electrochemical Chemistry**, **693**, 122-126.
- Ramos, A.S. and Vieira, M.T. (2012). An efficient strategy to detect latent fingerprints on metallic surfaces. **Forensic Science International**, **217**, 196-203.