# บทที่ 2

# เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

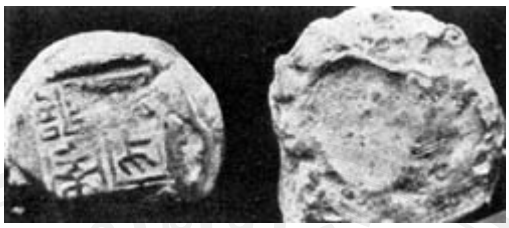
## 2.1 ลายนิ้วมือ

ลายนิ้วมือ คือ ส่วนที่เป็นสันนูนขึ้นมาตรงบริเวณผิวหนังส่วนนอกสุดของมือและเท้า สันที่นูนขึ้นจะเชื่อมกันเป็นแนว มองเห็นเป็นลายเส้นซึ่งจะมีรูปแบบและขนาดแตกต่างกันไปโดยในช่วงของชีวิตคนเรา ลายนิ้วมือเกิดขึ้นตั้งแต่เมื่อตอนเป็นทารกในครรภ์มารดาและจะคงอยู่ตลอดชั่วอายุ จนกระทั่งเสียชีวิต เว้นเสียแต่ว่าจะมีการลบ ลอก หรือขูดขีดลายนิ้วมือให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ลายนิ้วมือจะสลายไปพร้อมกับร่างกาย ลายนิ้วมือของบุคคลไม่เคยเปลี่ยนแปลงแม้อายุจะเพิ่มขึ้นหรือสภาพแวดล้อมเปลี่ยน ลายเส้นที่มีบนนิ้วมือจึงเป็นเสมือนบันทึกถาวรของบุคคลตลอดชีวิต (6)

### 2.1.1 ประวัติความเป็นมาของลายนิ้วมือ (7)

ลายนิ้วมือมีประวัติความเป็นมาทั้งในด้านวงการแพทย์ นิติเวชศาสตร์ พันธุกรรมและมานุษยวิทยา ดังปรากฏหลักฐานแรกเริ่มในภาพเขียนสมัยก่อนประวัติศาสตร์ ซึ่งเป็นภาพมือมีร่องรอยของลายมือชัดเจน และหลักฐานที่ชาวจีนสมัยโบราณใช้รอยพิมพ์นิ้วหัวแม่มือบนดินเหนียวที่ปิดผนึกหีบใส่เงินเพื่อใช้ส่งมอบ อาจลำดับเหตุการณ์ตามปีพุทธศักราชได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.1 ตราผนึกดินเหนียวลายนิ้วมือของชาวจีน

ที่มา : http://onin.com/fp/fphistory.html

ปี พ.ศ. 2229 Marcello Malpighi ศาสตราจารย์ด้านกายวิภาคศาสตร์ของมหาวิทยาลัยโบโลนญา เขียนหนังสือเกี่ยวกับลายนิ้วมือระบุชนิดลายนิ้วมือเป็นแบบมัดหวายและแบบก้นหอย

ปี พ.ศ. 2266 ศาสตราจารย์เพอคินเจ (Purkinje) แห่งมหาวิทยาลัยเบรสโล (University of Breslau) ประเทศเยอรมนี เขียนหนังสืออธิบายแบบแผนลายนิ้วมือพื้นฐาน 9 แบบ ซึ่งยังคงใช้อยู่จนถึงทุกวันนี้

ปี พ.ศ. 2366 ดร. เฮนรี่ ฟิลด์ส (Henry Faulds) เขียนบทความตีพิมพ์อธิบายว่าลายนิ้วมือสามารถเป็นเครื่องระบุตัวบุคคลได้ ท่านจึงได้รับยกย่องให้เป็นบุคคลแรกในวงการนิติวิทยาศาสตร์ที่บุกเบิกการใช้ รอยลายนิ้วมือที่ทิ้งไว้บนขวดเหล้า (รอยลายนิ้วมือแฝง) เป็นสิ่งพิสูจน์บุคคลได้

ปี พ.ศ. 2401 เซอร์ วิลเลียม เฮอร์เชล (Sir William Herschel) ชาวอังกฤษ เป็นคนแรกที่นำลายนิ้วมือมาใช้ประโยชน์ในการพิสูจน์บุคคล ในประเทศอินเดียและเป็นที่ยอมรับทั่วโลก

ปี พ.ศ. 2425 กิลเบอร์ต ทอมป์สัน (Gilbert Thompson) แห่งกองสำรวจธรณีวิทยาสหรัฐอเมริกา เสนอให้ใช้ลายนิ้วมือบนเอกสารสำคัญ เพื่อป้องกันการปลอมแปลงลายมือชื่อ

ปี พ.ศ. 2435 เซอร์ ฟรานซิส กาลตัน (Sir Francis Galton) นักมานุษยวิทยาชาวอังกฤษ ได้ตีพิมพ์บทความวิชาการเป็นครั้งแรกเกี่ยวกับระบบแบบแผนลายนิ้วมือที่สามารถระบุบุคคลได้ด้วยลักษณะพิเศษของลายเส้นบนลายนิ้วมือที่เป็นเอกลักษณ์ เฉพาะบุคคลที่เรียกว่า จุดสำคัญ (Minutiae point) ซึ่งสามารถอยู่ได้ทนทานถาวรตลอดอายุของบุคคลนั้น หลักการของกาลตันที่ใช้จุดสำคัญ นี้ยังคงใช้อยู่จนทุกวันนี้

ปี พ.ศ. 2444 หน่วยสืบราชการลับสก๊อตแลนด์ยาร์ด แห่งประเทศอังกฤษ ได้ปรับปรุงระบบจำแนกลายนิ้วมือของกาลตันขึ้นใหม่ โดยผู้บังคับการตำรวจนครบาล ชื่อ เซอร์ เอ็ดเวิร์ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เฮนรี่ (Sir Edward Henry) ใช้ชื่อระบบใหม่ว่า ระบบระบุลายนิ้วมือของกาลตันและเฮนรี่ (Galton-Henry Fingerprint Identification System)

ปี พ.ศ. 2446 ระบบเรือนจำแห่งรัฐนิวยอร์ค สหรัฐอเมริกา ได้เริ่มใช้ลายนิ้วมือเป็นเครื่องมือระบุตัวอาชญากร ในปีถัดมากองทัพสหรัฐอเมริกาใช้ลายนิ้วมือในการระบุบุคคลที่ขึ้นทะเบียนทหาร ขณะเดียวกันตำรวจเมืองบูเอนอสแอเรส ได้ตีพิมพ์วิธีใช้ลายนิ้วมือในการค้นหา และระบุตัวฆาตกร โดยใช้หลักฐานจากรอยลายนิ้วมือที่ทิ้งไว้บนเสาประตู วิธีการนี้ยังคงใช้จนถึงทุกวันนี้

ในช่วงปี พ.ศ. 2448 – 2473 องค์กรด้านกฎหมายทั่วสหรัฐอเมริกา ได้หันมาใช้ลายนิ้วมือเป็นเครื่องระบุตัวบุคคล

ปี พ.ศ. 2462 รัฐสภาอเมริกันได้จัดตั้งหน่วยงานเอฟบีไอ ซึ่งเป็นแหล่งรวบรวมจัดทำแผ่นลายนิ้วมือของประชากรอเมริกัน นับแต่นั้นเป็นต้นมา

**2.1.2 ประวัติลายนิ้วมือในประเทศไทย (8)**

ปี พ.ศ. 2444 มีการก่อตั้งกองพิมพ์ลายนิ้วมือขึ้นในกองลหุโทษเป็นครั้งแรก โดยกรมหลวงราชบุรีดิเรกฤทธิ์ เสนาบดีกระทรวงยุติธรรมในสมัยนั้นได้ให้เจ้ากรมกองลหุโทษในสมัยนั้นจัดการทดลองพิมพ์ลายนิ้วมือของตนนำไปถวาย และเมื่อทรงตรวจแล้วเห็นว่าใช้การได้ จึงได้ทรงเป็นผู้ดำเนินการแนะนำอบรมสั่งสอนวิชาระบบพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยพระองค์เอง โดยทรงให้จัดการพิมพ์ลายนิ้วมือตามระบบเฮนรี่ ของนักโทษที่กำลังจะพ้นโทษเก็บไว้เพื่อใช้เป็นหลักฐานว่าได้เคยกระทำความผิดมาก่อน จึงนับได้ว่าพระองค์ทรงเป็นผู้ให้กำเนิดการพิมพ์ลายนิ้วมือขึ้นเป็นพระองค์แรกในประเทศไทย เปรียบเสมือนพระองค์เป็นพระบิดาแห่งวิชาลายนิ้วมือของประเทศไทย

ปี พ.ศ. 2447 กองพิมพ์ลายนิ้วมือได้รับการยกฐานะขึ้นเป็นกรมพิมพ์ลายนิ้วมือ

ปี พ.ศ. 2455 เริ่มมีการดำเนินการอบรมเจ้าหน้าที่ วิธีการ ปรับเปลี่ยนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์ลายนิ้วมือ จนกระทั่งปี พ.ศ. 2500

ปี พ.ศ. 2457 กรมพิมพ์ลายนิ้วมือย้ายมาสังกัดกรมราชทัณฑ์

ปี พ.ศ. 2473 กรมพิมพ์ลายนิ้วมือถูกลดฐานะเป็นกองทะเบียนพิมพ์ลายนิ้วมือ สังกัดกรมตำรวจภูบาล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปี พ.ศ. 2475 มีการเปลี่ยนแปลงการปกครอง กรมตำรวจภูบาลถูกเปลี่ยนเป็นกองตำรวจสันติบาล กองทะเบียนพิมพ์ลายนิ้วมือ จึงเปลี่ยนชื่อเป็น กองทะเบียนประวัติอาชญากร

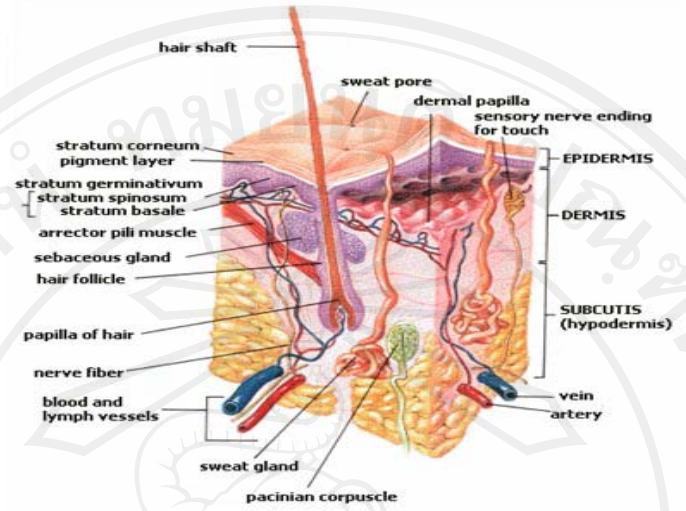
ปี พ.ศ. 2500 ยูซอมได้ส่งเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญมาช่วยแนะนำและอบรมการวางหลักเกณฑ์ให้ตามแบบอย่างการเก็บลายพิมพ์นิ้วมือของตำรวจเอฟบีไอและต่อมาได้เริ่มทำการตรวจสอบและเก็บแบบลายพิมพ์นิ้วมือตามแบบอย่างและวิธีการของตำรวจเอฟบีไอ

**2.1.3 การเกิดลายนิ้วมือ**

กระบวนการเกิดลายนิ้วมือในมนุษย์ที่สำคัญ (2) เริ่มตั้งแต่หลังปฏิสนธิประมาณ 10 สัปดาห์ โดยเมื่อตัวอ่อนมีขนาดได้ 80 มิลลิเมตร ผิวหนังของทารกจะประกอบด้วยส่วนหลักๆ 2 ส่วน คือ ชั้นหนังกำพร้าที่อยู่ติดกับชั้นหนังแท้ ซึ่งเรียกว่า Basal layer โดยจะเป็นชั้นที่ลึกที่สุดของหนังกำพร้าที่จะติดอยู่กับหนังแท้ และส่วนที่เป็นชั้นหนังแท้ ซึ่งจะยังคงมีลักษณะที่ไม่แน่นอนประกอบด้วย Fibroblasts และ Collagen fiber ทั้งนี้จากการศึกษาของเพนโรส และโอฮารา (Penrose and O'Hara) โอคาจิมา (Okajima) และบาคเลอร์ (Bakler) พบว่าลายเส้นบนนิ้วมือเริ่มสร้างขึ้นประมาณสัปดาห์ที่ 10 ถึง 11 หลังจากที่ไข่ผสมกับตัวอสุจิ และในช่วงเวลาดังกล่าวยังพบว่าลายเส้นบนผิวหนังปรากฏเป็นครั้งแรกในบริเวณผิวหนังภายนอก (Basal layer of epidermis) มีชื่อเรียกว่า ลายเส้นปฐมภูมิ (Primary ridge) แล้วเจริญเติบโตต่อไปจนกระทั่งประมาณสัปดาห์ที่ 14 ซึ่งจะเป็นช่วงที่ต่อมเหงื่อเริ่มเกิดขึ้นตามแนวลายเส้นปฐมภูมิบนกลางฝ่ามือ (Primary ridge formation creases) จากนั้นลายเส้นทุติยภูมิ (Secondary ridge) จึงเริ่มเกิดขึ้นระหว่างลายเส้นปฐมภูมินั้น และพัฒนาจนกระทั่งถึงประมาณสัปดาห์ที่ 24 ถึง 25 ก็คงสภาพอยู่อย่างนั้นไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งการสร้างลายเส้นบนนิ้วมือจะถูกควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมร่างกายมากถึง 7 ตำแหน่ง และเป็นการถ่ายทอดทางพันธุกรรมที่สิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลร่วมด้วย (Polygenic trait, Multifactorial inheritance) โดยยีนหลายคู่มีปฏิกิริยาร่วมกับสิ่งแวดล้อมในระยะตัวอ่อนในครรภ์ (Prenatal stress) มีผลให้แต่ละคนมีเส้นลายนิ้วมือที่แตกต่างกันไปเกิดเป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล จึงมีการนำลายเส้นผิวหนังโดยเฉพาะลายนิ้วมือไปใช้ประโยชน์ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ คือ การพิสูจน์บุคคลและด้านการแพทย์ในการช่วยวินิจฉัยโรคพันธุกรรมได้ (2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยผิวหนังสามารถแบ่งตามลักษณะของโครงสร้างได้เป็น 2 ชั้นหลักๆ คือ ชั้นหนังกำพร้า และชั้นหนังแท้




รูป 2.2 โครงสร้างของชั้นผิวหนัง

ที่มา : http://www.web-books.com/eLibrary/Medicine/Physiology/Skin/Skin.html

1. ชั้นหนังกำพร้า (Epidermis) เป็นผิวหนังที่อยู่ชั้นบนสุด มีลักษณะบางมาก ประกอบไปด้วยเซลล์เรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ โดยเริ่มต้นจากเซลล์ชั้นในสุด ติดกับหนังแท้ ซึ่งจะแบ่งตัวเติบโตขึ้นแล้วค่อยๆ เลื่อนมาทดแทนเซลล์ที่อยู่ชั้นบนจนถึงชั้นบนสุด แล้วก็ กลายเป็นขี้ไคลหลุดออกไป นอกจากนี้ในชั้นหนังกำพร้ายังมีเซลล์ เรียกว่า เมลานิน ปะปนอยู่ด้วย เมลานินมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับบุคคลและเชื้อชาติจึงทำให้สีผิวของคนแตกต่างกันไป ในชั้นของหนังกำพร้าไม่มีหลอดเลือด เส้นประสาท และต่อมต่างๆ นอกจากเป็นทางผ่านของรูเหงื่อ เส้นขน และไขมันเท่านั้น (9)

2. ชั้นหนังแท้ (Dermis) เป็นผิวหนังที่อยู่ชั้นล่างถัดจากหนังกำพร้าและหนากว่าหนังกำพร้ามาก ผิวหนังชั้นนี้ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อคอลลาเจน (Collagen) และอีลาสติน (Elastin) หลอดเลือดฝอย เส้นประสาท กล้ามเนื้อเกาะเส้นขน ต่อมไขมัน ต่อมเหงื่อ และขุมขนกระจายอยู่ทั่วไป (9)

ผิวหนังที่มีลักษณะเป็นลายเส้นนูนขึ้นมาบนฝ่ามือและฝ่าเท้า เรียกว่า เส้นนูน (Friction ridge หรือ Papillary) โดยลักษณะ ตำแหน่ง และความสัมพันธ์ ของเส้นนูนในคนแต่ละคนจะแตกต่างกันแม้กระทั้งบนนิ้วมือในมือเดียวกัน จึงทำให้ทุกคนที่เกิดมาไม่มีลายนิ้วมือซ้ำกันเลย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลายเส้นนูนบนฝ่ามือและฝ่าเท้ามีมาตั้งแต่เป็นตัวอ่อน (Fetus) ในระหว่างเดือนที่ 3 และ 4 ของการตั้งครรภ์ เมื่อคลอดออกมาเป็นทารก ขนาดเท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อร่างกายเจริญเติบโตขึ้น เมื่อตายและผิวหนังเริ่มเน่า ลายเส้นเปลี่ยน บาดแผลหรือเชื้อโรคทำให้ลายเส้นเปลี่ยนได้เมื่อผิวหนังแท้ (Dermis) ถูกทำลาย ลายนิ้วมือของคนซึ่งมีลักษณะเป็นร่องจะมีลักษณะแตกต่างกัน (2)

**2.2 รอยลายนิ้วมือ**

รอยลายนิ้วมือ คือ การประทับของปลายนิ้วซึ่งมีรายละเอียดของลายเส้นบนผิวหนังที่กลับด้านกัน รอยลายนิ้วมือ (Fingerprints) นับเป็นร่องรอยที่ใช้เป็นหลักฐานซึ่งพบได้อย่างสามัญที่สุดในบรรดาวัตถุพยานและร่องรอยหลักฐานทั้งหมด และยังพิสูจน์ได้อย่างมีคุณค่าที่สุดในแง่ที่ว่าสามารถใช้ระบุยืนยันถึงตัวบุคคลผู้เป็นเจ้าของได้อย่างเด็ดขาดว่า รอยลายที่พบได้ในที่เกิดเหตุนั้นจะใช่หรือไม่ใช่ของนิ้วใดของบุคคลใดอย่างปราศจากข้อโต้แย้ง 100% และเป็นการตรวจเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์ได้อย่างที่เรียกว่า Positive test คือ ถ้าใช่-ต้องใช่ และถ้าไม่ใช่-ต้องไม่ใช่ นั้นจึงทำให้รอยลายนิ้วมือจึงถือว่ายังคงมีคุณค่าสูงสุดไม่เปลี่ยนแปลงตราบจนถึงปัจจุบัน (3)

วัตถุพยานรอยลายนิ้วมือนั้นบอบบางและเปราะบางโดยธรรมชาติ รอยลายนิ้วมืออาจถูกตรวจเก็บได้อย่างชาญฉลาด ทำให้ชัดเจนขึ้น หรือถูกทำลายได้โดยง่าย การประสบความสำเร็จในการตรวจเก็บลายนิ้วมือนั้นจึงขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ความรู้ ทักษะ ความสามารถของบุคคล รวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ด้วย

ดังนั้น เจ้าหน้าที่คนแรกที่มาถึงสถานที่เกิดเหตุต้องมีสำนึกเรื่องลายนิ้วมือ มีความรู้เรื่องคุณค่าและความเป็นไปได้ของวัตถุพยานชนิดรอยลายนิ้วมือที่อาจจะมีอยู่และต้องรักษา รวมถึงป้องกันไว้ให้เจ้าหน้าที่แผนกตรวจสถานที่เกิดเหตุที่จะตามไปทีหลัง

**รอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุ**

รอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุเป็นพยานหลักฐานที่แสดงว่าบุคคลที่เป็นเจ้าของลายนิ้วมือได้เข้าไปในสถานที่เกิดเหตุหรือได้สัมผัสกับวัตถุที่ตรวจพบลายนิ้วมือ โดยรอยลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุจึงเป็นวัตถุพยานที่มีค่ามากสำหรับการสืบสวนในคดีอาชญากรรมทั้งนี้แบ่งออกเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2 ประเภท คือ รอยลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Patent fingerprint) และรอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นหรือเห็นได้ยากด้วยตาเปล่า (Latent fingerprint) (3)

1) รอยลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Patent fingerprint) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1) Visible prints หมายถึง รอยที่เกิดจากลายนิ้วมือซึ่งเปรอะเปื้อนสิ่งอื่นมาก่อน เช่น โลหิต สี คราบน้ำมัน และฝุ่น เป็นต้น แล้วมาสัมผัสกับวัตถุสิ่งของอื่น การทิ้งรอยภาพไว้จึงปรากฏตามลักษณะของลายนิ้วมือซึ่งมีสิ่งนั้นๆติดมาด้วย ทำให้เราสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนด้วยตาเปล่า โดยมีลักษณะเป็นภาพ 2 มิติ คือมีเพียงความกว้างและความยาวเท่านั้น (3)

1.2) Plastic prints หมายถึง รอยภาพที่ปรากฏอยู่อย่างถาวรอย่างหนึ่งที่ส่วนของเส้นนูนของผิวหนังได้สัมผัสกับวัตถุสิ่งของซึ่งมีลักษณะที่มีความอ่อนตัว โดยถ้าวัตถุหรือสิ่งของที่ถูกสัมผัสนั้นหากไม่มีการหลอมหรือละลายแล้ว มันก็จะคงภาพรอยลายนิ้วมืออยู่ในผิวของมันตลอด วัตถุหรือสิ่งของนั้น ได้แก่ ครั่ง ดินน้ำมัน เทียนไข สบู่ เป็นต้น โดยรอยที่ปรากฏจะมีลักษณะเป็นภาพ 3 มิติ คือ มีทั้งความกว้าง ความยาว และความลึก (3)

2) รอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า (Latent fingerprint) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “รอยลายนิ้วมือแฝง” ซึ่งเป็นรอยลายนิ้วมือที่ตรวจพบในสถานที่เกิดเหตุเป็นส่วนใหญ่ มีลักษณะเป็นรอยลายนิ้วมือที่เกิดจากจากสารที่ขับถ่ายออกมาจากต่อมเหงื่อ ต่อมไขมันและไขมันจากเนื้อเยื่อของผิวหนังซึ่งจะกระจายอยู่บนเส้นนูน เมื่อมือที่เปียกสารไปสัมผัสกับวัตถุ สารที่ขับถ่ายออกมาจะถ่ายเทไปยังผิวของวัตถุที่นิ้วมือนั้นจับต้องจนเกิดเป็นรอยที่มองเห็นไม่ชัดหรือมองไม่เห็นเลย โดยสารที่ขับจากต่อมเหงื่อจะมีลักษณะใสไม่มีสี มีค่า pH 4-7 ประกอบด้วยความชื้นประมาณ 98-99% สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ประมาณ 1-2% สารอนินทรีย์ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม เป็นต้น สารอินทรีย์ ได้แก่ กรดอะมิโน (โปรตีน) ยูเรีย และกรดแลกติก เป็นต้น ส่วนสารที่ขับจากต่อมไขมันก็มีลักษณะใสไม่มีสี ประกอบด้วย กรดไขมัน และวิตามิน เป็นต้น

โดยคุณภาพและปริมาณของสารที่ขับจากต่อมไขมันจะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล ซึ่งก่อนหน้านี้มีหลายงานวิจัยที่ทำการศึกษาในรอยลายนิ้วมือแฝงที่เกี่ยวข้องกับเรื่ององค์ประกอบของไขมัน อาทิ กรดไขมัน, Long chain fatty acid esters, Squalene, Choresterol และ Wax esters เป็นต้น โดยพบว่าองค์ประกอบของไขมันที่มีอยู่ในรอยลายนิ้วมือแฝงจะมีความแตกต่างกันในระหว่างบุคคล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งในส่วนของอายุและเพศ (8) ปริมาณของสารที่ขับออกมาจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงหรือความตึงเครียดของจิตใจสูง ปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการหลั่งเหงื่อก็คือ ความชื้นในอากาศ ยิ่งอากาศชื้นมากเท่าใด การระเหยของน้ำก็เป็นไปได้น้อยลงเท่านั้น เหงื่อจะออกมากแต่ก็ระเหยไม่ได้ ประกอบกับไขมันที่ติดอยู่บนลายนิ้วมือจะทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏอยู่ได้นานขึ้น ไขมันเบากว่าน้ำจะลอยอยู่ข้างบนของน้ำ และลดอัตราการระเหยของน้ำ หลังจากน้ำระเหยไปไขมันจะยังคงปรากฏอยู่

**2.3 วิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง (8)**

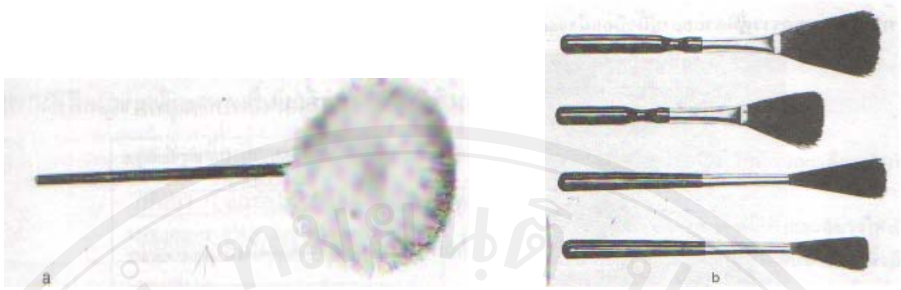
โดยวิธีการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงนั้น แยกได้เป็น 3 วิธีใหญ่ๆ คือ

1) <u>วิธีแห้งหรือปัดด้วยผงฝุ่น</u> เป็นวิธีพื้นฐานที่ใช้ในการปัดหารอยลายที่มองไม่เห็น และใช้เทปกาวลอกติดบนกระดาษรองรับ หรือโดยการถ่ายภาพ โดยวิธีการปัดด้วยผงฝุ่นนี้เป็นวิธีที่ได้ผลในการตรวจหารอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นบนกระจกผิวเรียบ บนแก้ว กระเบื้อง โลหะ วัสดุทาสี โลหะและพลาสติกต่างๆ เป็นต้น

วิธีการปัดด้วยผงฝุ่นเป็นวิธีการเพื่อให้ได้รอยลายนิ้วมือที่มีสีแตกต่างจากวัตถุ ผงฝุ่นที่นำมาใช้จะมีอยู่หลายชนิดและหลายสี แต่สีที่เหมาะสมและใช้กันอย่างกว้างขวางมากที่สุด คือ สีดำ ซึ่งสีดำนี้จะตัดกับสีของพื้นผิววัตถุที่เรียบและเป็นมันอย่างเช่น แก้ว และเครื่องเรือนขัดมันได้ดี เป็นต้น โดยผงฝุ่นจะเกาะติดกับความชื้นและไขมันที่เป็นสารที่ขับถ่ายออกมาทางนิ้วมือ

วิธีการปฏิบัติในการปัดผงฝุ่น เทผงฝุ่นออกจากภาชนะที่บรรจุ ใช้แปรงขนกระต่ายแตะลงบนผงฝุ่นเล็กน้อย ปัดแปรงอย่างเบาๆในลักษณะที่เรียกว่า ปัดวนเป็นวงกลม หากพื้นที่นั้นมีรอยลายแฝงจริง ผงฝุ่นที่ติดปลายแปรงจะติดลายนิ้วมือ เมื่อเห็นลายเส้นแล้วให้ใช้แปรงขนอูฐหรือขนกระรอกปัดไปในทิศทางของรูปแบบลายเส้นของลายนิ้วมือนั้นๆ จนมีความคมชัด พร้อมถ่ายภาพบันทึก จากนั้นใช้แปรงที่ไม่มีผงฝุ่นปัดเอาผงฝุ่นส่วนเกินออกอย่างเบาๆแล้วจึงติดเทปกาวใสลงบนลายนิ้วมือแฝง แล้วค่อย ๆ ลอกเทปใสนั้นที่ติดลายนิ้วมือแฝงขึ้นมาติดลงบนกระดาษแบคกราวน์สำหรับติดรอยลายนิ้วมือแฝง พร้อมถ่ายภาพและทำเครื่องหมายกำกับระบุรายละเอียดของคดีบนกระดาษเก็บรอยนั้นด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แปรงขนกระต่าย แปรงขนอูฐหรือขนกระรอก

รูป 2.3 แปรงปัดฝุ่นชนิดต่างๆ (8)

2) <u>วิธีการทางฟิสิกส์</u> เป็นการตรวจหารอยลายแฝงด้วยวิธีการทางฟิสิกส์ โดยอาศัยหลักการทางแสง สามารถที่จะทำการค้นหาและทำให้ลายนิ้วมือแฝงนั้นปรากฏขึ้นมาจนสามารถถ่ายภาพบันทึกหรือเก็บรวบรวมเป็นพยานหลักฐานได้ โดยที่มีใช้อยู่ในสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจของประเทศไทย มีด้วยกัน 2 ชนิด ได้แก่ ใช้แสงเลเซอร์ (Laser) และแสงโพลีไลท์ (Polylight)

2.1) แสงเลเซอร์ (Laser)

LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) เป็นแสงที่เกิดจากการกระตุ้นโดยใช้เครื่องมือ ที่มีแหล่งกำเนิดแสงเป็น Argon-Ion โดยอาศัยหลักการของแสงเลเซอร์ที่มีพลังงานสูง ซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 514.5 นาโนเมตร ฉายลงไปบนลายนิ้วมือแฝงซึ่งมีสารจำพวก Rhiboflavin และ Pyridrixin ติดอยู่ ก็จะเกิดการเรืองแสงขึ้น การเรืองแสงนี้สามารถตรวจสอบได้ด้วยตาของผู้เองโดยจะต้องสวมแว่นตาพิเศษ เพื่อป้องกันแสงเลเซอร์ที่อาจจะทำอันตรายต่อลูกตาได้ จากนั้นก็ทำการบันทึกเป็นภาพถ่าย

ประโยชน์ของแสงเลเซอร์อาจตรวจหารอยลายแฝงที่วัตถุพื้นผิวชนิดต่างๆได้ เช่น แก้ว กระเบื้อง พลาสติก และไม้ เป็นต้น

2.2) แสงโพลีไลท์ (Polylight)

ใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุต่างๆ รวมถึง ยังสามารถตรวจหาคราบอสุจิ คราบโลหิต รอยเหยียบย่ำในสถานที่เกิดเหตุได้ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยแหล่งกำเนิดแสงของ Polylight คือ Xenon arc lamp เป็นเครื่องมือที่มีน้ำหนักเบา สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในและนอกสถานที่ ปกติมีสภาวะทางแสงเป็นแสงขาว (White light) ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นแสงสีต่างๆได้ 5 สี โดยอาศัยฟิลเตอร์ โดยแสงสีแต่ละสีจะมีความเหมาะสมกับการตรวจหารอยลายแฝงบนพื้นผิววัตถุที่มีลักษณะที่แตกต่างๆกัน โดยเมื่อปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงแล้วก็ทำการบันทึกเป็นภาพถ่ายเพื่อเก็บเป็นพยานหลักฐานต่อไป

3) <u>วิธีการทางเคมี</u> เป็นวิธีการสำหรับตรวจหารอยลายแฝงโดยอาศัยเทคนิคทางเคมี โดยครอบคลุมถึงการใช้ประโยชน์ของสสารที่เป็นสารเคมี ในรูปของสารละลาย (Immersion) ได้แก่ น้ำยานินไฮดริน (Ninhydrin) น้ำยาเกลือซิลเวอร์ไนเตรท (Silver nitrate solution) และน้ำยาผลึกม่วง (Victoria pure blue) รวมถึงใช้ประโยชน์ในรูปของไอ หรืออาจเรียกว่า วิธีรมควัน (Fuming) เช่น การรมควันด้วยไอโอดีน และซุปเปอร์กลู หรือ ไซยาโนอะครีเลต

3.1) น้ำยานินไฮดริน (Ninhydrin)

วิธีนี้เหมาะกับของกลางประเภทกระดาษและเอกสารต่างๆ ส่วนผสมที่ใช้เป็นนินไฮดริน 0.5 กรัม ละลายในอะซิโตน(Acetone) 100 มิลลิลิตร ผสมเป็นสารละลายแล้วทาสารละลายนี้ลงไปบนเอกสารที่ต้องการตรวจหารอยลายนิ้วมือ จากนั้นใช้เตารีดที่มีความร้อนระดับปานกลางรีดเพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น

นินไฮดรินจะไปทำปฏิกิริยากับโปรตีนในเหงื่อ (กรดอะมิโนในเหงื่อ) ทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นเป็นสีม่วงปนน้ำเงิน แล้วทำการตรวจเก็บโดยวิธีการถ่ายภาพทันที เนื่องจากสารละลายนี้อาจทำให้ข้อความในหนังสือที่เขียนด้วยหมึกในเอกสารนั้นละลายจนเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นก่อนทำจึงต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารก่อน

3.2) น้ำยาซิลเวอร์ไนเตรท (Silver nitrate)

วิธีนี้เหมาะกับของกลางประเภท เอกสาร ไม้ เป็นต้น ส่วนผสมจะใช้ซิลเวอร์ไนเตรท 3 กรัม ผสมลงในน้ำ 100 มิลลิลิตร แล้วทาลงบนเอกสารที่จะหารอยลายนิ้วมือ ตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง

ซิลเวอร์ไนเตรทจะทำปฏิกิริยากับเกลือแกงที่มีในเหงื่อ ได้เป็นซิลเวอร์คลอไรด์ เมื่อทำให้แห้งด้วยแสงอัลตราไวโอเลตหรือแสงแดด จะทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏเป็นสีดำ ทั้งนี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาที่ไม่สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้ ทำให้เอกสารจะนำมาใช้อีกไม่ได้ ดังนั้นจึงไม่ควรนำวิธีนี้ไปใช้กับเอกสารจำพวกธนบัตร หนังสือสัญญาต่างๆ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3) น้ำยาผลึกม่วง (Victoria pure blue)

วิธีนี้เหมาะกับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ติดอยู่เทปใส เทปติดสายไฟด้านที่มีกาวเหนียวติดอยู่ จึงไม่สามารถตรวจเก็บได้โดยใช้วิธีการปัดด้วยผงฝุ่น ส่วนผสมจะใช้สารผลึกม่วง (Crystal violet) ประมาณ 1-1.5 กรัม ผสมในเอทิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร แล้วนำน้ำยาที่ผสมนี้มาปริมาณ 2 มิลลิลิตรผสมลงในน้ำ 100 มิลลิลิตร ใส่ในภาชนะ นำเทปที่ต้องการหารอยลายนิ้วมือแฝงแช่ในน้ำยานี้ กระทั่งรอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏเป็นสีม่วงแล้วล้างด้วยน้ำประปา เมื่อล้างสีส่วนที่เหลือออกแล้ว นำเทปที่ติดลายนิ้วมือแฝงไปวางบนกระดาษอัดรูปด้านมันที่ยังไม่ได้รับแสงซึ่งเปียกหมาดๆ ใช้เตารีดที่มีความร้อนระดับอ่อนรีด แล้วจึงดึงเทปพันสายไฟออก และทำการบันทึกเป็นภาพถ่าย

3.4) ซุปเปอร์กลู หรือ ไซยาโนอะครีเลต

วิธีนี้เหมาะกับของกลางประเภทเครื่องหนัง แก้ว ไวนิล เบาะรถ โลหะ และกระดาษ เป็นต้น ในวิธีซุปเปอร์กลู จะประกอบด้วยส่วนผสมของสาร Cyanoacrylate ester โดยเมื่อสารนี้ได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอ แล้วไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนหรือโปรตีนและน้ำในเหงื่อ ทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏเป็นลายเส้นสีขาว โดยวิธีการคือใส่สารซุปเปอร์กลูในถ้วยหรือจานแล้วนำวัตถุที่จะหาลายนิ้วมือแขวนไว้เหนือจานและปิดฝาครอบตู้อบทิ้งไว้ประมาณ 30-60 นาที ก็จะปรากฏรอยลายนิ้วมือสีขาว ให้ถ่ายภาพบันทึกไว้และทำการปัดด้วยผงฝุ่น แล้วลอกด้วยเทปกาวใสไปติดลงบนกระดาษเก็บรอยเพื่อเก็บเป็นพยานหลักฐานต่อไป

3.5) รมควันด้วยไอโอดีน (Iodine fuming)

วิธีเหมาะกับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ติดอยู่บนพื้นผิววัตถุที่เป็นประเภทไม้ กระดาษ ผนังทาสี เป็นต้น มีลักษณะเป็นเกล็ดสีม่วง เมื่อได้รับความร้อนเพียงเล็กน้อยจะระเหิดเป็นไอ ไขมันหรือสารที่มีความมันในเหงื่อจะดูดซึมเอาไอของไอโอดีนเอาไว้ ทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงจากเดิมที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมองเห็นได้ชัดเจน การตรวจเก็บให้ทำการถ่ายภาพทันทีเนื่องจากลายเส้นจะค่อย ๆ เลือนหายไป(3)

ทั้งนี้จะเห็นว่าการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงที่ของกลางบางชนิด จะไม่สามารถใช้วิธีการปัดฝุ่นได้ เช่น ของกลางประเภทกระดาษเอกสารต่าง ๆ หรือของกลางบางชนิดใช้ตรวจเก็บโดยวิธีทางเคมีจะได้ผลดีกว่า ซึ่งแล้วแต่ชนิดและพื้นผิวของวัตถุของกลางนั้น โดยอาศัยหลักการทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คือ ให้องค์ประกอบในสารเคมีทำปฏิกิริยากับสารประกอบที่ขับออกมาทางนิ้วมือ และทำให้เกิดการเปลี่ยนสี ซึ่งเทคนิควิธีการรมควันด้วยไอโอดีน (Iodine fuming) นั้น ถือเป็นตัวเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ได้

**2.4 การรมควันด้วยไอโอดีน (Iodine fuming)**

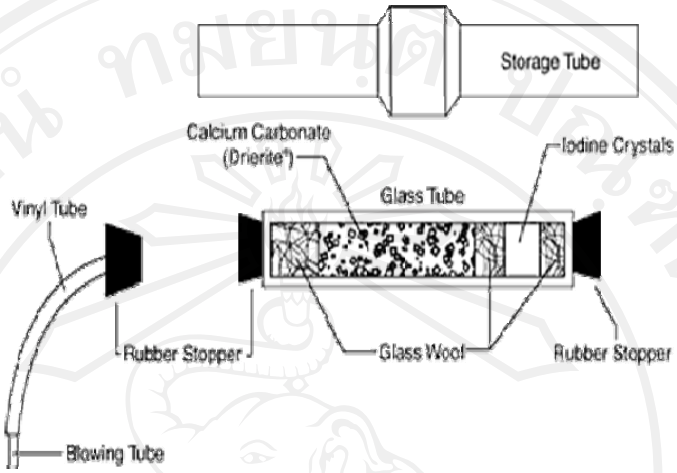
การรมควันด้วยไอโอดีนเป็นเทคนิคหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสำหรับใช้ในการตรวจในสถานที่เกิดเหตุหรือนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการทางคดี โดยรูปแบบที่ใช้ในการตรวจในห้องปฏิบัติการสามารถใช้ตู้ไอโอดีน (Iodine fuming cabinet) ส่วนถ้าจะนำไปใช้ตรวจ ณ สถานที่เกิดเหตุก็สามารถใช้เป็นรูปแบบที่บรรจุอยู่ในกระบอกแก้วเล็กๆ ซึ่งมีความสะดวกในการพกพาและตรวจหาบนบริเวณพื้นผิวที่ไม่กว้างขวางจนเกินไปนัก โดยกระบอกนี้เรียกว่า Iodine fuming gun (3)

โดยตู้อบไอโอดีน มีลักษณะเป็นตู้กระจกใส ด้านล่างมีภาชนะเล็กๆสำหรับใส่เกล็ดไอโอดีน ด้านบนมีที่แขวนหรือจับกระดาษหรือเอกสารที่ต้องการจะตรวจหารอยลายแฝง ความร้อนของตู้ในอุณหภูมิที่ประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส จะสามารถทำให้เกล็ดไอโอดีนในตู้ระเหิดกลายเป็นควันขึ้นได้ ซึ่งถ้าเราไม่ใช้ตะเกียงวิทยาศาสตร์วางไว้ใต้ตู้ตรงภาชนะสำหรับบรรจุเกล็ดไอโอดีน ก็อาจจะใช้หลอดไฟฟ้าขนาด 60-100 วัตต์ ใส่ไว้ที่ด้านล่างในตู้ได้ การใช้ความร้อนช่วยจะทำให้ปรากฏภาพของรอยได้รวดเร็วยิ่งขึ้น (3)

สำหรับการใช้กระบอกไอโอดีน (Iodine fuming gun) ซึ่งเหมาะกับการพกพาไปในการตรวจหารอยลายแฝง ณ สถานที่เกิดเหตุนั้นจะมีลักษณะเป็นหลอดหรือกระบอกที่ทำจากแก้ว ภายในบรรจุใยแก้ว (Glass wool) เกล็ดไอโอดีน (Iodine crystals) และแคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride) ประกอบกับมีส่วนของท่อยางโปร่งอยู่ตรงกลางใช้สำหรับเป่า เมื่อนำมาใช้ในการตรวจหารอยลายแฝงก็จะใช้ปากเป่าท่อยาง ลมร้อนจากปากจะผ่านส่วนของแคลเซียมคลอไรด์ก่อน เพื่อดักจับความชื้นที่ปะปนมาในลมหายใจจากนั้นลมเป่าก็จะเข้าสู่ส่วนของไอโอดีนซึ่งทำให้ไอโอดีนเกิดการระเหิด ไอระเหิดของไอโอดีนที่เกิดขึ้นก็จะถูกปล่อยออกมายังปลายท่ออีกด้านหนึ่ง ซึ่งเราต้องจ่อไว้ใกล้ที่สุดกับพื้นผิววัตถุที่ต้องการตรวจหารอยลายแฝง ซึ่งถ้าเคยมีการถูกสัมผัสจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มือหรือเท้าเปลือยมาก่อนก็จะปรากฏรอยลายเส้นให้เห็นขึ้นมาได้อย่างชัดเจนซึ่งจะให้ผลเช่นเดียวกับการใช้ตู้ไอโอดีนตรวจหา (3-5)




รูป 2.4 ส่วนประกอบของ Iodine fuming gun

ที่มา : http://www.redwop.com/technotes.asp?ID=79

ในทางปฏิบัติปกติ เมื่อใช้เทคนิคนี้ในการตรวจหาตัวอย่างของรอยลายแฝงจำเป็นต้องใช้วิธีการหยิบจับด้วยปากคีบหรือสวมถุงมือเสมอ และพยายามไม่สัมผัสเลยไปกว่าขอบของวัตถุโดยไม่จำเป็นเพื่อหลีกเลี่ยงการสัมผัสซ้ำทับลงไปบริเวณที่อาจมีรอยลายแฝงปรากฏอยู่ได้ เมื่อนำไปหนีบไว้ในตู้ไอโอดีนแล้วใช้ความร้อนช่วย หรือการใช้ลมปากเป่าท่อยางกระบอกไอโอดีน ลมร้อนอุ่นๆ เช่นนี้จะเป็นเหตุปัจจัยให้เกล็ดไอโอดีนระเหิดเป็นไอและควันสีม่วง ซึ่งถ้ามีไขมันหรือน้ำมันปรากฏอยู่ มันจะดูดซึมไอควันเหล่านี้ไว้ปรากฏเห็นเป็นรอยลายเส้นสีน้ำตาลหรือออกสีเหลืองๆ ขึ้นตัดกับสีพื้นวัตถุนั้น เมื่อภาพรอยปรากฏชัดจะต้องถ่ายภาพไว้โดยทันที เนื่องจากรอยลายเส้นเหล่านี้จะจางหายได้อย่างรวดเร็วเมื่อกระบวนการสิ้นสุดลง ส่วนวัตถุที่ปรากฏร่องรอยของลายแฝงเหล่านี้ จะต้องทำเครื่องหมายกำกับกำหนดตำแหน่งอย่างถูกต้องเพื่อการนำไปพิสูจน์เอกลักษณ์ต่อไป (3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งนี้ยังพบว่าการใช้น้ำยาซิลเวอร์ไนเตรทจะเป็นการทำลายไขมัน น้ำมันและกรดอะมิโนที่มีอยู่ในเหงื่อด้วย ดังนั้น ถ้าประสงค์จะใช้วิธีการนินไฮดริน และการรมควันด้วยไอโอดีน สำหรับในการตรวจหารอยลายเดียวกันด้วยแล้ว จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการตรวจตามลำดับก่อนหลัง (3) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ตรวจด้วยวิธีการใช้การรมควันไอโอดีน (Iodine fuming)

ขั้นที่ 2 ตรวจด้วยวิธีการนินไฮดริน (Ninhydrin)

ขั้นที่ 3 ตรวจด้วยวิธีการใช้น้ำยาซิลเวอร์ไนเตรท (Silver nitrate)

**2.5 ไอโอดีน**

ไอโอดีน (Iodine) คือ ธาตุเคมีที่มีเลขอะตอม 53 และสัญลักษณ์คือ I ไอโอดีน (เป็นคำในภาษากรีก : Iodes, มีความหมายว่า “สีม่วง”) เป็นธาตุที่ไม่ละลายน้ำ มีความจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต สมบัติทางเคมีของไอโอดีนมีความไวน้อยกว่าธาตุในกลุ่มฮาโลเจนด้วยกัน ไอโอดีนมีประโยชน์ในทางการแพทย์ การถ่ายภาพ และสีย้อมผ้า (10)

รูป 2.5 เกล็ดไอโอดีน

ที่มา : http://image.made-in-china.com/2f0j00KlQETsayVtYS/Iodine.jpg

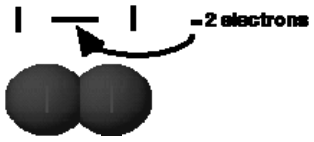
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.5.1 สมบัติทางกายภาพและเคมี**

ชื่อเคมี IUPAC : Iodine (11)

ชื่อพ้องอื่นๆ : Iodine sublimed สูตรโมเลกุล : $I_2$

สูตรโครงสร้าง :



สถานะ : ของแข็งมีฤทธิ์กัดกร่อน สี : ม่วงน้ำตาลแดงหรือเทาดำ

กลิ่น : ฉุน

น้ำหนักโมเลกุล : 253.81

จุดเดือด ($^0$C) : 184.4 จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง ($^0$C) : 113.5

ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1) : 4.98

เปอร์เซ็นต์การระเหยโดยปริมาตร (%) : 100 %

**2.5.2 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)**

- ความคงตัวทางเคมี : สารนี้มีความเสถียร

- สารที่เข้ากันไม่ได้ : ยาง พลาสติก เหล็ก และเกลือของเหล็ก กำมะถัน แอมโมเนีย แมกนีเซียม สังกะสี อลูมิเนียม

- สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : ความร้อนสูงและแสงสว่าง

- สารอันตรายจากการสลายตัวของสาร : ฟูม/ก๊าซ ของสารประกอบไอโอดีน

**2.5.3 การเก็บรักษา (Storage)**

- เก็บในภาชนะที่ปิดมิดชิด และเก็บห่างจากแหล่งความร้อน

- เก็บในที่เย็น แห้ง และมีการระบายอากาศในพื้นที่เก็บเป็นอย่างดี

- เก็บห่างจากโลหะประเภทอลูมิเนียม ไททาเนียม ฟอสฟอรัส

- เก็บห่างจากตัวทำละลายอินทรีย์ สินค้าประเภทยาง พลาสติก

- ป้องกันการสัมผัสแดดโดยตรง

- อย่าหายใจเอาฝุ่น ไอระเหยเข้าไป อย่าให้สัมผัสถูกตา ผิวหนัง และเสื้อผ้า

**2.5.4 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล**

หน้ากากป้องกันการหายใจ

ถุงมือ

หน้ากากกระบังหน้า

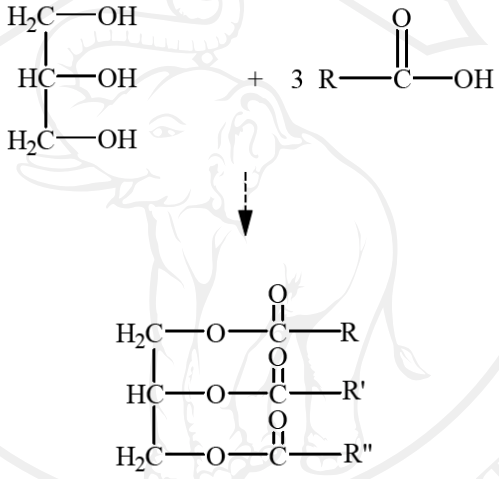
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.6 ลิปิด (Lipids) (12)**

ไขมันและน้ำมัน (Lipid and oil) เป็นสารประกอบอินทรีย์โมเลกุลใหญ่เป็นโครงสร้างสำคัญของเนื้อเยื่อเซลล์และเป็นแหล่งสะสมพลังงาน สมบัติทั่วไปของไขมัน คือ

1. ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น อีเทอร์ อะซิโตน
2. มีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ
3. ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน แต่ก็อาจมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสบ้าง

ไขมันและน้ำมันเป็นเอสเทอร์ที่เกิดจากปฏิกิริยากลีเซอรอลกับกรดไขมัน ดังสมการ



สารประกอบเอสเทอร์ที่ประกอบด้วยส่วนของกลีเซอรอลกับกรดไขมันต่อกันสามโมเลกุล เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride)

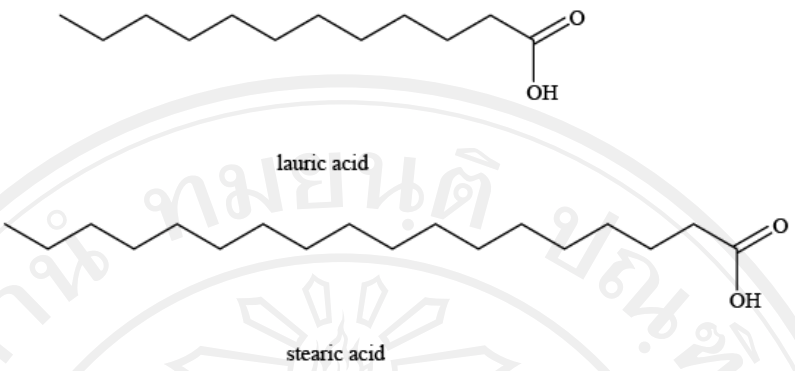
**2.6.1 กรดไขมัน (Fatty acid)**

การไฮโดรไลซ์ไขมันจะได้กลีเซอรอลและกรดคาร์บอกซิลิก กรดคาร์บอกซิลิกโซ่ตรงที่ได้จากไขมันนี้เรียกว่า กรดไขมัน (Fatty acid) อาจมีได้ทั้งกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) เช่น Lauric acid, Oleic acid

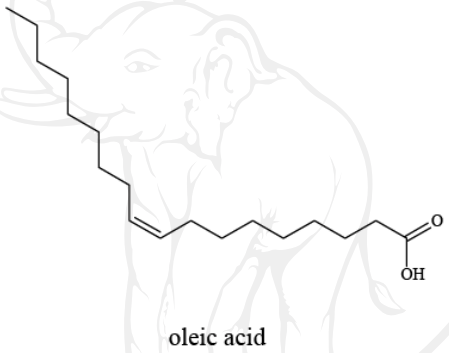
กรดไขมันอิ่มตัว ก็คือ กรดไขมันส่วนที่ R ที่ต่อเป็นไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว ประกอบด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมด เช่น Palimitic acid, Stearic acid, Butyric acid

กรดไขมันไม่อิ่มตัว ก็คือ กรดไขมันส่วนที่ R ที่ต่อเป็นไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว ประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่หนึ่งพันธะเป็นต้นไป เช่น Olaic acid, Linoleic acid, Palmitoleic acid

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




รูป 2.6 ตัวอย่างกรดไขมันอิ่มตัว




รูป 2.7 ตัวอย่างกรดไขมันไม่อิ่มตัว

กรดไขมันอิ่มตัวจะมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเท่ากัน เนื่องจากโครงสร้างกรดไขมันประกอบด้วยพันธะคู่ทำให้มีความเสถียรน้อยกว่ากรดไขมันอิ่มตัว

**2.6.2 ไขมัน (Fat)**

ไขมันคือเอสเทอร์ ไขมันแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) ไขมันอย่างง่าย คือ ไขมันที่เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับกลีเซอรอล เรียกว่ากลีเซอไรด์ เช่น น้ำมัน แวกซ์และไข

2) ไขมันเชิงประกอบ คือ ไขมันอย่างง่ายที่มีองค์ประกอบอย่างอื่นด้วย เมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสจะได้กรดไขมัน แอลกอฮอล์และสารประกอบชนิดอื่น ตัวอย่างไขมันเชิงประกอบได้แก่ ฟอสโฟไลปิด (Phospholipid) ไกลโคไลปิด (Glycolipid)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) อนุพันธ์ลิปิด เป็นสารผลิตภัณฑ์ของการไฮโดรไลซ์ไขมันอย่างง่าย และไขมันเชิงประกอบ ตัวอย่างไขมันชนิดนี้ คือ สเตียรอยด์ (Stearoid)

ทั้งนี้ต่อมไขมัน (Sebaceous gland) มีอยู่ทั่วทุกแห่งของร่างกาย มีขนาดไม่เท่ากันตามสัดส่วนของร่างกาย โดยต่อมไขมันบริเวณใบหน้าและศีรษะจะมีขนาดใหญ่ที่สุด ต่อมไขมันประกอบด้วยเซลล์ที่สร้างไขมันอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ทำหน้าที่สร้างไขมันหรือไขผิว (Sebum) ออกมาเคลือบผิวเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ซึ่งองค์ประกอบของไขผิว ดังแสดงในตาราง 2.1

ตาราง 2.1 องค์ประกอบของไขผิว (Sebum)

| ชื่อสาร | ปริมาณเฉลี่ย (% ของทั้งหมด) |
|---|---|
| 1. Triglyceride | 41.0 |
| 2. Wax ester | 25.0 |
| 3. Fatty acid | 16.4 |
| 4. Diglyceride | 12.0 |
| 5. Cholesterol | 3.4 |

**2.6.3 ปฏิกิริยาเคมีของน้ำมันและไขมัน**

1) ปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจน (Hydrogenation) เกิดบริเวณส่วนที่ไม่อิ่มตัว พันธะคู่จะเปลี่ยนไปเป็นพันธะเดี่ยว มีผลทำให้จุดหลอมเหลวของน้ำมันและไขมันเพิ่มขึ้นด้วย

2) การเกิดเหม็นหืน (Rancidity) เกิดเมื่อไขมันและน้ำมันอยู่ในอากาศชื้น เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสส่วนของไตรกลีเซอไรด์โดยมีแบคทีเรียเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา กลิ่นที่ได้คือกลิ่นของกรดไขมันที่ระเหยออกมา อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดเหม็นหืน คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันพันธะคู่ของไขมันไปเป็นแอลดีไฮด์ซึ่งมีกลิ่นเฉพาะตัว โดยมีความร้อนและออกซิเจนในอากาศเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

3) ปฏิกิริยาการเติมฮาโลเจน เป็นการเติมไอโอดีนลงในไขมันหรือน้ำมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งเกิดบริเวณพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอนของไขมัน ปฏิกิริยานี้จะเห็นสีของไอโอดีนก็ต่อเมื่อไอโอดีนถูกเติมลงไปและเปลี่ยนเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด ดังรูป 2.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 2.8 ปฏิกิริยาเคมีระหว่างไขมันกับไอโอดีน

ที่มา : www.planenergy.co.th

## 2.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระดาษ

กระดาษ เป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นมาสำหรับการจดบันทึก มีประวัติศาสตร์ยาวนาน เชื่อกันว่ามีการใช้กระดาษครั้งแรกๆ โดยชาวอียิปต์และชาวจีนโบราณ แต่กระดาษในยุคแรกๆ ล้วนผลิตขึ้นเพื่อการจดบันทึกด้วยกันทั้งสิ้น จึงกล่าวได้ว่าระบบการเขียนคือแรงผลักดันให้เกิดการผลิตกระดาษขึ้นในโลกปัจจุบันกระดาษไม่ได้มีประโยชน์ในการใช้จดบันทึกตัวหนังสือ หรือข้อความเท่านั้น ยังใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้มากมาย เช่น กระดาษชำระ กระดาษห่อของขวัญ กระดาษลูกฟูกสำหรับทำกล่อง เป็นต้น (13)

### 2.7.1 องค์ประกอบของกระดาษ (14)

องค์ประกอบของกระดาษแบ่งออกเป็น 2 จำพวก คือ

- องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย
- องค์ประกอบที่ไม่เป็นเส้นใย

<u>องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย</u>

กระดาษสามารถยึดตัวเป็นแผ่นได้เกิดจากเส้นใยเป็นจำนวนมากสานกันอย่างไม่เป็นระเบียบ เส้นใยดังกล่าวโดยทั่วไปจะใช้เส้นใยจากธรรมชาติจากพืช อาจมีการใช้เส้นใยจากสัตว์หรือจากแร่ก็ได้ นอกจานี้ยังมีการใช้เส้นใยสังเคราะห์ เช่น พวกพอลิอาไมด์ (Polyamide) ซึ่งช่วยทดแทนการใช้เส้นใยจากธรรมชาติ และเพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรได้คุ้มค่าประกอบกับการลด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นทุนของกระดาษ ได้มีการนำกระดาษใช้แล้วมาใช้ในการผลิตกระดาษอีกครั้งหนึ่ง เยื่อที่ได้จากกระดาษที่ใช้แล้วจะมีความขาวและความแข็งแรงต่ำลงเนื่องจากต้องผ่านกระบวนการขจัดสิ่งที่ปนเปื้อนมาด้วย

เส้นใยจากพืชที่เป็นตัวหลักของกระดาษ ทำมาจากไม้เนื้ออ่อน เช่น ต้นสน ต้นยูคาลิปตัส ซึ่งมีเส้นใยยาวช่วยให้กระดาษมีความแข็งแรงและเหนียว และมีการนำไม้เนื้อแข็งจำพวก ต้นโอ๊ก ต้นเมเปิล มาใช้ทำเส้นใยซึ่งจะได้เส้นใยที่สั้นกว่าแต่ช่วยทำให้ผิวกระดาษเรียบและทึบแสงมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำพืชล้มลุก เช่นต้นกก ปอกระเจา อ้อย ฝ้าย มาใช้ทำเยื่อกระดาษด้วย

<u>องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใย</u>

องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใยจะเป็นสารเติมแต่งหรือแอดดิทีฟ (Additives) ที่เติมเข้าไประหว่างการผลิตกระดาษเพื่อช่วยให้กระดาษที่ได้ออกมามีคุณสมบัติเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น สารเติมแต่งมีมากมายแล้วแต่กรรมวิธีการผลิตของแต่ละโรงงาน แต่ที่ใช้กันมากมีดังนี้

1) ฟิลเลอร์ (Filler)ใช้เพื่อให้กระดาษมีความขาวขึ้นเรียบขึ้น ทึบแสงมากขึ้น รับหมึกดีขึ้น ตลอดจนลดการซึมผ่านของหมึกพิมพ์ สารที่ใช้เติมเข้าไปมี ปูนขาว ดินเหนียว ไททาเนียมไดออกไซด์ เป็นต้น สารเหล่านี้ยังช่วยทำให้น้ำหนักกระดาษมากขึ้นเป็นการลดต้นทุนในการใช้เยื่อกระดาษได้

2) สารยึดติด (Adhesive) เป็นสารที่ช่วยให้เส้นใยและส่วนผสมอื่น ๆ ยึดติดกันได้ดี อีกทั้งช่วยให้ผิวหน้ายึดติดกับเนื้อกระดาษ สารยึดติดมีทั้งสารที่ทำมาจากธรรมชาติ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมัน โปรตีนที่มีอยู่ในนม และสารที่สังเคราะห์ขึ้น เช่น อาคริลิก (Acrylic) สารจำพวกโพลิไวนิล (Polyvinyl) เป็นต้น

3) สารกันซึม (Sizing agent) เป็นสารที่ใช้เติมลงในน้ำเยื่อเพื่อช่วยลดการซึมของของเหลวเข้าไปในเนื้อกระดาษ กระดาษที่ใช้ในการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซ็ทจำเป็นต้องเติมสารประเภทนี้ สารกันซึมที่ใช้มีทั้งสารที่ทำจากธรรมชาติและสารที่สังเคราะห์ขึ้น

4) สารเพิ่มความแข็งแรงของผิว (Surface sizing) เป็นสารที่ถูกเคลือบบนผิวกระดาษในขั้นตอนการผลิตที่กระดาษที่เป็นแผ่นแล้ว เพื่อช่วยให้เส้นใยที่ผิวมีการยึดเกาะกับเส้นใยชั้นถัดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไปได้ดีขึ้น ทำให้ผิวมีความแข็งแรงทนต่อการขูดขีด แรงดึง แรงกดทะลุ การถอนของผิว สารเพิ่มความแข็งแรงของผิวที่ใช้กันมากและราคาไม่สูงคือ แป้งอย่างละเอียด (Starch)

**2.7.2 สมบัติเชิงโครงสร้างของกระดาษ (14)**

สมบัติเชิงโครงสร้างของกระดาษ คือ ลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษที่ปรากฏในกระดาษแต่ละชิ้น สมบัติเชิงโครงสร้างดังกล่าวที่สำคัญมีดังนี้

1) น้ำหนักพื้นฐาน (Basis weight) หมายถึง น้ำหนักของกระดาษต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยวัดจากกระดาษที่ถูกเก็บไว้ในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ สำหรับประเทศไทยใช้ระบบน้ำหนักพื้นฐานแบบเมตริก ซึ่งเป็นการกำหนดน้ำหนักพื้นฐานของกระดาษเป็นกรัมต่อหนึ่งตารางเมตร ($gm/m^2$) หรือ เรียกว่า แกรมเมจ (Grammage) ในการสื่อสารกันในวงการพิมพ์มักเรียกสั้น ๆ ว่า กรัม หรือ แกรม

2) ความหนา (Caliper) หมายถึง ระยะห่างระหว่างผิวกระดาษด้านหนึ่งไปยังผิวกระดาษอีกด้านหนึ่งโดยวัดในแนวตั้งฉากกับผิวกระดาษและวัดในสภาวะและวิธีการตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ หน่วยวัดจะเป็นมิลลิเมตร ไมโครเมตร หรือเป็นนิ้ว สำหรับเมืองไทยนิยมใช้เป็นมิลลิเมตร สิ่งที่มีผลทำให้เกิดความหนาของกระดาษที่แตกต่างกันคือ น้ำหนักพื้นฐานของกระดาษ เยื่อกระดาษที่นำมาใช้ กรรมวิธีในการทำและบดเยื่อ แรงกดของลูกกลิ้งในกระบวนการทำรีดกระดาษระหว่างผลิต ดังนั้น น้ำหนักพื้นฐานของกระดาษที่เท่ากัน ก็อาจมีความหนาที่ไม่เท่ากันได้

3) ความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของเส้นใยกระดาษ (Formation) หมายถึง การเปรียบเทียบปริมาณของเส้นใยในบริเวณต่าง ๆ ของกระดาษว่ามีความเท่ากันหรือต่างกันอย่างไร กระดาษที่มีความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของเส้นใยที่ดี จะทำให้กระดาษเรียบเสมอกันทั้งแผ่นและมีความหนาเท่าเทียมกัน เมื่อนำไปพิมพ์ก็จะได้ภาพพิมพ์ที่ดีไม่กระด่ำกระด่าง

4) แนวเส้นใย (Grain direction) หมายถึง แนวการเรียงตัวของเส้นใยกระดาษ ถึงแม้ว่าเส้นใยของกระดาษจะวางตัวไม่เป็นระเบียบ แต่เมื่อดูภาพรวมจะพบว่าการเรียงตัวของเส้นใยส่วนใหญ่จะมีทิศทางไปในแนวเดียวกันและเป็นแนวเดียวกับการไหลของน้ำเยื่อและการเคลื่อนของตะแกรงในเครื่องผลิต ซึ่งเรียกแนวนี้ว่าแนวขนานเครื่อง ส่วนแนวที่ตั้งฉากกับแนวขนานเครื่องเรียกว่าแนว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขวางเครื่อง จากการศึกษาเรื่องความชื้นกับเส้นใย พบว่าเมื่อความชื้นสูงขึ้น อัตราการขยายตัวด้านกว้างของเส้นใยจะสูงกว่าด้านยาวของเส้นใย ดังนั้นการขยายตัวของกระดาษด้านแนวขวางเครื่องจะสูงกว่าด้านขนานเครื่องเมื่อกระดาษพบกับความชื้นที่สูงขึ้น

5) ความสามารถในการคงขนาด (Dimensional stability) หมายถึง ความสามารถของกระดาษในการรักษาขนาดทั้งด้านกว้าง ด้านยาว และความหนาให้คงเดิมเมื่อได้รับสภาพแวดล้อมที่ต่างไป เช่น ได้รับความชื้นที่เพิ่ม ได้รับแรงกดทับ ความสามารถในการคงขนาดที่ดีช่วยลดปัญหาในการพิมพ์ เช่น ลดปัญหาการพิมพ์สีเหลื่อม

6) ความพรุน (Porosity) หมายถึงการเปรียบเทียบปริมาณและขนาด ความลึกของหลุมบนกระดาษต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความพรุนมากช่วยทำให้อากาศและของเหลวซึมผ่านได้ง่าย ดังนั้นเมื่อกระดาษที่มีความพรุนสูงได้รับหมึกพิมพ์หมึกก็จะซึมลงในหลุม ทำให้หมึกแห้งตัวเร็วแต่ยังผลให้เนื้อสีที่คงเหลืออยู่บนผิวน้อย ภาพพิมพ์จึงดูซีดและไม่คมชัด

7) ความเรียบ (Smoothness) หมายถึง ระดับความเรียบของผิวกระดาษเทียบกับความเรียบของผิวแก้ว ความเรียบของผิวกระดาษที่ดี ทำให้การรับเม็ดหมึกได้ดีไม่กระจายตัวออก ทำให้เม็ดสกรีนคม ภาพพิมพ์จึงออกมาคมชัดมีแสงเงาที่ดี

**2.7.3 ชนิดของกระดาษ (14)**

การจำแนกกระดาษสามารถจัดแบ่งได้หลายวิธี ในที่นี้จะจัดแบ่งชนิดของกระดาษที่ใช้ในวงการพิมพ์ ซึ่งสามารถรวบรวมได้ดังนี้

- กระดาษปรู๊ฟ (Newsprint) เป็นกระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อบดที่มีเส้นใยสั้น และมักนำเยื่อจากกระดาษใช้แล้วมาผสมด้วย กระดาษปรู๊ฟมีน้ำหนักเพียง 40 – 52 กรัม/ตารางเมตร มีสีอมเหลือง ราคาไม่แพงแต่ความแข็งแรงน้อย เหมาะสำหรับงานพิมพ์หนังสือพิมพ์ และเอกสารที่ไม่ต้องการคุณภาพมาก
- กระดาษแบ้งค์ (Bank paper) เป็นกระดาษบางไม่เคลือบผิว น้ำหนักไม่เกิน 50 กรัมต่อตารางเมตร มีสีให้เลือกหลายสี ใช้สำหรับงานพิมพ์แบบฟอร์มต่าง ๆ ที่มีสำเนาหลายชั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

- กระดาษปอนด์ (Bond paper) เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อเคมีที่ผ่านการฟอกและอาจมีส่วนผสมของเยื่อที่มาจากเศษผ้า มีสีขาว ผิวไม่เรียบ น้ำหนักอยู่ระหว่าง 60 – 100 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับงานพิมพ์ที่ต้องความสวยงามปานกลาง พิมพ์สีเดียวหรือหลายสีก็ได้
- กระดาษอาร์ต (Art paper) เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อเคมี (เยื่อที่ผลิตโดยใช้สารเคมี) และเคลือบผิวให้เรียบด้านเดียวหรือทั้งสองด้าน การเคลือบอาจจะเคลือบมันเงาหรือแบบด้านก็ได้ มีสีขาว น้ำหนักอยู่ระหว่าง 80 – 160 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับงานพิมพ์ที่ต้องการความสวยงาม งานพิมพ์สอดสี เช่น แคตตาล็อก โบรชัวร์
- กระดาษฟอกขาว (Woodfree paper) เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อเคมี (เยื่อที่ผลิตโดยใช้สารเคมี) และฟอกให้ขาว เป็นกระดาษที่มีคุณภาพและมีความหนาแน่นสูง การดูดซึมน้อย ใช้สำหรับงานพิมพ์หนังสือ กระดาษพิมพ์เขียน
- กระดาษเหนียว (Kraft paper) เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อซัลเฟต (เยื่อใยยาวที่ผลิตโดยใช้สารซัลเฟต) จึงมีความเหนียวเป็นพิเศษ มีสีเป็นสีน้ำตาล น้ำหนักอยู่ระหว่าง 80 – 180 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับทำสิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ กระดาษห่อของ ถุงกระดาษ
- กระดาษการ์ด (Card board) เป็นกระดาษที่มีความหนาและแข็งแรงประกอบด้วยชั้นของกระดาษหลายชั้น ชั้นนอกสองด้านมักเป็นสีขาว แต่ก็มีการ์ดสีต่าง ๆ ให้เลือกใช้ บางชนิดมีผิวเคลือบมันเรียบ ซึ่งเรียก กระดาษอาร์ตการ์ด น้ำหนักกระดาษการ์ดอยู่ระหว่าง 110 – 400 กรัมต่อตารางเมตร ใช้สำหรับทำปกหนังสือ บรรจุภัณฑ์ที่มีราคา เช่นกล่องเครื่องสำอาง
- กระดาษกล่อง (Box paper) เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อบด และมักนำเยื่อจากกระดาษใช้แล้วมาผสม มีสีคล้ำไปทางเทาหรือน้ำตาล ผิวด้านหนึ่งมักจะประกบด้วยชั้นของกระดาษขาวซึ่งอาจมีผิวเคลือบมันหรือไม่ก็ได้เพื่อความสวยงามและพิมพ์ภาพลงไปได้ หากเป็นกระดาษไม่เคลือบ จะเรียก กระดาษกล่องขาว หากเป็นกระดาษเคลือบผิวมัน จะเรียก กระดาษกล่องแป้ง น้ำหนักกระดาษกล่องอยู่ระหว่าง 180 – 600 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับทำสิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ เช่น กล่อง ป้ายแข็ง ฯลฯ
- กระดาษแข็ง (Hard board) เป็นกระดาษหลายชั้นแข็งหนาทำจากเยื่อไม้บดและเยื่อกระดาษเก่า มีผิวขรุขระสีคล้ำ มีคำเรียกกระดาษชนิดนี้อีกว่า กระดาษจั่วปัง น้ำหนักมีตั้งแต่ 430 กรัม/ตารางเมตรขึ้นไป ใช้ทำไส้ในของปกหนังสือ ฐานปฏิทินตั้งโต๊ะ บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- กระดาษแฟนซี (Fancy paper) เป็นคำเรียกโดยรวมสำหรับกระดาษที่มีรูปร่างลักษณะของเนื้อและผิวกระดาษที่ต่างจากกระดาษใช้งานทั่วไป บางชนิดมีการผสมเยื่อที่ต่างออกไป บางชนิดมีผิวเป็นลายตามแบบบนลูกกลิ้งหรือตะแกรงที่กดทับในขั้นตอนการผลิต มีสีสันให้เลือกหลากหลาย มีทั้งกระดาษบางและหนา ประโยชน์สำหรับกระดาษชนิดนี้สามารถนำไปใช้แทนกระดาษที่ใช้อยู่ทั่วไป ตั้งแต่นามบัตร หัวจดหมาย ไปจนถึงกล่องบรรจุภัณฑ์

**2.8 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแก้ว (15)**

แก้วเป็นวัสดุที่มนุษย์รู้จักและนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางมาตั้งแต่สมัยโบราณ เพราะแก้วเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีความแข็งและความโปร่งใส แสงสามารถส่องผ่านได้ มีความทนทานต่อสารเคมีสามารถทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้แทบทุกชนิด ซึ่งมนุษย์นำแก้วมาใช้ประโยชน์ดังนี้

1) ทำภาชนะต่าง ๆเนื่องจากแก้วมีคุณสมบัติโปร่งใสและทนทานต่อสารเคมีต่างๆ ได้ดี จึงนิยมนำมาทำภาชนะต่าง ๆ เช่น แก้วน้ำ ขวดบรรจุเครื่องดื่มและอาหารต่าง ๆ จาน ชาม ถ้วย ฯลฯ

2) ก่อสร้างตกแต่งอาคารและเฟอร์นิเจอร์นำมาทำเป็นแผ่นเรียกว่า “กระจก” นำไปใช้ทำประตู หน้าต่าง ผนังกั้นห้อง ทำเป็นอิฐแก้วก่อผนัง หลังคากระจกใส รวมทั้งประกอบทำเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ เช่น โต๊ะ ตู้ ชั้นวางของและกระจกส่องหน้า ทำเครื่องประดับและของที่ระลึก

3) แก้วทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้มากมายจึงสามารถนำมาทำเป็นเครื่องประดับตกแต่ง เช่น รูปปั้นสัตว์ต่างๆ ทำเป็นโคมระย้า พวงกุญแจ และทำเป็นของที่ระลึกต่างๆ ฯลฯ

4) ทำเป็นเส้นใยแก้ว สามารถนำมาทำเป็นเส้นใยเส้นเล็กๆ ได้โดยนำไปใช้ในงานทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส ทำไมโครไฟเบอร์สำหรับเป็นฉนวนกันความร้อนทั้งในบ้านและโรงงานอุตสาหกรรม และที่กำลังจะมีการใช้อย่างกว้างขวางในอนาคต คือ ทำเป็นไฟเบอร์ออพติกใช้ในการสื่อสาร เป็นต้น

5) ประกอบกับวัสดุอื่นทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ใช้ประกอบทำเครื่องใช้ไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า หลอดโทรทัศน์ วิทยุ เครื่องเสียง เลนส์กล้องถ่ายรูป กระจกรถยนต์ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ นาฬิกา แว่นตา ฯลฯ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ทั้งนี้มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาในวิธีการใช้ไอโอดีนในการตรวจหารอยลายแฝง อาทิ O.P. Jasuja และ G.D. Sodhi (16) ได้ทำการศึกษาวิธีการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนแผ่นซีดีประกอบกับศึกษาผลกระทบหลังจากกู้ข้อมูลคืน ซึ่งได้กล่าวว่าชนิดของพื้นผิวที่มีรอยลายแฝงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะเป็นตัวเลือกวิธีการที่จะทำให้รอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้นมา โดยเฉพาะเมื่อพื้นผิวนั้นเป็นแผ่นดิสก์ที่บรรจุข้อมูลดิจิตอล ทำให้ต้องเลือกวิธีที่จะไม่กระทบกับข้อมูลที่เก็บและการกู้ข้อมูลคืน ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาในแผ่นซีดีจำนวน 4 ยี่ห้อ ได้แก่ Amigo-R, Samsung-RW, Sony-RW และ Moserbaer-RW โดยใช้วิธีการตรวจเก็บรอยลายแฝงอาทิ การใช้ผงฝุ่นปัด การรมควันด้วยไอโอดีน (Iodine fuming gun) การใช้ Small particle reagent และการรมควันด้วย Cyanoacrylate โดยจากการศึกษาพบว่า การใช้เทคนิคการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีการใช้ผงฝุ่นสีดำปัด ใช้ Small particle reagent และการรมควันด้วยไอโอดีนแบบ “Iodine fuming gun” จะไม่ส่งผลกระทบต่อการกู้ข้อมูลคืนและการเขียนข้อมูลใหม่ของแผ่นซีดีทั้ง 4 ยี่ห้อ และทั้งนี้ O.P. Jasuja และG.D. Singh (17) ได้ทำการศึกษาการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงโดยอาศัยเทคนิค Iodine fuming บนกระดาษเทอร์มอลจำนวน 4 ชนิด อาทิ Mitsubishi fax paper, Oddy fax paper, D.P. Print paper และใบบันทึกรายการเครื่อง ATM ทำการเก็บรอยประทับจากอาสาสมัคร 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่อาศัยสารคัดหลั่งโปรตีน และกลุ่มที่อาศัยสารคัดหลั่งไขมัน จากการศึกษาพบว่า รอยลายนิ้วมือแฝงที่มีสารคัดหลั่งไขมันจะปรากฏรอยนิ้วมือชัดเจนกว่าลายนิ้วมือแฝงที่ปราศจากสารคัดหลั่งไขมัน และจะแตกต่างกันอย่างชัดเจนในกรณีที่ทดสอบกับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ทิ้งไว้เป็นเวลานาน ซึ่งทั้งนี้ยังพบว่ารอยลายนิ้วมือที่ทดลองด้วย Iodine จะปรากฏรอยลายนิ้วมืออยู่ได้นานคงทนในธรรมชาติ และเมื่อทำ Treatment ด้วย DFO และ Indanedione จะไม่ส่งผลต่อการปรากฏรอยลายนิ้วมือแต่จะทำให้ปรากฏสีดำบนพื้นผิวกระดาษ

สำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวรูพรุน เช่น กระดาษชนิดต่างๆ ก็สามารถใช้เทคนิควิธีทางเคมีอื่นๆได้ เช่น นินไฮดริน เป็นต้น โดยในงานวิจัยของเพ็ญทิพย์ สุตธรรม (18) ได้ศึกษาการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษและประเมินคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง ด้วยวิธี 1,2-indanedione ร่วมกับเครื่องกำเนิดแสงหลายความถี่ เปรียบเทียบกับวิธี Ninhydrin ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไป โดยเตรียมตัวอย่างลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษ 15 ชนิด และทำการนับจำนวนจุด Minutiae

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้วยระบบ Automated Fingerprint Identification System (AFIS) และนำจุด Minutiae ที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ทั้งนี้ใช้กระดาษตัวอย่างจำนวน 15 ชนิด คือ กระดาษสีขาว A4 กระดาษ Greenread A4 สีขาวนวล ใบถอนเงินธนาคารกรุงไทย ซองไปรษณีย์ไทยสีเหลือง หนังสือพิมพ์เดลินิวส์ ใบโฆษณาเคลือบมัน กระดาษปกนิตยสาร CLEO กระดาษอาร์ตเคลือบมันเงาชมพูเข้ม ซองเอกสารสีน้ำตาล กระดาษกล่องพัสดุไปรษณีย์สีขาว กระดาษกล่องลูกฟูกสีน้ำตาล กระดาษแฟ้มแขวนสีแดง กระดาษแฟ้มแขวนสีเขียว และธนบัตรใบละ 20 บาท ซึ่งจากการศึกษาพบว่าวิธีการ 1,2-indanedione ร่วมกับเครื่องกำเนิดแสงหลายความถี่ สามารถใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษได้มากถึง 10 ชนิด ส่วนวิธีนินไฮดรินสามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้เพียง 6 ชนิด รวมถึงในงานวิจัยของเอกจิตตรา มีไชยธร (19) ได้ทำการศึกษาการปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษในช่วงเวลาต่างๆด้วยนินไฮดรินและหาความสัมพันธ์ของการคงอยู่ของลายนิ้วมือบนกระดาษชนิดต่างๆในช่วงเวลาที่ต่างกันโดยในการศึกษาใช้ตัวอย่างบุคคลทั้งสิ้น 4 คนประทับลายนิ้วมือลงบนกระดาษทั้งสิ้น 5 ชนิด คือ กระดาษถ่ายเอกสารสีขาว ซองใส่เอกสารสีขาว ซองใส่เอกสารสีน้ำตาล กระดาษสมุด และกระดาษหนังสือพิมพ์เป็นระยะเวลา 32 สัปดาห์ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 32 สัปดาห์ยังสามารถตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงที่ติดอยู่บนกระดาษถ่ายเอกสารสีขาว ซองใส่เอกสารสีขาว และกระดาษสมุดได้ ส่วนซองใส่เอกสารสีน้ำตาลระยะเวลาที่นานที่สุดที่สามารถตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงได้คือ 7 สัปดาห์ และกระดาษหนังสือพิมพ์ ระยะเวลาที่นานที่สุดที่สามารถตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝงได้คือ 5 สัปดาห์

ประกอบกับในงานวิจัยของ O. P. Jasuja และคณะ (20) ได้ทำการศึกษาถึงความสามารถของนินไฮดรินในการตรวจหารอยลายแฝงทั้งจากรอยลายแฝงที่ดีและไม่ดีซึ่งได้จากอาสาสมัครที่ทำการประทับลงไปยังกระดาษ โดยใช้แรงกดของนิ้วมือขนาดต่างๆกันภายใต้สภาวะควบคุม ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้อาสาสมัครที่มีอายุ 20 -25 ปี โดยกล่าวว่าภายใต้สภาวะในขณะทำการประทับรอยลายนิ้วมือแฝงสามารถที่จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกระบวนการตรวจหารอยลายแฝงได้ โดยสภาวะต่างๆดังกล่าวก็ได้แก่ สภาพแวดล้อม ชนิดของพื้นผิวที่ถูกประทับ ความสามารถของอาสาสมัครสำหรับในการประทับลายนิ้วมือ ระยะเวลาในการประทับ และแรงที่ใช้ในการประทับเป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะเห็นได้ว่าในงานวิจัยที่มีมานั้น มีการศึกษาถึงการใช้ประโยชน์ในด้านเทคนิคการตรวจหารอยลายแฝงโดยใช้ไอโอดีนน้อยมาก รวมถึงยังไม่เคยมีงานวิจัยในประเทศไทยที่ทำการคิดค้น หรือประดิษฐ์อุปกรณ์ตรวจหารอยลายแฝงโดยใช้ไอโอดีนในรูปลักษณ์อื่นเลย ทั้งนี้จากปัญหา ที่มา เหตุผล และความจำเป็นดังบริบทที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะต่อยอดองค์ความรู้ดังกล่าว เพื่อนำไปพัฒนาอุปกรณ์ตรวจหารอยลายแฝงโดยใช้ไอโอดีนที่มีประสิทธิภาพในการตรวจหา และมีความสะดวกซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่ผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุได้จริงต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved