



แนวทางการนำไมโครไบโอมมาใช้ในการงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ Guidelines of Microbiome Utilization for Forensic Science

รวีโรจน์ จันทรสุโข¹ และ ธิติ มหาเจริญ²

^{1,2}คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Raweerot Chansukko¹ and Thiti Mahacharoen²

^{1,2}Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received March 3, 2020 | Revised July 3, 2020 | Accepted July 9, 2020

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัตถุดิบ วิธีการตรวจไมโครไบโอมและนำเสนอแนวทางการนำไมโครไบโอมมาใช้ในการงานด้านการวิเคราะห์วัตถุดิบทางนิติวิทยาศาสตร์ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยผู้วิจัยทำการถอดบทเรียน และวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไมโครไบโอมของทั้งประเทศไทยและต่างประเทศ จำนวน 13 เรื่อง พบว่า ไมโครไบโอมสามารถนำมาใช้ในการงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) การระบุยืนยันตัวบุคคล 2) การระบุตำแหน่งพื้นที่ และ 3) การประมาณระยะเวลาการตาย การระบุยืนยันตัวบุคคล สามารถตรวจสอบได้จากการดูสัดส่วนของชนิดแบคทีเรียที่พบบนวัตถุดิบและชนิดของแบคทีเรียที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของบุคคล ในการระบุตำแหน่งพื้นที่ สามารถตรวจสอบได้จากวัตถุดิบประเภทดินและน้ำลาย เนื่องจากดินแต่ละแห่งจะมีรูปแบบไมโครไบโอมที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค เช่นเดียวกันกับน้ำลายของกลุ่มประชากรในภูมิภาคต่าง ๆ ส่วนการประมาณระยะเวลาการตาย สามารถตรวจสอบได้จากแบคทีเรียที่เจริญเติบโตในแต่ละช่วงเวลาหลังการตาย วิธีการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจไมโครไบโอม คือเทคโนโลยี Next Generation Sequencing ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของแบคทีเรียที่มีจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ และมีราคาต้นทุนในการตรวจต่ำ อย่างไรก็ตาม มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไมโครไบโอม ดังนั้น ควรมีการศึกษาไมโครไบโอมเพื่อให้มีฐานข้อมูลที่ถูกต้อง แม่นยำ และมีจำนวนมากพอที่จะนำมาใช้ในการงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ไมโครไบโอม, การระบุยืนยันตัวบุคคล, การระบุตำแหน่งพื้นที่, การประมาณระยะเวลาการตาย



Abstract

The purpose of this study is evidence, method of microbiome for forensic work and propose guideline of microbiome for evidence analysis in forensic science. This study is quality research by analysis both Thailand and foreign countries researches relevant microbiome in forensic science. The results of this study revealed that microbiome can be used for three forensic applications. There are 1) identification 2) geolocation and 3) postmortem intervals. Identification can be examined by observing the proportion of bacteria and types of bacteria rarely found in each individual. To specify the location, microbiome can be detected from soil and saliva having different microbiome pattern in each region. The estimated duration of death is determined by bacteria growing in each period after death. An appropriate method for sequencing of microbiome is Next Generation Sequencing technology. It is a perfect technique for sequencing of many bacteria quick, precised and inexpensive. However, there are many factors that can affect microbiome changes. Therefore, microbiome should be studied in order to have an accurate and sufficient database that can be used in forensic science clearly and efficiently.

Keywords: Microbiome, Identification, Geolocation, Postmortem intervals

บทนำ

ปัจจุบัน คดีอาญาในประเทศไทยเกิดขึ้นมากมาย มีแนวโน้มสูงขึ้น และมีความซับซ้อนมากขึ้น ส่งผลให้การจับตัวผู้กระทำความผิดมาลงโทษตามกฎหมายเป็นเรื่องที่ยากลำบากมาก อีกทั้งในอดีตเจ้าหน้าที่ตำรวจจะใช้พยานบุคคลเป็นส่วนมาก ซึ่งมีโอกาสผิดพลาดสูงที่จะได้ตัวผู้บริสุทธิ์มารับผิดแทน (Wrongful Conviction) (Polrob, 2018) ด้วยเหตุผลดังกล่าว เจ้าหน้าที่ตำรวจจึงควรใช้พยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะสามารถเชื่อมโยงกับสถานที่เกิดเหตุ ผู้เสียหายและสภาพแวดล้อม และสามารถนำไปสู่การจับตัวผู้กระทำความผิดได้

สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สังกัดสำนักงานตำรวจแห่งชาติ และสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ สังกัดกระทรวงยุติธรรม เป็นหน่วยงานสำหรับการตรวจพิสูจน์วัตถุพยานประเภทต่าง ๆ เช่น วัตถุพยานทางชีววิทยา สามารถตรวจหาดีเอ็นเอของมนุษย์ได้ แต่ในคดีอาชญากรรมที่เกิดขึ้นบางคดี เช่น คดีฆาตกรรมผู้หญิงที่ประเทศสหรัฐอเมริกา เจ้าหน้าที่สืบสวนได้พบฝักพาลัวเดบนกระบะท้ายรถของผู้ต้องสงสัยจึงนำไปตรวจหาสารพันธุกรรม พบว่า ฝักพาลัวเดดังกล่าวมีสารพันธุกรรมตรงกับฝักพาลัวเดที่พบในสถานที่เกิดเหตุ (Chamsuwannawong, 2002) จะเห็นได้ว่า การตรวจพิสูจน์หลักฐาน คดีอาชญากรรมนั้น ไม่จำเป็นต้องตรวจสารพันธุกรรมของมนุษย์เสมอไป

ไมโครไบโอมเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งทางวิชาจุลชีววิทยาที่ศึกษาสารพันธุกรรมของแบคทีเรียที่สามารถพบได้ทั่วไปทั้งภายในร่างกายและภายนอกร่างกายของมนุษย์ เช่น ลำไส้ อูจจาระ ผิวหนัง เส้นขน เป็นต้น อีกทั้งสิ่งแวดล้อม และวัตถุต่าง ๆ ซึ่งในต่างประเทศได้มีการนำไมโครไบโอมมาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินสถานที่เกิดเหตุและวิเคราะห์การย่อยสลายของร่างกายมนุษย์ (Clarke et al., 2017) และมีการใช้เทคโนโลยี Next Generation Sequencing ที่สามารถใช้หาลำดับนิวคลีโอไทด์ของสารพันธุกรรมของแบคทีเรียที่มีจำนวนมหาศาลได้ในระยะเวลาที่รวดเร็วและแม่นยำ (Wilantho et al., 2012)

ด้วยเหตุผลดังกล่าว นักนิติวิทยาศาสตร์หรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องจึงควรคิดหาวิธีการตรวจพิสูจน์หลักฐานรูปแบบอื่น ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางคดีอาญาได้ เมื่อการตรวจพิสูจน์หลักฐานที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบันมีข้อจำกัด ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญและสนใจศึกษาแนวทางการนำไมโครไบโอมมาใช้ในการงานด้านนิติวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา วิเคราะห์และถอดบทเรียนจากงานวิจัยของประเทศไทยและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับไมโครไบโอมในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์
2. เพื่อศึกษาวิธีการตรวจไมโครไบโอมสำหรับงานด้านนิติวิทยาศาสตร์
3. เพื่อนำเสนอแนวทางการนำไมโครไบโอมมาใช้ในการงานด้านการวิเคราะห์วัตถุพยานทางนิติวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การระบุยืนยันตัวบุคคล การระบุตำแหน่งพื้นที่ และการประมาณระยะเวลาการตาย

ทบทวนวรรณกรรม

การตรวจพิสูจน์หลักฐาน เป็นกฎเกณฑ์ทั้งทางวิชาชีพและทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้มีการชี้เฉพาะ การจำแนกและการตีความหมายของวัตถุพยาน โดยมีหลักสำคัญคือ 1) การจำแนก (Individualization) เป็นการแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของวัตถุพยาน มีการจัดประเภทวัตถุพยาน เช่น ยี่ห้อ รุ่น สีของวัตถุพยาน เป็นต้น และ 2) การชี้เฉพาะ (Identification) คือ การแสดงให้เห็นถึงความ เป็นเอกลักษณ์ของวัตถุพยาน โดยอาศัยคุณลักษณะ 2 ประการ คือ คุณลักษณะทั่วไป (Class Characteristics) สามารถบ่งบอกได้ถึงประเภทของวัตถุพยาน ลักษณะทางกายภาพภายนอก และคุณสมบัติเฉพาะ (Individual Characteristics) เป็นการระบุวัตถุพยานเชิงลึก สามารถระบุชนิดของประเภทของวัตถุพยาน ร่องรอยร่องเกิลยวบนปลอกกระสุนปืนที่ยิงออกมาจากปืน รวมถึง ความลึกหรือของวัตถุที่เกิดจากการใช้งานของบุคคลแต่ละคน และสามารถบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์ของบุคคล (Sinloyma, 2019) เช่น การระบุยืนยันตัวบุคคล ประกอบด้วย การตรวจลายนิ้วมือและการตรวจดีเอ็นเอ การตรวจลายนิ้วมือสามารถดูได้จากลายเส้นและจุดตำหนิพิเศษ (Minutia) บนนิ้วมือจำนวน 10 จุด ขึ้นไปสำหรับการยืนยันตัวบุคคล (Chamsuwannawong, 2009) ส่วนการตรวจดีเอ็นเอ



สามารถตรวจได้จากลำดับนิวคลีโอไทด์ซ้ำต่อเนื่อง ประเภทเอสทีอาร์ (Short Tandem Repeat, STR) จำนวน 20 ตำแหน่ง เพื่อใช้ในการตรวจพิสูจน์ยืนยันตัวบุคคล (Rerkamnuaychoke, 2018) สำหรับการระบุตำแหน่งพื้นที่ มีการตรวจเปรียบเทียบลักษณะของดินและทรายทางธรณีวิทยา โดยกลุ่มงานตรวจทางเคมี ฟิสิกส์ (Chamsuwannawong, 2009) ส่วนการประมาณระยะเวลาการตาย สามารถตรวจได้หลายวิธี เช่น การตกของเลือด การแข็งตัวของกล้ามเนื้อ อัตราการเน่า เป็นต้น (Huiprasert, 2019)

ไมโครไบโอมเข้ามามีบทบาทในการตรวจพิสูจน์วัตถุพยานทางนิติวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก จากการศึกษาไมโครไบโอมในต่างประเทศ พบว่า ไมโครไบโอมสามารถประเมินสถานที่เกิดเหตุ และการย่อยสลายของร่างกายมนุษย์ได้ เมื่อไม่มีหลักฐานทางดีเอ็นเอเพียงพอ (Metcalf et al., 2017; Clarke et al., 2017) รูปแบบไมโครไบโอมจากวัตถุที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ห้องทำงานในพื้นที่ที่แตกต่างกัน จะมีรูปแบบไมโครไบโอมที่แตกต่างกัน (Hewitt et al., 2012) อีกทั้งในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่ทันสมัย สามารถใช้ในการตรวจหาสารพันธุกรรมของแบคทีเรียที่มีข้อมูลจำนวนมหาศาลได้ในระยะเวลาที่รวดเร็ว และมีความแม่นยำสูง นั่นคือ เทคโนโลยี Next Generation Sequencing (NGS) เป็นวิธีการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของสารพันธุกรรมทั้งหมดของสิ่งมีชีวิต ซึ่งสามารถหาลำดับนิวคลีโอไทด์ได้ในปริมาณมาก สามารถทำได้หลายตัวอย่างในเวลาเดียวกัน และมีความรวดเร็ว เหมาะสำหรับการศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์ของสารพันธุกรรมทั้งหมดของแบคทีเรีย (Ukoskit et al., 2015; Wilantho et al., 2012) โดยสามารถจัดจำแนกชนิดของแบคทีเรียได้จากยีน 16S rRNA ซึ่งมีส่วนของบริเวณอนุรักษ์สูง มีการกลายพันธุ์น้อย และสามารถพบได้ในแบคทีเรียทุกชนิด (Suphalucksana et al., 2009) แต่จากการศึกษาผลกระทบของการดำเนินชีวิตประจำวันต่อการเปลี่ยนแปลงของไมโครไบโอมของมนุษย์ เป็นระยะเวลา 1 ปี พบว่า กลุ่มของแบคทีเรียของบุคคลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 1 ปี โดยในช่วงเดือนแรกกลุ่มของแบคทีเรียค่อนข้างมีความเสถียร แต่เมื่อมีเหตุการณ์เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นจากวิถีการดำเนินชีวิต การเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ รวมถึงอาหารที่รับประทานจะทำให้กลุ่มของแบคทีเรียเปลี่ยนแปลงไป (David et al., 2014) จะเห็นได้ว่า การนำไมโครไบโอมมาใช้ในการด้านนิติวิทยาศาสตร์เป็นการตรวจพิสูจน์หลักอาัยยังไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากไม่มีความเสถียรและไม่มีค่าทางสถิติที่น่าเชื่อถือ ดังนั้น จึงควรสร้างฐานข้อมูลไมโครไบโอมที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ เช่น ชีวประวัติ ภูมิศาสตร์ ต้นกำเนิด อาหาร ข้อมูลทางสังคม เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ยอมรับได้ภายใต้มาตรฐานทางกฎหมาย (Clarke et al., 2017)

ระเบียบวิธีการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์วิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยกระบวนการวิจัยเชิงเอกสาร (Document Research) ศึกษา รวบรวม ค้นคว้า จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไมโครไบโอมของประเทศไทยและต่างประเทศ เพื่อทราบข้อมูลและรายละเอียดที่ครอบคลุมครบถ้วน และนำมาใช้ประโยชน์ ทำการศึกษาทั้งหมดจำนวน 13 เรื่อง แบ่งเป็นงานวิจัยของประเทศไทยจำนวน 1 เรื่อง และงานวิจัยของต่างประเทศ จำนวน 12 เรื่อง ตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ. 2008 ถึง ค.ศ. 2018 ซึ่งสามารถจัดกลุ่มตามประเด็นที่วิเคราะห์ 3 ประเด็น ได้แก่ การระบุยืนยันตัวบุคคล จำนวน 4 เรื่อง การระบุตำแหน่งพื้นที่ จำนวน 3 เรื่อง การประมาณระยะเวลาการตาย จำนวน 5 เรื่อง และงานวิจัยที่สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งการระบุยืนยันตัวบุคคลและการระบุตำแหน่งพื้นที่ จำนวน 1 เรื่อง โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยแปลบทความและตรวจการแปลให้มีความถูกต้องโดยอาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นทำการถอดบทเรียน และวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ในเรื่องของวัตถุดิบ วิธีการที่ใช้ และนำเสนอเป็นแนวทางการนำไมโครไบโอมไปใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสมต่อไป

ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง แนวทางการนำไมโครไบโอมมาใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ โดยการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 13 เรื่อง แบ่งเป็นประเด็นในการวิเคราะห์ได้ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) การระบุยืนยันตัวบุคคล 2) การระบุตำแหน่งพื้นที่ และ 3) การประมาณระยะเวลาการตาย ผลการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1) การระบุยืนยันตัวบุคคล คือ การใช้รูปแบบของแบคทีเรียจากสิ่งของต่าง ๆ นำมาเปรียบเทียบกับรูปแบบของแบคทีเรียบนร่างกายหรือภายในร่างกายของมนุษย์ โดยแบคทีเรียที่พบมากบนฝ่ามือ ได้แก่ แบคทีเรียที่อยู่ในไฟลัม Actinobacteria, Firmicutes และ Proteobacteria เช่น แบคทีเรียจีส *Staphylococcus* ในไฟลัม Firmicutes (Fierer et al., 2008) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Park et al. (2017) และมีการวิเคราะห์ไมโครไบโอมบนฝ่ามือของบุคคล จำนวน 15 คน พบว่า มีเพียงบางคนเท่านั้นที่พบแบคทีเรีย *Oceanobacillus caeni*, *Paracoccus sanguines*, *Enterobacter aerogenes* และ *Corynebacterium striatum* นอกจากนั้น แบคทีเรียบางชนิดสามารถพบได้ในเพศใดเพศหนึ่งในสัดส่วนที่มากกว่า เช่น ในเพศชายมักพบแบคทีเรียจีส *Propionibacterium* และ *Corynebacterium* ส่วนในเพศหญิงมักพบแบคทีเรีย จีส *Lactobacillus* ในสัดส่วนที่มากกว่า (Fierer et al., 2008) จากการทดลองให้บุคคล 2 คน ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์คนละเครื่องเป็นประจำทุกวัน พบแบคทีเรีย *Bacillus mycoides* บนแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่พบในบุคคลจำนวน 1 คน ที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งไม่พบ แสดงให้เห็นว่ามีการแลกเปลี่ยนแบคทีเรีย *Bacillus mycoides* จากบุคคลที่ใช้แป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ไปสู่แป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ นอกจากนั้น มีการทดสอบไมโครไบโอมที่ลูกบิดประตูของห้องปฏิบัติการที่มีผู้ผ่านเข้าออก



เป็นประจำ พบว่า ไมโครไบโอมบนลูกบิดนี้มีรูปแบบไมโครไบโอมที่มีความหลากหลายมากกว่าแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ (Lee et al., 2015) จากการทดลองของ Lax et al. (2015) ศึกษาไมโครไบโอมบนโทรศัพท์และรองเท้าของบุคคล จำนวน 2 คน พบว่า มีรูปแบบไมโครไบโอมที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับกับไมโครไบโอมจากเส้นขนของอวัยวะเพศของบุคคลแต่ละคน (Williams & Gibson, 2017) สำหรับปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงไมโครไบโอมในการระบุยืนยันตัวบุคคล เช่น ไมโครไบโอมระหว่างฝ่ามือข้างที่ถนัดและฝ่ามือข้างที่ไม่ถนัด พบว่า ไมโครไบโอมบนฝ่ามือทั้งสองข้างไม่มีความแตกต่างกัน (Fierer et al., 2008) ส่วนระยะเวลาในการเก็บวัตถุพยานสำหรับการตรวจไมโครไบโอม สามารถเก็บได้เป็นเวลานาน โดยรูปแบบไมโครไบโอมยังคงเหมือนเดิมไม่เปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับอนุภาคนิวเคลียสที่ไม่ว่าจะเก็บรักษาวัตถุพยานที่อนุภาคนิวเคลียส -20 องศาเซลเซียส 4 องศาเซลเซียส หรืออนุภาคนิวเคลียสที่ไม่ส่งผลต่อรูปแบบของไมโครไบโอม (Williams & Gibson, 2017)

2) การระบุตำแหน่งพื้นที่ คือ การใช้ประโยชน์จากไมโครไบโอมในการคาดเดาพื้นที่แหล่งที่มาของวัตถุพยาน โดยวัตถุพยานส่วนมากที่ใช้สำหรับการระบุตำแหน่งพื้นที่ คือ ดิน มีการศึกษาไมโครไบโอมของดินในพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศไทย ประกอบด้วย 4 ประเภท ได้แก่ ดินจากนาข้าวเกษตรอินทรีย์ นาข้าวเกษตรอินทรีย์ผสมกับนาข้าวเกษตรอุตสาหกรรม นาเกลือ และนาข้าวเกษตรอุตสาหกรรม พบว่านาเกลือมีรูปแบบไมโครไบโอมที่แตกต่างไปจากนาข้าวเกษตรอินทรีย์และนาข้าวเกษตรอุตสาหกรรม อย่างชัดเจน ส่วนนาข้าวแบบเกษตรอินทรีย์ มีรูปแบบไมโครไบโอมแตกต่างจากนาข้าวแบบเกษตรอุตสาหกรรม (Somboonna et al., 2017) นอกจากดินที่สามารถระบุตำแหน่งพื้นที่ได้ สารคัดหลั่งหรือน้ำลาย ก็สามารถระบุแหล่งของบุคคลได้ว่าเจ้าของน้ำลายนี้อาศัยอยู่บริเวณใด โดยมีการศึกษาไมโครไบโอม ในน้ำลายจากกลุ่มคน จำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่ เยอรมัน อลาสก้า และแอฟริกา พบว่ามีรูปแบบไมโครไบโอมที่แตกต่างกัน แต่กลุ่มประชากรย่อยในแต่ละกลุ่มนั้นก็จะมีรูปแบบไมโครไบโอมที่คล้ายคลึงกัน (Li et al., 2014) เช่นเดียวกับกับไมโครไบโอมบนโทรศัพท์และไมโครไบโอมบนพื้นรองเท้ากับพื้นผิวที่เดินของกลุ่มคน 3 กลุ่ม ได้แก่ แคลิฟอร์เนีย วอชิงตัน ดี.ซี. และ แวนคูเวอร์ โดยแต่ละกลุ่มจะมีรูปแบบไมโครไบโอมที่แตกต่างกัน (Lax et al., 2015) จากการศึกษาไมโครไบโอมจากตัวอย่างดินที่ฝังซากหมูที่ความลึกแตกต่างกันและดินชนิดเดียวกันที่ไม่มีการฝังซากหมู พบว่า ไมโครไบโอมในพื้นที่ทั้งสองส่วน มีรูปแบบที่แตกต่างกันในทุก ๆ ความลึก และยังมีระยะเวลาในการฝังในดินนาน ก็จะมีชนิดของแบคทีเรียมากขึ้น แสดงให้เห็นว่า จำนวนชนิดของแบคทีเรียแปรผันตรงกับระยะเวลาที่ใช้ในการฝังซากหมู (Olakanye et al., 2014)

3) การประมาณระยะเวลาการตาย เป็นการบ่งบอกว่าศพได้เสียชีวิตมาแล้วเป็นระยะเวลานานเท่าใด กล่าวคือ ระยะเวลาหลังการตายนั่นเอง มีงานวิจัยหลายงานวิจัยศึกษารูปแบบไมโครไบโอมจากศพ พบว่า ปริมาณของแบคทีเรีย จินัส *Bacteroides* และจินัส *Lactobacillus* มีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการตายเพิ่มขึ้น และปริมาณของแบคทีเรียจินัส *Bifidobacterium* ค่อนข้างคงที่ เมื่อระยะเวลาการตายเพิ่มขึ้น (Hauther et al., 2015) นอกจากนั้น มีการใช้เนื้อหมู ซากหมูในการทดลองแทนศพมนุษย์ด้วย

มีการศึกษาไมโครไบโอมจากเนื้อหมูสันนอกที่วางไว้บนพื้นหญ้า ตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 60 พบแบคทีเรียแฟมิลี Comamonadaceae และ แฟมิลี Clostridiaceae ในระยะเวลาไม่เกิน 2 วันแรก และแบคทีเรียชนิดไซยาโนแบคทีเรียและแบคทีเรียแฟมิลี Listeriaceae สามารถพบได้หลังการตายแล้ว อย่างน้อย 1 เดือน (Handke et al., 2017) ส่วนรูปแบบของไมโครไบโอมในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ในอวัยวะต่าง ๆ ของซากหมู เช่น ส่วนหัว ส่วนขา ภายในช่องปาก ลำไส้ เป็นต้น โดยส่วนหัว พบแบคทีเรียชนิด *Proteus mirabilis* ทุกช่วงเวลา ชั่วโมงที่ 4-32.5 พบแบคทีเรียไฟลัม Firmicutes, Proteobacteria และ Actinobacteria ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน แต่ในชั่วโมงที่ 32.5-73 จะพบแบคทีเรียไฟลัม Bacteroidetes และในชั่วโมงที่ 73-144.5 พบแบคทีเรียไฟลัม Proteobacteria โดดเด่นกว่าไฟลัมอื่น ๆ ส่วนขา ชั่วโมงที่ 4 พบแบคทีเรียไฟลัม Firmicutes และ ไฟลัม Bacteroidetes และชั่วโมงที่ 32.5-144.5 พบแบคทีเรียไฟลัม Firmicutes และ Proteobacteria ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน (Chun et al., 2015) ในช่องปาก ช่วงต้น (สัปดาห์ที่ 0-6) พบแบคทีเรียจีส *Pseudomonas*, *Psychrobacter* แบคทีเรีย *Vitreoscilla stercoraria* และแบคทีเรีย *Sphingobacterium composti* ช่วงกลาง (สัปดาห์ที่ 6-17) พบแบคทีเรียจีส *Pseudomonas* และ *Psychrobacter* เช่นเดียวกับ ช่วงต้นแต่เป็นแบคทีเรียต่างชนิดกัน และช่วงปลาย (สัปดาห์ที่ 17-21) พบแบคทีเรียที่เจริญสืบเนื่องมาจากช่วงกลาง จำนวน 2 ชนิด คือ *Sporosarcina globispora* และ *Pseudomonas poae* และยังพบแบคทีเรียไฟลัม Firmicutes และไฟลัม Proteobacteria ที่แตกต่างจากช่วงต้นและช่วงกลาง ส่วนในลำไส้ สัปดาห์ที่ 0-5 พบแบคทีเรียที่แตกต่างไปจากแบคทีเรียที่พบในสัปดาห์ที่ 5-13 ส่วนสัปดาห์ ที่ 13-18 พบแบคทีเรียที่แตกต่างจากสัปดาห์ที่ 1-13 จำนวน 2 ชนิด คือ *Bacteroides propionicifaciens* และ *Psychrobacter alimentarius* และในสัปดาห์ที่ 18-21 พบแบคทีเรีย 2 ชนิด ซึ่งไม่พบในช่วงเวลาอื่น ๆ คือ *Wohlfahrtiimonas chitiniclastica* และ *Ignatzschineria larvae* (Iancu et al., 2015) นอกจากนั้น มีการศึกษารูปแบบไมโครไบโอมบนแมลงตัวเต็มวัยพบแบคทีเรียเพียง 3 ไฟลัม เท่านั้น คือ ไฟลัม Acidobacteria, Verrucomicrobia และ Nitrospirae และเมื่อศึกษาความหลากหลายของแบคทีเรียจากแมลงระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัย พบว่ามีปริมาณที่แตกต่างกัน แต่ชนิดของแบคทีเรียจากทั้งสองระยะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Iancu et al., 2018)

ส่วนขั้นตอนการวิเคราะห์ไมโครไบโอม เริ่มจากการเก็บตัวอย่างที่สนใจจะวิเคราะห์ เช่น ดิน สิ่งของต่าง ๆ ชิ้นส่วนศพ หรือจากร่างกายของมนุษย์ เช่น น้ำลาย ผิวหนัง เส้นขน เนื้อเยื่อ เป็นต้น โดยวิธีการเก็บตัวอย่างขึ้นอยู่กับความเหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์นั้น ๆ เช่น ตัวอย่างบนพื้นผิวสัมผัสสามารถใช้ก้านสำลีปลอดเชื้อเช็ดพื้นผิวดังกล่าวได้ แต่ถ้าเป็นชิ้นเนื้อเยื่อสามารถเก็บมาได้ทั้งชิ้น เป็นต้น จากนั้นนำตัวอย่างไปสกัดดีเอ็นเอของแบคทีเรีย โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูปให้เหมาะสมกับตัวอย่างที่วิเคราะห์ และนำดีเอ็นเอของแบคทีเรียที่สกัดได้ไปวัดปริมาณดีเอ็นเอและเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณยีน 16S rRNA เพื่อนำมาระบุชนิดของแบคทีเรียจากการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนดังกล่าว โดยใช้เทคโนโลยี Next Generation Sequencing บางงานวิจัยมีการใช้วิธี Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE) ที่ใช้หลักการเจลอิเล็กโทรโฟรีซิสในการระบุชนิดของแบคทีเรีย (Olakanye et al.,



2014) และเครื่องวิเคราะห์สารพันธุกรรม ABI 3130 Genetic Analyzer ในการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ อีกด้วย (Handke et al., 2017) นอกจากนั้น มีงานวิจัยที่ใช้วิธี Terminal Restriction Fragment Length Polymorphisms (T-RFLP) ซึ่งเป็นการระบุชนิดของเชื้อแบคทีเรียโดยใช้การตัดสายดีเอ็นเอ ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ พบว่า ไม่สามารถระบุเชื้อแบคทีเรียได้ถึงร้อยละ 75 (Handke et al., 2017) เมื่อได้ลำดับนิวคลีโอไทด์แล้ว จะนำไประบุชนิดของแบคทีเรียจัดกลุ่มแบคทีเรียที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์ คล้ายคลึงกันมากกว่าร้อยละ 97 ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน (Edward et al., 2018) แล้วนำไปวิเคราะห์ ความหลากหลายตามความต้องการของผู้วิจัย เพื่อให้เกิดความเข้าใจองค์ประกอบของการอยู่ร่วมกัน ของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการศึกษาไมโครไบโอม สามารถแบ่งออกได้เป็นความหลากหลาย แบบอัลฟา เป็นดัชนีที่แสดงค่าความหลากหลายของชนิดของแบคทีเรียภายในสังคมหรือถิ่นที่อยู่อาศัยหนึ่ง มีหลายดัชนีที่นิยมใช้กันมาก เช่น Chao1, Shannon-Wiener, Simpson เป็นต้น และความหลากหลาย แบบเบต้า ใช้สำหรับเปรียบเทียบความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ศึกษาที่ต่างกัน (Sakchoowong, 2009) แต่เดิมใช้เครื่องมือที่เรียกว่า UniFrac เป็นการวัดระยะทางทางวิวัฒนาการระหว่างชนิดของ แบคทีเรียในต้นไม้ วิวัฒนาการโดยวัดจากความยาวของกิ่งของต้นไม้วิวัฒนาการและสามารถบอกได้ถึง ความแตกต่างระหว่างกลุ่มประชากร ในปัจจุบัน มีการใช้เทคนิควิธีการทางสถิติที่ซับซ้อนขึ้น เช่น Principle Coordinates Analysis (PCoA) เป็นการใช้ข้อมูลระยะทางทางพันธุกรรมในรูปเมตริกซ์ มาสร้างกลุ่มตัวอย่างให้เห็นเป็นมิติ โดยใช้ปัจจัยต่าง ๆ มาเป็นค่าความแปรปรวนเพื่อสร้างความเข้าใจกับ ข้อมูลมากขึ้น และอีกเทคนิคหนึ่ง คือ Principle Component Analysis (PCA) เป็นเทคนิคที่คล้ายกับ PCoA แตกต่างกันว่า PCA จะใช้จำนวนความถี่ของชนิดที่พบในสิ่งแวดล้อม แต่ PCoA จะใช้ระยะทาง ทางพันธุกรรมระหว่างกลุ่มแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อม เป็นต้น หรือมีการใช้การจัดกลุ่มที่บางกลุ่มจะทับซ้อน กับกลุ่มอื่น (Hierarchical Clustering) เช่น Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Averages (UPGMA) วิธีนี้ใช้ข้อมูลระยะทางระหว่างตัวอย่างเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างในกลุ่มประชากร และสามารถอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างกลุ่มประชากร (Lozupone et al., 2007) ซึ่งการวิเคราะห์ ความหลากหลายในขั้นตอนนี้ จะเป็นการสังเคราะห์ข้อมูลดิบให้ออกมาอยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่าย

สรุปและอภิปรายผล

ในการระบุยืนยันตัวบุคคลสามารถตรวจไมโครไบโอมได้จากสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น แป้นพิมพ์ คอมพิวเตอร์ ลูกบิดประตู โทรศัพท์ รองเท้า เป็นต้น ไมโครไบโอมที่พบบนวัตถุพยานเหล่านี้ เกิดจาก การแลกเปลี่ยนไมโครไบโอมจากฝ่ามือของบุคคล ทำให้เกิดเป็นรูปแบบของไมโครไบโอมที่คล้ายคลึงกัน ถ้าเป็นสิ่งของเครื่องใช้ส่วนตัวที่เจ้าของได้สัมผัสบ่อยครั้ง ก็จะเพิ่มการแลกเปลี่ยนกลุ่มของแบคทีเรีย ได้มากยิ่งขึ้น ทำให้อ่านผลได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งบุคคลแต่ละคนจะมีรูปแบบไมโครไบโอมที่แตกต่างกัน ทำให้สิ่งของเครื่องใช้ของแต่ละคนมีรูปแบบไมโครไบโอมแตกต่างกันด้วย จึงสามารถระบุได้ว่าผู้ใด เป็นผู้สัมผัสกับสิ่งของดังกล่าว โดยดูได้จากสัดส่วนของแบคทีเรียที่อยู่ในไฟล์ม Actinobacteria,

Firmicutes และ Proteobacteria ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่พบมากบนฝ่ามือ ถ้าวัตถุพยานมีรูปแบบไมโครไบโอมที่ใกล้เคียงกันกับฝ่ามือของบุคคล สามารถคาดเดาได้ว่าวัตถุพยานชิ้นนั้นมีความเกี่ยวข้องกับบุคคลดังกล่าว อีกทั้งแบคทีเรียบางชนิดมีความเป็นเอกลักษณ์สูง เนื่องจากพบได้ในบุคคลจำนวนน้อยจึงสามารถช่วยในการระบุยืนยันบุคคลได้ง่ายยิ่งขึ้น นอกจากนี้สัดส่วนของแบคทีเรียบางชนิดยังสามารถบ่งบอกเพศได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการระบุยืนยันตัวบุคคลในคดีประเภทต่าง ๆ ได้ เช่น คดีชีวิต คดีทรัพย์สิน แม้กระทั่ง ในคดีเพศก็สามารถตรวจไมโครไบโอมได้ที่บริเวณเส้นขนอวัยวะเพศของเหยื่อ ซึ่งจะมีการแลกเปลี่ยน ไมโครไบโอมกับคนร้าย

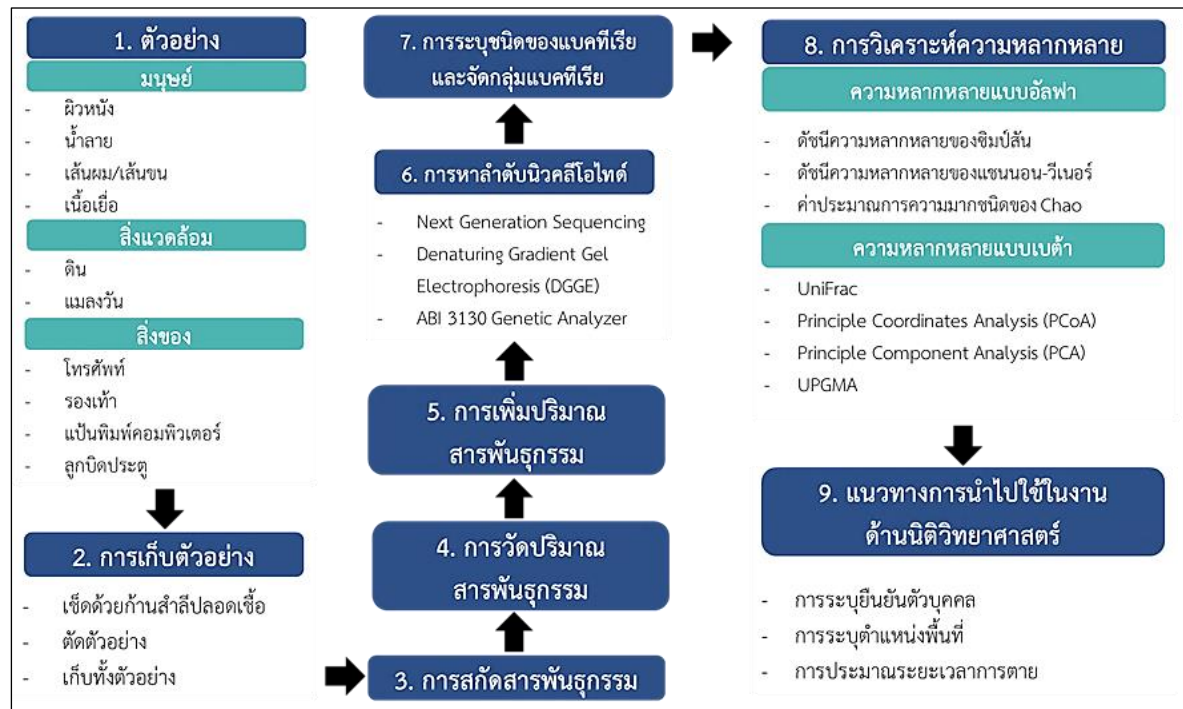
สำหรับการระบุตำแหน่งพื้นที่ที่ใช้ไมโครไบโอม สามารถตรวจพิสูจน์ได้จากวัตถุพยานประเภทดินและน้ำลายของบุคคล เนื่องจากดินจากภูมิประเทศต่าง ๆ และน้ำลายจากกลุ่มประชากรต่างกลุ่มกันจะมีรูปแบบไมโครไบโอมที่แตกต่างกัน แต่ถ้าอยู่ในภูมิภาคเดียวกันจะมีรูปแบบไมโครไบโอมที่คล้ายคลึงกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hewitt et al. (2012) จึงสามารถนำไปใช้ในคดีความได้ เช่น คดีความผิดในเรื่องของชีวิต และทรัพย์สิน เป็นต้น ในกรณีที่พบวัตถุพยานที่สามารถเชื่อมโยงกับสถานที่เกิดเหตุได้ เช่น รองเท้าที่ใช้ในการก่อเหตุ ซึ่งมีเศษดินติดอยู่ที่พื้นรองเท้า สามารถหารูปแบบไมโครไบโอมของดินที่พื้นรองเท้าเปรียบเทียบกับดินในสถานที่เกิดเหตุได้ หรือพบน้ำลายที่ไม่สามารถระบุยืนยันตัวบุคคลก็สามารถนำมาหารูปแบบไมโครไบโอมมาเปรียบเทียบกับไมโครไบโอมในน้ำลายของกลุ่มคนในพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อสืบหาตัวผู้ต้องสงสัยและลดขอบเขตในการสืบสวนให้แคบลงได้ นอกจากนี้ไมโครไบโอมในดินจะสามารถคาดเดาพื้นที่ต่าง ๆ ได้แล้ว ยังสามารถคาดเดาพื้นที่ที่มีการฝังศพได้ เนื่องจากรูปแบบไมโครไบโอมในดินปกติกับดินที่มีศพมีความแตกต่างกัน

แบคทีเรียมีบทบาทสำคัญอย่างมากหลังการตาย เพราะร่างกายจะเกิดกระบวนการย่อยสลายจากแบคทีเรียต่าง ๆ ในลำไส้ ดังนั้น ไมโครไบโอมจึงสามารถบ่งบอกระยะเวลาการเสียชีวิตได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Metcalf et al. (2017) โดยตรวจพิสูจน์ได้จากวัตถุพยานประเภทชิ้นเนื้อของศพ ดูปริมาณของแบคทีเรีย จีโนส *Bacteroides* และจีโนส *Lactobacillus* ถ้ามีแนวโน้มลดลง แสดงว่าศพได้เสียชีวิตมาเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว ส่วนแบคทีเรียชนิด *Proteus mirabilis* และแบคทีเรียจีโนส *Bifidobacterium* ไม่สามารถนำมาใช้ในการประมาณระยะเวลาการตายได้ นอกจากนี้ สามารถพบแบคทีเรีย แฟมิลี Comamonadaceae และ แฟมิลี Clostridiaceae ได้เมื่อเสียชีวิตมาแล้ว ในระยะเวลาไม่เกิน 2 วัน ส่วนแบคทีเรียแฟมิลี Listeriaceae สามารถพบได้หลังการตายแล้วอย่างน้อย 1 เดือน อีกทั้ง แบคทีเรียที่บริเวณต่าง ๆ ของซากหมู ในช่วงเวลาหลังการตายที่แตกต่างกันจะพบแบคทีเรียที่โดดเด่นแตกต่างกัน ทำให้สามารถนำไปใช้ในการประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิตได้ ถึงแม้จะพบซากศพเพียงบางอวัยวะ

ส่วนวิธีการตรวจไมโครไบโอม สามารถระบุชนิดของแบคทีเรียได้จากยีน 16S rRNA สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suphalucksana et al. (2009) และเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ทั้งจีโนมของแบคทีเรียหลาย ๆ ชนิด คือ เทคโนโลยีเอ็นจีเอส หรือ Next Generation Sequencing เนื่องจากได้ข้อมูลจำนวนมากอย่างรวดเร็ว ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีต้นทุนค่าใช้จ่าย



ในการทำงานของเครื่องมือต่ำ (Ukoskit et al., 2015; Metcalf et al., 2017) และยังสามารถใช้วิธี Denaturing Gradient Gel Electrophoresis และเครื่องวิเคราะห์สารพันธุกรรม ABI 3130 Genetic Analyzer ในการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ได้อีกด้วย ส่วนวิธี Terminal Restriction Fragment Length Polymorphisms (T-RFLP) เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในการตรวจไมโครไบโอม โดยสามารถสรุปขั้นตอนการตรวจไมโครไบโอมสำหรับงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการตรวจไมโครไบโอมสำหรับงานด้านนิติวิทยาศาสตร์

แต่อย่างไรก็ตาม ไมโครไบโอมก็สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตามสภาพภูมิอากาศ วิถีชีวิต อาหารที่รับประทาน (David et al., 2014; Clarke et al., 2017) แสดงให้เห็นว่า ไมโครไบโอมนั้นมีความไม่เสถียรหรือกล่าวโดยง่าย คือ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย จึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นงานตรวจวิเคราะห์หลักฐาน เนื่องจากเมื่อระยะเวลาผ่านไป ฝ่ามือได้มีการไปสัมผัสกับวัตถุต่าง ๆ มาก ทำให้รูปแบบไมโครไบโอมเปลี่ยนแปลงไปจากช่วงเวลาที่ได้มีการสัมผัสกับวัตถุพยานที่ส่งตรวจพิสูจน์ อีกทั้งการชำระล้างร่างกาย ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของไมโครไบโอมได้ (Fierer et al., 2008) ดังนั้น การตรวจดีเอ็นเอของมนุษย์ 20 ตำแหน่ง (Rerkamnuaychoke, 2018) และการตรวจลายนิ้วมือ 10 จุด (Chamsuwanawong, 2009) จึงมีความแม่นยำมากกว่าการตรวจไมโครไบโอม ส่วนการที่จะใช้ไมโครไบโอมในการระบุตำแหน่งพื้นที่จำเป็นต้องมีฐานข้อมูลของไมโครไบโอมในดินของแต่ละพื้นที่เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับไมโครไบโอมในวัตถุพยาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Clarke et al. (2017) ซึ่งปัจจุบัน ประเทศไทยยังขาดฐานข้อมูลดังกล่าว จึงยากต่อการนำมาใช้งานได้

จะเห็นได้ว่า ไมโครไบโอมยังมีข้อจำกัดในด้านการระบุยืนยันตัวบุคคลและระบุตำแหน่งพื้นที่ เป็นเพียงการชี้เฉพาะโดยอาศัยคุณลักษณะทั่วไป (Class Characteristics) (Sinloyma, 2019) ในการจำกัดขอบเขตของข้อมูลให้มีขนาดเล็กลง ส่วนการประมาณระยะเวลาการตาย ยังขาดการศึกษารูปแบบของแบคทีเรียในแต่ละช่วงเวลาหลังการตายให้มีความถูกต้องและแม่นยำอีกมาก แต่ถ้ามีฐานข้อมูลที่แสดงกลุ่มของแบคทีเรียในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ หลังการตายอย่างชัดเจนแล้ว จะทำให้สามารถประมาณระยะเวลาการตายได้อย่างแม่นยำ ซึ่งจะเป็นการชี้เฉพาะโดยอาศัยคุณลักษณะเฉพาะ (Individual Characteristics) (Sinloyma, 2019) จากการศึกษาการนำไมโครไบโอมมาใช้งานด้าน นิติวิทยาศาสตร์พบว่ามีความหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงของไมโครไบโอม ดังนั้น ควรมีการศึกษาไมโครไบโอมในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีฐานข้อมูลที่ถูกต้อง แม่นยำ และมีจำนวนมากพอที่จะนำมาใช้ในการระบุยืนยันตัวบุคคล ระบุตำแหน่งพื้นที่ของข้อมูล และประมาณระยะเวลาการตายของศพได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1.1 การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไมโครไบโอมในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยและต่างประเทศ จำนวน 13 เรื่อง และสามารถจัดจำแนกแนวทางการนำไปใช้ได้ 3 ด้าน ได้แก่ การระบุยืนยันตัวบุคคล การระบุตำแหน่งพื้นที่ และการประมาณระยะเวลาการตาย ซึ่งอาจยังไม่ครอบคลุมแนวทางทั้งหมดที่สามารถนำไปใช้ได้ จึงควรศึกษางานวิจัยจำนวนมากกว่านี้ เพื่อให้ได้แนวทางการนำไมโครไบโอมไปใช้งานด้านนิติวิทยาศาสตร์ในด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม

1.2 การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นกระบวนการศึกษาเชิงเอกสาร เป็นเพียงการศึกษาวิธีการผลการวิจัย จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไมโครไบโอมในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยและต่างประเทศ ควรมีการศึกษาวิจัยด้วยกระบวนการวิธีการทดลอง และจัดทำเป็นฐานข้อมูล เพื่อนำไมโครไบโอมมาใช้งานด้านนิติวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย

1.3 หน่วยงานตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ควรให้ความรู้เกี่ยวกับการนำไมโครไบโอมมาใช้ในการตรวจพิสูจน์หลักฐานที่มีอยู่ในปัจจุบัน พร้อมจัดทำเอกสารและคู่มือในการนำไมโครไบโอมมาใช้ในการตรวจพิสูจน์หลักฐาน เพื่อพัฒนาองค์กร องค์กรความรู้เรื่องไมโครไบโอมในด้านนิติวิทยาศาสตร์ และเพิ่มขีดความสามารถในการตรวจพิสูจน์เมื่อการตรวจพิสูจน์ด้านอื่น ๆ มีขีดจำกัด ซึ่งไมโครไบโอมเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการตรวจพิสูจน์หลักฐาน



2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาเปรียบเทียบการตรวจพิสูจน์หลักฐานของหน่วยงานทางนิติวิทยาศาสตร์กับการตรวจพิสูจน์หลักฐานโดยไมโครไบโอม

2.2 ควรมีการศึกษาไมโครไบโอมบนฝ่ามือที่มีความเป็นเอกลักษณ์ในแต่ละบุคคล และจัดทำเป็นฐานข้อมูลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการระบุยืนยันตัวบุคคล

2.3 ควรมีการศึกษาชนิดของแบคทีเรียในแต่ละช่วงเวลาหลังการตายเพิ่มเติมเพื่อจัดทำเป็นนาฬิกาจุลินทรีย์ (Microbial Clock) ที่มีความถูกต้องและแม่นยำ สำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลชนิดของแบคทีเรียในแต่ละช่วงเวลาหลังการตายที่แน่นอน

2.4 ควรมีการศึกษาข้อมูลไมโครไบโอมในดินของพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลไมโครไบโอมในดิน สำหรับตรวจเปรียบเทียบกับไมโครไบโอมในดินที่ส่งตรวจพิสูจน์

2.5 ควรศึกษาไมโครไบโอมชนิดอื่น ๆ นอกจากไมโครไบโอมของแบคทีเรีย เช่น ไมโครไบโอมของฟังไจ ไมโครไบโอมของโปรทิสต์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- Chamsuwanawong, A. (2002). **Forensic Science 4 for Crime Investigation**. 1st Edition. Bangkok: Daoreuk. (In Thai).
- _____. (2009). **Forensic Science 2 for Crime Investigation**. 6th Edition. Bangkok: G.B.P Center. (In Thai).
- Chun, L. P., Miguel, M. J., Junkins, E. N., Forbes, S. L., and Carter, D. O. (2015). An Initial Investigation In to The Ecology of Culturable Aerobic Postmortem Bacteria. **Science and Justice**. 55(6), 394-401.
- Clarke, T. H., Gomez, A., Singh, H., Nelson, K. E., and Brinkac, L. M. (2017). Integrating the Microbiome as a Resource in the Forensics Toolkit. **Forensic Science International: Genetics**. 30, 141-147.
- David, L. A., Materna, A. C., Friedman, J., Campos-Baptista, M. I., Blackburn, M. C., Perrotta, A., Erdman, S. E. & Alm, E. J. (2014). Host Lifestyle Affects Human Microbiota on Daily Timescales. **Genome Biology**, 15(R89), 1-15.
- Edwards, J., Santos-Medellin, C., and Sundaresan, V. (2018). Extraction and 16S rRNA Sequencing Analysis of Microbiomes Associated with Rice Roots. **Bio-Protocol**, 8(12), e2884.



- Fierer, N., Hamady, M., Lauber, C. L., and Knight, R. (2008). The Influence of Sex, Handedness, and Washing on the Diversity of Hand Surface Bacteria. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 105(46), 17994-17999.
- Handke, J., Procopio, N., Buckley, M., Van Der Meer, D., Williams, G., Carr, M., and Williams, A. (2017). Successive Bacterial Colonization of Pork and Its Implications for Forensic Investigation. **Forensic science international**, 281, 1-8.
- Hauther, K., Cobaugh, K., Jantz, L., Sparer, T., and DeBruyn, J. (2015). Estimating Time Since Death from Postmortem Human Gut Microbial Communities. **Journal of Forensic Sciences**, 60(5), 1234-1240.
- Hewitt, K. M., Gerba, C. P., Maxwell, S. L., and Kelley, S. T. (2012). Office Space Bacterial Abundance and Diversity in Three Metropolitan Areas. **PLOS ONE**, 7(5), 1-7.
- Huiprasert, L. (2019). **Chapter 3: The Duration of Death and the Change After Death**. Retrieved July 23, 2019, from <http://ifm.go.th/th/ifm-book/ifm-textbook/114-lesson3.html>. (In Thai).
- Iancu, L., Carter, D. O., Junkins, E. N., and Purcarea, C. (2015). Using Bacterial and Necrophagous Insect Dynamics for Post-Mortem Interval Estimation During Cold Season: Novel Case Study in Romania. **Forensic science international**, 254, 106-117.
- Iancu, L., Junkins, E. N., and Purcarea, C. (2018). Characterization and Microbial Analysis of First Recorded Observation of *Conicera Similis* Haliday (Diptera: Phoridae) in Forensic Decomposition Study in Romania. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, 58, 50-55.
- Lax, S., Hampton-Marcell, J. T., Gibbons, S. M., Colares, G. B., Smith, D., Eisen, J. A., and Gilbert, J. A. (2015). Forensic Analysis of The Microbiome of Phones and Shoes. **Microbiome**, 3(21), 1-8.
- Lee, S. Y., Woo, S. K., Choi, G. W., Hong, Y. J., and Eom, Y. B. (2015). Microbial Forensic Analysis of Bacterial Fingerprint by Sequence Comparison of 16S rRNA Gene. **Journal of Forensic Research**, 6(5), 1-4.
- Li, J., Quinque, D., Horz, H. P., Li, M., Rzhetskaya, M., Raff, J. A., Hayes, M. G., and Stoneking, M. (2014). Comparative Analysis of the Human Saliva Microbiome from Different Climate Zones: Alaska, Germany, and Africa. **BMC Microbiology**, 14(316), 1-13.



- Lozupone, C. A., Hamady, M., Kelley, S. T., and Knight, R. (2007). Quantitative and Qualitative β Diversity Measure Lead to Different Insights into Factors That Structure Microbial Communities. **Applied and Environmental Microbiology**, 73(5), 1576-1585.
- Metcalf, J. L., Xu, Z. Z., Bouslimani, A., Dorrestein, P., Carter, D. O., and Knight, R. (2017). Microbiome Tools for Forensic Science. **Trends in Biotechnology**, 35(9), 814-823.
- Olakanye, A. O., Thompson, T., and Ralebitso, T. K. (2014). Changes to Soil Bacterial Profiles as a Result of *Sus scrofa domesticus* Decomposition. **Forensic Science International**, 245, 101-106.
- Park, J., Kim, S. J., Lee, J. A., Kim, J. W., and Kim, S. B. (2017). Microbial Forensic Analysis of Human-Associated Bacteria Inhibiting Hand Surface. **Forensic Science International: Genetics Supplement Series**, 6, e510-e512.
- Polrob, S. (2018). **Crime Victims and Innocent People in Criminal Cases**. Retrieved December 11, 2018, from law.stou.ac.th/dynfiles/Ex.41716-13.pdf. (In Thai).
- Rerkamnuaychoke, B. (2018). **Recent Advances in Forensic Genetics**. Bangkok: Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital. (In Thai).
- Sakchoowong, W. (2009). **Methods of Biodiversity of Insects Studying**. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand. (In Thai).
- Sinloyma, P. (2019). **An Introduction to Forensic Science**. Retrieved August 20, 2019, from http://ajarnpat.com/data/document_study_Pat.pdf. (In Thai).
- Somboonna, N., Wilantho, A., Chanaboon, R., Komkrajang, P., and Punha, S. (2017). Soil Microbiome in the North-Eastern Part of Thailand. **Unisearch Journal**, 4(1), 10-16. (In Thai).
- Suphalucksana, W., Sangsoponjit, S., and Jirajoenrat, K. (2009). **Study on Bacteria Diversity in Chicken Intestinal Tract by Molecular Approach**. Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (In Thai).
- Ukoskit, K., Raksuksombat, M., and Khanbo, S. (2015). Second and Third Generation Sequencing Technologies. **Thai Science and Technology Journal**, 23(4), 633-650. (In Thai).
- Wilantho, A., Praditsup, O., Charoenchim, W., Kulawonganunchai, S., Assawamakin, A., and Tongsim, S. (2012). Next Generation Sequencing (NGS) Technologies and Their Applications in Omics-Research. **Thai Journal of Genetics**, 5(2), 104-129. (In Thai).



William, D. W., and Gibson, G. (2017). Individualization of Pubic Hair Bacterial Communities and the Effects of Storage Time and Temperature. **Forensic Science International: Genetics**, 26, 12-20.

ผู้เขียน

คำนำหน้า ชื่อ-สกุล

หน่วยงาน/สังกัด

ที่อยู่หน่วยงาน/สังกัด

E-mail:

ร้อยตำรวจโท รวีโรจน์ จันทรสุขโข

นักศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะนิติวิทยาศาสตร์

โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

เลขที่ 90 หมู่ 7 ตำบลสามพราน อำเภอสามพราน

จังหวัดนครปฐม 73110

nutmicro60@gmail.com

คำนำหน้า ชื่อ-สกุล

หน่วยงาน/สังกัด

ที่อยู่หน่วยงาน/สังกัด

E-mail:

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันตำรวจโท ดร.ธิตี มหาเจริญ

คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

เลขที่ 90 หมู่ 7 ตำบลสามพราน อำเภอสามพราน

จังหวัดนครปฐม 73110

m_thiti@yahoo.com