ISSN 2774-1338 (Online)

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

Bulletin of the Academy of Science
The Royal Society of Thailand

ปีที่ ๒ ฉบับที่ ๓
(กรกฎาคม–กันยายน ๒๕๖๖)

สารบัญ

บรรณาธิการประจำฉบับแถลง ก
สายชล เกตุษา และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์

การวินิจฉัยมะเร็งต่อมน้ำเหลืองทางพยาธิวิทยา ๑
สัญญา สุขพณิชนันท์

ไรอ่อน สัตว์ขาข้ออันตราย : พาหะนำโรคสครับไทฟัส ๕
ธีรภาพ เจริญวิริยะภาพ

การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีกับการเกษตร ๑๐
วิยงค์ กังวานศุภมงคล

การผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง ๑๖
ประวรรธน์ สุขพูล และ อลิศรา เรืองแสง

การฝังข้อมูลในวัตถุ ๓ มิติ ด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติ ๒๓
ปิยรัตน์ ศิลปกรศุภวงศ์, Kazutake Uehira และ สุดา เกียรติกำจรวงศ์

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพผลิตโดยสาหร่ายจุลภาค ๒๘
ปาลญา วุฒิเทียน และ อรัญ อินเจริญศักดิ์

เอไอ ตัวพลิกสถานการณ์ในการค้นหายาและนวัตกรรมทางเภสัชกรรม ๓๓
สุภา หารหนองบัว

โครงการปาฐกถาราชบัณฑิตสัญจร สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ๓๙
การประชุมวิชาการ เรื่อง “โรคพาร์กินสันและการป้องกัน
ความฝันหรือความจริงที่เป็นไปได้”
รุ่งโรจน์ พิทยศิริ, สายสมร พุ่มพิศ และ ชนวัฒน์ อนันต์

โครงการปาฐกถาราชบัณฑิตสัญจร สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ๔๒
การเสวนาวิชาการ เรื่อง “ยุคเอไอได้มาถึงแล้ว ประเทศไทยพร้อมรับมือไหม?”
วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย

กิจกรรมและผลงานของสำนักวิทยาศาสตร์ ๔๕

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

ISSN 2774-1338 (Online)

Bulletin of the Academy of Science
The Royal Society of Thailand

ปีที่ ๒ ฉบับที่ ๓
๒๕๖๖

ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร. ภก.ชยันต์ พิเชียรสุนทร	ราชบัณฑิต	ประธานสำนักวิทยาศาสตร์
ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.มงคล เดชนครินทร์	ราชบัณฑิต	
นางสาวอารี พลดี	ผู้อำนวยการกองวิทยาศาสตร์	

บรรณาธิการประจำฉบับ

ศาตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สายชล เกตุษา	ราชบัณฑิต	
ศาตราจารย์เกียรติคุณ ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์	ราชบัณฑิต	

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.สวัสดิ์ ตันตระรัตน์	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ดร.ครรชิต มาลัยวงศ์	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาเทคโนโลยี
ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.สุดา เกียรติกำจรวงศ์	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาเทคโนโลยี
ศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี ลิ่มทอง	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
ศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สายชล เกตุษา	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร. ทพญ.วรานันท์ บัวจีบ	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์ นพ.ก้องเกียรติ กูณฑ์กันทรากร	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. ภก.สมพล ประคองพันธ์	ราชบัณฑิต	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.มะลิ หุ่นสม	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาเทคโนโลยี
ดร.วิยงค์ กังวานศุภมงคล	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาเทคโนโลยี
ศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา เรืองแสง	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาเทคโนโลยี
ศาสตราจารย์ ดร.นวดล เหล่าศิริพจน์	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาเทคโนโลยี
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. นพ.สิริฤกษ์ ทรงศิวิไล	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
ศาสตราจารย์ ดร.อรัญ อินเจริญศักดิ์	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญหา	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
ดร.ก่องกานดา ชยามฤต	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
ศาสตราจารย์ ดร.สุภา หารหนองบัว	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.อรอนงค์ นัยวิกุล	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สายสมร ลำยอง	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.อานัฐ ตันโช	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.ธีรภาพ เจริญวิริยะภาพ	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร. นพ.ณัฐชัย ศรีสวัสดิ์	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์ นพ.รุ่งโรจน์ พิทยศิริ	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์ นพ.กีรติ เจริญชลวานิช	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์ นพ.มานพ พิทักษ์ภากร	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร. ภก.พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ศาสตราจารย์ ดร. นพ.นรัตถพล เจริญพันธุ์	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ศาสตราจารย์ ดร. ภกญ.พรอนงค์ อร่ามวิทย์	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ศาสตราจารย์ ดร.เกศินี โชติวานิช	ภาคีสมาชิก	ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
นางสาวมณฑิรา เกษมสุข	นักวรรณศิลป์ชำนาญการ	ผู้ประสานงานสำนักวิทยาศาสตร์
นางสาวกนกพร ชื่นใจดี	นักวรรณศิลป์ชำนาญการ	ผู้ช่วยผู้ประสานงานสำนักวิทยาศาสตร์

บรรณาธิการประจำฉบับแถลง

จุลสารของสำนักวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นปีที่ ๒ ฉบับที่ ๓ มีบทความทั้งหมด ๗ เรื่องจากทั้ง ๔ ประเภทวิชาของสำนัก บทความแต่ละเรื่องน่าสนใจและเป็นประโยชน์ เนื่องจากเรียบเรียงโดยผู้เชี่ยวชาญจากสาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ (๑) การวินิจฉัยมะเร็งต่อมน้ำเหลืองทางพยาธิวิทยา จากประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ (๒) ไรอ่อน สัตว์ขาข้ออันตราย : พาหะนำโรคสครับไทฟัส จากประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์ (๓) การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีกับการเกษตร จากประเภทวิชาเทคโนโลยี (๔) การผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง จากประเภทวิชาเทคโนโลยี (๕) การฝังข้อมูลในวัตถุ ๓ มิติด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติ จากประเภทวิชาเทคโนโลยี (๖) พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพผลิตโดยสาหร่ายจุลภาค จากประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ และ (๗) เอไอ ตัวพลิกสถานการณ์ในการค้นหายาและนวัตกรรมทางเภสัชกรรม จากประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีสรุปโครงการปาฐกถาราชบัณฑิตสัญจรของสำนักวิทยาศาสตร์ ๒ เรื่อง คือ (๑) โรคพาร์กินสันและการป้องกัน ความฝันหรือความจริงที่เป็นไปได้ และ (๒) ยุคของเอไอมาถึงแล้ว ประเทศไทยพร้อมรับมือไหม? หวังว่าบทความเหล่านี้จะทำให้ผู้อ่านเข้าใจและเห็นประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากยิ่งขึ้น

คณะบรรณาธิการประจำฉบับนี้ต้องขอขอบพระคุณศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.มงคล เดชนครินทร์ ราชบัณฑิต ที่ได้ช่วยตรวจทานภาษา และศาสตราจารย์ ดร. นพ.นรัตถพล เจริญพันธุ์ ภาคีสมาชิก ที่ได้ช่วยจัดรูปเล่มฉบับนี้

ศาตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สายชล เกตุษา ราชบัณฑิต
ศาตราจารย์เกียรติคุณ ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ ราชบัณฑิต
ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์
สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา บรรณาธิการประจำฉบับ

การวินิจฉัยมะเร็งต่อมน้ำเหลืองทางพยาธิวิทยา

สัญญา สุขพณิชนันท์[๑,๒]

[๑]ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

[๒]ภาคีสมาชิก สาขาวิชาเวชศาสตร์ชันสูตร ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ สำนักวิทยาศาสตร์ราชบัณฑิตยสภา, sanya.suk@mahidol.ac.th

บทนำ

การวินิจฉัยมะเร็งต่อมน้ำเหลืองหรือลิมโฟมา (lymphoma) ทางพยาธิวิทยามีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการดูแลรักษาผู้ป่วยโรคนี้ ลิมโฟมาเป็นมะเร็งของเซลล์น้ำเหลืองหรือลิมโฟไซต์ (lymphocyte) หรือเซลล์ลิมฟอยด์ (lymphoid cell) ซึ่งเป็นเม็ดเลือดขาวชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย การวินิจฉัยลิมโฟมาทางพยาธิวิทยาอาศัยการพิจารณาเซลล์น้ำเหลืองที่กลายเป็นมะเร็งที่เรียกว่าเซลล์ลิมโฟมา (lymphoma cell)

การวินิจฉัยมะเร็งต่อมน้ำเหลืองทางพยาธิวิทยาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน

ในอดีต พยาธิแพทย์อาศัยกล้องจุลทรรศน์ในการตรวจหาเซลล์ลิมโฟมาที่พบในสิ่งส่งตรวจที่ได้จากการเจาะดูดหรือตัดตรวจชิ้นเนื้อจากรอยโรค ซึ่งอาจจะเป็นต่อมน้ำเหลืองที่โต ก้อนทูมในอวัยวะหรือตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกาย เลือด ไขกระดูก หรือสารน้ำที่พบในช่องต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น น้ำไขสันหลัง น้ำจากช่องปอด ช่องท้อง น้ำในถุงเยื่อหุ้มหัวใจ หรือแม้แต่วุ้นตาที่อยู่ภายในลูกนัยน์ตาหลังเลนส์ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับว่า เซลล์ลิมโฟมาจะก่อรอยโรคให้เกิดขึ้นที่ใดบ้างในร่างกาย การตรวจดูลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphology) ของเซลล์ลิมโฟมานั้น ผู้ตรวจต้องมีความรู้ในการจำแนกเซลล์ชนิดต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งมีข้อจำกัดเพราะเซลล์ลิมโฟมามีหลากหลายชนิด และบางครั้งแยกออกจากเซลล์มะเร็งชนิดอื่นได้ยาก (สัญญา, ๒๕๔๘; สัญญา, ๒๕๖๖)

ในยุคที่ยังขาดความรู้ทางวิทยาภูมิคุ้มกันเมื่อกว่า ๕๐ ปีมาแล้วนั้น ลิมโฟมาหมายถึงมะเร็งของเซลล์ที่อยู่ภายในต่อมน้ำเหลือง ซึ่งมีหลายชนิด ไม่เฉพาะแต่เซลล์น้ำเหลืองเท่านั้น การตรวจดูเซลล์ลิมโฟมาใช้การเทียบเคียงกับเซลล์ที่ผู้ตรวจรู้จัก คือ เซลล์น้ำเหลือง ซึ่งมีขนาดเล็กประมาณ ๙-๑๒ ไมโครเมตร หรือเซลล์ขนาดใหญ่ที่มีชื่อเรียกว่า “มาโครฟาจ (macrophage)” หรือ “ฮิสติโอไซต์ (histiocyte)” ซึ่งมีขนาดประมาณ ๓๐ ไมโครเมตร จากนั้นก็ดูรูปแบบการเติบโต (growth pattern) จากการเรียงตัวของเซลล์ลิมโฟมาว่าเป็นกลุ่มก้อน (nodular) หรือแผ่กระจาย (diffuse) ไปทั่วจนทำลายโครงสร้างของต่อมน้ำเหลืองหมด ซึ่งแนวเข้าสู่การวินิจฉัยทางสัณฐานวิทยา (morphologic approach) เช่นนี้ ใช้ได้ดี เป็นที่ยอมรับกันมาราว ๓๐ ปีแล้ว เนื่องจากเป็นการง่ายในการดูเซลล์ลิมโฟมาด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ส่องตรวจสไลด์แก้ว ที่มีชิ้นเนื้อตัดบางประมาณ ๒ ไมโครเมตรแล้วย้อมด้วยสีฮีมาทอกซิลิน-อีโอซิน (Hematoxylin-Eosin) ซึ่งเป็นสีมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจชิ้นเนื้อทางพยาธิวิทยา แต่มีปัญหาใหญ่ในการศึกษาให้มีความก้าวหน้าทางวิชาการและการดูแล

รักษาผู้ป่วย เพราะเซลล์น้ำเหลืองที่กลายเป็นเซลล์มะเร็งหรือเซลล์ลิมโฟมานั้นมีหลายชนิด ซึ่งอาจดูคล้ายกันเมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ เช่น เซลล์ลิมโฟมาตัวเล็ก บางรายมีการดำเนินโรครุนแรง ขณะที่บางรายมีการดำเนินโรคแบบค่อยเป็นค่อยไป นอกจากนี้ ในอดีตยังไม่แน่ชัดว่า โรคฮอดจ์กิน (Hodgkin disease) ซึ่งมีลักษณะทางคลินิกของโรคมะเร็งต่อมน้ำเหลือง แต่มีเซลล์มะเร็งขนาดใหญ่มาก ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าเจริญมาจากเซลล์ใด แต่ก็ยอมรับกันว่าเป็นมะเร็งต่อมน้ำเหลืองชนิดหนึ่ง ทำให้จำแนกออกเป็นชนิดฮอดจ์กินกับชนิดไม่ใช่ฮอดจ์กินหรือนิยมเรียกทับศัพท์ว่า “น็อน-ฮอดจ์กิน (non-Hodgkin)” (สัญญา, ๒๕๔๘)

ต่อมา มีการใช้เทคนิคทางวิทยาภูมิคุ้มกันที่เรียกว่า “อิมมูโนฮิสโตเคมี (immunohistochemistry)” หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า “การย้อมอิมมูโน (immunostaining)” หรือใช้เทคนิคโฟลว์ไซโทเมทรี (flow cytometry) เพื่อระบุรูปแบบปรากฏภูมิคุ้มกัน (immunophenotype) หรือที่นิยมเรียกทับศัพท์ว่า “อิมมูโนฟีโนไทป์” ของเซลล์ลิมโฟมา ทำให้สามารถแยกเซลล์ลิมโฟมาได้เป็น ๓ ชนิด คือ ๑) เซลล์น้ำเหลืองชนิดบี (B lymphocyte) หรือ “เซลล์บี (B cell)” ๒) เซลล์น้ำเหลืองชนิดที (T lymphocyte) หรือ “เซลล์ที (T cell)” และต่อมาพบว่ามีเซลล์นักฆ่าโดยธรรมชาติ (natural killer cell) หรือ “เซลล์เอ็นเค (NK cell)” ที่สามารถแยกออกจากเซลล์ทีได้ แต่ก็ยังคาบเกี่ยวกันอยู่ จึงจัดไว้อยู่ด้วยกัน และ ๓) เซลล์ลิมโฟมาในโรคฮอดจ์กิน ซึ่งเรียกชื่อว่า เซลล์ฮอดจ์กิน-รีด-สเติร์นเบิร์ก (Hodgkin-Reed-Sternberg cell) หรือเซลล์เอชอาร์เอส (HRS cell) ในระยะแรก ๆ ยังไม่มีน้ำยาแอนติบอดี (antibody) ในการตรวจหาแอนติเจน (antigen) บนผิวเซลล์ในไซโทพลาซึมหรือในนิวเคลียส ให้ใช้ทดสอบมากนัก ทำให้เชื่อว่าเซลล์เอชอาร์เอสนั้นเป็นเซลล์พิเศษไม่ได้เจริญมาจากเซลล์น้ำเหลือง แต่ต่อมา เทคนิคทางวิทยาภูมิคุ้มกันก้าวหน้ามากขึ้น มีน้ำยาแอนติบอดีให้ทดสอบมากขึ้น ร่วมกับความก้าวหน้าของเทคนิคทางพันธุศาสตร์ จึงทำให้ทราบในที่สุดว่า เซลล์เอชอาร์เอสเจริญมาจากเซลล์บี ทำให้เปลี่ยนชื่อเรียกโรคฮอดจ์กินเป็นลิมโฟมาชนิดฮอดจ์กิน และจัดเป็นประเภทหนึ่งของลิมโฟมาชนิดเซลล์บีเจริญเต็มวัย (mature B cell lymphoma) ตามการจำแนกชนิดของโรคมะเร็งของเนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดและเนื้อเยื่อน้ำเหลือง ที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ล่าสุดเมื่อ พ.ศ. ๒๕๖๕ (WHO, 2022) ในตอนนี้สามารถสรุปได้ว่า มะเร็งต่อมน้ำเหลืองหรือลิมโฟมานั้นแบ่งเป็นชนิดหลัก ๒ ชนิด คือ ชนิดเซลล์บี (B cell lymphoma) กับชนิดเซลล์ที/เซลล์เอ็นเค (T/NK cell lymphoma) (สัญญา, ๒๕๖๖)

อันที่จริง โลหิตพยาธิแพทย์ (hematopathologist) ได้เริ่มใช้การย้อมอิมมูโนในการจำแนกชนิดของลิมโฟมา ตั้งแต่ พ.ศ. ๒๕๑๗ แล้ว แต่ในช่วงแรกนั้นเทคนิคยังไม่แพร่หลาย ห้องปฏิบัติการทางพยาธิวิทยาส่วนใหญ่ในประเทศกำลังพัฒนาไม่มีเทคนิคนี้ ต้องใช้เวลาถึง ๒๗ ปีจึงมีการย้อมอิมมูโนได้แพร่หลายมากขึ้น และ ณ เวลานั้น องค์การอนามัยโลกได้มีส่วนผลักดันให้โลหิตพยาธิแพทย์จากทั่วโลกร่วมมือกันจัดทำหนังสือการจำแนกชนิดของโรคมะเร็งของเนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดและเนื้อเยื่อน้ำเหลือง ซึ่งเป็นที่ยอมรับของโลหิตแพทย์ทั่วไปเป็นครั้งแรกใน พ.ศ. ๒๕๔๔ (Jaffe et al., 2001) และมีการปรับปรุงแก้ไขเป็นระยะ ๆ ใน พ.ศ. ๒๕๕๑ (Swerdlow et al., 2008), พ.ศ. ๒๕๖๐ (Swerdlow et al., 2017) และล่าสุดใน พ.ศ. ๒๕๖๕ (WHO, 2022) ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ซึ่งในช่วง ๒๐ ปีที่ผ่านมา มีการใช้เทคนิคทางพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ (cytogenetics) และพันธุศาสตร์ระดับโมเลกุล (molecular genetics) ในการระบุชนิดของเซลล์ลิมโฟมาได้ชัดเจนมากขึ้น

การรักษาโรคมะเร็งต่อมน้ำเหลืองมักใช้วิธีเคมีบำบัดด้วยยาหลายชนิด (combination chemotherapy) แต่ในกรณีที่เป็นก้อนเดี่ยว ไม่มีการแพร่กระจายไปที่อื่น ก็อาจรักษาด้วยการผ่าตัดร่วมกับรังสีรักษาเฉพาะที่ (localized radiation) ได้ ความรู้ความเข้าใจที่มีมากขึ้นในโรคมะเร็งต่อมน้ำเหลืองทำให้เกิดการพัฒนาวิธีการรักษาใหม่ ๆ ที่ทำให้อัตรารอดชีวิตของผู้ป่วยเพิ่มขึ้นอย่างมาก ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนคือการบำบัดด้วยภูมิคุ้มกัน (immunotherapy) โดยใช้ริทูซิแมบ (rituximab) ซึ่งเป็นแอนติบอดีโคลนเดี่ยว (monoclonal antibody) จำเพาะต่อซีดี ๒๐ (CD20) ซึ่งเป็นแอนติเจนบนผิวเซลล์ (surface antigen) ที่มักพบในลิมโฟมาชนิดเซลล์บี โดยเริ่มให้การรักษาในผู้ป่วยลิมโฟมาชนิดเซลล์บีตัวใหญ่แผ่กระจาย (diffuse large B-cell lymphoma) มาตั้งแต่ พ.ศ. ๒๕๔๐ พบว่า เมื่อใช้ร่วมกับเคมีบำบัดแล้วได้ผลดีกว่าการรักษาด้วยเคมีบำบัดสูตรมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ (Coiffier et al., 2002)

แม้ว่าการวินิจฉัยลิมโฟมาทางพยาธิวิทยาจะพัฒนาไปอย่างมาก แต่ก็ยังพบปัญหาในทางปฏิบัติอยู่ โดยเฉพาะเรื่องสภาพผลิตทวนซ้ำได้ (reproducibility) ของการวินิจฉัยชนิดของลิมโฟมา ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากเกณฑ์การวินิจฉัยที่ยังขาดความชัดเจน ความคิดเห็นที่แตกต่างกันในระหว่างพยาธิแพทย์ หรือข้อจำกัดในการเข้าถึงเทคนิคต่าง ๆ ที่ช่วยวินิจฉัยทางพยาธิวิทยา ทำให้ยังต้องมีการพัฒนาเทคนิคใหม่ ๆ กันต่อไป เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (เอไอ) (artificial intelligence, AI), การวิเคราะห์เซลล์เดี่ยว (single cell analysis) สำหรับการจำแนกระหว่างเซลล์ลิมโฟมากับเซลล์ไวปฏิกิริยา (reactive cell), การตรวจเลือด ปัสสาวะ หรือสารคัดหลั่งเพื่อวินิจฉัยโรคโดยไม่ต้องตัดเนื้อออกตรวจ (liquid biopsy) โดยตรวจสารพันธุกรรมหรือโมเลกุลที่จำเพาะของเซลล์ลิมโฟมา (Fu et al., 2021)

บทสรุป

พยาธิแพทย์วินิจฉัยมะเร็งต่อมน้ำเหลืองโดยการตรวจดูเซลล์ลิมโฟมาด้วยกล้องจุลทรรศน์ เหมือนการวินิจฉัยโรคมะเร็งชนิดอื่น ๆ มีการย้อมอิมมูโนเพื่อยืนยันอิมมูโนฟีโนไทป์ของเซลล์ลิมโฟมาให้ชัดเจน และจำแนกชนิดตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก ทำให้การดูแลรักษาผู้ป่วยมะเร็งต่อมน้ำเหลืองมีมาตรฐาน และมีการรวบรวมองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาเซลล์ลิมโฟมา รูปแบบ และผลการรักษาผู้ป่วยตลอดจนการแสดงออกของเซลล์ลิมโฟมาทางพันธุศาสตร์ทั้งระดับเซลล์และโมเลกุล นำไปสู่การพัฒนาการรักษาใหม่ ๆ ที่ทำให้ผู้ป่วยรอดชีวิตอย่างมีคุณภาพได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

สัญญา สุขพณิชนันท์ (๒๕๔๘) Lymphoma: การวินิจฉัยและความรู้ทางโลหิตพยาธิวิทยา (Diagnosis and Knowledge in Hematopathology). โครงการตำราศิริราช: กรุงเทพมหานคร.

สัญญา สุขพณิชนันท์ (๒๕๖๖) มะเร็งต่อมน้ำเหลือง (malignant lymphoma) หรือลิมโฟมา (lymphoma). จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ปีที่ ๒ ฉบับที่ ๒ เมษายน–มิถุนายน ๒๕๖๖ หน้า ๓๔–๓๙.

Coiffier, B., Lepage, E., Briere, J., Herbrecht, R., Tilly, H., Bouabdallah, R., Morel, P., Van Den Neste, E., Salles, G., Gaulard, P., Reyes, F., Lederlin, P. and Gisselbrecht, C. (2002) CHOP Chemotherapy Plus Rituximab Compared with CHOP Alone in Elderly Patients with Diffuse Large-B-cell Lymphoma**.** N. Engl. J. Med. 346(4), 235–42.

Fu, Y., Zhang, Y. and Khoo, B.L. (2021) Liquid Biopsy Technologies for Hematological Diseases. Med. Res. Rev. 41(1), 246–74.

Jaffe, E.S., Harris, N.L., Stein, H. and Vardiman, J.W. (2001) World Health Organization Classification of Tumours. Pathology and Genetics of Tumours of Haematopoietic and Lymphoid Tissues. IARC Press: Lyon, France.

Swerdlow, S.H., Campo, E., Harris, N.L., Jaffe, E.S., Pileri, S.A., Stein, H., Thiele, J. and Vardiman, J.W. (2008) WHO Classification of Tumours of Haematopoietic and Lymphoid Tissues. IARC Press: Lyon, France.

Swerdlow, S.H., Campo, E., Harris, N.L., Jaffe, E.S., Pileri, S.A., Stein, H., Thiele, J., Arber, D.A., Hasserjian, R.P., Le Beau, M.M., Orazi, A. and Siebert, R. (2017) WHO Classification of Tumours of Haematopoietic and Lymphoid Tissues (Revised 4th edition). IARC Press: Lyon, France.

WHO Classification of Tumours Editorial Board. (2022) Haematolymphoid Tumours in WHO Classification of Tumours Series, 5th ed.; vol.11, International Agency for Research on Cancer: Lyon, France. [https://tumourclassification.iarc.who.int/chapters/63, เข้าถึงเมื่อวันที่ ๙ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๖]

ไรอ่อน สัตว์ขาข้ออันตราย : พาหะนำโรคสครับไทฟัส

ธีรภาพ เจริญวิริยะภาพ[๑,๒]

[๑]ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[๒]ภาคีสมาชิก สาขาวิชากีฏวิทยา ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, faasthc@ku.ac.th

ประวัติและความเป็นมาของโรคสครับไทฟัส

ไรอ่อน (chigger mite) พาหะของโรคสครับไทฟัส จัดอยู่ในสกุล *Leptotrombidium* ไรชนิดนี้เป็นสัตว์ขาข้อ ตัวเต็มวัยมีขนาดเล็ก ลำตัวยาวประมาณ ๒๕๐ ไมโครเมตร ตัวอ่อนมีขนาดเล็กกว่าตัวเต็มวัยมาก และอยู่ในระยะที่เป็นพาหะนำโรค ไรอ่อนในระยะนี้พบว่าอาศัยอยู่กับสัตว์ประเภทฟันกัดแทะ เช่น หนูนา หนูหริ่ง กระแต กระรอก ไรอ่อนเป็นพาหะนำเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มริกเก็ตเซีย (Rickettsia) *Orientia tsutsugamushi* ที่ก่อให้เกิดโรคสครับไทฟัส หรือโรคไข้รากสาดใหญ่ โรคไข้รากสาดพุ่มไม้ หรือโรคไข้รากสาดไรอ่อน หรือไรแดง บางครั้งโรคนี้เรียกว่า Tsutsugamushi หรือ Japanese river fever หรือ flood fever หรือ mite-borne typhus เป็นต้น คำว่า typhus มาจากคำกรีกโบราณ “typhos” คือ “fever with stupor” หมายถึง อาการไข้ ตาฝ้ามัว สำหรับคำว่า “scrub” หมายถึง พุ่มไม้เตี้ย ๆ ตามป่าละเมาะ อันเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ฟันกัดแทะ ซึ่งเป็นสัตว์รังโรคของไรพาหะ และเป็นสถานที่ที่มักพบโรคนี้ บริเวณดังกล่าวอาจรวมไปถึงป่าละเมาะที่มีการถางเผาเพื่อปรับพื้นที่เป็นพื้นที่ราบ เช่น ทุ่งหญ้าพื้นที่ที่มีหญ้าคา และทุ่งนาปลูกข้าว บริเวณดังกล่าวเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ฟันกัดแทะและไรพาหะระยะตัวอ่อนที่อาศัยอยู่บนตัวสัตว์เหล่านั้น ในประเทศไทยมีรายงานการพบผู้ป่วยจากโรคนี้มากขึ้นทุกปี ผู้ป่วยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางเกษตรกรรม ในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางของประเทศ ผู้ป่วยบางส่วนเป็นนักท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ ที่เข้าไปตั้งแคมป์พักค้างแรมตามแนวชายป่า หรือในอุทยานธรรมชาติทั่วประเทศ (Bonell et al. 2017)

อาการของโรค

โรคสครับไทฟัสโดยทั่วไปจะมีอาการประมาณ ๕–๑๔ วัน ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการติดเชื้อและขั้นตอนการรักษา หลังจากผู้ป่วยถูกไรอ่อนที่มีเชื้อแบคทีเรีย *O. tsutsugamushi* กัด จะมีระยะฟักตัวในระยะแรกโดยเฉลี่ยประมาณ ๕–๗ วัน หลังจากนั้น ผู้ป่วยจะเริ่มมีอาการมีไข้และปวดศีรษะ อาจจะมีอาการข้างเคียง เช่น ไอ อาเจียน ปวดท้อง ปวดกล้ามเนื้อและตามข้อ มีผื่นแดงขึ้น บริเวณที่ถูกไรอ่อนกัดมักจะเป็นใต้ร่มผ้า ใต้สะดือ เอว ขาอ่อน ขาหนีบ ราวนม รักแร้ และคอ รอยแผลจะเกิดการอักเสบ ต่อมาแห้งคล้ำตกสะเก็ด มีลักษณะคล้ายรอยถูกบุหรี่จี้ รอยแผลลักษณะนี้เรียกว่า “eschar” รอย “eschar” จะเห็นชัดในคนผิวขาวและเหลืองมากกว่าคนผิวคล้ำ หากผู้ป่วยได้รับยาปฏิชีวนะภายในระยะเวลาที่พอเหมาะ อาการต่าง ๆ

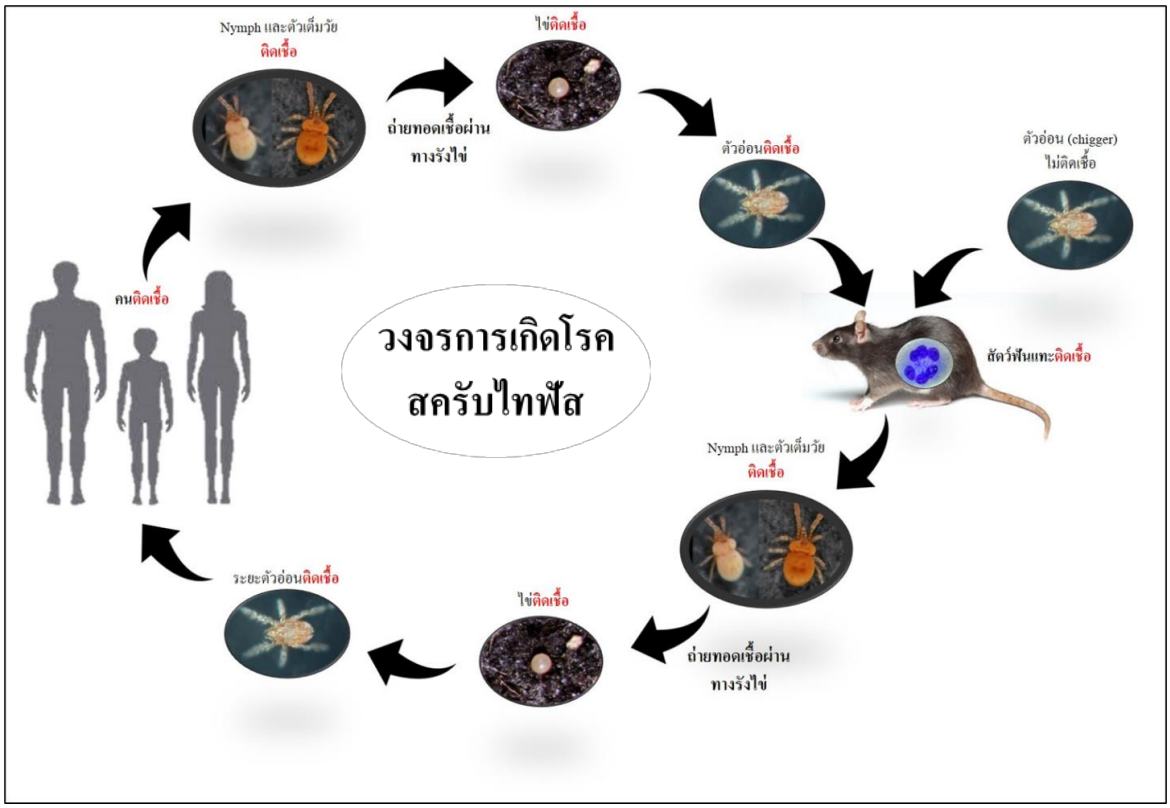
จะทุเลาและผู้ป่วยจะหายเป็นปกติภายใน ๑–๒ สัปดาห์ ในผู้ป่วยที่ได้รับยาปฏิชีวนะล่าช้า จะมีอาการตับและม้ามโต ตัวเหลืองซีด และไตวายเฉียบพลัน ไอ ปอดบวม ภาวะทางเดินหายใจล้มเหลวเฉียบพลัน เกิดภาวะช็อกจากการติดเชื้อ ปอดเป็นอวัยวะสำคัญในการเข้าทำลายของเชื้อ *O. tsutsugamushi* ทำให้มีอัตราการตายมากถึง ๓๐–๗๐% หากไม่ได้รับการรักษาที่ถูกวิธี (Amano et al. 1993, Rajagopal et al. 2003)

ระบาดวิทยาของโรคสครับไทฟัส

มีการบันทึกการพบโรคสครับไทฟัสครั้งแรก ใน พ.ศ. ๒๓๕๓ โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น ภายหลังเริ่มมีการรายงานเกี่ยวกับโรคอย่างต่อเนื่อง โดยที่พบการแพร่ระบาดในพื้นที่ทั่วไป ไม่เฉพาะตามชายป่าละเมาะ ทุ่งหญ้า นาข้าว หรือเขตเกษตรกรรมเท่านั้น แต่รวมถึงเขตชนบทและพื้นที่รอบเมือง เนื่องมาจากพฤติกรรมของมนุษย์ที่รุกล้ำเข้าไปในพื้นที่ที่เคยเป็นเขตเกษตรกรรม เพื่อตั้งรกรากที่อยู่อาศัยและการคมนาคมมากขึ้น ส่งผลเป็นการรบกวนและทำลายระบบนิเวศที่อยู่อาศัยของสัตว์ฟันกัดแทะ ซึ่งเป็นสัตว์รังโรคของโรคสครับไทฟัส รายงานระบาดวิทยาของโรคนี้ในเขตเอเชียแปซิฟิก แสดงว่ามีผู้ป่วยในคาบสมุทรเกาหลี ประเทศญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย อินเดีย ศรีลังกา และไทย สำหรับประเทศไทย มีรายงานโรคสครับไทฟัสครั้งแรก เมื่อ พ.ศ. ๒๔๘๙ ซึ่งเป็นการระบาดในกลุ่มกองทัพทหารญี่ปุ่นที่เข้ามาทางภาคใต้ของประเทศไทย จากการรวบรวมข้อมูลทางระบาดวิทยาในช่วงระยะเวลาไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมาพบว่า จำนวนผู้ป่วยและผู้ติดเชื้อทั่วโลกอาจมีจำนวนถึง ๑ ล้านรายต่อปี ประเทศไทยมีการรายงานจำนวนผู้ป่วยโรคสครับไทฟัสประจำปีโดยกระทรวงสาธารณสุขในช่วง ๒๐ ปีที่ผ่านมา เฉลี่ยประมาณ ๓,๐๐๐–๕,๐๐๐ รายต่อปี โดยส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดชายแดนไทย-เมียนมา ไทย-กัมพูชาและบางจังหวัดในภาคใต้ที่มีพื้นที่ราบทำเกษตรกรรม อย่างไรก็ตาม จำนวนผู้ป่วยตามรายงานมักมีจำนวนต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องจากไม่มีการตรวจเชื้อในทางห้องปฏิบัติการเพื่อยืนยัน และอีกประการหนึ่ง อาการของผู้ป่วยในระยะแรกจะคล้ายกับโรคหวัดทั่วไป คือ เป็นไข้ เจ็บคอ หากได้รับยาปฏิชีวนะทันที อาการก็จะหายเป็นปกติ ทำให้ไม่มีการรายงานว่ามีการติดเชื้อหรือป่วยเป็นโรคสครับไทฟัส จำนวนผู้ป่วยจึงต่ำกว่าความเป็นจริง (Xu et al. 2017)

ไรพาหะ : ไรอ่อนที่เป็นพาหะนำโรคสครับไทฟัส จัดอยู่ใน Class Arachnida, Subclass Acari, Order Acariformes, Superfamily Trombiculoidea, Family Trombiculidae, Subfamily Trombiculinae สกุล *Leptotrombidium* ตัวอ่อนของไรในระยะนี้มักเป็นที่รู้จักและเรียกว่า “chigger mite” เป็นระยะที่มี ๖ ขา (๓ คู่) และมีพฤติกรรมเป็นปรสิตภายนอก (ectoparasite) ที่อาศัยอยู่ในสัตว์ประเภทฟันกัดแทะ และเป็นระยะที่เป็นพาหะนำโรค การพัฒนาการเจริญเติบโตของไรประเภทนี้แบ่งเป็น ๔ ระยะ คือ ระยะไข่ ระยะตัวอ่อน ระยะก่อนตัวเต็มวัย และระยะตัวเต็มวัย ในช่วงระยะที่เป็นตัวอ่อนนั้น ไรอ่อนจะเจริญเติบโตไปสู่ระยะต่อไปได้จำเป็นต้องได้รับโปรตีนจากสัตว์ ดังนั้น ไรอ่อนจึงต้องหาตัวให้อาศัย ซึ่งได้แก่ สัตว์ฟันกัดแทะที่อาศัยและหากินอยู่ในบริเวณชายป่าละเมาะ บริเวณที่มีการถางป่าปรับพื้นที่ ตามท้องนา ภูเขา หรือมนุษย์ที่เข้าไปในบริเวณดังกล่าว ไรอ่อนจะใช้ปากกัดเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบริเวณที่บอบบางตามร่างกายของคนหรือสัตว์รังโรค และสามารถเกาะติดแน่นนานได้ถึง ๒–๔ วัน ในช่วงระยะเวลานั้น ไรอ่อนจะปล่อยสารคล้ายของเหลวเพื่อทำลายเนื้อเยื่อและดูดกลับเข้าไป พร้อมกับปล่อยเชื้อแบคทีเรีย *O. tsutsugamushi* ออกมาจากต่อมน้ำลายเข้าไปใน

ร่างกายของคน หลังจากไรอ่อนดูดซับสารละลายของเนื้อเยื่อจนอิ่มแล้ว จะทิ้งตัวจากคนหรือสัตว์รังโรคลงสู่พื้นดินและพัฒนาเป็นระยะก่อนตัวเต็มวัยและตัวเต็มวัยต่อไป ตัวเต็มวัยของไร่อ่อน มี ๘ ขา (๔ คู่) และจะหากินอิสระ (free living form) ตามพื้นดิน (ภาพที่ ๑) รายงานการวิจัยการติดเชื้อในวงจรชีวิตของไรประเภทนี้แสดงให้เห็นว่า เชื้อแบคทีเรีย *O. tsutsugamushi* สามารถถ่ายทอดจากไรตัวเต็มวัยผ่านทางไข่และติดไปยังระยะตัวอ่อน (transovarial transmission) เชื้อแบคทีเรียนี้ยังสามารถผ่านไปยังระยะก่อนตัวเต็มวัยและตัวเต็มวัย (transstadial transmission) ได้ ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษที่พบน้อยมากในแมลงพาหะนำโรค (Watt 2003)



ภาพที่ ๑ วงจรการเกิดโรคสครับไทฟัส (โรคไข้รากสาดใหญ่) (ที่มา: หน่วยงานแผนกกีฏวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาทางแพทย์ทหาร ฝ่ายสหรัฐอเมริกา กรุงเทพ ฯ)

สัตว์รังโรค : โรคสครับไทฟัสเป็นโรคที่มีสัตว์มีกระดูกสันหลังพวกสัตว์ฟันกัดแทะ เช่น กระแต กระรอก หนูนา หนูหริ่ง หรือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมขนาดเล็กอื่น ๆ เป็นตัวให้อาศัย ในวงจรการการแพร่กระจายเชื้อ (transmission cycle) สัตว์ฟันกัดแทะมีความสำคัญในวงจรการระบาดเนื่องจากเป็นตัวให้อาศัยของไรอ่อน โดยที่สัตว์ที่เป็นตัวให้อาศัย ของตัวอ่อนไรอ่อนจะไม่แสดงอาการป่วยให้เห็น ทั้งนี้เรามักพบไรอ่อนอาศัยอยู่ตามซอกหู ใต้ขนบริเวณท้อง ขาหนีบ ข้อพับของสัตว์ที่ติดเชื้อโรคในธรรมชาติ สำหรับคนเป็นตัวให้อาศัยโดยบังเอิญ และเมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายคนจะทำให้เกิดอาการของโรคขึ้น

เชื้อโรค : เชื้อแบคทีเรีย *Orientia tsutsugamushi* เป็นแบคทีเรียในกลุ่มแกรมลบ รูปร่างเป็นแท่ง จัดเป็นแบคทีเรียประเภทที่ต้องเข้าไปอาศัยอยู่ในเซลล์ของตัวให้อาศัย เพื่อการเจริญเติบโต (obligate intracellular organism) บางครั้งพบแบคทีเรียชนิดนี้ในเซลล์เม็ดเลือดขาวที่มีการแบ่งตัว และเคลื่อนที่เข้าสู่

กระแสเลือดต่อไป เชื้อเพิ่มปริมาณและรบกวนเยื่อบุหลอดเลือดและอาจทำให้เกิดการรั่วของหลอดเลือดและเกิดจุดเลือดออกขึ้นได้ ความรุนแรงของโรคขึ้นอยู่กับเชื้อและภูมิต้านทานของผู้ป่วย เชื้อแบคทีเรีย *O. tsutsugamushi* มี serotypes ที่สำคัญ ๓ แบบ ได้แก่ Karp, Keto และ Gilliam (Chi et al. 1997)

การวินิจฉัย : อาการเริ่มต้นของโรคสครับไทฟัสคล้ายคลึงกับโรคติดเชื้อบางชนิด เช่น มาลาเรีย ผู้ป่วยที่อาศัยหรือเดินทางเข้าไปยังพื้นที่ที่มีการระบาดของโรค เช่น ป่าเขา ทุ่งนา ทุ่งหญ้าคา หรือแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ ควรสังเกตอาการ โดยเฉพาะในช่วง ๒ สัปดาห์หลังจากกลับมาจากพื้นที่ดังกล่าว การตรวจวินิจฉัยในห้องปฏิบัติการสามารถทำได้ดังนี้

๑. Serological Test การตรวจน้ำเหลือง เป็นการตรวจในห้องปฏิบัติการเพื่อช่วยยืนยันการวินิจฉัยว่ามีการติดเชื้อเกิดขึ้น ปัจจุบัน พบว่า วิธีนี้ยังไม่น่าเชื่อถือพอ เมื่อเทียบกับการตรวจทางภูมิคุ้มกันที่เพิ่มขึ้นในผู้ป่วยโดยตรง

๒. Indirect Immunofluorescence Antibody: IFA ในอดีตเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจหาเชื้อ โดยการย้อมสีเชื้อลงบนสไลด์แล้วดูด้วยกล้องจุลทรรศน์เรืองแสง วิธีนี้ไม่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน เนื่องจากต้องใช้กล้องจุลทรรศน์เรืองแสงและผู้มีความชำนาญในการเตรียมสไลด์

๓. Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจหาเชื้อวิธีหนึ่งในปัจจุบัน เป็นการตรวจหาภูมิคุ้มกันต่อเชื้อ (antibody against *O. tsutsugamushi*) โดยตรง แต่ควรตรวจหลังจากติดเชื้อได้ระยะหนึ่ง หรือเมื่อผู้ป่วยแสดงอาการป่วยชัดเจน และมีภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น

๔. Polymerase Chain Reaction: PCR เป็นวิธีที่ใช้ตรวจหาเชื้อโรคโดยตรงจากตัวอย่างเนื้อเยื่อของผื่นที่ผิวหนังของผู้ป่วยบริเวณที่เป็นรอยแผลกัด (เป็นเวลาไม่นานหลังจากถูกกัด) หรือจากตัวอย่างเลือดและเนื้อเยื่ออวัยวะส่วนอื่น ๆ

๕. Nested PCR: เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน เนื่องจากมีความแม่นยำถูกต้อง และสามารถตรวจคนไข้ที่ไม่ปรากฏอาการได้ โดยดูจากดีเอ็นเอของ *O. tsutsugamushi* ในเลือดผู้ป่วย

การควบคุมป้องกัน

เนื่องจากโรคสครับไทฟัสยังไม่มีวัคซีนฉีดป้องกัน การป้องกันตัวเองจากการถูกไรอ่อนกัดเป็นมาตรการป้องกันที่ดีที่สุด ดังนั้น ทุกครั้งที่เข้าไปในพื้นที่ที่คาดว่ามีความเสี่ยง ได้แก่ พื้นที่ที่อยู่อาศัยของสัตว์รังโรคของโรคนี้ เช่น เขตชายป่าละเมาะหรือพื้นที่เกษตรกรรม ควรใช้สารไล่แมลงทาป้องกันเพื่อไม่ให้ตัวไรอ่อนกัด สวมเสื้อผ้าให้รัดกุม คลุมแขนและขา หรือการสวมใส่เสื้อผ้าที่ชุบสารเคมีที่มีขายตามท้องตลาด สำหรับพื้นที่นันทนาการและแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ เช่น อุทยาน หากมีผู้พักค้างแรม ผู้เข้าพักควรพักหลับนอนในเต็นท์หรือมุ้งที่เคลือบด้วยสารเคมีที่ผ่านการรับรองจากองค์การอนามัยโลกแล้วสำหรับบริเวณที่โล่งเตียน และควรใช้ยากำจัดแมลงพ่นรอบ ๆ ที่พักเป็นระยะด้วย

เอกสารอ้างอิง

Amano, K., Suzuki, N., Fujita, M., Nakamura, Y. and Suto, T. (1993) Serological Reactivity of Sera from Scrub Typhus Patients against Weil-Felix Test Antigens. Microbiol. Immunol. 37(12), 927–33.

Bonell, A., Lubell, Y., Newton, P.N., Crump, J.A. and Paris, D.H. (2017) Estimating the Burden of Scrub Typhus: A Systematic Review. PLoS Negl. Trop. Dis.11(9), e0005838.

Chi, W.C., Huang, J.J., Sung, J.M., Lan, R.R., Ko, W.C. and Chen, F.F. (1997) Scrub Typhus Associated with Multiorgan Failure: A Case Report. Scand. J. Infect. Dis. 29(6), 634–35.

Rajagopal, R., Khati, C., Vasdev, V. and Trehan, A. (2003) Scrub Typhus: A Case Report. Indian J. Dermatol. Venereol. Leprol. 69(6), 413–15.

Watt, G. (2003) Scrub Typhus *In* Oxford Textbook of Medicine. Warrel, D.A., Cox, T.M., Firth, J.D. et al (Eds) 4th Edition. Oxford University Press: Oxford. 1, 629–31.

Xu, G., Walker, D.H., Jupiter, D., Melby, P.C. and Arcari, C.M. (2017) A Review of the Global Epidemiology of Scrub Typhus. PLOS Negl. Trop. Dis. 11(11), e0006062.

การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีกับการเกษตร

วิยงค์ กังวานศุภมงคล[๑,๒]

[๑]ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

[๒]ภาคีสมาชิก สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ ประเภทวิชาเทคโนโลยี สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, wiyong@nanotec.or.th

บทนำ

ประชากรโลกได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คาดกันว่าเมื่อถึง ค.ศ. ๒๐๕๐ จะมีประชากรโลกมากถึง ๙ พันล้านคน สิ่งนี้อาจสร้างปัญหาอย่างมาก โดยเฉพาะในการผลิตสินค้าเกษตร คาดการณ์กันว่า ความต้องการอาหารจะเพิ่มขึ้นร้อยละ ๗๐ ถึง ๘๐ (Bahar et al., 2020) ปัจจุบันภาคการเกษตรทั่วโลกได้รับผลกระทบอย่างมากจากผลผลิตที่ตกต่ำ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากภาวะโลกร้อน ภัยแล้ง ปัญหาดินเสื่อมสภาพหรือความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง การเข้าทำลายจากแมลงศัตรูพืช การใช้ปุ๋ยที่ไม่มีประสิทธิภาพ และวิกฤตปุ๋ยมีราคาแพงจากภาวะสงคราม นอกจากนี้ สถิติที่รวบรวมโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) รายงานว่า แหล่งน้ำสำหรับภาคการเกษตรที่ลดน้อยลงและสภาพดินเค็มที่เพิ่มขึ้นทำให้ที่ดินที่เหมาะแก่การเพาะปลูกลดลง สิ่งนี้สร้างความท้าทายอย่างมากต่อการเติบโตของอาหารและสินค้าเกษตรเพื่อตอบสนองอุปสงค์และช่องว่างอุปทานเนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น

นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง ควบคุม และการใช้ประโยชน์จากวัสดุที่มีโครงสร้างขนาดเล็กมาก ๆ ในระดับนาโนสเกลหรือ ซึ่งมีขนาดอยู่ในช่วง ๑–๑๐๐ นาโนเมตร (nm) อนุภาคนาโนมีพื้นผิวต่อปริมาตรที่สูงกว่าและมีสมบัติที่โดดเด่นเพราะสร้างขึ้นอย่างเหมาะสมสำหรับการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับสารชนิดเดียวกันที่มีขนาดใหญ่กว่า นาโนเทคโนโลยีนี้มีการประยุกต์ในหลายสาขา เช่น วัสดุศาสตร์ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า การแพทย์ เพราะสามารถควบคุมและปรับเปลี่ยนสมบัติของวัสดุได้อย่างละเอียดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น นาโนเทคโนโลยียังมีความสำคัญในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีอื่น ๆ เช่น การพัฒนาแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์ การผลิตยา การพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทนอื่น ๆ การใช้นาโนเทคโนโลยีในการพัฒนาวัสดุและอุปกรณ์ที่มีความแข็งแรงสูงและมีประสิทธิภาพสูง ทำให้เกิดผลกระทบด้านบวกต่อการพัฒนาเทคโนโลยีอื่น ๆ ได้อย่างมากมาย การประยุกต์นาโนเทคโนโลยีเข้ากับการเกษตรได้กลายเป็นแนวทางหนึ่งที่มีศักยภาพในการเพิ่มการเติบโตและผลผลิตของพืช (Cheng et al., 2016; Moulick et al., 2020)

การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีในเกษตรกรรมทำให้เกษตรกรสามารถใช้วัสดุนาโนได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำด้วยทรัพยากรที่จำกัด เช่น พื้นดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ไม่เหมาะแก่การเพาะปลูก การขาดแคลนแหล่งน้ำ ราคาปุ๋ยที่สูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ ๑ เราสามารถแบ่งวัสดุนาโนได้เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้ คือ (ก) กลุ่มการเพิ่มผลผลิตโดยใช้ปุ๋ยนาโน (ข) กลุ่มการใช้ตัวพาระดับนาโนเมตรเพื่อการปรับแต่งพันธุ์พืช

(ค) กลุ่มการใช้อนุภาคนาโนเพื่อปรับปรุงความทนต่อความเครียดที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพและทางชีวภาพ ความเครียดจากปัจจัยทางกายภาพ (abiotic stress) เช่น ปริมาณน้ำที่น้อยหรือภาวะแล้ง การมีน้ำท่วมขังบริเวณรากของพืชเป็นเวลานาน ๆ ความเค็ม การขาดแคลนธาตุอาหารที่จำเป็นแก่การเติบโต และความเครียดจากปัจจัยทางชีวภาพ (biotic stress) เช่น การกัดกินโดยแมลง การรุกรานของโรคพืชและเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค รวมถึงกลุ่มการกระตุ้นการเติบโตของพืช (ง) กลุ่มการปรับปรุงคุณภาพของดินโดยใช้วัสดุนาโนหรือนาโนคอมพอสิต (จ) กลุ่มการป้องกันการเข้าทำลายผลผลิตทั้งจากแมลงศัตรูพืชและจากเชื้อก่อโรคพืช และ (ฉ) กลุ่มการจัดการเกษตรอัจฉริยะหรือการเพาะปลูกอย่างชาญฉลาดโดยใช้นาโนเซนเซอร์

ภาพที่ ๑ การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีในการเกษตร

นาโนเทคโนโลยียังมีส่วนในการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยในการเกษตร ปุ๋ยที่ใช้นาโนเทคโนโลยีในการผลิตจะมีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร หรือที่เรียกว่า “ปุ๋ยนาโน” ให้ประโยชน์มากมายเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมีทั่วไปสำหรับการผลิตพืชผลที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ข้อดีของการใช้ปุ๋ยนาโน ได้แก่ (ก) การดูดซึมที่เพิ่มขึ้นและการใช้สารอาหารอย่างมีประสิทธิภาพโดยมีการสูญเสียน้อยลง (ข) การลดความเสี่ยงของภาวะมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากสูญเสียสารอาหารน้อยลง (ค) อัตราการแพร่และความสามารถในการละลายของปุ๋ยนาโนที่สูงขึ้นอย่างมาก เมื่อเทียบกับปุ๋ยสังเคราะห์ทั่วไป (ง) การควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารในปุ๋ยนาโน เมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี ซึ่งเกิดขึ้นเองและรวดเร็ว (จ) ต้องการปุ๋ยนาโนในปริมาณที่น้อยกว่าปุ๋ยสังเคราะห์ทั่วไปเนื่องจากการสูญเสียที่ลดลงและการดูดซึมที่สูงขึ้น และ (ฉ) การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและการพัฒนาสภาพแวดล้อมทางชีวภาพ ตารางที่ ๑ แสดงความแตกต่างระหว่างปุ๋ยทั่วไปกับปุ๋ยนาโน

การประยุกต์ใช้ปุ๋ยนาโนเพื่อเพิ่มผลผลิตของพืชทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ (Avila-Qvinash et al., 2022) มีตัวอย่างเช่น การใช้อนุภาคนาโนแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์สามารถเพิ่มการงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร้อยละ ๑๐๐ และเพิ่มการเติบโต การใช้ปุ๋ยนาโนร่วมกับปุ๋ยยูเรียสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ร้อยละ ๘.๕ ถึง ๑๐.๒ การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปนาโนแคปซูลสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวสาลีและถั่วเหลืองได้ร้อยละ ๒๘.๘ และ ๑๖.๗ ตามลำดับ การใช้อนุภาคนาโนซิงก์ออกไซด์สามารถเพิ่มผลผลิตแตงกวาและกะหล่ำปลีได้ร้อยละ ๖.๓ และ ๙.๑ ตามลำดับ การใช้อนุภาคนาโนเหล็กออกไซด์สามารถเพิ่มผลผลิตธัญพืชจากร้อยละ ๘ ถึง ๑๗

ปัจจุบันมีผู้ใช้ปุ๋ยจำนวนมากเพื่อผลิตอาหาร เนื่องจากจำเป็นแก่การเพิ่มผลผลิตของพืช อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของปุ๋ยทั่วไปนั้นต่ำมาก ตัวอย่างเช่น จากไนโตรเจนทั้งหมดที่ใช้กับดิน ร้อยละ ๕๐ ถึง ๗๐ สูญเสียไปจากการชะละลายเป็นไนเทรตที่ละลายน้ำได้ และจากการปล่อยแก๊สแอมโมเนียและไนโตรเจนออกไซด์ ประสิทธิภาพของปุ๋ยฟอสเฟตอยู่ที่ร้อยละ ๑๐ ถึง ๒๕ และโพแทสเซียมอยู่ที่ร้อยละ ๓๕ ถึง ๔๐ ดังนั้น วัสดุนาโนคอมพอสิตที่จะใช้เป็นชั้นฟิล์มเคลือบเม็ดปุ๋ยหรือเมทริกซ์จึงได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างเหมาะสม เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและลดการสูญเสีย (Boonying et al., 2023) โดยที่อัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชผ่านชั้นเคลือบขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นเคลือบ ชนิดของพอลิเมอร์ และปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการปล่อยสารอาหาร เช่น ความชื้น อุณหภูมิ ค่าพีเอช เพื่อให้พืชได้รับสารอาหารที่จำเป็นอย่างต่อเนื่องและเติบโตได้มากขึ้นตลอดวงจรชีวิตของพืชนั้น

ตารางที่ ๑ ความแตกต่างระหว่างปุ๋ยเคมีทั่วไปกับปุ๋ยนาโน

สมบัติ	**ปุ๋ยเคมีนาโน**	**ปุ๋ยเคมีทั่วไป**
อัตราการสูญเสียธาตุอาหาร	ต่ำ	สูง
การควบคุมการปลดปล่อย	ควบคุมได้/ปลดปล่อยอย่างแม่นยำ	ปลดปล่อยมากเกินไป/เกิดความเป็นพิษ/ดินไม่ได้ดุล
การละลาย	สูง	ต่ำ
การดูดซึมทางชีวภาพ	สูง	ต่ำ
การแขวนลอยของแร่ธาตุอาหารรอง/เสริม	ปรับปรุงการแขวนลอยของสารอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	การละลายต่ำเนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่
ระยะเวลาการปลดปล่อยที่มีประสิทธิภาพ	มีประสิทธิภาพและระยะเวลานานขึ้น	ละลายเร็วในเวลาสั้น/พืชได้รับสารอาหารเพียงบางส่วน
ประสิทธิภาพการดูดซึมสารอาหาร (nutrient uptake) ของพืช	พืชดูดซึมสารอาหารได้มาก/ใช้ปุ๋ยลดลง	พืชดูดซึมสารอาหารได้น้อย
การดูดซับ (adsorption) และการตรึง (fixation) ในดิน	ดินดูดซับหรือตรึงได้น้อย	ดินดูดซับหรือตรึงได้มาก

(ที่มา: Avila-Qvinash et al., 2022)

แมลงศัตรูพืชและเชื้อก่อโรคพืช เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา รวมถึงวัชพืช เป็นปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่ลดปริมาณผลผลิตของพืช นาโนเทคโนโลยียังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้สารกำจัดวัชพืชหรือแมลงศัตรูพืช (Jiang et al., 2021) โดยการนำสารกำจัดวัชพืชหรือสารกำจัดแมลงศัตรูพืชหรือสารสมุนไพรที่มีฤทธิ์ไล่แมลงมากักเก็บหรือห่อหุ้มในรูปนาโนอิมัลชัน เช่น นาโนอิมัลชันกักเก็บคลอร์ไพรีฟอส นาโนอิมัลชันกักเก็บเพอเมทริน นาโนอิมัลชันกักเก็บน้ำมันสะเดา อนุภาคนาโนพอลิเมอร์ เช่น นาโนเจล นาโนสเฟียร์ นาโนไฟเบอร์ อนุภาคของแข็งนาโน เช่น อนุภาคนาโนอะลูมินา อนุภาคนาโนซิลิกา อนุภาคนาโนเคลย์ หรือตัวอย่างสารกำจัดแบคทีเรีย เชื้อรา เช่น อนุภาคนาโนทองแดง อนุภาคนาโนซิงก์ออกไซด์ อนุภาคนาโนแมกนีเซียมออกไซด์ เพราะอนุภาคนาโนมีขนาดอนุภาคเล็ก ทำให้มีพื้นที่ผิวมาก ยึดเกาะกับใบหรือลำต้นพืชได้ดีและสม่ำเสมอ จึงสามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีที่เป็นพิษต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมลงได้

นอกจากนั้น ปัจจัยที่สำคัญในการทำเกษตรกรรมคือน้ำ เนื่องจากปัจจุบันลักษณะทางภูมิอากาศได้แปรปรวนมากขึ้น เช่น ภาวะภัยแล้ง ภาวะโลกร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้น ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล จึงส่งผลกระทบมากต่อการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร ทำให้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีผู้นำวัสดุนาโนมาประยุกต์ใช้บำบัดดินเพื่อกักเก็บความชุ่มชื้นของดิน เช่น แร่ดินหรือนาโนเคลย์ที่ได้รับการดัดแปรโครงสร้างเพื่อให้สามารถกักเก็บความชื้นหรืออุ้มน้ำได้มาก เมื่อใช้สารแขวนลอยนาโนเคลย์ผสมในดินเพาะปลูก จะทำให้พื้นที่แห้งแล้งหรือทะเลทรายที่ไม่สามารถเพาะปลูกได้กลับมาเพาะปลูกพืชได้ดีขึ้น หรือการใช้นาโนคอมพอสิตไฮโดรเจลที่เตรียมขึ้นจากแร่ดินชนิดลาโพไนต์และโพแทสเซียมพอลิอะคริเลต (Kim et al., 2022) สามารถนำมาใช้ผสมดินเพื่อปรับปรุงสมบัติการอุ้มน้ำของดินของแปลงปลูกพืชในพื้นที่แห้งแล้ง หรือใช้ผสมกับดินเพื่อปลูกพืชในอาคารบ้านเรือน ซึ่งสามารถช่วยยืดระยะเวลาการรดน้ำได้

สำหรับการใช้อนุภาคนาโนเพื่อกระตุ้นการเติบโตของพืชหรือเพิ่มผลผลิตพืช (Nile et al., 2022) การใช้อนุภาคนาโนของโลหะหรือโลหะออกไซด์ เช่น อนุภาคเงินนาโน อนุภาคซิงก์นาโน อนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์นาโน นอกเหนือจากการใส่เพื่อยับยั้งจุลชีพและเชื้อก่อโรคของพืชหลากหลายชนิดแล้วนั้น มีผลการศึกษาที่พบว่า การใช้อนุภาคนาโนในปริมาณเพียงเล็กน้อยสามารถช่วยเพิ่มการดูดซึมธาตุอาหารรองไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชได้อีกด้วย อีกทั้งยังป้องกันการขาดสารอาหาร และช่วยลดความเครียดของพืชได้ และการใช้อนุภาคนาโนคาร์บอนหรือท่อนาโนคาร์บอนสามารถเพิ่มการเติบโตของพืชและการงอกของเมล็ดโดยอาศัยกลไกการเจาะผ่านผนังเซลล์และการนำส่งผ่านเซลล์ของพืช

นาโนเซนเซอร์ (nanosensors) และนาโนไบโอเซนเซอร์ (nanobiosensors) ทางการเกษตรเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดหรือเซนเซอร์ที่ผลิตขึ้นด้วยวัสดุนาโนที่สร้างขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีนาโน เช่น อนุภาคนาโน หมุดนาโน ท่อนาโนคาร์บอน รวมทั้งวัสดุเชิงประกอบลูกผสม (hybrid composite) ที่มีสมบัติแม่เหล็กเพื่อตรวจวัดสัญญาณ เช่น สัญญาณเชิงแสง สัญญาณไฟฟ้าเคมี สัญญาณเพียโซอิเล็กทริก เพื่อปรับปรุงการวิเคราะห์และการตรวจวัดที่มีความไวและความแม่นยำมากขึ้น การวิเคราะห์ข้อมูลทางเกษตร ซึ่งสามารถใช้วัดคุณภาพดิน ความชื้นของดิน อุณหภูมิ แสง เชื้อก่อโรคในพืช สารกำจัดศัตรูพืช ปริมาณสารอาหารและธาตุอาหารในดิน และอื่น ๆ ส่งผลต่อการเติบโตของพืช โดยช่วยให้เกษตรกรสามารถวัดและจัดการสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตของพืช

ได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพในการเกษตร และช่วยเพิ่มผลผลิต การใช้นาโนเซนเซอร์ยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพราะช่วยลดการใช้สารเคมีในการเกษตรได้ เนื่องจากสามารถวัดค่าต่าง ๆ ในพืชได้ เพื่อการจัดการปริมาณสารเคมีที่พึงใช้ นอกจากนี้ เซนเซอร์ที่ใช้นาโนเทคโนโลยียังมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ทำให้สามารถติดตั้ง ใช้งานได้ง่าย และสามารถส่งผลของการวัดได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ดังนั้น การใช้นาโนเซนเซอร์ทางการเกษตรจะช่วยให้เกษตรกรสามารถปรับปรุงการจัดการการเพาะปลูกได้ดีขึ้น ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพในการเติบโตของพืชได้ (Sharma et al., 2021)

บทสรุป

การนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในการเกษตรสมัยใหม่สามารถช่วยยกระดับเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของเกษตรกรได้ โดยเฉพาะการใช้เพื่อแก้การขาดแคลนอาหารเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภัยแล้ง อุทกภัย รวมถึงการระบาดของเชื้อก่อโรคทั้งในมนุษย์ สัตว์และพืช ดังนั้น การใช้อนุภาคนาโนมีส่วนช่วยอย่างมีนัยสำคัญในการแก้ไขปัญหาโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยทั่วไปในการเพาะปลูก การใช้สารกำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืช รวมถึงการประยุกต์ใช้นาโนเซนเซอร์ในการเพาะปลูกแบบอัจฉริยะ ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้ทรัพยากรแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ ยังช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญมากในปัจจุบันนี้

เอกสารอ้างอิง

Avila-Quezada, G.D., Ingle, A.P., Golinska, P. and Rai, M. (2022) Strategic Applications of Nano-fertilizers for Sustainable Agriculture: Benefits and Bottlenecks. Nanotechnol. Rev. 11, 2123–2140.

Bahar, N.H.A., Lo, M., Sanjaya, M., Vianen, J.V., Alexander, P., Ickowitz, A. and Sunderland, T. (2020) Meeting the Food Security Challenge for Nine Billion People in 2050: What Impact on Forests? Glob. Environ. Change. 62, 102056.

Boonying, P., Sottiudom, S., Nontasorn, P., Laohhasurayotin, K. and Kangwansupamonkon, W. (2023) Novel Coating Films Containing Micronutrients for Controlled-release Urea Fertilizer: Release Mechanisms and Kinetics Study. Polym. Bull. 80(9), 9627–9649.

Cheng, H.N., Klasson, K., Asakura, T. and Wu, Q. (2016) Nanotechnology in Agriculture. In: H.N. Cheng, L. Doemeny, C.L. Geraci and D.G. Schmidt (Eds.), Nanotechnology: Delivering on the Promise Volume 2. (pp. 233–242). American Chemical Society.

Jiang, M., Song, Y., Kanwar, M.K., Ahammed, G.J. Shao, S. and Zhou, J. (2021) Phytonanotechnology Applications in Modern Agriculture. J. Nanobiotechnol. 19, 430.

Kim, S.M., Rhie, Y.H., Kong, S.M., Kim, Y.S. and Na, Y.H. (2022) Synthesis of Nanocomposite Hydrogels for Improved Water Retention in Horticultural Soil. ACS Agric. Sci. Technol. 2(6), 1206–1217.

Moulick, R.G., Das, S., Debnath, N. and Bandyopadhyay, K. (2020) Potential Use of Nanotechnology in Sustainable and 'Smart' Agriculture: Advancements Made in the Last Decade. Plant Biotechnol. Rep. 14, 505–513.

Nile, S.H., Thiruvengadam, M., Wang, Y. and Samynathan, R. (2022) Nano-priming as Emerging Seed Priming Technology for Sustainable Agriculture – Recent Developments and Future Perspectives. J. Nanobiotechnol. 20, 254.

Sharma, P., Pandey, V., Sharma, M.M.M., Patra, A., Singh, B., Mehta, S. and Husen, A. (2021) A Review on Biosensors and Nanosensors Application in Agroecosystems. Nanoscale Res. Lett., 16, 136.

การผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง

ประวรรธน์ สุขพูล[๑] และ อลิศรา เรืองแสง[๑,๒]

[๑]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[๒]ภาคีสมาชิก สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ประเภทวิชาเทคโนโลยี สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, alissara@kku.ac.th

บทนำ

ไฮโดรเจนเป็นพาหะพลังงาน (energy carrier) โดยมีพลังงานต่อหน่วยน้ำหนัก (energy density) สูงกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล การเผาไหม้ไฮโดรเจนจะปราศจากการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ จึงจัดเป็นพลังงานสะอาด การผลิตไฮโดรเจนโดยชีววิธีมีกระบวนการหลัก ๒ กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการหมักแบบไร้อากาศไม่ใช้แสง และกระบวนการหมักแบบไร้อากาศและใช้แสง บทความนี้จะกล่าวถึงกระบวนการผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง และข้อจำกัดของการใช้พลังงานไฮโดรเจน

กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง

กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสงคือกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยกลุ่มจุลินทรีย์ไม่ใช้อากาศภายใต้ภาวะไร้อากาศและไม่ต้องการพลังงานจากแสง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์หลัก คือ ไฮโดรเจน และผลิตภัณฑ์ร่วมจากกระบวนการ คือ คาร์บอนไดออกไซด์และกรดไขมันระเหยง่าย (Bari et al., 2022) การผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง มีข้อดี คือ รูปแบบของถังปฏิกรณ์เรียบง่าย ในการผลิตสามารถใช้วัตถุดิบได้หลากหลายชนิด และต้องการพลังงานต่ำในการดำเนินระบบ (Bari et al., 2022) อย่างไรก็ตาม ผลได้ไฮโดรเจนจากกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง จัดว่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตไฮโดรเจนแบบอื่น ๆ เพราะเมื่อใช้กลูโคสเป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง จะได้ผลได้ไฮโดรเจนสูงสุด ๔ โมลต่อโมลกลูโคส โดยที่ผลิตภัณฑ์ร่วมคือกรดแอซีติกเท่านั้น (คิดเป็น ๓๓ เปอร์เซ็นต์ของผลได้ไฮโดรเจนทางทฤษฎี) หากผลิตภัณฑ์ร่วมคือ กรดบิวทิริกเท่านั้น จะได้ผลได้ไฮโดรเจน ๒ โมลต่อโมลกลูโคส แต่ทว่าในทางปฏิบัติ ผลได้ไฮโดรเจนสูงสุดคือ ๔ โมลต่อโมลกลูโคส ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ใช้พลังงานจากสารอินทรีย์เพื่อการเจริญและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์ (Wang and Yin, 2021) นอกจากนี้ สารยับยั้งบางชนิดอาจส่งผลให้ผลได้ไฮโดรเจนลดลง ได้แก่ สารยับยั้งอนินทรีย์ (เช่น โลหะหนัก แอมโมเนีย ซัลเฟต) สารยับยั้งอินทรีย์ (เช่น สารประกอบฟีนอล อนุพันธ์ของฟูแรน) และสารยับยั้งชีวภาพ (เช่น แบคทีริโอซิน) (Chen et al., 2021) การสะสมของกรดไขมันระเหยง่ายที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมของกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง อาจส่งผลให้การผลิตไฮโดรเจนถูกยับยั้งได้ เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างในถังหมักลดลง ส่งผลให้วิถีการผลิตไฮโดรเจนถูกเปลี่ยนเป็นวิถีการผลิต

ตัวทำละลาย เช่น เอทานอล นอกจากนั้น ความเป็นพิษจากกรดที่ไม่แตกตัวส่งผลให้การผลิตไฮโดรเจนถูกยับยั้งได้เช่นกัน (Yin et al., 2022) ปัจจุบันมีผู้พัฒนากระบวนการหมักแบบลูกผสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวพลังงานจากสารอินทรีย์ เพื่อให้ได้ผลได้ไฮโดรเจนสูงขึ้น (ตารางที่ ๑) ได้แก่ กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง ร่วมกับกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ใช้แสง และกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง ร่วมกับเซลล์อิเล็กโทรไลซิสจุลินทรีย์ (Singh and Das, 2019) จากตารางที่ ๑ จะเห็นได้ว่า กระบวนการหมักแบบลูกผสม (แบบสองขั้นตอน) ให้ผลได้ไฮโดรเจนสูงกว่ากระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง เพียงขั้นตอนเดียว

ตารางที่ ๑ เปรียบเทียบผลได้ไฮโดรเจนจากกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง กับกระบวนการหมักแบบลูกผสม

กระบวนการหมัก	วัตถุดิบ	จุลินทรีย์	ผลได้ไฮโดรเจน		ที่มา
			ขั้นตอนที่ ๑	ขั้นตอนที่ ๒	
กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง	น้ำเสียโรงงานแป้งมัน	กากตะกอนจุลินทรีย์	๑๘๕.๕ มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดี	-	(Mahata et al., 2020)
	กากกาแฟ	กากตะกอนจุลินทรีย์	๔๙.๒ มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดี	-	(Miñón-Fuentes and Aguilar-Juárez, 2019)
กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง ร่วมกับการหมักแบบไร้อากาศ ใช้แสง	หางนม	*Enterobacter aerogenes* และ *Rhodobacter sphaeroides*	๑๔๐.๗๒ มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดี	๒๒๔.๓๘ มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดี	(Rao and Basak, 2022)
	กลูโคส	กล้าเชื้อผสม	๑๓๒.๙๖ มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดี	๒๒๐.๗๖ มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดี	(Cai et al., 2019)
กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง ร่วมกับเซลล์อิเล็กโทรไลซิสจุลินทรีย์	น้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมัน	*Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* และกากตะกอนจุลินทรีย์	๗๓ มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดี	๑๖๓ มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดี	(Khongkliang et al., 2019)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตไฮโดรเจน

กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง เป็นกระบวนการทางชีวภาพ การควบคุมปัจจัยทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพจะส่งผลให้ได้ผลได้ไฮโดรเจนสูงขึ้น ปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่

อุณหภูมิ

อุณหภูมิในกระบวนการหมักจะควบคุมอัตราการเจริญของจุลินทรีย์และส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฮโดรเจน จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ในภาวะอุณหภูมิปานกลาง (๒๕–๔๕ องศาเซลเซียส) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น จะส่งผลให้อัตราการผลิตไฮโดรเจนและผลได้ไฮโดรเจนสูงขึ้น เนื่องจากเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฮโดรเจนมีกิจกรรมสูงสุดในช่วงอุณหภูมิปานกลาง ขณะที่ในภาวะอุณหภูมิสูง (๔๕–๖๕ องศาเซลเซียส) จะให้ผลได้ไฮโดรเจนสูงที่สุด เนื่องจากจุลินทรีย์ใช้สารอินทรีย์ได้ดี และมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นในระบบลดลง (Kumari and Das, 2017) อย่างไรก็ตาม การผลิตไฮโดรเจนโดยรวมจะเริ่มลดลงที่อุณหภูมิ ๓๙ องศาเซลเซียส เนื่องจากการเสียสภาพของเอนไซม์ไฮโดรจีเนส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตไฮโดรเจน (Bari et al., 2022) ดังนั้น ควรมีการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฮโดรเจน

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่างส่งผลอย่างมากต่อการเจริญของจุลินทรีย์และผลิตภัณฑ์จากกระบวนการหมัก โดยที่การเจริญของจุลินทรีย์จะถูกยับยั้งเมื่ออยู่ในภาวะที่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไป (ต่ำกว่า ๓ หรือมากกว่า ๑๒) (Singh et al., 2021) ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของการผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง จะอยู่ในช่วง ๕.๕–๖.๕ ซึ่งเป็นภาวะที่เหมาะแก่การเจริญของจุลินทรีย์ผลิตไฮโดรเจน และสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ผลิตมีเทน (Soares et al., 2020) อย่างไรก็ตาม การสะสมของผลิตภัณฑ์ร่วมระหว่างกระบวนการหมัก คือ กรดไขมันระเหยง่าย เช่น กรดแอซีติก กรดบิวทีริก จะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ หากความเป็นกรด-ด่างในกระบวนการหมักมีค่าต่ำกว่า ๔.๐ การผลิตไฮโดรเจนจะถูกยับยั้ง (Singh et al., 2021)

ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

ธาตุอาหารหลัก เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มีความสำคัญสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ โดยที่อัตราส่วนที่เหมาะแก่การผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง คือ คาร์บอน:ไนโตรเจน:ฟอสฟอรัส เท่ากับ ๑๐๐:๐.๕:๐.๑ โดยน้ำหนัก (Argun et al., 2008) ส่วนธาตุอาหารรอง คือ ไอออนของโลหะ ได้แก่ โซเดียมไอออน (Na^+) แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) ซิงก์ไอออน (Zn^{2+}) และเฟอรัสไอออน (Fe^{2+}) จะทำหน้าที่เป็นปัจจัยร่วม (cofactor) ของเอนไซม์ไฮโดรจีเนส และส่งเสริมการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในกระบวนการทางชีวภาพภายในเซลล์จุลินทรีย์ (Argun et al., 2008) ธาตุอาหารรองจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง เช่นกัน

กล้าเชื้อ

จุลินทรีย์ผสม (mixed culture) มักจะใช้เป็นกล้าเชื้อในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง มากกว่าจุลินทรีย์บริสุทธิ์ (pure culture) เนื่องจากจุลินทรีย์ผสมสามารถใช้วัตถุดิบในการผลิตไฮโดรเจนได้หลากหลาย ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้มากกว่าจุลินทรีย์บริสุทธิ์ (Soares et al., 2020) อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์ผสมมักมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการ เช่น แบคทีเรียที่ใช้ไฮโดรเจน (hydrogen consuming bacteria) วิธีการกำจัดแบคทีเรียเหล่านี้ ทำได้โดยใช้สารเคมีและการใช้ความร้อน (Bari et al., 2022) กล้าเชื้อแบคทีเรียที่พบมากที่สุดในกระบวนการผลิตไฮโดรเจนที่อุณหภูมิปานกลาง (mesophilic condition) ได้แก่ *Clostridium* spp. และ *Enterobacter* spp. ส่วนที่อุณหภูมิสูง (thermophilic condition) ได้แก่ *Thermoanaerobacterium* spp. และ *Thermotoga* spp. (Soares et al., 2020)

ระยะเวลากักเก็บ

ระยะเวลากักเก็บคือระยะเวลาเฉลี่ยที่วัตถุดิบอยู่ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ ระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมจะส่งผลให้ได้อัตราการผลิตไฮโดรเจนสูง สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ผลิตมีเทน และลดการผลิตผลิตภัณฑ์จากการหมักที่ไม่ต้องการ โดยทั่วไป กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง จะควบคุมระยะเวลากักเก็บอยู่ระหว่าง ๖–๒๔ ชั่วโมง (Arun et al., 2022) หากระยะเวลากักเก็บสั้นเกินไป (ต่ำกว่า ๔ ชั่วโมง) อาจเกิดการชะออกจากระบบ (washout) ของจุลินทรีย์ผลิตไฮโดรเจน ส่งผลให้การผลิตไฮโดรเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

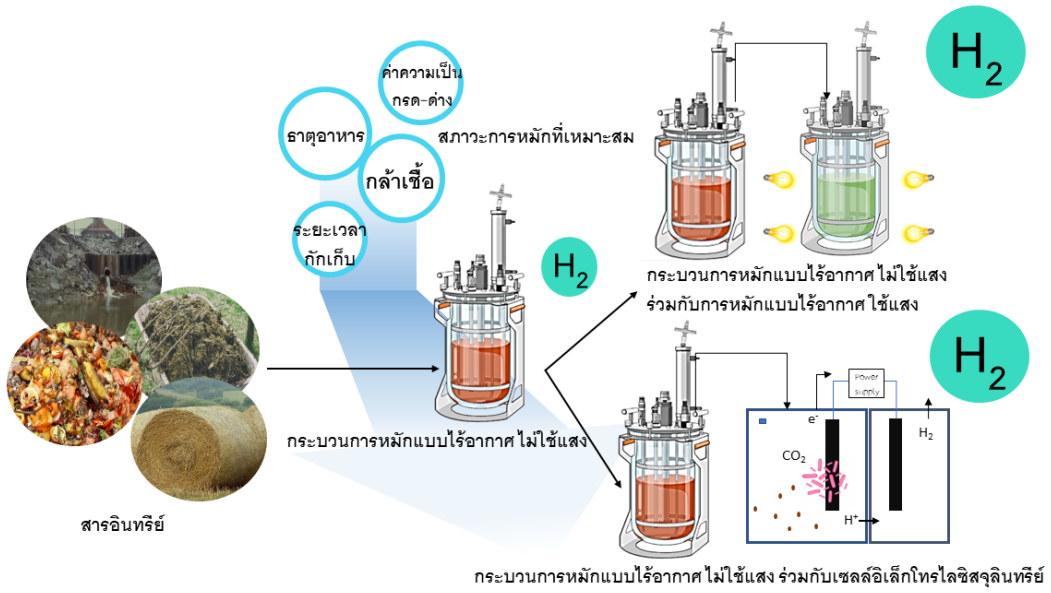
ข้อจำกัดในการใช้พลังงานไฮโดรเจน

ข้อจำกัดของการใช้พลังงานไฮโดรเจนที่ผลิตจากกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง คือปัญหาด้านการจัดเก็บและการขนส่ง เนื่องจากไฮโดรเจนสามารถระเบิดได้ ดังนั้น ในการจัดเก็บและการขนส่งผู้ที่เกี่ยวข้องจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ถึงแม้ว่าการจัดเก็บไฮโดรเจนได้พัฒนาไปหลายรูปแบบในปัจจุบัน (Agyekum et al., 2022) เช่น การทำให้เป็นของเหลว (liquefaction) แก๊สอัด (compressed gaseous) และการเก็บในถังอัดเย็นยิ่งยวด (cryo-compressed tank) แต่เทคโนโลยีบางอย่างที่เกี่ยวข้องยังอยู่ในระหว่างการพัฒนา นอกจากนั้น การจัดการความปลอดภัยเกี่ยวกับการจัดเก็บและการขนส่งไฮโดรเจนยังไม่มีผู้ศึกษาอย่างครอบคลุม ทั้งนี้ การขนส่งไฮโดรเจนในปัจจุบันแบ่งออกเป็น ๓ ประเภท (Agyekum et al., 2022) ได้แก่ การขนส่งทางบก (rail or road transportation) การขนส่งทางทะเล (ocean transportation) และการขนส่งโดยใช้ระบบท่อ (transportation via pipelines)

บทสรุป

กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง จัดเป็นกระบวนการที่น่าสนใจในการนำไปผลิตไฮโดรเจน เนื่องจากสามารถใช้วัตถุดิบได้หลากหลายชนิดในกระบวนการผลิต เช่น วัสดุลิกโนเซลลูโลสและวัสดุเหลือทิ้งอื่น ๆ การเพิ่มผลได้ไฮโดรเจนให้สูงขึ้นจากกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง สามารถทำได้โดยการผลิตไฮโดรเจนแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง ร่วมกับกระบวนการอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม การผลิตไฮโดรเจนที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีปัจจัยและภาวะที่เหมาะแก่กระบวนการผลิตไฮโดรเจน เช่น กล้าเชื้อ อุณหภูมิ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระยะเวลากักเก็บ และธาตุอาหารหลักกับธาตุอาหารรอง (ภาพที่ ๑) ข้อจำกัดของการใช้พลังงานไฮโดรเจนคือการจัดเก็บและการขนส่งไฮโดรเจน ซึ่งต้องศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การใช้พลังงานไฮโดรเจนเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย



ภาพที่ ๑ ภาพรวมการพัฒนากระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ไม่ใช้แสง

เอกสารอ้างอิง

Arun, J., Sasipraba, T., Gopinath, K.P., Priyadharsini, P., Nachiappan, S., Nirmala, N., Dawn, S.S., Chi, N.T.L. and Pugazhendhi, A. (2022) Influence of Biomass and Nano Additives in Dark Fermentation for Enriched Bio-hydrogen Production: A Detailed Mechanistic Review on Pathway and Commercialization Challenges. Fuel. 327, 125112.

Agyekum, E.B., Nutakor, C., Agwa, A.M. and Kamel, S. (2022) A Critical Review of Renewable Hydrogen Production Methods: Factors affecting Their Scale-up and Its Role in Future Energy Generation. Membranes. 12, 173.

Argun, H., Kargi, F., Kapdan, I. and Oztekin, R. (2008) Biohydrogen Production by Dark Fermentation of Wheat Powder Solution: Effects of C/N and C/P Ratio on Hydrogen Yield and Formation Rate. Int. J. Hydrog. Energy. 33(7), 1813–19.

Bari, H.E., Lahboubi, N., Habchi, S., Rachidi, S., Bayssi, O., Nabil, N., Mortezaei, Y. and Villa, R. (2022) Biohydrogen Production from Fermentation of Organic Waste, Storage and Applications. Cleaner Waste Syst. 2, 100043.

Cai, J., Zhao, Y., Fan, J., Li, F., Feng, C., Guan, Y, Wang, R. and Tang, N. (2019) Photosynthetic Bacteria Improved Hydrogen Yield of Combined Dark- and Photo-fermentation. J. Biotechnol. 302, 18–25.

Chen, Y., Yin, Y. and Wang, J. (2021) Recent Advance in Inhibition of Dark Fermentative Hydrogen Production. Int. J. Hydrog. Energy. 46(7), 5053–73.

Khongkliang, P., Jehlee, A., Kongjan, P., Reungsang, A. and O-Thong, S. (2019) High Efficient Biohydrogen Production from Palm Oil Mill Effluent by Two-stage Dark Fermentation and Microbial Electrolysis under Thermophilic Condition. Int. J. Hydrog. Energy. 44(60), 31841–52.

Kumari, S. and Das, D. (2017) Improvement of Biohydrogen Production using Acidogenic Culture. Int. J. Hydrog. Energy. 42(7), 4083–94.

Mahata, C., Ray, S. and Das, D. (2020) Optimization of Dark Fermentative Hydrogen Production from Organic Wastes using Acidogenic Mixed Consortia. Energy Convers. Manag. 219, 113047.

Miñón-Fuentes, R. and Aguilar-Juárez, O. (2019) Hydrogen Production from Coffee Pulp by Dark Fermentation. Water Sci. Technol. 80(9), 1692–701.

Rao, R. and Basak, N. (2022) Sequential Dark-photo Batch Fermentation and Kinetic Modelling for Biohydrogen Production using Cheese Whey as a Feedstock. Appl. Biochem. Biotechnol. 194, 3930–60.

Singh, T., Alhazmi, A., Akbar, M., Srivastava, N., Haque, S., Sharma, S., Singh, R., Yoon, T. and Gupta, V.K. (2021) Integrated Biohydrogen Production via Lignocellulosic Waste: Opportunity, Challenges & Future Prospects, Bioresour. Technol. 338, 125511.

Singh, V. and Das, D. (2019) Potential of Hydrogen Production from Biomass. In de Miranda PEV, Editor. Science and Engineering of Hydrogen-based Energy Technologies. Academic Press: Cambridge, MA. p. 123–64.

Soares, J.F., Confortin, T.C., Todero, I., Mayer, F.D. and Mazutti, M.A. (2020) Dark Fermentative Biohydrogen Production from Lignocellulosic Biomass: Technological Challenges and Future Prospects. Renew. Sustain. Energy Rev. 117, 109484.

Wang, J. and Yin, Y. (2021) *Clostridium* Species for Fermentative Hydrogen Production: An Overview. Int. J. Hydrog. Energy. 46(70), 34599–625.

Yin, Y., Song, W. and Wang, J. (2022) Inhibitory Effect of Acetic Acid on Dark-fermentative Hydrogen Production. Bioresour. Technol. 364, 128074.

การฝังข้อมูลในวัตถุ ๓ มิติ ด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติ

ปิยรัตน์ ศิลปกรศุภวงศ์[๑], Kazutake Uehira[๒] และ สุดา เกียรติกำจรวงศ์[๓]

[๑]ภาควิชาเกมและสื่อเชิงโต้ตอบ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ คลองหลวง ปทุมธานี ๑๒๑๒๐

[๒]Human Media Research Center, Kanagawa Institute of Technology, 1030 Shimo-ogino, Atsugi, Kanagawa, Japan, 243–0203

[๓]ราชบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ ประเภทวิชาเทคโนโลยี สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, ksuda@chula.ac.th

บทนำ

การพิมพ์สามมิติ (3D printing) หรือ additive manufacturing (AM) คือ การผลิตโดยวิธีการวางชั้นวัสดุทีละชั้นบนแนวระนาบ xy ให้มีความสูงหรือความหนาเพิ่มขึ้นในแนวดิ่งตามแกน z ทำให้เกิดมิติ (dimension : D) เป็นชิ้นวัตถุต่าง ๆ ได้ (สุดา และสมชัย, ๒๕๕๙; จุฬาพงษ์, ปิยะรัตน์ และสุดา, ๒๕๖๓; ปิยะรัตน์ และสุดา, ๒๕๖๕) เป็นเทคนิคหนึ่งที่ได้รับการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดในยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ ๔ และเข้าสู่ยุคการปฏิวัติเทคโนโลยีทางดิจิทัล (disruption) ปัจจุบัน วงการอุตสาหกรรมและประชาชนได้นำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ได้แทบทุกชนิด เพราะสามารถพิมพ์วัสดุที่หลากหลาย เช่น โลหะ พอลิเมอร์ เซรามิก อาหาร (ลักษิกา และ สักกมน, ๒๕๖๕) และเน้นไปในการผลิตแบบปัจเจก (on-demand production) เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน มีความเป็นเอกลักษณ์และเฉพาะเจาะจงกับงานแต่ละชนิดอยู่มากด้วยข้อดีและจุดแข็งของเทคโนโลยีนี้คือ ๑) ไม่ต้องผลิตแม่พิมพ์ ๒) ทำให้ต้นทุนการผลิตชิ้นงานจำนวนน้อยลดลงมหาศาล ๓) สามารถใช้วัสดุหลายประเภทและพิมพ์เสร็จเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมใช้ภายในการพิมพ์เพียงครั้งเดียวเท่านั้น ๔) สามารถแก้ไขแบบเพื่อดัดแปรผลิตภัณฑ์ได้ตลอดเวลาที่ต้องการ และ ๕) อำนวยความสะดวกและประหยัดด้านการขน ส่งและการจัดเก็บผลิตภัณฑ์อย่างมาก เพราะส่งและเก็บแค่ไฟล์ดิจิทัลก็เพียงพอแล้ว และเมื่อต้องการใช้งานก็อาศัยแค่เครื่องพิมพ์ ๓ มิติ เพื่อสร้างวัตถุจริงพร้อมใช้งานได้ทุกสถานที่และทุกเวลา โดยอาศัยเทคโนโลยีซอฟต์แวร์ อุปกรณ์ประกอบและเทคนิคการพิมพ์ก็ควบคุมการผลิตผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปได้ตามความต้องการได้สะดวกและเหมาะสม จึงอาจกล่าวได้ว่า “เทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติ เป็นเทคโนโลยีที่เชื่อมโลกแห่งข้อมูลกับโลกแห่งความเป็นจริงเข้าด้วยกัน”

แต่เนื่องด้วยความง่ายดายของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลผลิตภัณฑ์ในไฟล์ดิจิทัลทำให้มีปัญหาการลอกเลียนแบบหรือการปลอมแปลง และเผยแพร่ผลิตภัณฑ์โดยไม่ได้รับอนุญาตตามมาด้วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งมีผลทั้งทางด้านกฎหมาย เศรษฐกิจ สังคม และปัญหามนุษยธรรมตามมาอีกมากมายอย่างคาดไม่ถึง ดังนั้นจึงมีการคิดค้นวิธีเพื่อการรักษาและแสดงเอกลักษณ์ต่าง ๆ ที่ผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันการปลอมแปลง เรียก

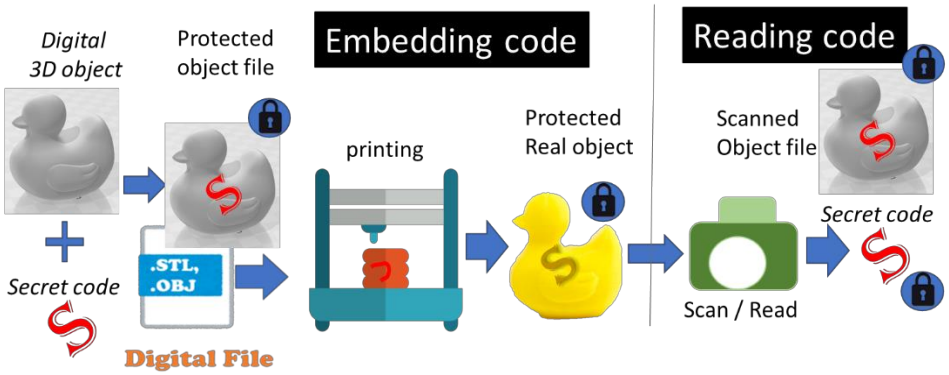
เทคนิคว่า “การซ่อนข้อมูลในวัตถุสามมิติขณะพิมพ์” ซึ่งเป็นการฝังหรือแฝงข้อมูลลงในวัตถุขณะพิมพ์ ทำให้ข้อมูลแนบอยู่กับชิ้นงานได้อย่างมิดชิด ทั้งนี้ มีระบบการอ่านข้อมูลที่ง่ายและรวดเร็ว เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการส่งข้อมูลระหว่างกัน ปัจจุบันมีการประยุกต์หลักการของเทคนิคนี้ในหลายรูปแบบโดยผ่านจากไฟล์ซ่อนข้อมูลไปสู่การใช้งานที่หลากหลายด้วย

เทคนิค กระบวนการ และขั้นตอนการซ่อนข้อมูลในวัตถุ ๓ มิติขณะพิมพ์

การทำหน้าที่ของเทคนิคการซ่อนข้อมูลนี้คล้ายคลึงกับการทำหน้าที่ของ “ลายน้ำ” (water marking) ในงานสองมิติดังมีรายละเอียดที่ได้แสดงในภาพที่ ๑ (Hou et al., 2018) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

๑. การทำไฟล์ซ่อนข้อมูล

เริ่มจากการสร้างวัตถุสามมิติแบบจำลองขึ้นในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CAD (computer-aided design) เป็นไฟล์เพื่อการพิมพ์ ๓ มิติ เรายังสามารถเพิ่มข้อมูลลับ (secret code) เข้าไปในระหว่างการสร้างแบบจำลองวัตถุ ๓ มิตินี้ โดยทำข้อมูลลับนี้ให้อยู่ในรูปของรอยแผลเป็น (scar) ไปกับเนื้อวัตถุ ซึ่งสามารถอยู่บนพื้นผิว หรือ ภายในเนื้อของวัตถุก็ได้แล้วแต่เทคนิคของแต่ละวิธี (Hou et al., 2018) ไฟล์ที่ได้รับการป้องกันนี้จะถูกบันทึกเป็นรูปแบบ .STL (ไฟล์เฉพาะโครงสร้าง) หรือ .OBJ (ไฟล์รวมลวดลายและสีสัน) เพื่อนำไฟล์เหล่านี้ไปส่งต่อ ซื้อ ขาย และการเก็บรักษาไว้ได้ ดังแสดงในภาพที่ ๑

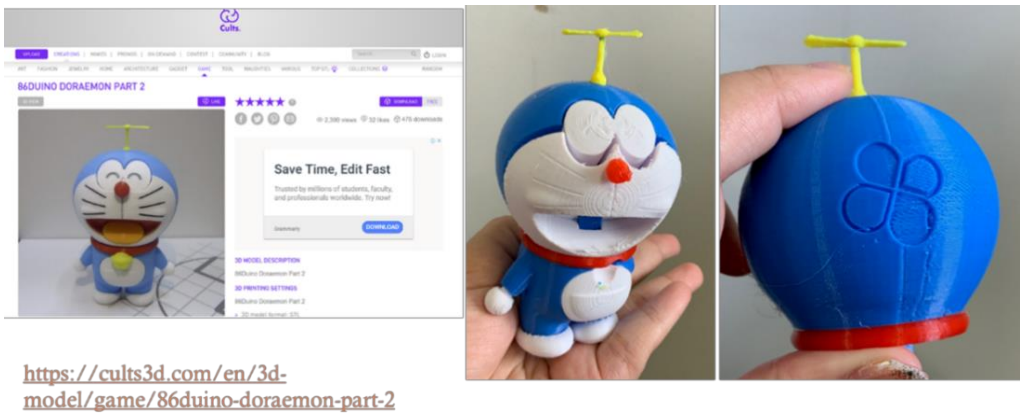


ภาพที่ ๑ เทคนิคการซ่อนข้อมูลในวัตถุ ๓ มิติขณะพิมพ์ผลิต

๒. การพิมพ์วัตถุเพื่อใช้งานที่มีการแนบฝังข้อมูล

เมื่อต้องการพิมพ์วัตถุเพื่อใช้งาน เราจะแปลงวัตถุเป็นไฟล์รูปแบบของ .gcode และ .cpp (หรือตามที่เครื่องพิมพ์นั้นกำหนด) เพื่อสื่อสารกับเครื่องพิมพ์และบังคับหัวพิมพ์ในการพิมพ์แต่ละชั้น (slicer) เครื่องพิมพ์จะสร้างวัตถุสามมิติโดยพิมพ์วัสดุพิมพ์เพิ่มขึ้นทีละชั้น (additive manufacturing) (อาจใช้วัสดุมากกว่า ๑ ชนิดก็ได้) จนกว่าจะถึงชั้นสุดท้ายของวัตถุ ซึ่งระหว่างการพิมพ์ เครื่องพิมพ์จะพิมพ์รอยแผลเป็นตามแบบในไฟล์ดิจิทัลลงไปด้วย ดังนั้น ข้อมูลลับจึงถูกแนบไปกับวัตถุอย่างแนบเนียนในขั้นตอนนี้ อนึ่ง หากเลือกวิธีการฝังข้อมูลลับ (embedding code) โดยฝังภายในเนื้อวัตถุด้านใน ซึ่งตาจะไม่สามารถมองเห็นข้อมูลลับนั้นจากภายนอก และข้อมูลนี้ก็ต้องใช้เทคนิคการอ่านแบบเฉพาะเจาะจงตามลักษณะข้อมูลลับ จึงจะ

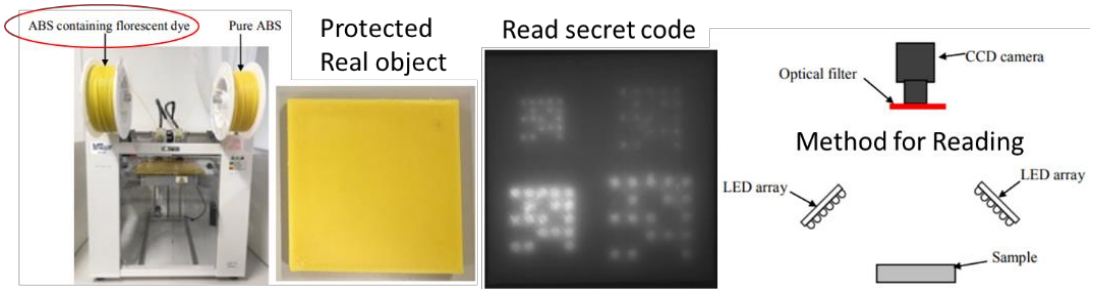
สามารถอ่านข้อมูลออกมาได้ (reading code) ทั้งนี้ ข้อมูลลับจำเป็นที่จะต้องฝังแบบไม่ให้กระทบฟังก์ชันการใช้งานของผลิตภัณฑ์ เพื่อจะได้ไม่เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ต่อไป สำหรับการพิมพ์สีสามมิติ (ด้วยไฟล์แบบ .obj) สีจะเคลือบอยู่บนผิววัสดุทีละชั้นพร้อมกับการสร้างโครงสร้างของวัตถุไปเรื่อย ๆ ทีละชั้นด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ การพิมพ์สีสามมิติจึงใช้เวลาพิมพ์นานกว่าการพิมพ์สามมิติสีขาว-ดำประมาณสองเท่า ทั้งนี้มีเทคนิคในการซ่อนข้อมูลด้วยข้อมูลสีด้วย (ภาพที่ ๒)



ภาพที่ ๒ ลายน้ำแบบรอยสลักบนผิววัตถุสามมิติโดยตรง เห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า เพื่อป้องกันการปลอมแปลงแบบครบสมบูรณ์เต็มรูปแบบ ตรวจสอบได้ทั้งแบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ

๓. การอ่านข้อมูลจากวัตถุ เพื่อพิสูจน์ทราบอัตลักษณ์ข้อมูลของวัตถุที่ปกป้อง

การอ่านข้อมูลลับจากวัตถุ ๓ มิติที่มีการใช้เทคนิคการซ่อนข้อมูลนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องได้เทคนิคและลักษณะวิธีการฝังข้อมูลว่าเป็นชนิดใด เพื่อเลือกเทคนิควิธีการอ่านได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เทคนิคการอ่านข้อมูลแต่ละแบบใช้ได้เฉพาะเทคนิคการฝังข้อมูลแต่ละแบบเท่านั้นด้วย เช่น การแฝงข้อมูลลับบนผิววัตถุ เราก็สามารถใช้ตาปกติในการพิสูจน์ทราบได้เลย (ภาพที่ ๒) แต่หากฝังข้อมูลลับเป็นแบบภายในวัตถุด้วยวัสดุเรืองแสงชนิดฟลูออเรสเซนส์ (Silapasuphakornwong et al, 2019) (ภาพที่ ๓) จำเป็นต้องส่องวัตถุนั้นผ่านแสงช่วงความยาวคลื่นเฉพาะและถ่ายภาพจากกล้องรังสีอินฟราเรด รวมทั้งใช้ซอฟต์แวร์ในการช่วยแปลรหัส จึงสามารถอ่านข้อมูลลับมาเป็นรหัสที่ผู้ทดลองเข้าใจได้ ฯลฯ



ภาพที่ ๓ (ซ้ายไปขวา) การฝังข้อมูลด้วยเส้นฟิลาเมนต์พลาสติกชนิดเอบีเอสที่เคลือบสารฟลูออเรสเซนส์ ผู้ทดลองไม่สามารถมองเห็นข้อมูลของวัตถุพิมพ์ได้จากผิวภายนอก ต้องใช้วิธีพิเศษเท่านั้นจึงจะอ่านข้อมูลที่ฝังให้อ่านออกมาได้ และข้อมูลเหล่านี้ต้องไม่รบกวนฟังก์ชันการใช้งานของผลิตภัณฑ์นี้

๔. การพิสูจน์ทราบการปลอมแปลง การลอกเลียนแบบ และการทำซ้ำ

การละเมิด การปลอมแปลง การลอกเลียน และทำซ้ำเพื่อการเผยแพร่ต่อโดยไม่ได้รับอนุญาต มักมาจากการสแกนวัตถุด้วยเครื่องสแกน ๓ มิติ เพื่อให้ได้ไฟล์โมเดลกลับมาสำหรับการเก็บข้อมูล การแจกจ่าย และการทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตภายใต้การกระทำของคนที่ละเมิดนั้นเป็นคดี ซึ่งหากมีการแฝงข้อมูลในวัตถุมาแล้ว เจ้าของสิทธิ์ในผลิตภัณฑ์สามารถพิสูจน์ทราบได้ใน ๒ ขั้นด้วยกัน คือ ขั้นปฐมภูมิ คือ วัตถุที่พิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์รอบที่ ๑ จากไฟล์ดั้งเดิมซึ่งยังไม่ผ่านเครื่องสแกน ๓ มิติ และขั้นทุติยภูมิ คือ วัตถุที่ผ่านการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ๓ มิติ จากไฟล์ที่ผ่านการสแกนวัตถุด้วยเครื่องสแกน ๓ มิติ มาแล้ว เป็นการพิมพ์รอบที่ ๒ ทั้งนี้ สังเกตได้ว่า เทคนิคการซ่อนลายน้ำในตัววัตถุสามมิติ (ฝังภายในวัตถุ) จะพิสูจน์ข้อมูลลับทราบผ่านขั้นทุติยภูมิไม่ได้ เพราะเครื่องสแกน ๓ มิติ จะสแกนผิววัตถุได้แต่ภายนอกเท่านั้น ดังนั้น ข้อมูลจะหายไปในขั้นตอนนี้ ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า หากต้องการการป้องกันขั้นสูงสุดนั้น จำเป็นต้องทำให้วัตถุเกิดรอยสลัก หรือรอยแผลเป็น (scar) บนผิววัตถุด้วยเท่านั้น อนึ่ง เทคนิคการแฝงข้อมูลในวัตถุไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิคการพิมพ์เท่านั้น แต่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นการใช้การสลักลวดลายสำคัญแบบสกัดออก (subtraction) เช่น ระบบการสกัดด้วยลำแสงเลเซอร์ (laser cutting) ในสมัยนี้มักใช้เครื่องตัดด้วยแสงเลเซอร์ที่ติดมากับเครื่องหลอมวัสดุและก่อเป็นรูปร่าง (fusion deposition modeling printer, FDM) มาใช้งาน เพียงแค่เปลี่ยนหัวพิมพ์จากหัวอัดรีดเส้นใย (extrusion filament) ไปเป็นหัวเลเซอร์ที่ใช้ความร้อนสกัดซึ่งมีความแม่นยำสูงกว่ามาแทน (Matusik and Konakovic, 2023) งานวิจัยนี้เปลี่ยนระบบการพิมพ์จากการพิมพ์สามมิติไปใช้ laser cutting แทนเพื่อสร้างรอยแผล (scar) บนผิววัตถุ และแผลที่เกิดขึ้นนี้เป็นรหัสข้อมูลสำหรับยืนยันตัวตนของสินค้าโดยอ่านผ่านกล้องที่มีโปรแกรมอ่าน เชื่อว่า ในอนาคตจะมีการนำวิธีนี้มาทำ “การซ่อนข้อมูล” จากการ “ซ่อนข้อมูลเพื่อให้การปลอมแปลงทำได้ยากมากขึ้น” เป็น “การแนบข้อมูลเพื่อการพกพาไปทุกที่แบบไม่มีขยะหรือร่องรอยที่เหลือทิ้ง” กล่าวคือ เมื่อจะใช้งานผ่านรหัสข้อมูล จำเป็นต้องเป็นผู้ใช้ตัวจริงที่รู้รหัสการเข้าถึงข้อมูลได้ด้วยวิธีการเฉพาะเท่านั้น จึงสามารถใช้งานอย่างปลอดภัย สะดวก ง่ายดาย และเข้าถึงข้อมูลหรือระบบในโลกดิจิทัลได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว โดยไม่ทิ้งร่องรอยการใช้งานหรือขยะไว้เบื้องหลัง การตอบรับสอดคล้องและสนับสนุนระบบการผลิตและการบริโภคแบบปัจเจก หรือ สนองตามความต้องการ (on-demand) อย่างแท้จริง การเปลี่ยนแปลงจากยุคอุตสาหกรรมดั้งเดิมสู่ยุคอุตสาหกรรมดิจิทัลหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม ๔.๐ ซึ่งได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้การผลิตระบบเดิมหยุดชะงักและเกิดเทคนิคใหม่ การผลิตแบบปฏิรูป การผลิตแบบดั้งเดิมอย่างสิ้นเชิงและชัดเจน (disruption)

บทสรุป

การฝังข้อมูลในวัตถุสามมิติมีวัตถุประสงค์เบื้องต้นเพื่อการปกป้องลิขสิทธิ์ หรือแสดงความเป็นเจ้าของโดยถูกต้องตามกฎหมายของผู้ผลิตหรือผู้สร้างสรรค์งานนั้นก็ตาม เมื่อมีการพัฒนาเทคนิคนี้เพื่อฝังข้อมูลได้มากขึ้นและดีขึ้น ผู้ใช้สามารถนำวิธีทางเทคนิคเหล่านี้ไปใช้ในการฝังข้อมูลชนิดอื่นได้ด้วย เช่น barcode, QR code หรือการฝังโลหะ ทำให้สามารถเกิดวงจรไฟฟ้าได้ซึ่งอาจเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุสามมิตินั้นได้

อนึ่ง บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของผลงานในโครงการวิจัยด้านเทคโนโลยีของข้อมูลภายใต้ความร่วมมือเพื่อแลกเปลี่ยนนิสิตนักศึกษาระหว่างจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเทศไทย กับ Kanagawa Institute of Technology, ประเทศญี่ปุ่น ค.ศ. ๒๐๑๐ – ๒๐๒๐ คณะผู้นิพนธ์บทความนี้ขอกราบขอบพระคุณโครงการนี้ที่ทำให้ได้มีโอกาสร่วมพัฒนาเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติขึ้นที่มีประโยชน์อย่างกว้างขวางทั้งระดับงานวิจัยเพื่อหาผลิตภัณฑ์ใหม่และเพื่อแทนที่เทคโนโลยีการผลิตเก่าที่ไม่ทันสมัยและสิ้นเปลืองรวมทั้งไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

จุฬาพงษ์ พานิชเกรียงไกร, ปิยะรัตน์ ศิลปศุภกรวงศ์ และสุดา เกียรติกำจรวงศ์ (๒๕๖๓) จากการพิมพ์ ๓ มิติสู่การพิมพ์ ๔ มิติ และการใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีดิจิทัล: วรรณกรรมปริทัศน์ฉบับย่อ. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ ๔๓ ฉบับที่ ๔ ตุลาคม–ธันวาคม ๒๕๖๓ หน้า ๓๘๕–๔๒๓.

ปิยะรัตน์ ศิลปศุภกรวงศ์ และสุดา เกียรติกำจรวงศ์ (๒๕๖๕) บทบาทของเทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติ-๔ มิติสำหรับกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมในอนาคต. จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ปีที่ ๑ ฉบับที่ ๑ มกราคม–มีนาคม ๒๕๖๕ หน้า ๘–๑๓.

ลักษิกา งามวงศ์ล้ำเลิศ และสักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา (๒๕๖๕) การพิมพ์อาหารสามมิติ. จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ปีที่ ๑ ฉบับที่ ๑ มกราคม–มีนาคม ๒๕๖๕ หน้า ๑๔–๑๘.

สุดา เกียรติกำจรวงศ์ และสมชัย บวรกิตติ (๒๕๕๙) การพิมพ์อวัยวะ ๓ มิติ : สถานภาพปัจจุบัน ในหนังสือเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี ในโอกาสฉลองพระชนมายุ ๕ รอบ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ISBN 978–616–389–030–6 หน้า ๑๙๙–๒๒๓.

Hou, J.U., Kim, D., Ahn, W.H. and Lee, H.K. (2018) Copyright Protections of Digital Content in the Age of 3D Printer: Emerging Issues and Survey. *IEEE Access*, *6*, 44082–44093.

Matusik, H. and Konakovic Lukovic, M. (2023) ObjGen: Constructing Objects with Digital Genetic Information. In *Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–8. [Acm23]

Silapasuphakornwong, P., Trii, H., Uehira, K. and Suzuki, M. (2019) Technique for Embedding Information in Objects Produced with 3D Printer using Near Infrared Fluorescent Dye. MMEDIA 2019: The Eleventh International Conference on Advances in Multimedia, 1, 500(2), 56–58.

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพผลิตโดยสาหร่ายจุลภาค

ปาลญา วุฒิเทียน[๑] และ อรัญ อินเจริญศักดิ์[๑,๒]

[๑]ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[๒]ภาคีสมาชิก สาขาวิชาชีวเคมี ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, aran.i@chula.ac.th

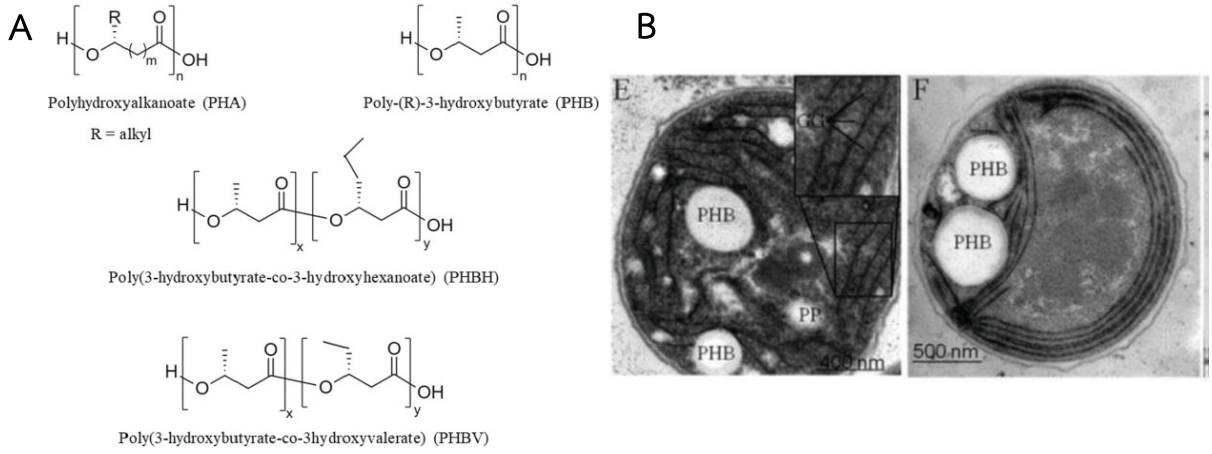
บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในการใช้พลาสติกซึ่งจัดเป็นกลุ่มหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากกระบวนการปิโตรเคมี การใช้พลาสติกปริมาณมากนำไปสู่ปัญหาขยะพลาสติกล้นโลก เนื่องจากพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน (polyethylene) พอลิโพรพิลีน (polypropylene) และพอลิสไตรีน (polystyrene) แตกสลายเป็นชิ้นขนาดเล็กที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ทำให้มีส่วนตกค้างในสิ่งแวดล้อมและเกิดการปนเปื้อนเข้ามาในห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ ในปัจจุบันมีผู้พัฒนาเทคโนโลยีและคิดค้นนวัตกรรมในการผลิตพลาสติกชีวภาพที่มีคุณลักษณะย่อยสลายง่าย ไม่ก่อให้เกิดมลพิษและสารพิษตกค้าง แนวโน้มในอีก ๒–๓ ปีข้างหน้าคาดการณ์ว่าปริมาณการใช้วัตถุดิบหลักจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตพลาสติกอาจลดลงเป็นอย่างมาก เมื่อมีการนำพลาสติกชีวภาพมาใช้ทดแทนพลาสติกปิโตรเคมี

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable plastics) จากแหล่งวัตถุดิบที่ทดแทนใหม่ได้กำลังเป็นที่สนใจเพราะจะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาด้านการขาดแคลนวัตถุดิบ รวมทั้งสามารถบรรเทาผลกระทบเชิงลบด้านสิ่งแวดล้อม พลาสติกชีวภาพชนิดย่อยสลายได้ทางชีวภาพมีกลไกย่อยสลายโดยอาศัยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ เมื่อย่อยโดยสมบูรณ์จะได้ผลิตภัณฑ์อันเป็นสารประกอบขนาดเล็ก เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน และน้ำ ที่ผ่านมามีผู้แสวงหาชีวมวลหลายชนิดที่มีศักยภาพ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชีวภาพ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิต และพบว่าพืชผลทางการเกษตร เช่น ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง สามารถใช้เป็นวัตถุดิบผลิตสารตั้งต้นจำพวก แป้ง น้ำตาล เซลลูโลส (cellulose) และลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) สารตั้งต้นชีวโมเลกุลดังกล่าวนี้สามารถผ่านกระบวนการทางชีวเคมีเพื่อเปลี่ยนสภาพให้เป็นพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพชนิดต่าง ๆ เช่น พอลิแล็กติกแอซิด (polylactic acid; PLA) พอลิไฮดรอกซีแอลคาโนเอต (polyhydroxyalkanoate; PHA) โดยที่พอลิไฮดรอกซีบิวทิเรต (poly-3-hydroxybutyrate; PHB) เป็นส่วนหนึ่งของ PHA พลาสติกชีวภาพดังกล่าวเป็นพอลิเมอร์ฐานชีวภาพชนิดหนึ่งที่ได้จากการสร้างขึ้นในเซลล์ของจุลินทรีย์ ในเซลล์ของสาหร่ายจุลภาคซึ่งรวมถึงเซลล์ของไซยาโนแบคทีเรีย พลาสติกชีวภาพชนิดนี้มีสมบัติที่คล้ายคลึงกับพลาสติกสังเคราะห์บางชนิดเช่น polypropylene ดังนั้นจึงนับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาพัฒนาเพื่อทดแทนพลาสติกปิโตรเคมีได้ บทความนี้จะกล่าวถึงเฉพาะพลาสติกชีวภาพ ชนิด PHA เท่านั้น

สมบัติของ polyhydroxyalkanoate (PHA)

PHA เป็นกลุ่มของพอลิเอสเตอร์ทางชีวภาพที่มีโครงสร้างที่แตกต่างกันตามการจัดเรียงตัวของมอนอเมอร์ (monomer) ชนิดต่าง ๆ สารในกลุ่ม PHA มีมากกว่า ๑๕๐ ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปซึ่งเป็นผลจากชนิดของ monomer ที่เป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน ดังที่แสดงไว้ด้วยโครงสร้างทางเคมีในภาพที่ ๑ (A) สมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์กลุ่มนี้แตกต่างกัน โดยที่ชนิดและจำนวนของ monomer ส่งผลต่อสมบัติความยืดหยุ่น การทนต่อความร้อนหรือสารเคมีต่าง ๆ โดยมีจุดหลอมเหลว (melting point) ตั้งแต่ ๕๐ ถึง ๑๘๐ องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับสมบัติของพลาสติกในกลุ่มพอลิโพรพิลีน ความยาวของพอลิเมอร์ค่อนข้างหลากหลาย ซึ่งบ่งชี้ถึงความยืดหยุ่นที่แตกต่างกันของ PHA ในแต่ละชนิด PHA มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงตั้งแต่ ๒๐๐,๐๐๐ ถึง ๓๐๐,๐๐๐ ดอลตัน ซึ่งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเซลล์ที่ใช้ในการผลิต ภาวะการเจริญ เช่น ภาวะกรด–เบส ปริมาณและชนิดแหล่งคาร์บอนที่ใช้ รวมทั้งรูปแบบการเลี้ยง สารในกลุ่ม PHA สามารถผลิตได้จากแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ ในธรรมชาติแบคทีเรียจะสร้างและสะสมสาร PHA ไว้ภายในเซลล์ในรูปแบบพลังงานสำรอง ในระดับอุตสาหกรรมมีผู้ใช้แบคทีเรียสายพันธุ์ *Cupriavidus necator* และ *Escherichia coli* สายพันธุ์กลาย ในการผลิต PHA ผ่านกระบวนการหมัก (fermentation) โดยใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน (Chen, 2009) โดยทั่วไปมักพบ PHA ส่วนใหญ่เป็นชนิด poly-3-hydroxybutyrate (PHB) โดยที่โครงสร้างประกอบด้วยการจัดเรียงตัวของ monomer ชนิดเดียวคือ 3-hydroxybutyrate (3-HB) เราสามารถใช้สาหร่ายจุลภาค (microalgae) รวมถึงไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งในการผลิต PHA ชนิด PHB โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแหล่งคาร์บอนในรูปอนินทรีย์สารให้อยู่ในรูปอินทรีย์สารเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการสร้างและสะสมสารพอลิเมอร์กลุ่ม PHB ภายในเซลล์ ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดแกรนูล (granule) สีขาว (ภาพที่ ๑, B)



ภาพที่ ๑ โครงสร้างทางเคมีของ PHA ชนิดต่าง ๆ (A) และเซลล์ *Synechocystis* sp. PCC 6803 ที่มีการสร้าง PHB อยู่ภายในเซลล์ (B) (ที่มา: Kumar et al., 2021; Damrow et al., 2016)

การสังเคราะห์ poly-3-hydroxybutyrate (PHB) ในไซยาโนแบคทีเรีย

Poly-3-hydroxybutyrate (PHB) จัดอยู่ในกลุ่ม PHA เป็น homopolymer ซึ่งประกอบด้วย monomer ชนิดเดียวคือ 3-hydroxybutyrate ในบางกรณีอาจประกอบด้วย monomer มากกว่า ๑ ชนิด (ภาพที่ ๑, A) PHB เป็นสารกลุ่ม PHA ที่สังเคราะห์โดยเซลล์ไซยาโนแบคทีเรีย หรือในชื่อเดิมคือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) ซึ่งจัดอยู่ในสิ่งมีชีวิตประเภทโพรคาริโอต (prokaryote) การสังเคราะห์ PHB เกิดขึ้นภายในเซลล์เมื่อภาวะอาหารไม่ได้ดุล (nutrient imbalance) เช่น การเจริญของเซลล์ในภาวะที่มีปริมาณคาร์บอนมากเกินไป หรือการเจริญในภาวะขาดธาตุอาหารบางชนิด เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส สภาพดังกล่าวนี้ส่งผลกระทบต่อการสร้างกรดอะมิโนเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้เปลี่ยนวิถีเมแทบอลิซึมไปสร้างและสะสม PHB เพื่อเก็บไว้ใช้เมื่อเซลล์ต้องการพลังงาน

ไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์ *Synechocystis* sp. PCC 6803 ใช้เป็นต้นแบบในการศึกษากลไกการสังเคราะห์ PHB (Taroncher-Oldenburg et al., 2000) โดยเริ่มจากสารตั้งต้น acetyl-CoA ผ่านตัวเร่งปฏิกิริยา ๓ ขั้นตอนหลัก ดังนี้ คือ ขั้นตอนแรก acetyl-CoA เปลี่ยนเป็น acetoacetyl-CoA โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ β-ketothiolase ขั้นตอนที่สอง acetoacetyl-CoA ถูกเปลี่ยนต่อไปเป็น D-3-hydroxybutyryl-CoA โดยใช้เอนไซม์ acetoacetyl-CoA reductase ขั้นตอนที่สาม เอนไซม์ PHA synthase จะเร่งปฏิกิริยาการเชื่อมต่อหัวท้ายของ monomer ให้กลายเป็นสารพอลิเมอร์ PHB

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต poly-3-hydroxybutyrate (PHB)

การทำให้ไซยาโนแบคทีเรียสะสม PHB ในปริมาณมากภายในเซลล์นั้นสามารถทำได้หลายวิธี โดยที่วิธีหลัก ๆ มี ๒ วิธีคือ การเลี้ยงเซลล์ในภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะแก่การผลิต และการปรับปรุงสายพันธุ์โดยอาศัยเทคนิคทางพันธุวิศวกรรม (genetic engineering) ในกรณีแรก การปรับชนิดและความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เหมาะสมนับเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการผลิต PHB จากเซลล์ไซยาโนแบคทีเรีย สารตั้งต้นที่นำมาใช้ในการผลิต PHB เช่น กลูโคส ฟรุกโทส และแอซิเทต เป็นแหล่งคาร์บอนที่นำไปใช้สังเคราะห์ PHB อย่างแพร่หลาย ในการใช้แอซีเทต เพื่อผลิต PHB โดยไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์ *Aulosira fertilissima* พบว่าสามารถผลิต PHB ได้ในปริมาณที่สูงถึง ๔๙ % (เทียบต่อน้ำหนักแห้ง) (Samantaray & Mallick, 2015) ในภาวะที่ขาดธาตุอาหารร่วมด้วย ดังเช่น การขาดฟอสฟอรัสร่วมกับการขาดไนโตรเจนและเพิ่มปริมาณแหล่งคาร์บอนจำพวก acetate ไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์ *Synechocystis* sp. PCC 6803 สามารถผลิต PHB ได้มากถึง ๓๐.๗ % เมื่อเทียบต่อน้ำหนักแห้ง (Monshupanee et al., 2016) ทั้งนี้ การก่อให้เกิดการขาดดุลธาตุอาหาร ทำให้ acetyl-CoA ถูกเปลี่ยนเป็น PHB ได้มากขึ้นภายในเซลล์ ล่าสุดมีรายงานว่าการเสริมยาปฏิชีวนะ erythromycin ๑๐ ไมโครโมลาร์ ในอาหารเลี้ยงเซลล์ ช่วยทำให้ *Synechocystis* sp. PCC 6803 ผลิต PHB เพิ่มขึ้น ๖ เท่า (Sukkasam et al., 2023)

การเพิ่มผลผลิต PHB อีกวิธีหนึ่งคือการนำพันธุวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในการดัดแปรระบบวิถีการสังเคราะห์เมแทบอไลต์ ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิต PHB ภายในเซลล์ การปรับวิถีเมแทบอลิซึมโดยเพิ่มระดับ

การสร้าง acetyl-CoA สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์ *Synechocystis* sp. PCC 6803 ให้ผลิต PHB สูงขึ้นมากกว่าปกติถึง ๖ เท่า (Carpine et al., 2017) นอกจากนั้นเมื่อทำให้ *Synechocystis* sp. PCC 6803 มีการแสดงออกเพิ่มมากขึ้นในยีนที่เกี่ยวข้องกับวิถีสังเคราะห์ PHB ก็จะทำให้เซลล์ผลิต PHB เพิ่มขึ้นถึงระดับ ๓๕ % เมื่อเลี้ยงเซลล์ในสภาวะเติมสารคาร์บอน acetate ร่วมกับการขาดไนโตรเจน (Khetkorn et al., 2016)

บทสรุป

เนื่องด้วยปัจจุบันปัญหาการสะสมขยะพลาสติกนั้นก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการขาดแคลนเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในกระบวนการผลิตพลาสติก ดังนั้นจึงมีผู้วิจัยและพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อหาสารหรือวัสดุที่จะนำมาทดแทนพลาสติกปิโตรเลียมที่ย่อยสลายและกำจัดยาก การใช้พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (ภาพที่ ๒) เป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการแก้ปัญหาดังกล่าว เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการในปัจจุบัน การพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มศักยภาพของจุลินทรีย์รวมถึงสาหร่ายจุลภาคและไซยาโนแบคทีเรียจึงจำเป็นสำหรับการผลิตพลาสติกชีวภาพ PHA จัดเป็นพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีแนวโน้มการตลาดที่ดีสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายด้าน เช่น ด้านบรรจุภัณฑ์อาหาร ด้านการแพทย์ ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม ยังต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิต ดังนั้นการเลือกใช้แหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมต้นทุนการผลิตจึงมีความสำคัญ ในการผลิตโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพนั้น ไซยาโนแบคทีเรียเป็นตัวผลิต PHB ที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศที่มีอยู่อย่างไม่จำกัด เข้าสู่เซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนได้ ถือได้ว่าเป็นการลดการใช้แหล่งคาร์บอนเสริมจากภายนอก ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

ภาพที่ ๒ การย่อยสลายทางชีวภาพของขวดพลาสติกสังเคราะห์จากพอลิเมอร์ฐานชีวภาพชนิด PHA โดยวิธีการบ่มในดินโคลนเป็นระยะเวลา ๘๐ วัน (ที่มา: Sudesh et al., 2000)

เอกสารอ้างอิง

Carpine, R., Du, W., Olivieri, G., Pollio, A., Hellingwerf, K.J., Marzocchella, A. et al. (2017) Genetic Engineering of *Synechocystis* sp. PCC6803 for Poly-β-hydroxybutyrate Overproduction. Algal Res. 25, 117–127.

Chen, G.Q. (2009) A Microbial Polyhydroxyalkanoates (PHA) Based Bio- and Materials Industry. Chem. Soc. Rev. 38, 2434–2446.

Damrow, R., Maldener, I. and Zilliges, Y. (2016) The Multiple Functions of Common Microbial Carbon Polymers, Glycogen and PHB, during Stress Responses in the Non-diazotrophic Cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803. Front. Microbiol. 7, 966.

Khetkorn, W., Incharoensakdi, A., Lindblad, P. and Jantaro, S. (2016) Enhancement of Poly-3-hydroxybutyrate Production in *Synechocystis* sp. PCC 6803 by Overexpression of Its Native Biosynthetic Genes. Bioresour. Technol. 214, 761–768.

Kumar, V., Sehgal, R. and Gupta, R. (2021) Blends and Composites of Polyhydroxyalkanoates (PHAs) and Their Applications. Eur. Polym. J. 161, 110824.

Monshupanee, T., Nimdach, P. and Incharoensakdi, A. (2016) Two-stage (photoautotrophy and heterotrophy) Cultivation Enables Efficient Production of Bioplastic Poly-3-hydroxybutyrate in Auto-sedimenting Cyanobacterium. Sci. Rep. 6, 37121.

Samantaray, S. and Mallick, N. (2015) Impact of Various Stress Conditions on Poly-β-hydroxybutyrate (PHB) Accumulation in *Aulosira fertilissima* CCC 444. Curr. Biotechnol. 4, 366–372.

Sudesh, K., Abe, H. and Doi, Y. (2000) Synthesis, Structure and Properties of Polyhydroxyalkanoates: Biological Polyesters. Prog. Polym. Sci. 25, 1503–1555.

Sukkasam, N., Leksingto, J., Keasornjun, N., In-na, P., Incharoensakdi, A., Hallam, S.J. and Monshupanee, T. (2023) Erythromycin Treatment under a Specific Nitrogen Supply Affects Carbon Metabolism and Increases Poly(3-hydroxybutyrate) and Glycogen Accumulation in Cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803. Algal Res. 72, 103142.

Taroncher-Oldenburg, G., Nishina, K. and Stephanopoulos, G. (2000) Identification and Analysis of the Polyhydroxyalkanoate-specific β-Ketothiolase and Acetoacetyl Coenzyme A Reductase Genes in the Cyanobacterium *Synechocystis* sp. Strain PCC 6803. Appl. Environ. Microbiol. 66, 4440–4448.

เอไอ ตัวพลิกสถานการณ์ในการค้นหายาและนวัตกรรมทางเภสัชกรรม

สุภา หารหนองบัว[๑,๒]

[๑]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[๒]ภาคีสมาชิก สาขาวิชาเคมี ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, fscisph@ku.ac.th

บทนำ

ในระยะ ๒๐ ปีที่ผ่านมา ภัยคุกคามที่เกิดจากการติดเชื้อจากไวรัส เช่น โรคเอดส์ที่มีสาเหตุจากเชื้อเอชไอวี โรคไข้เลือดออก รวมทั้งโรคอุบัติใหม่ เช่น โรคซาร์ส (๒๐๐๒) โรคไข้หวัดนกที่เกิดจากเชื้อเอช ๕ เอ็น ๑ (๒๐๐๙) โรคเมอร์ส (๒๐๑๒) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคโควิด-๑๙ ที่เกิดจากเชื้อ SARS-CoV-2 (๒๐๐๒) ทำให้มีผู้ติดเชื้อทั่วโลกไม่น้อยกว่า ๕๐๐ ล้านคนและเสียชีวิตมากกว่า ๖ ล้านคน จึงเป็นความท้าทายในการวิจัยและพัฒนาเพื่อค้นหายาที่สามารถยับยั้งไวรัสทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการค้นหายาด้วยวิธีเคมีคอมพิวเตอร์มีส่วนช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมากที่นำมาช่วยในการคัดสรรสารออกฤทธิ์จากสมุนไพร สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สารสังเคราะห์ หรือจากตัวยาที่มีจำหน่ายอยู่แล้ว ในปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง (high performance computing technology) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญของวิทยาการเชิงคำนวณ ทำให้การค้นหายาใหม่เกิดความก้าวหน้าอย่างมาก มีผู้คาดการณ์ว่าในอนาคตจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างก้าวกระโดดในการค้นหายาด้วยปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence, AI) การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) และควอนตัมคอมพิวเตอร์ (quantum computing) ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจสาเหตุของการเกิดโรคและการรักษาเฉพาะบุคคล (personalized medicine) ได้ในอนาคตอันใกล้

AI สาขาวิจัยที่เติบโตอย่างรวดเร็ว อาจกล่าวได้ว่า **AI for drug discovery** เป็นสาขาวิจัยที่เติบโตอย่างรวดเร็วด้วยวัตถุประสงค์ที่มุ่งใช้ AI เพื่อเร่งรัดกระบวนการค้นหายาใหม่ให้ทันกับความต้องการในการรักษาโรค โดยเฉพาะเมื่อเกิดโรคอุบัติใหม่ ในปัจจุบันได้มีการนำ AI เข้ามาช่วยกระบวนการค้นหายาในเกือบทุกขั้นตอน เช่น การค้นหาเป้าหมายของยา การออกแบบโครงสร้างยาใหม่ การทำนายสมบัติของยา และการทดสอบในระดับคลินิก ที่สำคัญที่สุดคือ AI ช่วยทำให้เกิดโมเดลธุรกิจแบบใหม่ เกิดความร่วมมือในกลุ่มของอุตสาหกรรมเภสัชกรรมและเกิดการสร้างนวัตกรรม

AI มีส่วนสำคัญในการยกระดับการค้นหายาใหม่ โดยมีแนวทางที่สำคัญ ๔ ประเด็น คือ

๑. การเข้าถึงชีววิทยาใหม่

การค้นพบรหัสพันธุกรรมมนุษย์นับตั้งแต่ ค.ศ. ๒๐๐๐ ทำให้เกิดศาสตร์ใหม่ คือ ชีวสารสนเทศ (bioinformatics) ซึ่งต้องอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ซับซ้อน ส่งผลให้มีความก้าวหน้าของสาขาวิชาต่าง ๆ เช่น จีโนมิกส์ โพรทีโอมิกส์ และข้อมูลฟีโนไทป์ ซึ่งนำไปสู่ความเข้าใจ

กลไกการทำงานในระดับโมเลกุลที่มีความซับซ้อน และองค์ความรู้ที่ยังไม่เคยทราบกันมาก่อน AI ยังสามารถช่วยค้นหาโมเลกุลเป้าหมาย หรือการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ ได้รวดเร็ว ในปัจจุบันได้มีรายงานแล้วว่า AI สามารถทำนายโครงสร้างของโปรตีนที่มีอยู่กว่า ๒๐๐ ล้านโครงสร้าง ต้องใช้เครื่องคำนวณสมรรถนะสูง การวิเคราะห์ด้านคณิตศาสตร์ สถิติ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่มีความสลับซับซ้อน เช่น ความรู้เชิงกราฟ (knowledge graphs) และการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (natural language processing) ทำให้บุคลากรในสาขาวิชาเหล่านี้เป็นที่ต้องการอย่างมาก

๒. พัฒนาวิทยาการใหม่ทางเคมี

จากความก้าวหน้าของวิทยาการเชิงคำนวณ ได้มีผู้นำ AI มาช่วยในการวิจัยและพัฒนาการออกแบบโมเลกุลเคมีให้มีสมบัติทางโครงสร้างและการทำงานที่ต้องการ (desired structures and functions) โดยการทำนายโครงสร้างของโมเลกุลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีเครือข่ายประสาท (neural network) และการใช้แนวทางการเรียนรู้ของ AI ที่เลียนแบบการเรียนรู้ของมนุษย์ นอกจากนี้ AI ยังช่วยในการทำนายเส้นทางการสังเคราะห์สารทางเคมี ช่วยในการวางแผนการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว ปลอดภัยและประหยัดค่าใช้จ่าย การทำนายการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีมีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการเกิดงานวิจัยใหม่ โดยอาศัยการเรียนรู้ด้วยเครื่อง และกราฟอัลกอริทึม (graph algorithms)

๓. อัตราความสำเร็จที่ดีขึ้น

AI ช่วยเพิ่มอัตราความสำเร็จในการทดสอบทางคลินิก ซึ่งมีต้นทุนที่สูงมาก โดยช่วยลดจำนวนตัวอย่างในการทดสอบ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการทดสอบโดยใช้แบบจำลองเพื่อการทำนายผล เช่น การจำลองรูปแบบการประมวลผลของสมองมนุษย์ (deep learning) และการอนุมานแบบเบย์ (Bayesian inference) เพื่อช่วยในการทำนายค่าต่าง ๆ ในกระบวนการทดสอบประสิทธิภาพของยา เช่น สมบัติคล้ายยา เภสัชจลนศาสตร์ เภสัชพลศาสตร์ ความเป็นพิษ และอาการที่ไม่พึงประสงค์

๔. กระบวนการค้นหาที่รวดเร็วและประหยัด

AI ทำงานได้รวดเร็วและช่วยประหยัดงบประมาณในการค้นหายาที่มีต้นทุนสูง โดยอาศัยระบบการทำงานแบบอัตโนมัติและมีขั้นตอนการทำงานที่ต่อเนื่อง เช่น การคัดสรรสารออกฤทธิ์ การพัฒนาวิธีการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ การปรับปรุงโครงสร้างของสารต้นแบบ และการเลือกสารต้นแบบ AI ยังช่วยลดการทดสอบในสัตว์ทดลองและในมนุษย์โดยการคัดสรรเสมือนจริง (virtual screening) และเทคนิคการจำลอง (simulation techniques)

การค้นหายาโดยใช้ AI ในปัจจุบันถือว่าเป็นธุรกิจที่มีความเติบโตอย่างมาก มีบริษัท AI หลายแห่งที่ประสบความสำเร็จในการค้นพบสารต้นแบบและเข้าสู่ระยะการทดสอบความปลอดภัยทางคลินิก มีอัตราการเติบโตต่อปีสูงถึงกว่า ๔๐% ซึ่งถือว่าเป็นอัตราที่สูงกว่าบริษัทยาชั้นนำ และมีการวางแผนกลยุทธ์ในการดำเนินธุรกิจระยะยาว

อย่างไรก็ตาม AI for drug discovery ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น จึงมีความท้าทาย เช่นในประเด็นต่อไปนี้

๑. คุณภาพของข้อมูลและแหล่งข้อมูล

เนื่องจาก AI ขึ้นอยู่กับข้อมูลจำนวนมาก (big data) และกลุ่มข้อมูลที่ครอบคลุมกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลาย เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองและการตรวจสอบความถูกต้อง ปัญหาที่พบมากคือข้อมูลมีไม่เพียงพอที่จะเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่ซ้ำซ้อนหรือไม่สมบูรณ์ แนวทางที่แก้ไขปัญหานี้ได้คือการแบ่งปันข้อมูล (data sharing) และการทำให้ข้อมูลมีมาตรฐานเดียวกัน (standardization) ซึ่งจำเป็นต้องมีความร่วมมือกันระหว่างผู้ที่ต้องการใช้ข้อมูลและสร้างนวัตกรรมใหม่ร่วมกัน ในปัจจุบัน มีองค์กรสมาคมวิชาชีพ เช่น International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) ได้ตั้งคณะกรรมการ Committee on Publications and Cheminformatics Data Standards (CPCDS) เพื่อการพัฒนามาตรฐานดิจิทัล และสร้างเครือข่ายของสมาชิกสมาคมเคมีทั่วโลก เริ่มการแบ่งปันข้อมูลให้เกิดประโยชน์ร่วมกัน เป็นต้น

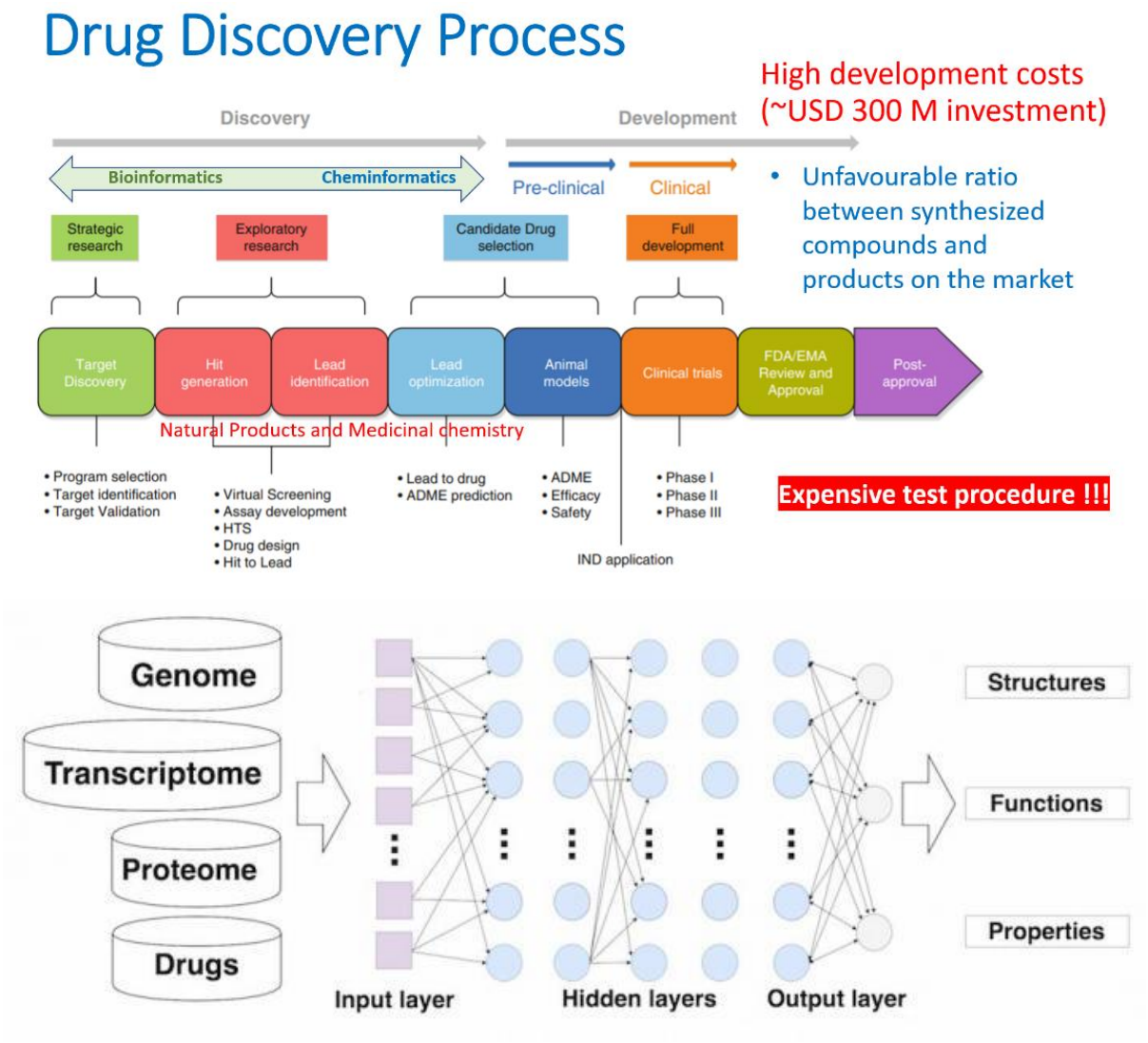
๒. การตีความหมายของแบบจำลองและความน่าเชื่อถือ

แบบจำลองของ AI มีความซับซ้อน ทำให้ไม่ง่ายนักที่จะเข้าใจการทำงานของ AI รวมทั้งยังมีข้อจำกัดต่าง ๆ การอธิบายแบบจำลองและการตรวจสอบความถูกต้องจึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้เกิดความเชื่อมั่นในการใช้ AI

๓. ข้อบังคับและประเด็นจริยธรรม

การใช้ AI ในการค้นหายาทำให้เกิดคำถามและความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับข้อบังคับและประเด็นจริยธรรม เช่น ข้อมูลความเป็นส่วนตัว ทรัพย์สินทางปัญญา ความรับผิดชอบ การให้ความยินยอมของคนไข้ และด้านสวัสดิภาพ คำกำหนดแนวทางและคำแนะนำด้านกฎระเบียบและหลักการด้านจริยธรรมจึงมีความจำเป็นแก่การที่จะนำ AI มาใช้ประโยชน์ในการค้นหายาอย่างมีความรับผิดชอบและความปลอดภัย

AI for drug discovery จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและมีศักยภาพสูงมากที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการพัฒนายาในอนาคต อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการใช้ AI จะช่วยให้การวิจัยและพัฒนาการค้นหายามีความรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่กระบวนการพัฒนายาเองนั้นยังมีปัญหาอื่น ๆ อีกมากที่ต้องดำเนินการ ปรับปรุงและแก้ไข จึงอาจกล่าวได้ว่า AI เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงแต่ต้องใช้อย่างเหมาะสม และยังต้องการความร่วมมือในการวิจัยและพัฒนาของนักวิทยาศาสตร์หลากหลายสาขา ซึ่งควรเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ ความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถ เพื่อให้การใช้ AI ในการค้นหายาเกิดความก้าวหน้า ประสบความสำเร็จ ได้ยาใหม่ที่มีคุณภาพ ประสิทธิภาพสูง ช่วยป้องกันและรักษาโรคให้แก่มนุษย์

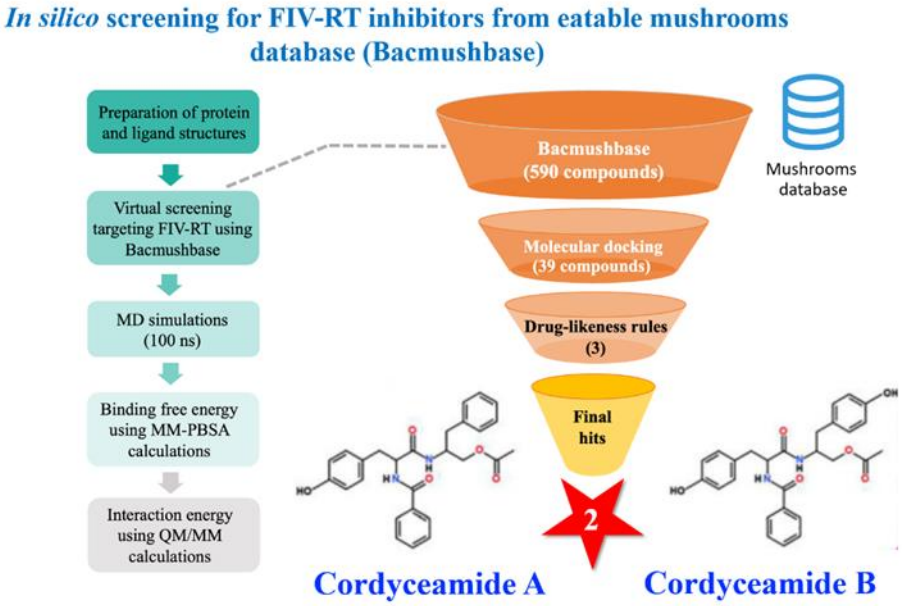


ภาพที่ ๑ กระบวนการค้นหายา ซึ่งใช้เวลาและการลงทุนสูง (ภาพบน) การใช้ Deep neural networks for drug discovery (ภาพล่าง) มีความสำคัญในทุกขั้นตอนของกระบวนการค้นหายาและลดต้นทุนค่าใช้จ่าย (ที่มา: Duelen et al., 2019; Insilico Medicine, Inc.)

AI กับสมุนไพรไทย : โอกาสในการค้นหายา

ประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพ ทำให้มีโอกาสในการวิจัยและพัฒนายาและสารเสริมสุขภาพจากสมุนไพรไทย รวมถึงองค์ความรู้จากภูมิปัญญาไทย จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดโรคระบาดโควิด-๑๙ สมุนไพรไทยที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายคือฟ้าทะลายโจร ทำให้เกิดการส่งเสริมการปลูก วิจัยและพัฒนาการผลิตวัตถุดิบให้ได้คุณภาพและการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ก่อให้เกิดการเติบโตทางเศรษฐกิจของภาคการเกษตรอย่างมากอีกทั้งยังเป็นสมุนไพรทางเลือกในการรักษาโรคได้เป็นอย่างดี การใช้สมุนไพรและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติกำลังได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายและยังมีแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย ส่งผลให้ปัจจุบันมีผู้นำพืชสมุนไพรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมการผลิตยาสมุนไพร ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เครื่องสำอาง ตลอดจนอาหารและเครื่องดื่มเพื่อ

สุขภาพ จากการศึกษาวิจัยและรวบรวมข้อมูลที่ผ่านมาพบว่า แม้จะมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพืชสมุนไพรอยู่เป็นจำนวนมากในหลากหลายมิติ แต่การเก็บรวบรวมข้อมูลสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสมุนไพรยังจำเป็นต้องจัดทำอย่างเป็นระบบ โดยอิงอาศัยเทคโนโลยีดิจิทัล โดยเฉพาะฐานข้อมูลทางโครงสร้างของสารออกฤทธิ์ที่มีในพืชสมุนไพรแต่ละชนิด เพื่อให้การนำ AI มาประยุกต์ใช้ในการค้นหายาใหม่ในประเทศไทยเกิดความก้าวหน้าและสามารถใช้ประโยชน์จากสมุนไพรไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือการใช้สมุนไพรเพื่อการป้องกันรักษาสุขภาพของคนไทยจากโรคอุบัติใหม่ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต



ภาพที่ ๒ ขั้นตอนการคัดสรรสารออกฤทธิ์เพื่อเป็นตัวยับยั้ง Feline Immunodeficiency Virus (FIV) จากฐานข้อมูลโครงสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสมุนไพรเห็ดกินได้ (Bacmushbase) โดยใช้วิธีการทางเคมีคอมพิวเตอร์ (ที่มา: Saparpakorn et al., 2022)

บรรณานุกรม

Callaway, E. (2022) The Entire Protein Universe: AI Predicts Shape of Nearly Every Known Protein. Nature 608, 15–16.

Clyde, A., Liu, X., Brettin, T., Yoo, H., Partin, A., Babuji, Y., Blaiszik, B., Mohd-Yusof, J., Merzky, A., Turilli, M., Jha, S., Ramanathan, A. and Stevens, R. (2023) AI-accelerated Protein-ligand Docking for SARS-CoV-2 is 100-fold Faster with No Significant Change in Detection. Sci. Rep. 13, 2105.

Duelen, R., Corvelyn, M., Tortorella, I., Leonardi, L., Chai, Y.C. and Sampaolesi, M. (2019) Medicinal Biotechnology for Disease Modeling, Clinical Therapy, and Drug Discovery and Development. In: Matei, F., Zirra, D. (eds) Introduction to Biotech Entrepreneurship: From Idea to Business. Springer, Cham. pp. 89–128.

Gao, Z., Jiang, C., Zhang, J., Jiang, X., Li, L., Zhao, P., Yang, H., Huang, Y. and Li, J. (2023) Hierarchical Graph Learning for Protein–protein Interaction. Nat. Commun. 14, 1093.

José Jiménez-Luna, J., Grisoni, F., Weskamp, N. and Schneider, G. (2021) Artificial Intelligence in Drug Discovery: Recent Advances and Future Perspectives. Expert Opin. Drug Discov. 16(9), 949–959.

Mullard, A. (2019) Machine Learning Brings Cell Imaging Promises into Focus. Nat. Rev. Drug Discov. 18(9), 653–655.

Saparpakorn, P., Chimprasit, A., Jantarat, T. and Hannongbua, S. (2022) Insight Investigation of Rilpivirin and Compounds from Mushrooms as Feline Immunodeficiency Virus Reverse Transcriptase Inhibitors Using Molecular Dynamics Simulations and Quantum Chemical Calculations. Mol. Simul. 48(6), 463–476.

Wills, T. (2022) AI Drug Discovery: Assessing the First AI-designed Drug Candidates to Go into Human Clinical Trials. Nat. Rev. Drug Discov. 21, 175–176.

โครงการปาฐกถาราชบัณฑิตสัญจร สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
การประชุมวิชาการ เรื่อง “โรคพาร์กินสันและการป้องกัน ความฝันหรือความจริงที่เป็นไปได้”

รุ่งโรจน์ พิทยศิริ[๑,๒] สมร พุ่มพิศ[๒] และ ชนวัฒน์ อนันต์[๒]

[๑]ภาคีสมาชิก สาขาวิชาอายุรศาสตร์ ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ สำนักวิทยาศาสตร์ราชบัณฑิตยสภา, rbh@chulapd.org

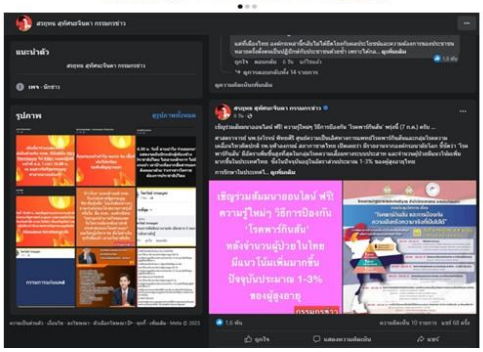
[๒]ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสัน และกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องด้วยอายุที่เพิ่มขึ้นเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญของโรคความเสื่อมทางระบบประสาท และจำนวนผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้นทั่วโลก อีกทั้งหลาย ๆ ประเทศได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงวัยอย่างเต็มตัว รวมถึงประเทศไทย ส่งผลให้มีผู้ป่วยโรคความเสื่อมทางระบบประสาทเพิ่มขึ้น ในบรรดากลุ่มโรคความเสื่อมทางระบบประสาททั้งหลาย องค์การอนามัยโลกได้ให้ข้อมูลว่า “โรคพาร์กินสัน” เป็นโรคที่ผู้ป่วยเพิ่มขึ้นด้วยอัตราสูงที่สุดและมีแนวโน้มที่จำนวนผู้ป่วยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น ๒ เท่าในอีก ๒๐ ปีข้างหน้า ซึ่งมีผลกระทบต่อการดูแลรักษาโรคพาร์กินสันในประเทศไทยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในปัจจุบันผู้ป่วยพาร์กินสันส่วนใหญ่เริ่มการรักษาเมื่อมีอาการมากแล้ว มีภาวะทุพพลภาพ การรักษาต้องใช้ยาในปริมาณมาก ส่งผลกระทบทั้งต่อผู้ป่วยเอง ครอบครัว และสังคม ทั้งในทางตรงและทางอ้อม รวมทั้งมีภาระในการรักษาระยะยาว อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมีหลักฐานทางการวิจัยเพิ่มขึ้นที่ให้ความหวังว่า โรคพาร์กินสันสามารถป้องกันได้และสามารถนำแนวทางการรักษามาปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง ซึ่งอาจเป็นแนวทางที่สำคัญในการแก้ไขปัญหาเชิงรุกสำหรับสถานการณ์โรคพาร์กินสันในปัจจุบันและอนาคต อีกทั้งอาจเป็นตัวอย่างของการป้องกันที่สามารถนำไปใช้กับโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอื่น ๆ ในประเทศไทย

สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตสภา ร่วมกับศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย นำโดยศาสตราจารย์ นายแพทย์รุ่งโรจน์ พิทยศิริ ซึ่งเป็นทั้งภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา และหัวหน้าศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสันฯ พร้อมคณะแพทยศาสตร์ ได้จัดงานประชุมวิชาการ เรื่อง “โรคพาร์กินสันและการป้องกัน ความฝันหรือความจริงที่เป็นไปได้” ขึ้นในวันที่ ๗ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ เวลา ๐๙.๐๐ – ๑๖.๐๐ น. ที่โรงแรมรอยัลปริ๊นเซส หลานหลวง สำหรับสมาชิกราชบัณฑิตยสภา และมีระบบเผยแพร่การประชุมแบบออนไลน์สำหรับผู้สนใจโดยทั่วไป โดยมีวิทยากรที่ประกอบด้วยราชบัณฑิตและภาคีสมาชิกจากสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านโรคพาร์กินสัน นักวิชาการด้านเทคโนโลยี รวมถึงผู้ป่วยพาร์กินสัน ได้นำความรู้ เทคโนโลยีร่วมการรักษา และวิธีการป้องกัน มานำเสนอให้ผู้เข้าร่วมประชุมได้เข้าใจ หัวข้อที่นำเสนอประกอบด้วย สถานการณ์ของโรคพาร์กินสันในประเทศไทย ปัจจัยเสี่ยง แนวทางการป้องกันด้วยการปรับการใช้ชีวิตประจำวันที่เน้นในการรับประทานอาหาร (eat) การออกกำลังกาย (move) และการ

นอน (sleep) ที่มีผลดีต่อสุขภาพสมอง และการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการวินิจฉัยโรคพาร์กินสัน ซึ่งก็ช่วยเพิ่มความแม่นยำและสามารถใช้ค้นหาผู้ป่วยในระยะเริ่มต้นที่มีอาการน้อย เพื่อให้รักษาได้เร็ว ทั้งนี้ มีผู้ร่วมการประชุมถาม-ตอบในประเด็นข้อสงสัย

ราชบัณฑิตสัญจร : ศ.นพ.สุรพล อิสรไกรศีล และ ศ.ดร.ปกรณ์ อุดมพันธุ์ สองอดีตนายกราชบัณฑิตยสภา ร่วมประชุมวิชาการเรื่อง "โรคพาร์กินสันและการป้องกัน : ความฝันหรือความจริงที่เป็นไปได้" โดยมี ศาสตราภิชาน นพ.พินิจ กุลละวณิชย์, ศ.ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, ศ.ดร.นสพ.ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร และ จันทร์ประภา วิชิตชลชัย ร่วมงาน ที่ โรงแรมรอยัลปริ๊นเซส ถนนหลานหลวง



ภาพแสดงการประชาสัมพันธ์การประชุมวิชาการฯ และภาพในการประชุมวิชาการ

งานประชุมวิชาการครั้งนี้มีผู้สนใจลงทะเบียนเข้ารับฟังการประชุมจำนวนทั้งสิ้น ๗,๒๒๕ คน ประกอบด้วยภาคประชาชนทั่วไปจำนวนร้อยละ ๗๘.๔ ภาครัฐร้อยละ ๑๔.๗ และภาคเอกชนร้อยละ ๖.๙ เข้าชมและมีจำนวนการรับฟังผ่านช่องทางออนไลน์ ๑๓,๔๗๘ ครั้ง ภายในสถานที่จัดงานมีผู้เข้าร่วมประชุมที่ประกอบด้วยราชบัณฑิต ภาคีสมาชิก บุคลากรทางการแพทย์ ผู้ป่วยพาร์กินสัน ตัวแทนชมรมเพื่อนพาร์กินสัน รวมถึงสื่อมวลชน ผู้จัดงานได้จัดกิจกรรมสาธิตการคัดกรองโรคพาร์กินสันด้วยระบบเทคโนโลยีดิจิทัล การให้ความรู้เรื่องอาหารด้วยการสาธิตการประกอบอาหารไทย-เมดิเตอร์เรเนียน แนวทางการออกกำลังกายและการนอนหลับอย่างมีคุณภาพเพื่อสุขภาพสมอง ซึ่งก็ได้รับความสนใจจากผู้ร่วมงานและสื่อมวลชนเป็นอย่างมาก และได้รับการประเมินผลโดยส่วนใหญ่ในระดับดีมากและมากที่สุด มีผู้ให้ข้อคิดเห็นจากการประชุมในครั้งนี้ว่ามีเนื้อหาเหมาะสมและครบถ้วน โดยที่ประชาชนสามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้สูง โดยเฉพาะจากกรณีศึกษาและประสบการณ์ของผู้ป่วยโดยตรง ทำให้ประชาชนเข้าใจโรคและอาการ ตระหนักถึงความสำคัญของโรคพาร์กินสันที่มีต่อสังคมไทยมากขึ้น ผู้เข้าร่วมประชุมได้เสนอแนะเพื่อการประชุมในครั้งถัดไปว่า ต้องการให้จัดงานประชุมในลักษณะแบบนี้อีกเพื่อเผยแพร่ความรู้อย่างต่อเนื่อง คณะผู้จัดงานขอขอบคุณสำนักวิทยาศาสตร์ราชบัณฑิตยสภา ในการจัดงานประชุมวิชาการที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อสังคม อีกทั้งขอบคุณผู้ร่วมประชุมและสื่อมวลชนที่สนใจ ท่านที่สนใจสามารถติดตามผลงานและหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ www.chulapd.org; Facebook: Parkinson Chula Fan page และ YouTube: Parkinson Chula Channel

โครงการปาฐกถาราชบัณฑิตสัญจร สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

การเสวนาวิชาการ เรื่อง “ยุคเอไอได้มาถึงแล้ว ประเทศไทยพร้อมรับมือไหม?”

วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย[๑,๒]

[๑]ราชบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

[๒]สถาบันนวัตกรรมบูรณาการแห่งจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, worsak.k@chula.ac.th

เป็นเวลานานมาแล้วที่คนส่วนใหญ่คิดว่า ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เป็นเรื่องไกลตัว และมีประโยชน์เฉพาะผู้เชี่ยวชาญด้านเอไอเท่านั้น แต่เมื่อปลายปีที่ผ่านมา ถือเป็นครั้งแรกที่ประชาชนทั่วโลกได้มีโอกาสเข้าถึงเทคโนโลยีเอไอที่ชื่อว่า ChatGPT ซึ่งเป็นหุ่นยนต์แช็ตบ็อต (AI Chatbot) ที่สามารถพูดคุยกับมนุษย์อย่างเป็นธรรมชาติ เทคโนโลยีเอไอไม่ได้เป็นสิ่งที่ไกลตัวอีกต่อไปแล้ว แต่จะเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ดังที่ Dr. Andrew Ng ผู้เชี่ยวชาญเอไอ ศาสตราจารย์พิเศษแห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด สหรัฐอเมริกา ได้เคยกล่าวไว้ตั้งแต่ พ.ศ. ๒๕๖๐ ว่า “เอไอ คือไฟฟ้าตัวใหม่ (AI Is the New Electricity)” โดยชี้ว่า ในช่วงเวลาต่อจากนี้ไป เอไอจะพลิกโฉมสังคมมนุษยชาติจากหน้ามือเป็นหลังมือ ยิ่งกว่าการค้นพบไฟฟ้าที่พลิกโฉมโลกไปแล้วในศตวรรษที่ผ่านมา

หลายประเทศในเอเชีย เช่น จีน เกาหลีใต้ สิงคโปร์ ญี่ปุ่น เป็นประเทศระดับแนวหน้าทางเทคโนโลยีที่มีสมรรถภาพและความพร้อมในการเผชิญกับพายุแห่งการเปลี่ยนแปลงของโลกยุคเอไอ สำหรับประเทศไทย ถึงเวลาแล้วที่ทุกภาคส่วนของสังคมต้องหันมาสนใจการกำหนดหา “ที่ยืนของประเทศไทยในโลกแห่งอนาคต” โดยที่ในช่วงรอยต่อสำคัญหลายปีต่อจากนี้ ประเทศไทยจะต้องเร่งปูพรมพัฒนาหลักสูตรการเรียนรู้ เพื่อให้ประชากรไทยมี AI Literacy อีกทั้งต้องปลูกฝังระบบนิเวศการศึกษาและการวิจัยด้านเทคโนโลยีเอไอ

ในการจัดเสวนาเรื่องสำคัญสำหรับอนาคตเช่นนี้ ราชบัณฑิตยสภาได้รวบรวมบรรดาผู้เชี่ยวชาญด้านเอไอชั้นแนวหน้าในประเทศไทยมาร่วมด้วยช่วยกันระดมสมอง เพื่อสรุปประเด็นต่าง ๆ ที่จะกระตุ้นให้รัฐได้เข้ามาดำเนินการให้ทันกับขบวนการเปลี่ยนแปลงที่กำลังเกิดขึ้นในทุก ๆ นาทีในขณะนี้

การเสวนาทางวิชาการครั้งนี้เริ่มโดยราชบัณฑิตผู้รับผิดชอบการจัดงาน ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร. วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย ราชบัณฑิต ได้เรียนเชิญ ศาสตราจารย์ ดร. ภก.ชยันต์ พิเชียรสุนทร ราชบัณฑิต ประธานสำนักวิทยาศาสตร์ ขึ้นกล่าวรายงานต่อนายกราชบัณฑิตยสภา ถึงจุดประสงค์ของการจัดงานนี้ ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของโครงการปาฐกถาราชบัณฑิตสัญจรครั้งที่ ๒ แห่งปีของสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา จากนั้น ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นพ.สุรพล อิสรไกรศีล ราชบัณฑิต นายกราชบัณฑิตยสภา ได้กล่าวเปิดงาน โดยได้บรรยายถึงความเป็นมาและวิวัฒนาการของเทคโนโลยีเอไอ และความจำเป็นในการระดมสมองผู้เชี่ยวชาญด้านเอไอในประเทศไทย เพื่อช่วยชี้นำผู้เกี่ยวข้องในภาครัฐ ที่จะพัฒนายุทธศาสตร์เพื่อรับมือกับเอไอ

ภาพบรรยายกาศในงานเสวนาวิชาการฯ

งานเสวนาภาคที่ ๑ เริ่มด้วยการบรรยายโดย รองศาสตราจารย์ ดร.สรณะ นุชอนงค์ คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันวิทยสิริเมธี เรื่อง “เอไอ สำหรับทุกคน - อนาคตที่กระจ่างแจ้ง” ซึ่งสามารถชมได้ตามลิงก์นี้ <https://youtu.be/a8T3FkKgHdc>

ภาคที่ ๒ เป็นการบรรยาย “การประยุกต์ใช้เอไอ – จากทฤษฎีสู่ภาคปฏิบัติ” ประกอบด้วย (๑) “การประยุกต์ใช้เอไอ ในวิทยาการหุ่นยนต์” โดย ศาสตราจารย์ ดร.ปรเมษฐ์ มนูญพงศ์ อาจารย์สำนักวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันวิทยสิริเมธี <https://youtu.be/Zazn7FMu9Ic>, (๒) การประยุกต์ใช้เอไอในทางการแพทย์ โดย ดร.สิระ ศรีสวัสดิ์ อาจารย์ฝ่ายวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย <https://youtu.be/naaAdyT91dU>, (๓) การประยุกต์ใช้เอไอ ในภาคการเกษตร โดย ดร.รัสรินทร์ ชินโชติธีรนันท์ ผู้ก่อตั้งและประธานผู้บริหารบริษัท ListenField, Japan <https://youtu.be/oxq28tedRWY> และ (๔) เอไอในการใช้งานจริง ตัวเปลี่ยนเกมในภาคอุตสาหกรรม โดยนายสัญญา จินดาประเสริฐ ผู้อำนวยการดิจิทัลธุรกิจ SCG Chemicals PCL <https://youtu.be/EKfg34PqnBI>

ภาคที่ ๓ เป็นรายการเสวนา "ความพร้อมของประเทศไทย" <https://youtu.be/TVd7z_YvC4A> โดย มี ดร.พูมใจ นาคสกุล อาจารย์สถาบันนวัตกรรมบูรณาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นประธานและผู้ร่วมเสวนา ได้แก่ ศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์ ราชบัณฑิตและศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล รองปลัดกระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ดร.เทพชัย ทรัพย์นิธิ ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปัญญาประดิษฐ์จาก NECTEC และอุปนายกสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย และศาสตราจารย์ ดร.ปรเมษฐ์ มนูญพงศ์ ศาสตราจารย์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันวิทยสิริเมธี

การเสวนาทางวิชาการ เรื่อง "ยุคเอไอได้มาถึงแล้ว ประเทศไทยพร้อมรับมือไหม?" เป็นงานราชบัณฑิตสัญจรครั้งที่ ๒ ใน พ.ศ. ๒๕๖๖ ซึ่งจัดโดยสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ด้วยความร่วมมือกับสถาบันนวัตกรรมบูรณาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อวันศุกร์ที่ ๒๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ ห้องประชุม ๘๐๑ อาคารเฉลิมราชกุมารี ๖๐ พรรษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย งานประชุมเสวนาทางวิชาการครั้งนี้มีเป้าหมายผู้ร่วมงาน นอกจากมีราชบัณฑิตและภาคีสมาชิกแล้ว ยังได้เปิดให้ประชาชนทั่วไปผู้สนใจเข้ามาร่วมงานและอาจเข้าร่วมโดยผ่านสื่อออนไลน์ด้วย ปรากฏว่า มีผู้ลงทะเบียนเข้าร่วมงานในห้องประชุมเต็มจำนวนที่นั่ง ๒๕๐ คน และมีผู้รับฟังสดผ่านช่องทางออนไลน์อีกจำนวน ๑,๐๔๐ ครั้ง

กิจกรรมและผลงานของสำนักวิทยาศาสตร์

(พฤษภาคม–สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๖)

การบรรยายทางวิชาการในที่ประชุมสำนักวิทยาศาสตร์

วันพุธที่ ๓ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- เรื่อง “แนวทางการดำเนินการเพื่อนำผลงานวิจัยด้านการแพทย์ไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์หลังมี พรบ. TRIUP” โดย ศาสตราจารย์กิตติคุณ นพ.สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ ราชบัณฑิต ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ สาขาวิชาศัลยศาสตร์
- เรื่อง “ระบบสำรองสมอง (Brain reserve) มีจริงหรือไม่ กับแนวทางการป้องกันโรคสมองเสื่อม” โดย ศาสตราจารย์ นพ.รุ่งโรจน์ พิทยศิริ ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ สาขาวิชาอายุรศาสตร์
- เรื่อง “การเลือกใช้สารไล่ยุงตามท้องตลาด” โดย ศาสตราจารย์ ดร.ธีรภาพ เจริญวิริยะภาพ ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร และสัตวแพทยศาสตร์ สาขาวิชากีฏวิทยา

วันพุธที่ ๒๔ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- เรื่อง “Nitrous oxide : สารเสพติดใหม่ที่มีพิษต่อระบบประสาท” โดย ศาสตราจารย์ นพ.ก้องเกียรติ กูณฑ์กันทรากร ราชบัณฑิต ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ สาขาวิชาอายุรศาสตร์
- เรื่อง “ราเอนโดไฟท์ ลักษณะการเจริญในธรรมชาติ” โดย ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สายสมร ลำยอง ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร และสัตวแพทยศาสตร์ สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติ
- เรื่อง “การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีกับการเกษตร” โดย ดร.วิยงค์ กังวานศุภมงคล ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาเทคโนโลยี สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

วันพุธที่ ๗ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖

- เรื่อง “มะเร็งปอดชนิดไม่ร้ายมาก” โดย ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. นพ.สมชัย บวรกิตติ ราชบัณฑิต ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ สาขาวิชาอายุรศาสตร์
- เรื่อง “การผลิตไบโอไฮโดรเจนจากชีวมวลพืช” โดย ศาสตราจารย์ ดร.อรัญ อินเจริญศักดิ์ ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ สาขาวิชาชีวเคมี
- เรื่อง “สายพันธุ์กัญชาท้องถิ่นดั้งเดิมของประเทศไทย” โดย ศาสตราจารย์ ดร.อานัฐ ตันโช ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร และสัตวแพทยศาสตร์ สาขาวิชาปฐพีวิทยา

วันพุธที่ ๒๑ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖

- เรื่อง “แนวคิดในการรวมมหาวิทยาลัยราชภัฏกับมหาวิทยาลัยราชมงคลเป็นมหาวิทยาลัยประจำจังหวัด” โดย ศาสตราจารย์เกียรติคุณปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล และ ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต
- เรื่อง “ความปลอดภัยในการบริโภคปลาดิบ” โดย ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร และสัตวแพทยศาสตร์ สาขาวิชาการประมง
- เรื่อง “โปรตีนกาวไหมกับผู้ป่วยโรคไต” โดย ศาสตราจารย์ ดร. ภกญ.พรอนงค์ อร่ามวิทย์ ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ สาขาวิชาเภสัชศาสตร์

วันพุธที่ ๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- เรื่อง “ความเหมือนที่แตกต่าง” โดย ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. นพ.สมชัย บวรกิตติ ราชบัณฑิต แพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ สาขาวิชาอายุรศาสตร์
- เรื่อง “การพัฒนากำลังคนด้านดิจิทัลของประเทศไทย” โดย ศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาเทคโนโลยี สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ
- เรื่อง “การเปลี่ยนขยะตะเกียบเป็นตัวดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากแก๊สผสม” โดย ศาสตราจารย์ ดร.มะลิ หุ่นสม ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีเคมี

วันพุธที่ ๑๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- เรื่อง “อาหารแปรรูปสูง (ultra-processed foods) : นิยาม ประโยชน์และโทษ” โดย ศาสตราจารย์ ดร. สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวเคมี
- เรื่อง “โรคเล็ปโตสไปโรซิส” โดย ศาสตราจารย์ ดร. นพ.ณัฐชัย ศรีสวัสดิ์ ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ สาขาวิชาอายุรศาสตร์
- เรื่อง “นัยสำคัญแห่งการถ่ายเกสรและตัวถ่ายเกสร : การวิจัยในสะบ้าลิง” โดย ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญหา ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ สาขาวิชาสัตววิทยาและสัตวศาสตร์

วันพุธที่ ๙ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- เรื่อง “Brief Introduction to Hydrogen Energy for the Future of Net-Zero GHG Emission” โดย ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวเคมี

- เรื่อง “สถานภาพของเทคโนโลยีไฮโดรเจนในประเทศไทย” โดย ศาสตราจารย์ ดร.นวดล เหล่าศิริพจน์ ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาเทคโนโลยี สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
- เรื่อง “ยาไอเวอร์เม็กทินกับการแพร่เชื้อมาลาเรีย” โดย ศาสตราจารย์ ดร.เกศินี โชติวานิช ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ สาขาวิชาพยาธิวิทยา

วันพุธที่ ๑๖ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- เรื่อง “แนวคิดบีซีจีโมเดลเพื่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าว” โดย ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.อรอนงค์ นัยวิกุล ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร และสัตวแพทยศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและเทคโนโลยี
- เรื่อง “การรักษาข้อเข่าเสื่อมโดยไม่ผ่าตัด” โดย ศาสตราจารย์ นพ.กีรติ เจริญชลวานิช ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ สาขาวิชาศัลยศาสตร์ออร์โทพีดิกส์
- เรื่อง “รอยโรคในกระดูกโบราณ” โดย ศาสตราจารย์ ดร. นพ.นรัตถพล เจริญพันธุ์ ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ สาขาวิชาสรีรวิทยา

ราชบัณฑิตและภาคีสมาชิกเผยแพร่บทความทางวิชาการระดับชาติและนานาชาติ รวม ๙๑ ฉบับ

ราชบัณฑิตและภาคีสมาชิกสำนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการเชิดชูเกียรติ รางวัล โล่ และตำแหน่งสำคัญอื่น ๆ

พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์ นพ.ก้องเกียรติ กูณฑ์กันทรากร ราชบัณฑิต ได้รับรางวัลกีรตยาจารย์แห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี ๒๕๖๕
- ศาสตราจารย์ ดร. นพ.ณัฐชัย ศรีสวัสดิ์ ภาคีสมาชิก ได้รับรางวัลผลงานวิจัยดีเด่นด้านการนำไปใช้ประโยชน์ต่อสังคม กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๖

มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์ ดร. ภก.พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์ ภาคีสมาชิก ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งคณบดีคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ตั้งแต่วันที่ ๑ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖ เป็นต้นไป
- ศาสตราจารย์ นพ.รุ่งโรจน์ พิทยศิริ ภาคีสมาชิก ได้รับการคัดเลือกให้รับรางวัลนิสิตเก่าแพทย์จุฬาฯ ดีเด่น ในโอกาสครบรอบ ๗๕ ปี คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์ ดร.ธีรภาพ เจริญวิริยะภาพ ภาคีสมาชิก ได้รับการคัดเลือกให้ได้รับรางวัล Prix Tremplin de coopération bilatérale en recherche-ASEAN ของสภาวิทยาศาสตร์ฝรั่งเศส (Académie des Sciences) ภายใต้สถาบันฝรั่งเศส (Institut de France)

สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์ นพ.ก้องเกียรติ กูณฑ์กันทรากร ราชบัณฑิต ได้รับรางวัลศิษย์เก่าแพทย์รามาธิบดีดีเด่นด้านความเป็นครูแพทย์ ประจำปีพุทธศักราช ๒๕๖๖ โดยสมาคมศิษย์เก่าแพทย์รามาธิบดี ประกาศ ณ วันที่ ๑๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

กิจกรรมอื่น ๆ ของราชบัณฑิตและภาคีสมาชิก

พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. นพ.สมชัย บวรกิตติ ราชบัณฑิต เป็นวิทยากรในการบรรยายเรื่อง “Will Precision Medicine ever be a Possibility for Controlling Tuberculosis?” ในการประชุม The 34th World Summit on Immuno-Microbiology เมื่อวันที่ ๑๕–๑๖ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ Palms Hotel, Mauritius

- ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร. นสพ.ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร ราชบัณฑิต ได้รับเชิญเป็นวิทยากรบรรยายในหัวข้อ “กลยุทธ์การสร้างงานวิจัยกับการขอตำแหน่งทางวิชาการ” ในการสัมมนาวิชาการ “วันวิจัยคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (FVM-CMU Research Day) “ เมื่อวันที่ ๒๐ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ ห้อง ประชุม E115 คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

- ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต ราชบัณฑิต นายกสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ร่วมพิธีเปิด RPC Smart Farm เมื่อวันที่ ๒๗ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตนภูมิ จังหวัดสงขลา

- ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ ราชบัณฑิต ได้รับเชิญเป็นวิทยากรในการประชุม World Bee Day China-Pakistan Apiculture Forum เมื่อวันที่ ๑๘ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ และเข้าร่วมประชุม The 7th Celebration of World Bee Day เมื่อวันที่ ๒๐ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ Shangrao, Jiangxi, China

- ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย ราชบัณฑิต เขียนบทความเรื่อง “เรื่องเล่าสองประเทศ” ลงในเว็บไซต์สำนักข่าวอิศรา เมื่อวันที่ ๒๑ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา เรืองแสง ภาคีสมาชิก ได้รับเชิญเป็น Visiting Professor ที่ Yamaguchi University Japan และรับเชิญเป็น Editorial Advisory Board Member of DeCarbon published by Chongqing University and Elsevier ตั้งแต่ มีนาคม ๒๕๖๖ ถึง กุมภาพันธ์ ๒๕๖๘

- ศาสตราจารย์ นพ.รุ่งโรจน์ พิทยศิริ ภาคีสมาชิก ได้รับแต่งตั้งให้เป็น Honorary Overseas Faculty และ Visiting Professor ของ Parkinson Foundation Centre of Excellence, King’s College and King’s College Hospital NHS Trust, London United Kingdom ตั้งแต่วันที่ ๒๕ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์ นพ.สัญญา สุขพณิชนันท์ ภาคีสมาชิก เป็นวิทยากรในการบรรยายเรื่อง “Update in WHO classification of lymphoid neoplasm 2022” ในการประชุม The 8th TSH International Symposium and The 61st Annual Meeting of the Thai Society of Hematology (TSH-IS Bangkok 2023) เมื่อวันที่ ๙ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ Centara Grand at Central World Bangkok และได้เขียนบทความประกอบการบรรยายลงในหนังสือของการประชุมดังกล่าว

มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์ ดร.สนิท อักษรแก้ว ราชบัณฑิต ได้รับเชิญเป็นวิทยากรบรรยายเรื่อง “พลิกโฉมการพัฒนาคุณภาพชีวิตฐานรากชุมชนท้องถิ่น โดยการบูรณาการ SEP BCG และ SDG ด้วยการวิจัย นวัตกรรม” เมื่อวันที่ ๑๗ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ สถาบันเศรษฐกิจพอเพียง มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย

- ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย ราชบัณฑิต ได้รับแต่งตั้งเป็นกรรมการสรรหาอธิการบดีของสถาบันวิทยสิริเมธี (Vistec) และเขียนบทความเรื่อง “นักเรียนไทยทุกคนควรมีสมรรถนะด้าน AI” ลงในเว็บไซต์สำนักข่าวอิศรา เมื่อวันที่ ๑๙ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ ราชบัณฑิต ได้รับเชิญเป็นวิทยากรบรรยายเรื่อง “แบ่งปันประสบการณ์ทำวิจัย เขียนบทความ และเขียนหนังสือ จรรยาบรรณ จริยธรรม การเผยแพร่และการบริหารเวลา” เมื่อวันที่ ๒๙ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ ห้องบรรยาย ๒๑๙ ชั้น ๒ อาคารปิยชาติ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และได้รับเชิญเป็นวิทยากรบรรยายในหัวข้อ “เส้นทางสู่ศาสตราจารย์” เมื่อวันที่ ๙ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ ห้อง True Lab ออดิทอเรียม ตึกวิศวกรรมศาสตร์ ๓ ชั้น ๑ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี ลิ่มทอง ราชบัณฑิต ได้รับเชิญเป็นบรรณาธิการ ของวารสาร *ScienceAsia* ตั้งแต่มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๖ และได้รับเชิญเป็นกรรมการจัดการประชุมนานาชาติ The 5th International Conference of Mycotoxicology and Food Security (ICM2023) ระหว่างวันที่ ๖–๗ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๖ ของสมาคมสารพิษของเชื้อราแห่งประเทศไทย

- ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สายสมร ลำยอง ภาคีสมาชิก ได้รับเชิญเป็นวิทยากรบรรยายเรื่อง “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่การพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน” ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ ๕ เมื่อวันที่ ๑๐ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย

กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์ ดร.สนิท อักษรแก้ว ราชบัณฑิต ได้รับเชิญเป็นวิทยากรในการประชุมชี้แจงกรอบการวิจัยและนวัตกรรมของสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๗ เมื่อวันที่ ๒๔ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ ห้องประชุมจอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์ ชั้น ๒ อาคาร วช. ๑ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และ

ระบบออนไลน์ และได้รับเชิญกล่าวเปิดการประชุม International conference on environment, climate change and energy for future challenges: Best practice and innovation for conservation and restoration ผ่านระบบออนไลน์ เมื่อวันที่ ๒๖ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖ และได้รับเชิญเป็นวิทยากรบรรยายเรื่อง “การวิจัยและนวัตกรรมขับเคลื่อน BCG เพื่อเศรษฐกิจฐานราก” ในการประชุมวิชาการ Biodiversity Bioeconomy เมื่อวันที่ ๑๒ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ ห้องออดิทอเรียม โรงแรมเซ็นทรา บายเซ็นทารา ศูนย์ราชการและคอนเวนชันเซ็นเตอร์ แจ้งวัฒนะ กรุงเทพฯ

- ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ราชบัณฑิต ได้รับแต่งตั้งเป็นรองประธานคณะกรรมการจัดงาน Thailand International Chemical Engineering and Chemical Technology Asia 2023 (TNChE Asia 2023) ครั้งที่ ๒ ณ Pattaya Exhibition and Convention Hall (PEACH) โรงแรมรอยัล คลิฟ พัทยา จังหวัดชลบุรี ซึ่งจัดโดยสมาคมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย, บริษัทพีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน), บริษัทเอสซีจี เคมิคอลส์ จำกัด (มหาชน) และบริษัทเอ็กซ์โปซิส จำกัด ในวันที่ ๒๐–๒๓ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖ มีผู้เข้าร่วมประชุม ๒,๒๐๐ คน จาก ๑๕๕ บริษัทและองค์กรทั่วโลก รวมถึงพันธมิตรการจัดงาน ๑๒ ราย ผู้จัดนิทรรศการ ๓๓ ราย และสปอนเซอร์ ๑๙ ราย และได้รับแต่งตั้งเป็นประธานคณะกรรมการจัดการประชุม Decarbonization of Process Industry and Next-Generation Materials for Sustainability เมื่อวันที่ ๒๐–๒๑ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ Pattaya Exhibition and Convention Hall (PEACH) โรงแรมรอยัล คลิฟ พัทยา จังหวัดชลบุรี

- ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ ราชบัณฑิต ได้รับเชิญเป็นวิทยากร (Keynote Speaker) ในการประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์เยาวชนกลุ่มประเทศอาเซียน ครั้งที่ ๙ เมื่อวันที่ ๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ จังหวัดปทุมธานี

- ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.วรศักดิ์ กนกนุกุลชัย ราชบัณฑิต เขียนบทความเรื่อง “พิมพ์เขียวพัฒนา AI แห่งชาติ ของไทยมีไหม?” ลงในเว็บไซต์สำนักข่าวอิศรา เมื่อวันที่ ๑๖ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์ นพ.ก้องเกียรติ กูณฑ์กันทรากร ราชบัณฑิต ได้รับแต่งตั้งเป็น กรรมการพิจารณาตำแหน่งทางวิชาการ มหาวิทยาลัยบูรพา ตั้งแต่วันที่ ๒๒ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖ ถึงวันที่ ๒๑ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๙

- ศาสตราจารย์ ดร.อรัญ อินเจริญศักดิ์ ภาคีสมาชิก ได้รับเชิญเป็น Guest Editor วารสาร Frontiers in Bioengineering and Biotechnology ในหัวข้อ “Methods in Industrial Biotechnology and Bioprocess Engineering–Microalgae as a Source of Valuable Compounds.” และวารสาร Frontiers in Plant Science ในหัวข้อ “Redox Control of Plant Metabolism and Biofuel Production” สำนักพิมพ์ Frontiers, Switzerland ประจำปี ๒๐๒๓

- ศาสตราจารย์ ดร.สุภา หารหนองบัว ภาคีสมาชิก ได้รับเชิญให้เป็นวิทยากร เรื่อง Development and optimization of computer-aided molecular design strategies for the design of anti-viral and anti-malarial drugs ในการประชุมวิชาการนานาชาติ Asiachem–19th Asian Chemical Congress and

the 21st General Assembly of the Federation of Asian Chemical Societies ระหว่างวันที่ ๘-๑๔ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ เมืองอิสตันบูล สาธารณรัฐตุรกี

- ศาสตราจารย์ ดร. นพ.ณัฐชัย ศรีสวัสดิ์ ภาคีสมาชิก ได้รับเชิญเป็นตัวแทนของแพทย์โรคไตในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ของสมาคมโรคไตนานาชาติ (International Society of Nephrology) มีกำหนดวาระ ๒ ปี พ.ศ. ๒๕๖๖–๒๕๖๘

- ศาสตราจารย์ นพ.สัญญา สุขพณิชนันท์ ภาคีสมาชิก

- จัดประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง Interhospital Hematopathology Conference เมื่อวันจันทร์ที่ ๑๙ มิถุนายน ๒๕๖๖ ณ ห้องสอนแสดง ๒๑๒ ตึกอดุลยเดชวิกรม ชั้น ๒ ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้เข้าร่วมการประชุมได้แลกเปลี่ยนและเพิ่มพูนความรู้ในสาขาวิชาโลหิตพยาธิวิทยา (Hematopathology)

- ได้ให้การฝึกอบรมวิชาโลหิตพยาธิวิทยาให้แก่ Dr. Shau-Kong Lai จาก University Putra Malaysia ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง สาขาโลหิตพยาธิ ของภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นระยะเวลา ๑ ปี โดย Dr. Lai ได้เข้ารับประกาศนียบัตรจากคณบดี คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อวันที่ ๒๖ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖ และ Dr. Lai จะกลับไปทำหน้าที่อาจารย์นักวิจัยที่ University Putra Malaysia ต่อไป

- ศาสตราจารย์ นพ.รุ่งโรจน์ พิทยศิริ ภาคีสมาชิก ได้รับเชิญจากวารสารทางการแพทย์ Clinical Parkinsonism and Related Disorders ของสำนักพิมพ์ Elsevier ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ ให้เป็นบรรณาธิการวารสารฉบับพิเศษในหัวข้อ Frontiers in Movement Disorders Therapeutics: From Evidence to Treatment and Applications ตั้งแต่วันที่ ๒๐ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๖

สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

- ศาสตราจารย์ ดร.สนิท อักษรแก้ว ราชบัณฑิต ได้รับเชิญเป็นวิทยากรในการบรรยายพิเศษ เรื่อง เทคโนโลยีและนวัตกรรมสร้างสรรค์สู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ ๓ และนานาชาติ ครั้งที่ ๑ (The 3rd National and The 1st International MJU-Phrae Conference) ภายใต้หัวข้อ “เทคโนโลยีและนวัตกรรมสร้างสรรค์สู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs)” (Creative Technology and Innovation for SDGs) เมื่อวันที่ ๒๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่

- ศาสตราจารย์ ดร.อรัญ อินเจริญศักดิ์ ภาคีสมาชิก ได้รับแต่งตั้งเป็นคณะกรรมการดำเนินการจัดการประชุมระดับนานาชาติ The 30th Federation of Asian and Oceanian Biochemists and Molecular Biologists (FAOBMB) Conference ซึ่งจะจัดขึ้นในวันที่ ๒๒-๒๕ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๖ ณ โรงแรมเซ็นทาราแกรนด์ กรุงเทพฯ

- ศาสตราจารย์ นพ.รุ่งโรจน์ พิทยศิริ ภาคีสมาชิก ได้รับเชิญจากสมาคมแพทย์นานาชาติทางด้านโรคพาร์กินสัน และกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ (International Parkinson and Movement Disorder Society) ให้เป็นประธานร่วมในคณะกรรมการพิจารณารางวัลสมาชิกหรือแพทย์ดีเด่นที่ทำคุณประโยชน์ให้แก่วงการทางด้านประสาทวิทยาของการเคลื่อนไหวผิดปกติ (Vice Chair of the Award Committee)

- ศาสตราจารย์ นพ.มานพ พิทักษ์ภากร ภาคีสมาชิก ได้รับเชิญเป็นวิทยากรผู้บรรยายเรื่อง Curating Clinical Genome และเป็นประธานดำเนินการประชุมช่วง Genomic Standards for Precision Medicine ในการประชุมวิชาการนานาชาติ The 23rd Genomic Standards Consortium Annual Meeting เมื่อวันที่ ๗–๑๑ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ จัดโดยมหาวิทยาลัยมหิดลและสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ร่วมกับ Genomic Standards Consortium

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

Bulletin of the Academy of Science
The Royal Society of Thailand

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา จัดทำโดยสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา เพื่อเป็นสื่อกลางในการให้ข้อมูลและความรู้กับผู้อ่านที่เป็นประชาชนทั่วไปที่สนใจการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี แพทยศาสตร์ และทันตกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ และเกษตรศาสตร์ อันเป็นพื้นฐานองค์ความรู้และการพัฒนาการด้านการผลิตที่เปลี่ยนแปลงโลก ทั้งนี้เน้นการนำเสนอเนื้อหาแบบไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย และทันเหตุการณ์ ในรูปแบบบทความปริทัศน์ฉบับย่อ จุลสารฯ ไม่ตีพิมพ์บทความวิจัย และไม่รับบทความจากบุคคลภายนอกราชบัณฑิตยสภา

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา จัดพิมพ์ในรูปแบบดิจิทัล และปรากฏบนเว็บไซต์ https://science.royalsociety.go.th จุลสารฯ มีกำหนดออกปีละ ๔ ฉบับ ในเดือนมีนาคม มิถุนายน กันยายน และธันวาคม ผู้อ่านสามารถอ่านจุลสารฯ ได้โดยไม่ต้องสมัครเป็นสมาชิก แต่ขอให้ผู้อ่านลงทะเบียนโดยไม่มีค่าใช้จ่ายผ่าน QR code ของจุลสารฯ ผู้อ่านสามารถนำเนื้อหาในบทความที่ตีพิมพ์ในจุลสารฯ ไปอ้างอิงได้ตามหลักสากลนิยมทางวิชาการ

ราชบัณฑิตยสภา
The Royal Society of Thailand
สนามเสือป่า เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ๑๐๓๐๐
โทร. ๐ ๒๓๕๖ ๐๔๖๖–๗๐
https://science.royalsociety.go.th

บทความในจุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา เป็นข้อมูลและความคิดเห็นที่เป็นอิสระของผู้เขียน
ราชบัณฑิตยสภาไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

ISSN 2774-1338
9 772774 133802