ISSN 2774-1338 (Online)

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

Bulletin of the Academy of Science
The Royal Society of Thailand

ปีที่ ๓ ฉบับที่ ๓
(กรกฎาคม–กันยายน ๒๕๖๗)

สารบัญ

บรรณาธิการประจำฉบับแถลง ก
สวัสดิ์ ตันตระรัตน์ สมชาย วงศ์วิเศษ

เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน ๑
ประวรรธน์ สุขพูล อลิศรา เรืองแสง

ปะการังฟอกขาวและโลกร้อน ๘
อุทัยรัตน์ ณ นคร ธรณ์ ธำรงนาวาสวัสดิ์

เห็ดเป็นยา ๑๓
จุฑามาศ มอนไข่ สายสมร ลำยอง

ความก้าวหน้าด้านโฟโตเคมีระดับโมเลกุลสู่เทคโนโลยีแห่งอนาคต ๒๐
สุภา หารหนองบัว

ลูกหม่อนกับการพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพและเสริมอาหาร ๒๖
รุ่งนภา แย้มเดช พรอนงค์ อร่ามวิทย์

ประเทศไทย พ.ศ. ๒๕๖๘-๒๕๗๗: ฉากทัศน์การเปลี่ยนผ่านสู่ยุค AGI ๓๑
วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

ISSN 2774-1338 (Online)

Bulletin of the Academy of Science
The Royal Society of Thailand

ปีที่ ๓ ฉบับที่ ๓
๒๕๖๗

ที่ปรึกษา

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

บรรณาธิการประจำฉบับ

ศาสตราจารย์ ดร.สวัสดิ์ ตันตระรัตน์	ราชบัณฑิต
ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ	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 กุณฑ์กันทรากร	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
นางสาวพจมาน เชยเดช	นักวรรณศิลป์ชำนาญการ	ผู้ประสานงานสำนักวิทยาศาสตร์
นางสาวกมลชนก ถวาย	นักวรรณศิลป์ปฏิบัติการ	ผู้ประสานงานสำนักวิทยาศาสตร์

บรรณาธิการประจำฉบับแถลง

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นปีที่ ๓ ฉบับที่ ๓ ประกอบด้วยบทความวิชาการสั้น ๆ จำนวน ๖ บทความ จากประเภทวิชาต่าง ๆ ในสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ได้แก่ ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์ จำนวน ๒ บทความ ประเภทวิชาเทคโนโลยี ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ และประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ประเภทวิชาละ ๑ บทความ

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.มงคล เดชนครินทร์ ที่ช่วยตรวจการเขียนตามหลักภาษาไทย และขอขอบคุณผู้เขียนทุกท่านที่ได้ช่วยกันส่งบทความมาลงในจุลสารฉบับนี้

ศาสตราจารย์ ดร.สวัสดิ์ ตันตระรัตน์
ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ
ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
บรรณาธิการประจำฉบับ

เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture, Utilization and Storage: CCUS)

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

[๑] สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น, prawat.s@kkumail.com

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

บทนำ

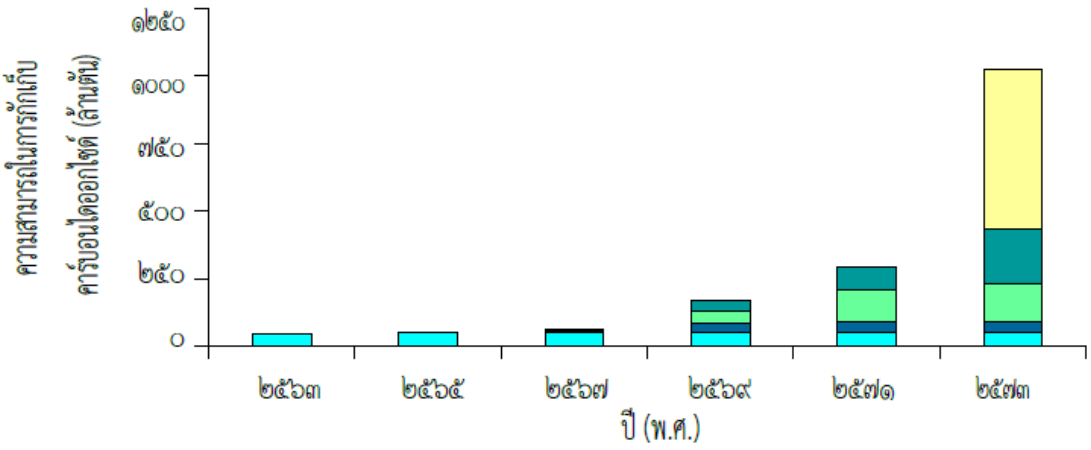
ภายหลังการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UN Climate Change Conference of the Parties) สมัยที่ ๒๖ พ.ศ. ๒๕๖๔ นานาประเทศ รวมถึงประเทศไทยได้วางเป้าหมายด้านสภาพภูมิอากาศ และการส่งเสริมการลงทุนกิจกรรมที่ลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก (Greenhouse gases; GHGs) มากขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม (UNFCCC, 2021) เช่น การลงทุนในโครงการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านพลังงานสะอาด การเรียกเก็บภาษีจากผู้ประกอบการหรือองค์กรที่ปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (Carbon tax) และการกำหนดเพดานการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน (EPA, 2024; NCCS, 2024) อย่างไรก็ตาม กระบวนการลดคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศยังจำเป็นต้องมีอยู่ เพราะไม่เพียงจะเป็นการลดแก๊สเรือนกระจก แต่ยังช่วยในการเปลี่ยนผ่านสู่ยุคพลังงานสะอาดในอนาคตด้วย

รายงานขององค์การพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency; IEA) แสดงให้เห็นว่า เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (Carbon capture, utilization, and storage, CCUS) ถือเป็นกลุ่มเทคโนโลยีที่ดีที่สุดสำหรับการลดคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่ นอกจากนี้ ในภาวะที่เป้าหมายด้านสภาพภูมิอากาศและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของแต่ละประเทศเข้มงวดขึ้น การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจึงเป็นเรื่องที่เลี่ยงไม่ได้ (IEA, 2024)

เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน

เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน เป็นเทคโนโลยีการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่อุตสาหกรรมที่ลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ยาก (Hard-to-abate sector) โดยเฉพาะอุตสาหกรรมหนัก เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก เคมีภัณฑ์ ซีเมนต์ และโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีจุดประสงค์เพื่อบีบอัดคาร์บอนไดออกไซด์และขนส่งทางท่อ รถราง เรือ หรือรถบรรทุก แล้วนำคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น การผลิตน้ำมันเพิ่ม (Enhanced oil recovery) การผลิตเครื่องดื่มที่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ และการผลิตสารเคมี อย่างไรก็ตาม หากไม่มีการใช้ประโยชน์ คาร์บอนไดออกไซด์ที่

ดักจับได้จะถูกนำไปเก็บอย่างถาวรภายในชั้นหินใต้ดินหรือใต้ทะเล (IEA, 2024) ปัจจุบันมีโครงการที่นำเทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน ไปใช้จริงในเชิงพาณิชย์อยู่ ๔๕ โครงการ ซึ่งมีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า ๕๐ ล้านตันต่อปี และอีกกว่า ๗๐๐ โครงการอยู่ระหว่างการพัฒนา โดยคาดการณ์ว่าภายใน พ.ศ. ๒๕๗๓ โลกจะสามารถกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ได้รวมทั้งหมด ๔๓๕ ล้านตันต่อปี ซึ่งคิดเป็นเพียง ๔๐ เปอร์เซ็นต์ของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องการกักเก็บเพื่อบรรลุเป้าหมายการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net zero emission) (IEA, 2024) ดังแสดงในรูปที่ ๑



รูปที่ ๑. ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ของโครงการขนาดใหญ่นับจาก พ.ศ. ๒๕๖๓ ถึง พ.ศ. ๒๕๗๓ เพื่อเป้าหมายการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ [ดัดแปลงจาก IEA (2024)]

การดักจับและการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์

กระบวนการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์คือกระบวนการดึงคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากแก๊ส เพื่อนำไปกักเก็บหรือใช้ประโยชน์ มี ๓ กระบวนการหลัก ได้แก่

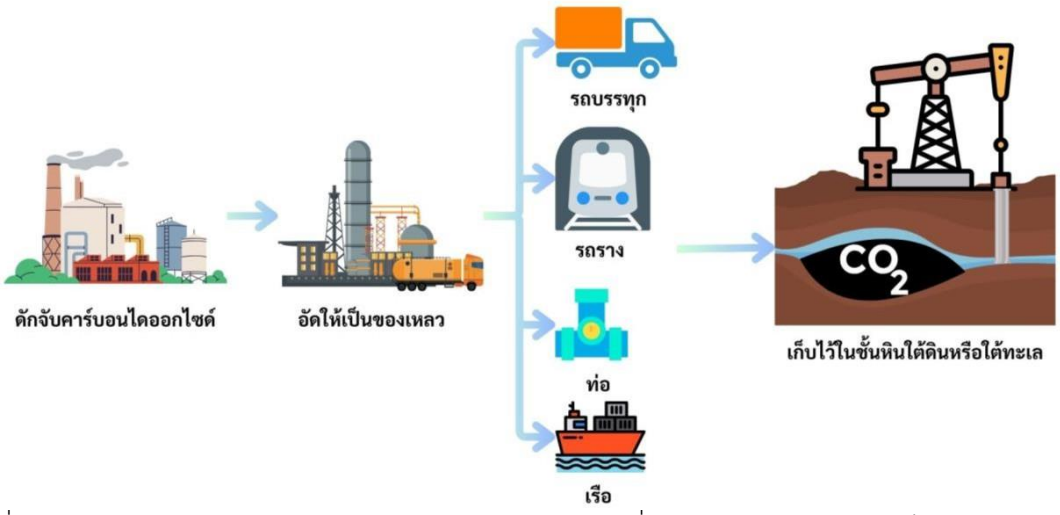
๑. กระบวนการก่อนการเผาไหม้ (Pre-combustion process) คือการเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของแข็ง เช่น ถ่านหิน ชีวมวล ภายใต้อุณหภูมิและแรงดันสูงร่วมกับการใช้ไอน้ำให้อยู่ในรูปของซินแก๊ส (Syngas) ซึ่งประกอบด้วยแก๊สผสมของไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ก่อนแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากไฮโดรเจนด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การดูดซึมทางเคมี และการแยกด้วยเมมเบรน เพื่อนำไปกักเก็บหรือใช้

ประโยชน์ (Hua et al., 2023) ไฮโดรเจนที่ได้จะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิง จากนั้นซินแก๊สจะถูกทำให้บริสุทธิ์และปราศจากคาร์บอน (Decarbonized fuel) เพื่อการผลิตพลังงานสะอาด

๒. กระบวนการหลังการเผาไหม้ (Post-combustion process) เป็นกระบวนการที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากแก๊สหลังการเผาไหม้ โดยการดูดซึมด้วยสารเคมี (Chemical absorption) (Hua et al., 2023) โดยทั่วไปนิยมใช้สารละลายเอมีน (Aqueous amine solution) ที่สามารถเลือกจับอย่างจำเพาะกับคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อลดความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม สารละลายเอมีนสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้หลังกระบวนการดึงคาร์บอนไดออกไซด์ออกด้วยไอน้ำ (Stripping) (Chai et al., 2023)

๓. กระบวนการเผาไหม้โดยใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียว (Oxyfuel combustion process) เป็นการใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์เพื่อเผาไหม้เชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว แทนการใช้ออกซิเจนในอากาศ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดแก๊สที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนที่มาจากอากาศ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของมลพิษทางอากาศ เช่น หมอกพิษ (Smog) หรือฝนกรด ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ประกอบด้วยไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ (Chai et al., 2023; Hua et al., 2023) เนื่องจาก คาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากกระบวนการนี้มีความเข้มข้นสูง ส่งผลให้การแยกคาร์บอนไดออกไซด์ ไปกักเก็บหรือใช้ประโยชน์นั้นทำได้ง่ายกว่าเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่น ๆ

คาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จะถูกบีบอัด (Compress) ให้อยู่ในรูปของเหลวและขนส่งโดยผ่านทางท่อ เรือ รถราง หรือรถบรรทุก (Golrokh Sani et al., 2022) (รูปที่ ๒) การขนส่งทางท่อจะเป็นวิธีที่คุ้มทุนมากที่สุด เนื่องจากสามารถใช้ท่อสำหรับส่งแก๊สเดิมที่มีอยู่แล้ว โดยดัดแปลงเพียงเล็กน้อยได้ อย่างไรก็ตาม จากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยรถบรรทุกนั้นจะคุ้มทุนมากกว่า เมื่ออัตราการขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า ๑๐๐,๐๐๐ ตันต่อปี (Golrokh Sani et al., 2022) และคาร์บอนไดออกไซด์เหลวเหล่านี้จะถูกเก็บในพื้นที่ที่มีลักษณะทางธรณีสัณฐานที่เหมาะสมอย่างถาวร ทั้งนี้ วิธีการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ที่ยอมรับกันในปัจจุบันคือการฉีดคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปในชั้นเกลือใต้ดิน (Saline aquifer) และในแหล่งน้ำมันหรือแหล่งแก๊สใต้ดินหรือใต้ทะเลที่หยุดดำเนินการแล้ว (Depleted oil and gas reservoirs) เนื่องจากมีความจุมากและมีเครื่องมือพร้อม (IEA, 2024) ตัวอย่างแหล่งกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดใหญ่ เช่น โครงการ Humble Zero ของสหราชอาณาจักร สามารถกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ลึกลงไปในชั้นหินเกลือใต้ทะเลถึง ๑.๖ กิโลเมตร โดยตั้งเป้าว่าจะสามารถกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ๓.๓ ล้านตันต่อปีใน พ.ศ. ๒๕๗๑ และโครงการ Ravenna CCS ของสหภาพยุโรป ซึ่งมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ลึกลงไปในหลุมแก๊สที่หยุดดำเนินการแล้วใต้ทะเลลึก ๒.๕ กิโลเมตร และจะเริ่มดำเนินการใน พ.ศ. ๒๕๗๓ โดยคาดว่าจะสามารถกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ได้กว่า ๑๖ ล้านตันต่อปี

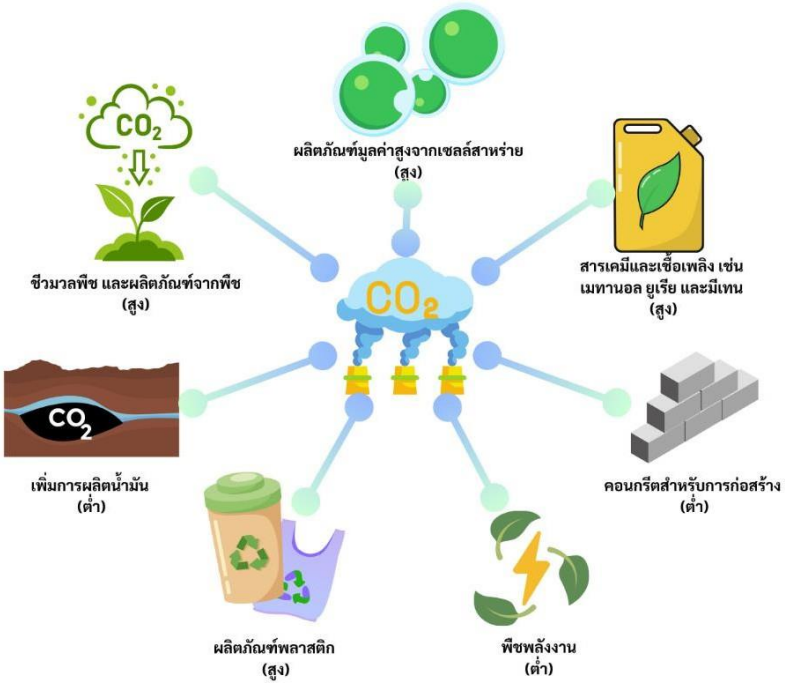


รูปที่ ๒. แผนภาพอย่างง่ายของการขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดักจับได้ไปยังแหล่งกักเก็บถาวรใต้ดิน

รัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้ดำเนินการแก้ไขนโยบายการอุดหนุนการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์แบบก้าวหน้า (Progressive subsidy) เพื่อสร้างแรงจูงใจให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์และการกักเก็บคาร์บอน เพื่อไปสู่เป้าหมายการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ โดยเพิ่มเงินอุดหนุนให้โครงการที่กักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นหินใต้ดินและใต้ทะเลจาก ๒๕.๗๐ เหรียญสหรัฐใน พ.ศ. ๒๕๗๑ เป็น ๕๐.๐๐ เหรียญสหรัฐใน พ.ศ. ๒๕๗๙ และเพิ่มเงินอุดหนุนโครงการที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (Carbon dioxide utilization) จาก ๑๕.๒๙ เหรียญสหรัฐใน พ.ศ. ๒๕๗๑ เป็น ๓๕.๐๐ เหรียญสหรัฐใน พ.ศ. ๒๕๗๙ (IEA, 2024)

การใช้ประโยชน์จากคาร์บอนไดออกไซด์

เนื่องจากเทคโนโลยีการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ต้องการใช้พลังงานและต้นทุนสูงมาก ในกระบวนการดักจับ ระบบการขนส่ง และการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ที่ซับซ้อน การนำคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดักจับได้ไปใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ควบคู่ไปกับการกักเก็บอย่างถาวร จึงทำให้เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน มีประสิทธิภาพ คุ้มทุน และสำคัญแก่การบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutralization) รูปที่ ๓ แสดงผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ได้จากการแปลงผันคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวิธีทางเคมีและชีวภาพ (Chemical and biological conversion)



รูปที่ ๓. ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บได้ และโอกาสที่คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกปล่อยสู่บรรยากาศอีกครั้ง

การผลิตคอนกรีตสำหรับการก่อสร้างมีศักยภาพการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ ๐.๑–๑.๔ กิกะตันต่อปี ถือเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คิดเป็น ๓.๘ เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่ปล่อยต่อปี นอกจากนี้ Hepburn et al., (2019) คาดการณ์ว่า ใน พ.ศ. ๒๕๙๓ ศักยภาพการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อผลิตสารเคมีและพอลิเมอร์จะเพิ่มขึ้นไปถึง ๐.๓–๐.๖ กิกะตันต่อปี และ ๑๐–๕๐ ล้านตันต่อปี ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์เหล่านี้ยังถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งหมด ปัจจุบันจึงมีการศึกษาหาวิธีใหม่ ๆ ในการใช้ประโยชน์จากคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การผลิตเซลล์สาหร่ายขนาดเล็กที่สามารถเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงและมีศักยภาพในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าพืชทั่วไป (ที่ ๑๐ เปอร์เซ็นต์ เทียบกับพืชชนิดอื่น ๆ ที่ ๑–๔ เปอร์เซ็นต์) การปลูกพืชพลังงานที่ทั้งสามารถลดคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศและสามารถเปลี่ยนชีวมวลเป็นกระแสไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงได้ ซึ่งจะสามารถผลิตพลังงานทดแทนได้ถึง ๑๐๐–๓๐๐ เอกซะจูล (๑×๑๐^{๑๘} Joule) ต่อปี (Hepburn et al., 2019)

บทสรุป

ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในปัจจุบัน ความพยายามลดผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมของมนุษย์อาจไม่เพียงพอ จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน ที่มีศักยภาพในการลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณมหาศาลสู่ชั้นบรรยากาศเป็นเรื่องที่สนใจกันมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมา หัวใจของเทคโนโลยีนี้คือการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์จากแก๊สเสียในอุตสาหกรรม โดยอาศัยวัสดุพิเศษหรือตัวทำละลายทางเคมีที่มีความจำเพาะ และนำไปเก็บอย่างถาวรในชั้นหินใต้ดินหรือใต้ทะเล แม้ว่าเทคโนโลยีจะมีข้อจำกัด คือ ต้นทุนสูง ทำให้เทคโนโลยีพัฒนาได้อย่างล่าช้าในช่วงหลายปีที่ผ่านมา อย่างไรก็ตาม การนำคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บได้ไปใช้ประโยชน์เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง จะช่วยให้เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน คุ้มทุนมากขึ้นในอนาคต นอกจากนี้ การสนับสนุนเชิงนโยบายและการสร้างแรงจูงใจในการลงทุนนั้นจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมจากรัฐบาลและองค์กรต่าง ๆ เพื่อขับเคลื่อนเทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน ให้เป็นเทคโนโลยีหลักเพื่อเป้าหมายการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเป็นศูนย์ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Ravenna CCS. (n.d.). [accessed 2024 August 15]; https://ravennaccs.com/en-IT/home

Chai, Y. H., Rashidi, N. A., Mohamed, M., Chin, B. L. F., & Yusup, S. (2023). Basic principles of CO2 capture and conversion technologies. Nanomaterials for Carbon Dioxide Capture and Conversion Technologies, 25–61. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89851-5.00006-8

EPA. (2024). Final Rule - Legacy Coal Combustion Residuals Surface Impoundments and CCR Management Units | US EPA. https://www.epa.gov/coalash/final-rule-legacy-coal-combustion-residuals-surface-impoundments-and-ccr-management-units

Golrokh Sani, A., Najafi, H., & Azimi, S. S. (2022). Dynamic thermal modeling of the refrigerated liquified CO2 tanker in carbon capture, utilization, and storage chain: A truck transport case study. Applied Energy, 326, 119990. https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2022.119990

Hepburn, C., Adlen, E., Beddington, J., Carter, E. A., Fuss, S., Mac Dowell, N., Minx, J. C., Smith, P., & Williams, C. K. (2019). The technological and economic prospects for CO2 utilization and removal. Nature 575, 7781, 87–97. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1681-6

Hua, W., Sha, Y., Zhang, X., & Cao, H. (2023). Research progress of carbon capture and storage (CCS) technology based on the shipping industry. Ocean Engineering, 281, 114929. https://doi.org/10.1016/J.OCEANENG.2023.114929

Humber Zero. (n.d.). [accessed 2024 August 15]; https://humberzero.co.uk/ IEA. (2024). Carbon Capture, Utilisation and Storage. [accessed 2024 August 15]; https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage

NCCS. (2024). Singapores climate change action. [accessed 2024 August 15]; https://www.nccs.gov.sg/singapores-climate-action/mitigation-efforts/carbontax/

UNFCCC. (2021). The Glasgow Climate Pact. [accessed 2024 May 15]; https://unfccc.int/process- and-meetings/the-paris-agreement/the-glasgow-climate-pact-key- outcomes-from-cop26

ปะการังฟอกขาวและโลกร้อน

อุทัยรัตน์ ณ นคร[๑,๒], ธรณ์ ธำรงนาวาสวัสดิ์[๓]

[๑] ภาคีสมาชิก สาขาการประมง ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ffisurn@ku.ac.th

[๒] ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[๓] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

ระบบนิเวศปะการังสามารถพบได้ทั่วโลก ในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนกึ่งอบอุ่น (ระหว่างเส้นรุ้งที่ ๓๐ องศาเหนือ และ ๓๐ องศาใต้) แต่ก็มีปะการังบางชนิดอาศัยในทะเลเขตหนาว แม้ปะการังจะพบได้ในพื้นที่เพียงร้อยละ ๒ ของท้องทะเล แต่มันก็เป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในทะเลอย่างน้อยร้อยละ ๒๕ นอกจากนั้นปะการังยังเป็นตัวช่วยในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง และมีความสำคัญต่อมนุษย์เพราะเป็นทั้งแหล่งอาหารและแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ ปัจจุบันแนวปะการังกำลังเผชิญกับภัยคุกคามอย่างรุนแรงจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและภัยจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การพัฒนาพื้นที่ชายฝั่ง ธาตุอาหารและตะกอนจากเกษตรกรรม ภาวะมลพิษทางทะเล การประมงแบบทำลายล้าง การประมงที่เกินกำลังผลิต และอื่น ๆ

ข้อมูลเชิงชีววิทยาของปะการัง

ปะการังเป็นสัตว์ขนาดเล็กจำพวกเดียวกับดอกไม้ทะเล (sea anemone) มีหน่วยของชีวิตที่เล็กที่สุดเรียกว่า ‘โพลีป’ (polyp) รูปร่างทรงกระบอก มีหนวดขนาดเล็ก (tentacles) หลายเส้นไว้จับอาหาร โพลีปจะอาศัยรวมกันเป็นโคโลนี (colony) ซึ่งอาจสร้างโครงสร้างแข็งที่ทำด้วยแคลเซียมเกิดเป็นรูปร่างต่าง ๆ เรียกว่า **ปะการังแข็ง** (stony corals หรือ hard corals) (ภาพที่ ๑) เช่น ปะการังเขากวาง (*Acropora intermedia, A. grandis*) ปะการังเขากวางแบบโต๊ะ (*Acropora hyacinthus, A. cytherea*) ปะการังสมองร่องยาว (*Platygyra daedalea*) ปะการังบางชนิดไม่สร้างโครงแข็ง จึงได้ชื่อเรียกว่า**ปะการังอ่อน** เช่น กลุ่มปะการังหนัง (leather corals, *Sarcophyton* spp.) กลุ่มปะการังเห็ด (mushroom corals, *Actinodiscus* spp.)

ภาพที่ ๑ ปะการังแข็งชนิดต่าง ๆ (ภาพโดย ผศ. ดร.ธรณ์ ธำรงนาวาสวัสดิ์)

ปะการังแทบทุกชนิดดำรงชีวิตในภาวะพึ่งพิงซึ่งกันและกัน (symbiosis) กับสาหร่ายเซลล์เดียวกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (dinoflagellate) ในวงศ์ Symbiodiniaceae ที่เรียกว่า ซูแซนเทลลี (zooxanthellae) ซูแซนเทลลีซึ่งอาศัยอยู่ภายในเนื้อเยื่อของปะการัง (ภาพที่ ๒) จะสังเคราะห์แสงสร้างอาหารให้แก่ปะการัง และใช้ของเสียที่ปะการังปล่อยออกมาเพื่อการสังเคราะห์แสง ส่วนปะการังจะให้ที่พักพิงและสารอาหารจากของเสียที่ขับถ่ายออกมาแก่สาหร่าย สาหร่ายซูแซนเทลลีนี่เองที่ทำให้ปะการังมีสีต่าง ๆ เมื่อปะการังสูญเสียสาหร่ายเหล่านี้ก็จะทำให้มีสีซีด เกิดปรากฏการณ์ ‘ปะการังฟอกขาว’ ปะการังอาจได้รับสาหร่ายซูแซนเทลลีจากพ่อแม่ และปะการังเองจะปล่อยสารเคมีเหนี่ยวนำให้ซูแซนเทลลีเข้ามาอาศัย

ภาพที่ ๒ โพลีปของปะการัง แสดงให้เห็นสาหร่ายซูแซนเทลลี (zooxanthellae) (จุดสีน้ำตาล) ที่อาศัยภายในเนื้อเยื่อของปะการัง (ภาพจาก https://ngthai.com/science/26012/coral-bleaching/)

สาเหตุของการเกิดปะการังฟอกขาว

การฟอกขาวของปะการัง (เกิดในดอกไม้ทะเลเช่นเดียวกัน) เกิดจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น การได้รับความร้อน (อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ๑ – ๒ องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา ๒ – ๓ สัปดาห์ หรือ ๓ – ๔ องศาเซลเซียสในระยะ ๒ – ๓ วัน) การได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์มากเกินไป หรือผลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสองนี้ ปัจจัยเหล่านี้ทำให้ปะการังสร้าง Reactive Oxygen Species (ROS, อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายเนื่องจากมีมูลเหตุจากออกซิเจน) ในปริมาณที่สูงกว่าปกติ มีผลไปทำลายเนื้อเยื่อและดีเอ็นเอ (DNA) อีกทั้งยังทำให้โปรตีนเสียสภาพ

ไป ทั้งในตัวปะการังเองและในสาหร่ายซูแซนเทลลี นอกจากนั้น ความร้อนและรังสียังขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์แสงของซูแซนเทลลี ในที่สุดปะการังก็จะกำจัดซูแซนเทลลีออกจากโพลีป ทำให้ปะการังมีสีซีดลงและกลายเป็นสีขาวในที่สุด

นอกจากปัจจัยทั้งสองที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว การที่น้ำทะเลเป็นกรด ซึ่งเป็นผลจากการที่คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลมีมากเกินไป ก็มีผลให้เกิดการฟอกขาว พร้อมกันนั้นก็ลดการเจริญเติบโตของปะการังด้วย นอกจากนั้นยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลให้เกิดการฟอกขาว เช่น การทับถมของตะกอน ภาวะมลพิษต่าง ๆ

สถานภาพของการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว

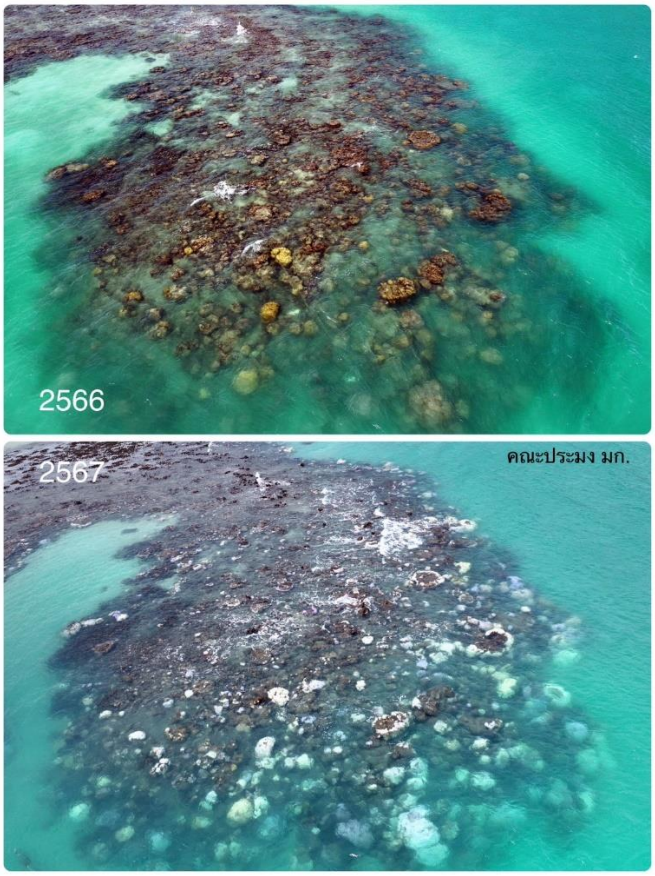
ปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวอย่างรุนแรงทั่วโลกเคยเกิดมาแล้ว ๓ ครั้ง ครั้งแรกใน พ.ศ. ๒๕๔๑ ครั้งที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๕๓ และครั้งที่ ๓ ระหว่าง พ.ศ. ๒๕๕๗ – ๒๕๖๐ ในปีนี้ (พ.ศ. ๒๕๖๗) เกิดการฟอกขาวรุนแรงทั่วโลกอีกครั้งหนึ่ง ทำให้องค์การบริหารมหาสมุทรและชั้นบรรยากาศแห่งชาติสหรัฐฯ (NOAA) และหน่วยงานความริเริ่มด้านแนวปะการังระหว่างประเทศ (ICRI) ประกาศภาวะ “ปะการังฟอกขาว” ครั้งใหญ่ในระดับโลกครั้งที่ ๔ เมื่อวันที่ ๑๕ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๗ ที่ผ่านมา

การฟอกขาวเกิดมากน้อยต่างกันตามชนิดของปะการังที่ขึ้นครอบคลุมพื้นที่นั้น ๆ โดยที่ปะการังเขากวางเป็นกลุ่มที่ไวต่อการฟอกขาวที่สุด สภาพแวดล้อมในพื้นที่แต่ละแห่งมีผลต่อการฟอกขาว แนวชายฝั่งที่น้ำเคลื่อนไหวมากจะเกิดการฟอกขาวน้อยกว่าบริเวณที่มวลน้ำเคลื่อนไหวน้อย เช่นเดียวกับบริเวณที่มีน้ำผุด (upwelling)

โดยปกติแนวปะการังที่เกิดการฟอกขาวสามารถฟื้นตัวได้ภายในระยะเวลาประมาณ ๑๐ ปี ยกเว้นเมื่อเกิดการฟอกขาวถี่หรือต่อเนื่องยาวนานเกินกว่าที่ปะการังจะฟื้นตัวทัน หรือเมื่อถูกซ้ำเติมด้วยปัจจัยคุกคามอื่น ๆ เช่นการเกิดตะกอน และมลพิษต่าง ๆ ระหว่าง พ.ศ. ๒๕๕๒ – ๒๕๖๑ ปะการังแข็งทั่วโลกตายไปประมาณร้อยละ ๑๔ สาเหตุจากการฟอกขาวที่เกิดซ้ำ ๆ เป็นวงกว้าง

ในประเทศไทยนั้น พ.ศ. ๒๕๕๓ เป็นปีที่พบแนวปะการังเสียหายมากที่สุดเป็นประวัติการณ์ เกิดจากการที่อุณภูมิน้ำทะเลสูงขึ้นจากปกติ (เพิ่มจาก ๒๙ องศาเซลเซียส เป็น ๓๐ องศาเซลเซียสในฤดูร้อน) ส่งผลให้เกิดภาวะปะการังฟอกขาวเป็นพื้นที่กว้าง ครอบคลุมทะเลทั้งฝั่งอันดามันและอ่าวไทย ในปีนี้ (พ.ศ. ๒๕๖๗) ก็เกิดการฟอกขาวรุนแรงเช่นเดียวกัน (ภาพที่ ๓) เนื่องจากมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนกำลังเผชิญกับปรากฏการณ์ El Niño-Southern Oscillation (ENSO) ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวของน้ำทะเลสูงกว่าค่าเฉลี่ย ข้อมูลจากกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง รายงานว่าในภาพรวมทั่วประเทศ ปะการังแต่ละแห่งฟอกขาวมากถึงร้อยละ ๓๐ – ๙๕ ปะการังเกือบทุกชนิดฟอกขาวหมด ยกเว้น ๓ – ๔ ชนิด เช่น ปะการังสีน้ำเงิน

(*Heliopora coerulea*) ปะการังลายดอกไม้ (*Pavona decussata*) และปะการังดาวใหญ่ (*Diploastrea heliopora*) และบางพื้นที่ก็พบปะการังที่แสดงลักษณะว่ากำลังฟื้นตัว



ภาพที่ ๓ ปะการังแข็งก่อนการฟอกขาว (พ.ศ. ๒๕๖๖) และหลังการฟอกขาว (พ.ศ. ๒๕๖๗) (ภาพโดย ผศ. ดร.ธรณ์ ธำรงนาวาสวัสดิ์)

แนวทางการแก้ไข

นักวิทยาศาสตร์พยายามหาหนทางแก้ไขด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การพรางแสง (shading) Coelho et al. (2017) รายงานว่าการพรางแสงร้อยละ ๕๐ และ ๗๕ สามารถลดการฟอกขาวของปะการังที่อยู่ในอุณหภูมิสูงได้ และการเจริญเติบโตของกลุ่มที่ได้รับการพรางแสงยังสูงกว่าพวกที่ไม่พรางแสงในสภาวะอุณหภูมิสูงด้วย แนวทางนี้ได้มีผู้นำไปใช้ในสภาพพื้นที่จริงและพบว่าได้ผลดีในระดับหนึ่ง (ภาพที่ ๔) นอกจากนั้น Biscéré et al. (2018) ได้ทดลองเติมแมงกานีส (Mn) ลงในบ่อเลี้ยงปะการังที่มีอุณหภูมิสูง เพราะแมงกานีสเป็นธาตุที่จำเป็นในการสังเคราะห์แสง และมีส่วนในปฏิกิริยาการออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ เขาได้พบว่ามีผลเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในสาหร่ายซูแซนเทลลี แต่ไม่มีผลต่อความหนาแน่นของสาหร่ายที่อยู่ภายในปะการัง เพิ่มการเจริญเติบโตของปะการัง และลดการฟอกขาวในภาพรวม ในการทดลองเดียวกันนั้นเขาได้ทดลองเพิ่มธาตุเหล็ก (Fe) แต่พบว่า นอกจากจะไม่เกิดผลดีกลับเป็นผลเสียด้วยซ้ำ และเนื่องจากการฟอกขาวเกี่ยวเนื่องกับการสร้าง ROS กลุ่มวิจัยโดย Dungan et al. (2022) จึงได้ทดลองเติมสาร

ต้านอนุมูลอิสระ (ascorbate + catalase หรือ mannitol) และพบว่าช่วยไม่ให้ดอกไม้ทะเลเกิดการฟอกขาวเมื่อเลี้ยงในน้ำทะเลอุณหภูมิสูง

ภาพที่ ๔ นักวิจัยจากคณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำลังพรางแสงให้แก่ปะการัง (ภาพโดย ผศ. ดร.ธรณ์ ธำรงนาวาสวัสดิ์)

ข้อสรุป

ปะการังฟอกขาวเป็นผลจากการกระทำของมนุษย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม ปะการังที่เกิดการฟอกขาวมีโอกาสฟื้นตัวได้ แม้ว่าแนวทางการบรรเทาโดยตรงยังห่างไกลจากการนำไปใช้ในสถาพการณ์จริง แต่เราก็สามารถช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้โดยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดกิจกรรมของมนุษย์ที่จะรบกวนปะการัง

เอกสารอ้างอิง

Biscéré T, Ferrier-Pagès C, Gilbert A, Pichler T, Houlbrèque F. Evidence for mitigation of coral bleaching by manganese. Sci Rep. 2018;8: 16789 | DOI:10.1038/s41598-018-34994-4

Coelho VR, Fenner D, Caruso C, Bayles BR, Huang Y, Birkeland C. Shading as a mitigation tool for coral bleaching in three common Indo-Pacific species. J Exp Mar Biol Ecol. 2017;497:152 – 163.

Dungan AM, Maire J, Perez-Gonzalez A, Blackall LL, van Oppen MJH. Lack of evidence for the oxidative stress theory of bleaching in the sea anemone, *Exaiptasia diaphana*, under elevated temperature. Coral Reefs 2022;41:1161–1172. https://doi.org/10.1007/s00338-022-02251-w

เห็ดเป็นยา

จุฑามาศ มอนไข่[๑], สายสมร ลำยอง [๑,๒]

[๑] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ๕๐๒๐๐

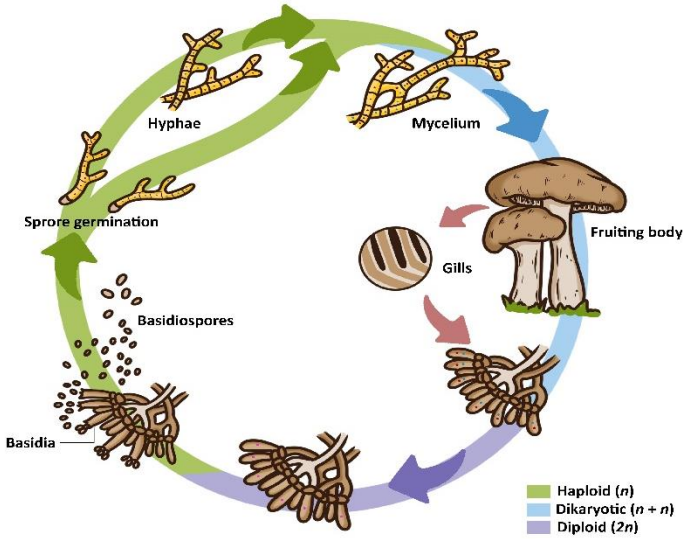
[๒] ภาคีสมาชิก สาขาทรัพยากรธรรมชาติ ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, saisamorn.l@cmu.ac.th

บทนำ

มนุษย์หลายเชื้อชาตินำเห็ดมาเป็นอาหารและยาตั้งแต่สมัยโบราณ เห็ดที่นิยมรับประทานทั่วโลกคือ เห็ดฝรั่งหรือเห็ดกระดุม (*Agaricus bisporus*) กลุ่มเห็ดนางรมหลายชนิด (*Plurotus* spp.) และเห็ดหอม (*Lentinula edodes)* เห็ดเหล่านี้เพาะเลี้ยงง่ายและมีคุณค่าทางโภชนาการ จึงมีความต้องการสูงในตลาดทุกปี (FAO, 2024) เห็ดเป็นอาหารสุขภาพเนื่องจากมีเส้นใยอาหารสูง แคลอรีและไขมันต่ำ มีโปรตีนสูง (๒๐-๓๐% ของน้ำหนักแห้ง) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดอะมิโนจำเป็น วิตามิน และแร่ธาตุหลายชนิด (Thatoi et al., 2014) เห็ดเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดต่าง ๆ (พอลิแซ็กคาไรด์ พอลิฟีนอล และสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ) เช่น ฤทธิ์ต้านจุลชีพ ต้านไวรัส สารต้านอนุมูลอิสระ ต้านมาลาเรีย ต้านการอักเสบ ต้านไขมันในเลือดสูง และต้านมะเร็ง (Hassan et al., 2016; Zhang et al., 2016) เห็ดที่รับประทานได้ส่วนใหญ่มีพอลิแซ็กคาไรด์หลายชนิดที่ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและทำหน้าที่เป็น "ยา เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน" การวิจัยที่ล้ำสมัยแสดงให้เห็นประโยชน์มากมายในด้านเภสัชวิทยาและการรักษา เช่น การต้านอนุมูลอิสระ ต้านการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง ต้านเนื้องอก ต้านเอชไอวี ต้านการอักเสบ ต้านการแข็งตัวของเลือด ลดความเมื่อยล้า และเป็นยาปฏิชีวนะ นอกจากนี้ยังช่วยรักษาภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อตับและความดันโลหิตต่ำ ช่วยปรับภูมิคุ้มกัน และลดคอเลสเตอรอลและไขมันในร่างกาย (Kozarski et al., 2015)

ชีววิทยาของเห็ด

เห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในอาณาจักรเห็ดรา (Kingdom of Fungi) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ไฟลัม ได้แก่ แอสโคไมโคตา (Ascomycota) และเบสิดิโอไมโคตา (Basidiomycota) ซึ่งมีวิธีการสร้างสปอร์แตกต่างกันในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เห็ดในกลุ่มเบสิดิโอไมโคตาส่วนใหญ่เป็นเห็ดกินได้และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น เห็ดกระดุม เห็ดหอม เห็ดหูหนู และเห็ดสกุลนางรม เป็นต้น วงจรชีวิตของเห็ดในธรรมชาติเริ่มจากดอกเห็ดที่เจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่งสร้างสปอร์แล้วปล่อยให้ปลิวไปในอากาศ เมื่อสปอร์พบภาวะที่เหมาะสมจึงงอกเป็นเส้นใย (hyphae) และเจริญเติบโตต่อไปเป็นกลุ่มเส้นใย (mycelium) จำนวนมากที่รวมตัวกันและพัฒนาเป็นโครงสร้างดอกเห็ด (fruiting body) ขนาดใหญ่ (ภาพที่ ๑)



ภาพที่ ๑ วงจรชีวิตของเห็ด (ดัดแปลงจาก Masongageaustin, 2024)

สรรพคุณทางยาของเห็ดในการรักษาโรค

โรคมะเร็ง : งานวิจัยจำนวนมากแสดงให้เห็นว่า เห็ดและพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากเห็ดมีบทบาทสำคัญในการป้องกันและรักษาโรคมะเร็ง จากการศึกษาและทดลองทางคลินิกพบว่า เห็ดกระดุม เห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) เห็ดไมตาเกะ (*Grifola frondosa*) เห็ดนางรมเทา (*Pleurotus cornucopiae*) เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus*) สามารถปรับภูมิคุ้มกันของร่างกาย โดยที่พอลิแซ็กคาไรด์บางชนิดในเห็ดช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโดยกำเนิดและออกฤทธิ์ต่อต้านเนื้องอก (Poucheret et al., 2006) ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งเมื่อใช้รักษาโรคมะเร็งร่วมกับเคมีบำบัด เห็ดกินได้ที่มีรายงานว่าออกฤทธิ์ต้านมะเร็งได้นั้นแสดงไว้ในตารางที่ ๑ และ ภาพที่ ๒

โรคอ้วนและไขมันในเลือดสูง : เห็ดหอมถือเป็นอาหารในอุดมคติสำหรับการป้องกันหลอดเลือดแดงแข็งตัว (atherosclerosis) เนื่องจากมีไฟเบอร์สูงและมีไขมันต่ำ เห็ดและสารสกัดจากเห็ดถือเป็นแหล่งใหม่ของสารประกอบที่มีฤทธิ์ลดคอเลสเตอรอล เนื่องจากอุดมไปด้วยอนุพันธ์ของเออร์โกสเตอรอลและเอริทาดีนีน (Gil-Ramírez et al., 2016) เห็ดที่มีรายงานว่าสามารถป้องกันการเพิ่มน้ำหนักและภาวะไขมันในเลือดสูงของผู้ป่วยได้แสดงในตารางที่ ๑ และภาพที่ ๒

โรคเบาหวาน : มีงานวิจัยมากมายเกี่ยวกับฤทธิ์ของเห็ด ทั้งส่วนดอกและสารประกอบทางชีวภาพของเห็ด ในการลดน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วย เห็ดสกุลนางรม ได้แก่ เห็ดนางฟ้าภูฏาน (*P. pulmonarius*) เห็ดนางรมทอง (*P. citrinopileatus*) ต่างก็เกี่ยวข้องกับฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วย อีกทั้งเห็ดกระดุม เห็ดหูหนู (*Auricularia cornea*) เห็ดตีนปลอก (*Lentinus sajor-caju*) และเห็ดหัวลิง (*Hericium erinaceus*) ก็เชื่อมโยงกับคุณสมบัติการลดน้ำตาลในเลือด (Liang et al., 2013; Li et al., 2014) (ตารางที่ ๑, ภาพที่ ๒) เช่นกัน

โรคความดันโลหิตสูง : สารยับยั้งเอนไซม์แปลงผันแองจิโอเทนซิน (Angiotensin-converting enzyme: ACE) มีใช้กันอย่างแพร่หลายทางเภสัชกรรมสำหรับรักษาโรคหัวใจและหลอดเลือด ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา นักวิจัยสนใจที่จะแทนที่ยาลดความดันโลหิตสังเคราะห์ด้วยสารประกอบเหล่านี้ ซึ่งมาจากแหล่งธรรมชาติ เห็ดสายพันธุ์ต่าง ๆ เช่น เห็ดชิเมจิ (*Hypsizygus marmoreus*) เห็ดกระดุม และเห็ดสกุลนางรม ถือเป็นอาหารทางเลือกที่ดีเยี่ยมในการรักษาความดันโลหิตสูง (Kang et al. 2013; Lau et al. 2014; Ibadallah et al. 2015) ทั้งนี้สารสกัดเห็ดเหล่านี้ที่ละลายในน้ำร้อนประกอบด้วยส่วนประกอบที่มีฤทธิ์ลดความดันโลหิต เช่น เพปไทด์ ดี-แมนนิทอล ดี-กลูโคส และโพแทสเซียม (ตารางที่ ๑, ภาพที่ ๒)

โรคระบบประสาทเสื่อม : มีรายงานว่า เห็ดปีกนก (*Sarcodon scabrosus*), เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) เห็ดไมตาเกะ และเห็ดหัวลิง มีฤทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาวะของเส้นประสาทและสมอง (Sabaratnam et al. 2013) ในบรรดาเห็ดเหล่านี้ เห็ดหัวลิงมีผู้ศึกษาอย่างมากมายในด้านสมบัติที่ส่งผลต่อสุขภาวะของระบบประสาทและป้องกันโรคระบบประสาทเสื่อม เช่น โรคอัลไซเมอร์ โรคสมองเสื่อม โรคซึมเศร้า ความบกพร่องทางสติปัญญา ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของเซลล์ประสาทที่ค่อย ๆ เสื่อมถอยลง (Jiang et al. 2014)

คุณสมบัติอื่น ๆ ทางชีวภาพและสุขภาพ

เห็ดและสารประกอบที่สกัดจากเห็ดอาจเป็นที่น่าสนใจในการรักษาโรคภูมิแพ้โดยการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน สารสกัดเอทานอลจากเห็ดที่กินได้ เช่น เห็ดชิเมจิ เห็ดนางรมหลวง (*P. eryngii*) แสดงผลต่อต้านภูมิแพ้ที่สำคัญในหนู (อาการแพ้ที่เกิดจากออกซาโซโลนประเภท IV) (Sano et al., 2002) (ตารางที่ ๑, ภาพที่ ๒) นอกจากนี้ เห็ดหลายชนิดได้แสดงให้เห็นถึงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา และต้านไวรัสที่มีศักยภาพ (Zhang et al., 2016) ถึงแม้ว่าฤทธิ์ต้านไวรัสของเห็ดอาจจะไม่สามารถฆ่าเชื้อไวรัสได้ แต่ก็อาจมีผลเป็นการยับยั้งในระยะเริ่มต้นของการจำลองไวรัส มีรายงานว่าโปรตีน เพปไทด์ และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากเห็ดนางรมทอง สามารถยับยั้งเอนไซม์ทรานสคริปเทสย้อนกลับและโพรทีเอสของไวรัสเอชไอวีชนิดที่ 1 (HIV-1) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญที่สุดในวงจรชีวิตของเอชไอวี (ตารางที่ ๑, ภาพที่ ๒) ดังนั้น สารประกอบชีวภาพจากเห็ดน่าจะมีศักยภาพในการใช้เป็นสารเสริมในการป้องกันโรคโดยเป็นยาต้านไวรัสในอนาคต

ตารางที่ ๑ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสมบัติในการป้องกันและรักษาโรคของเห็ดกินได้

ชนิดเห็ด	ชนิดสารที่ออกฤทธิ์	ฤทธิ์ทางชีวภาพและสุขภาพ	กลุ่มโรค	เอกสารอ้างอิง
เห็ดกระดุม เห็ดฟาง เห็ดไมตาเกะ	เลกทิน (lectins)	ต้านเนื้องอก ต้านการแพร่กระจาย และปรับภูมิคุ้มกัน	โรคมะเร็ง	Hassan et al. (2016)
เห็ดกระดุม	เออร์โกสเตอรอล (Ergosterol)	ลดคอเลสเตอรอล และไทรกลีเซอไรด์ในเลือด	ภาวะไขมันในเลือดสูง	Jeong et al. (2010)

เห็ดกระดุม	เพปไทด์	ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ACE ที่ส่งผลต่อการลดความดันโลหิต	โรคความดันโลหิตสูง	Lau et al. (2014)
เห็ดหูหนู	พอลิแซ็กคาไรด์	ลดน้ำตาลในเลือดและไขมันในเลือดสูงในหนู	โรคเบาหวาน	Fu et al. (2022)
เห็ดไมตาเกะ	พอลิแซ็กคาไรด์ (บีตา-กลูแคน)	ต้านการเกิดเนื้องอกผ่านการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันระดับเซลล์	โรคมะเร็ง	Poucheret et al. (2006)
เห็ดชิเมจิ	ไม่ระบุ	ลดความดันโลหิตในหนูที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงตามธรรมชาติ	โรคความดันโลหิตสูง	Kang et al. (2013)
เห็ดหอม	เอริทาดีนิน (Eritadenine)	ลดไขมันในเลือดสูงและป้องกันการเพิ่มน้ำหนักตัว	โรคอ้วนและไขมันในเลือดสูง	Handayani et al. (2014)
เห็ดตีนปลอก	พอลิแซ็กคาไรด์ (บีตา-กลูแคน)	ป้องกันการเพิ่มน้ำหนักและภาวะไขมันในเลือดสูง	โรคอ้วนและไขมันในเลือดสูง	Kanagasabapathy et al. (2013)
เห็ดขอนขาว	พอลิแซ็กคาไรด์ เพป-ไทด์ และไบโอพอลิเมอร์	ยับยั้งการมีชีวิตของเซลล์ในเซลล์มะเร็งปอดของมนุษย์	โรคมะเร็ง	Ugbogu et al. (2024)
เห็ดนางรมเทา	พอลิแซ็กคาไรด์	เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน	โรคมะเร็ง	Tanaka et al. (2016)
เห็ดนางรมหลวง เห็ดตีนปลอก เห็ดนางรมทอง เห็ดนางฟ้าภูฏาน	พอลิแซ็กคาไรด์	ลดระดับกลูโคสในหนูที่เป็นโรคเบาหวานอย่างมีประสิทธิภาพ	โรคเบาหวาน	Li et al. (2014)
เห็ดนางรมฮังการี	พอลิแซ็กคาไรด์ (บีตา-กลูแคน)	ต่อต้านภูมิแพ้ในเด็กที่มีการติดเชื้อทางเดินหายใจซ้ำ ๆ	โรคภูมิแพ้	Jesenak et al. (2014)
เห็ดนางรมทอง	เลกทิน (lectins)	ต่อต้านกิจกรรมของเอนไซม์ทรานสคริปเทสย้อนกลับของไวรัส HIV-1 อย่างมีประสิทธิภาพ	ไวรัสเอชไอวีชนิดที่ 1 (HIV-1)	Li et al. (2008)

ภาพที่ ๒ ตัวอย่างเห็ดกินได้ที่มีรายงานสรรพคุณทางยาในการป้องกันและรักษาโรค (A: เห็ดกระดุม, B: เห็ดหูหนู, C: เห็ดหลินจือ, D: เห็ดหัวลิง, E: เห็ดชิเมจิ, F: เห็ดหอม, G: เห็ดตีนปลอก, H: เห็ดขอนขาว, I: เห็ดนางรมทอง, J: เห็ดนางรมเทา, K: เห็ดนางรมหลวง, L: เห็ดนางรมฮังการี, M: เห็ดนางฟ้าภูฏาน, N: เห็ดฟาง)

บทสรุป

เห็ดหลายชนิดมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นแหล่งสำคัญของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถนำไปใช้ในทางการแพทย์ได้ การศึกษาวิจัยสมบัติที่เป็นประโยชน์ของเห็ดกินได้ได้รับความสนใจในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา แสดงให้เห็นถึงสมบัติในการป้องกันและรักษาโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคเบาหวาน มะเร็ง โรคหัวใจ โรคระบบประสาทเสื่อม ดังนั้น การบริโภคเห็ดเป็นส่วนหนึ่งของอาหารประจำวันอาจเป็นตัวช่วยตามธรรมชาติในการจัดการกับโรคเรื้อรังต่าง ๆ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สกัดได้จากเห็ดอาจใช้เป็นอาหารเสริมที่มีประโยชน์ในการป้องกันและรักษาโรคบางชนิด อย่างไรก็ตาม กลไกเฉพาะของเห็ดที่มีผลต่อร่างกายมนุษย์ยังคงต้องศึกษาวิจัยเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

FAO (Food and Agriculture Organizations): World Mushrooms & Truffles: Production. United Nations. FAOStat 2024;1961–2024[2024Aug.13].

Fu Y, Wang L, Jiang G, Ren L, Wang L, Liu X. Anti-diabetic activity of polysaccharides from *Auricularia cornea* var. Li. Foods. 2022;11: 1464.

Gil-Ramírez A, Caz V, Smiderle FR, Martin-Hernandez R, Largo C, Tabernero M, Marín FR, Iacomini M, Reglero G, Soler-Rivas C. Water-soluble compounds from *Lentinula edodes*

influencing the HMG-CoA reductase activity and the expression of genes involved in the cholesterol metabolism. J Agric Food Chem. 2016;64: 1910–1920.

Handayani D, Chen J, Meyer BJ, Huang XF. Dietary Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) prevents fat deposition and lowers triglyceride in rats fed a high-fat diet. J Obes. 2011;258051: 1–8.

Hassan MAA, Rouf R, Tiralongo E, May TW, Tiralongo J. Mushroom lectins: specificity, structure and bioactivity relevant to human disease. Int J Mol Sci. 2016;16: 7802–7838.

Ibadallah BX, Abdullah N, Shuib AS. Identification of angiotensin-converting enzyme inhibitory proteins from mycelium of *Pleurotus pulmonarius* (Oyster mushroom). Planta Med. 2015;81: 123–129

Jeong SC, Yang BK, Islam R, Koyyalamudi SR, Pang G, Cho KY, Song CH. White button mushroom (*Agaricus bisporus*) lowers blood glucose and cholesterol levels in diabetic and hypercholesterolemic rats. Nutr Res. 2010;30 :49–56.

Jesenak M, Hrubisko M, Majtan J, Rennerova Z, Banovcin P. Antiallergic effect of pleuran (β-glucan from *Pleurotus ostreatus*) in children with recurrent respiratory tract infections. Phytother Res. 2014;28 :471–474.

Jiang S, Wang S, Sun Y, Zhang Q. Medicinal properties of *Hericium erinaceus* and its potential to formulate novel mushroom-based pharmaceuticals. Appl Microbiol Biotechnol. 2014;98 :7661–7670

Kanagasabapathy G, Malek SN, Mahmood AA, Chua KH, Vikineswary S, Kuppusamy UR. Beta-glucan-rich extract from *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) singer prevents obesity and oxidative stress in C57BL/6J mice fed on a high-fat diet. Evid Based Complement Altern Med. 2013;185259 :1–10.

Kang MG, Kim YH, Bolormaa Z, Kim MK, Seo GS, Lee JS. Characterization of an antihypertensive angiotensin converting enzyme inhibitory peptide from the edible mushroom *Hypsizygus marmoreus*. BioMed Res Int. 2013;13 :283964.

Kozarski M, Klaus A, Jakovljevic D, Todorovic N, Vunduk J, Petrovic P, Niksic M, Vrvic MM, van Griensven L. Antioxidants of edible mushrooms. Molecules 2015;20 :19489–19525.

Lau CC, Abdullah N, Shuib AS, Aminudin N. Novel angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from edible mushroom *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach identified by LC–MS/MS. Food Chem. 2014;148 :396–401.

Li JP, Lei YL, Zhan H. The effects of the king oyster mushroom *Pleurotus eryngii* (higher Basidiomycetes) on glycemic control in alloxan-induced diabetic mice. Int J Med Mushrooms 2014;16 :219–225.

Li YR, Liu QH, Wang HX, Ng TB. A novel lectin with potent antitumor, mitogenic and HIV-1 reverse transcriptase inhibitory activities from the edible mushroom *Pleurotus citrinopileatus*. Biochim Biophys Acta. 2008;1780 :51–57.

Liang B, Guo Z, Xie F, Zhao A. Antihyperglycemic and antihyperlipidemic activities of aqueous extract of *Hericium erinaceus* in experimental diabetic rats. BMC Complement Altern Med. 2013;13 :253.

Masongageaustin. LIfe Cycle. Available online: https://basidiomycotamga.weebly.com/life-cycle.html (accessed on 10 August 2024).

Poucheret P, Fons F, Rapior S. Biological and pharmacological activity of higher fungi: 20-year retrospective analysis. Cryptogam. Mycol. 2006;27 :311–333.

Sabaratnam V, Kah-Hui W, Naidu M, David PR. Neuronal health—can culinary and medicinal mushrooms help? J Tradit Complement Med. 2013;3 :62–68.

Sano M, Yoshino K, Matsuzawa T, Ikekawa T. Inhibitory effects of edible higher basidiomycetes mushroom extracts on mouse type IV allergy. Int J Med Mushrooms 2002;4 :37–41.

Thatoi HN, Singdevsachan SK. Diversity, nutritional composition and medicinal potential of Indian mushrooms: a review. Afr J Biotechnol. 2014;13 :523–545.

Ugbogu EA, Dike ED, Okoro BC, Adurosakin OE, Uche ME, Nosiri CI, Agim C, Nwaru EC, Rahman MA, Iweala EJ. *Lentinus squarrosulus*: Nutritional composition, phytochemistry, health-promoting activities and toxicity profile. Food and Humanity. 2024;10 :100296.

Zhang JJ, Li Y, Zhou T, Xu DP, Zhang P, Li S, Li HB. Bioactivities and health benefits of mushrooms mainly from China. Molecules 2016;21 :938.

ความก้าวหน้าด้านโฟโตเคมีระดับโมเลกุลสู่เทคโนโลยีแห่งอนาคต

สุภา หารหนองบัว

ภาคีสมาชิก สาขาวิชาเคมี ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
และศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

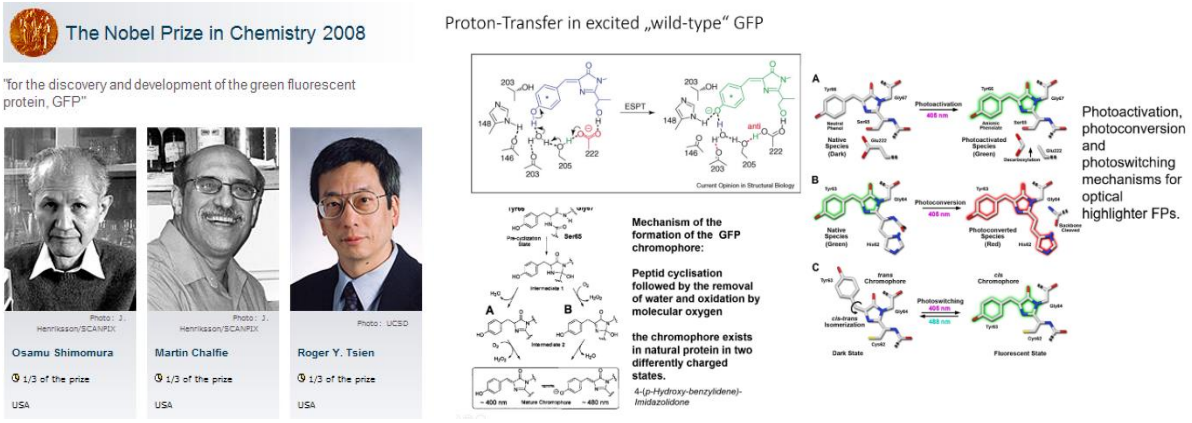
บทนำ

โฟโตเคมี (Photochemistry) เป็นการศึกษากระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นเนื่องจากอะตอมหรือโมเลกุลของสารเคมีดูดกลืนแสง นักวิทยาศาสตร์พยายามศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างโมเลกุลกับสมบัติทางเคมีที่มีแสงเป็นปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมี ปัจจุบันมีงานวิจัยระดับแนวหน้าที่มุ่งศึกษาการใช้ประโยชน์จากปฏิกิริยาโฟโตเคมี เช่น การพัฒนาเซลล์สุริยะ ซึ่งจะแปลงผันแสงแดดเป็นกระแสไฟฟ้า การพัฒนาเทคโนโลยีไดโอดเปล่งแสงอินทรีย์ การพัฒนาการเก็บเกี่ยวแสงโดยวัสดุและโมเลกุลที่จับอนุภาคโฟตอนจากแสงอาทิตย์ รวมทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีการวาวแสง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการดูดซับพลังงานของโมเลกุลและปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสงวาว ปัจจุบันงานวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับโฟโตเคมีกำลังก้าวหน้าอย่างมาก โดยเฉพาะการออกแบบโมเลกุลทางเคมีที่ให้แสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์ เช่น การพัฒนาสารป้องกันรังสียูวี การติดตามปฏิกิริยาเคมี การตรวจวัดหรือตรวจจับสารเคมี และเทคนิคทางสเปกโทรสโกปีระดับโมเลกุล ใน ค.ศ. 2023 โฟโตเคมีได้รับการคัดเลือกให้เป็นหัวข้อหนึ่งใน IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) Top Ten Emerging Technologies in Chemistry โดยเฉพาะงานวิจัยด้านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงสำหรับการผลิตไฮโดรเจนที่คาดว่าจะนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานสะอาดเพื่อความยั่งยืนในอนาคต

ไขความลับของธรรมชาติด้วยความเข้าใจทางโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ของโมเลกุล

สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์มีสารเรืองแสงพบเห็นได้ทั่วไป เช่น แมงกะพรุน ปะการัง และหิ่งห้อย นักวิทยาศาสตร์พยายามหาคำอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติในสิ่งมีชีวิตดังกล่าว จนใน ค.ศ. 2008 นักวิทยาศาสตร์รางวัลโนเบลทางเคมี ๓ ท่านได้รับรางวัลจากการค้นพบโปรตีนวาวแสงสีเขียว หรือ Green Fluorescent Protein (GFP) โดยที่ศาสตราจารย์ Osamu Shimomura ค้นพบ GFP ในแมงกะพรุน ศาสตราจารย์ Martin Chalfie ศึกษาโปรตีนวาวแสงสีเขียวและนำไปใช้เป็นเครื่องหมายทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นได้ และ ศาสตราจารย์ Roger Y. Tsien ได้ศึกษาสมบัติการวาวแสงของโปรตีนวาวแสงสีเขียวและอธิบายการเปลี่ยนแปลงสีของแสงที่ปล่อยออกมา ซึ่งนำไปสู่การใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการถ่ายภาพทางชีวภาพ ทำให้เกิดความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางการวาวแสงมาจนถึงปัจจุบัน เทคโนโลยีทางการวาวแสงจึงเป็นกระบวนการสำคัญในการเปลี่ยนพลังงานแสงทั่วไปให้เป็นแสงที่มองเห็นได้ โดยที่ธรรมชาติได้สร้างสรรค์

เทคโนโลยีทางการวาวแสงจากการที่สสารดูดซับพลังงานแสงทั่วไป คือ แสงยูวี และปล่อยพลังงานออกมาในช่วงแสงที่มองเห็นได้



ภาพที่ 1 Nobel Prize in Chemistry 2008 และตัวอย่างแสดงกลไกของการเกิด Green Fluorescence Protein (GFP) ผ่านกระบวนการ Proton-Transfer in excited “wild-type” GFP และกลไก Photoactivation (A), Photoconversion (B) และ Photoswitching (C)

ความก้าวหน้าด้านโฟโตเคมีในอนาคต

โฟโตเคมี นับเป็นสาขาเคมีที่ศึกษาผลกระทบของแสงต่อปฏิกิริยาเคมี โดยที่โมเลกุลเคมีจะดูดซับพลังงานแสง ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยาเคมี การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีทั้งที่ยากและที่แทบจะเป็นไปไม่ได้ที่อุณหภูมิปกติ การศึกษาวิจัยด้านโฟโตเคมีนั้นมีมานานกว่าร้อยปี และยังคงมีผู้ศึกษาวิจัยต่อไปเพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้ประโยชน์ในหลายสาขา เช่น การพัฒนาด้านวัสดุอัจริยะ วัสดุด้านพลังงาน การพัฒนาด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม และวิทยาการเคมีทางยา แนวโน้มที่ขับเคลื่อนความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ วัสดุที่ให้แสง และการคำนวณทางคอมพิวเตอร์เพื่อออกแบบวัสดุที่มีหน้าที่จำเพาะตามต้องการ คาดการณ์กันว่าจะเกิดความก้าวหน้าด้านโฟโตเคมีและการใช้ประโยชน์อย่างมากในอนาคต ดังนี้

1. การแปลงผันพลังงานแสงอาทิตย์และตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง

การสังเคราะห์แสงประดิษฐ์เกิดจากการเลียนแบบการสังเคราะห์แสงตามธรรมชาติ นักวิจัยมุ่งพัฒนากระบวนการที่เปลี่ยนแสงอาทิตย์ น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ ไปเป็นพลังงานไฮโดรเจน หรือเมทานอล ปัจจุบันการพัฒนาวัสดุตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงนับว่าเป็นโจทย์วิจัยที่ท้าทาย โดยเฉพาะในปฏิกิริยาการแยกน้ำเพื่อให้ได้แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่คุ้มค่าในการลงทุน นอกจากนี้ การผลิตเซลล์สุริยะ แม้ว่าจะก้าวหน้าไปอย่างมาก แต่ก็ยังต้องพัฒนาประสิทธิภาพและลดต้นทุนเพื่อให้มีราคาต่ำลง งานวิจัยและพัฒนาวัสดุทั้งในส่วนของเซลล์สุริยะ perovskites และ metal-organic frameworks (MOFs) จึงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางทั่วโลก และยังมีการสังเคราะห์เคมีสะอาด เพราะปัญหาสิ่งแวดล้อมและการมุ่งใช้พลังงานอย่างยั่งยืนในปัจจุบัน ทำให้เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมสะอาด

งานวิจัยและพัฒนาวิธีสังเคราะห์เคมีสะอาด จึงได้รับความสนใจเพื่อให้นำไปสู่กระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมสะอาด ทั้งในการพัฒนาสังเคราะห์ทางโฟโตเคมีและการลดพลังงานในกระบวนการผลิต เป็นต้น

2. เซลล์สุริยะอินทรีย์

งานวิจัยและพัฒนาวัสดุอุปกรณ์เซลล์สุริยะอัจริยะที่มีความยืดหยุ่น นับว่าได้รับความสนใจวิจัยและพัฒนาอย่างกว้างขวาง เนื่องจากวัสดุมีน้ำหนักเบา ยืดหยุ่น สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ สามารถผลิตเป็นแผ่นบาง เชื่อมติดกับอุปกรณ์พกพา เสื้อผ้า อาคารสถานที่ต่างๆ ได้ดี จึงทำให้งานวิจัยและนวัตกรรมด้านนี้ก้าวหน้าอย่างมาก อาจกล่าวได้ว่า วัสดุอัจฉริยะในยุคหน้า จะเป็นวัสดุอินทรีย์ เช่น สารกึ่งตัวนำอินทรีย์และ non-fullerene acceptors ที่คาดว่าจะเพิ่มประสิทธิภาพ ความเสถียรคงทนของเซลล์สุริยะ และจะมาทดแทนเซลล์สุริยะที่ใช้ซิลิคอน

3. การนำส่งยาที่กระตุ้นด้วยแสง

ปัจจุบันได้มีการวิจัยและพัฒนาการรักษาโรคหลายชนิดที่ใช้แสงในการกระตุ้นการทำงานของยารักษาโรค เพื่อให้การรักษาเป็นไปอย่างแม่นยำและลดผลข้างเคียง งานวิจัยและพัฒนาด้านการนำส่งยาแบบกำหนดเป้าหมายนี้นับว่าเป็นนวัตกรรมที่จะปลดปล่อยตัวยาออกฤทธิ์เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นจำเพาะเท่านั้น และในปัจจุบันมีผู้นำวิธีการนี้มาใช้เป็นแนวทางการรักษาโรคมะเร็ง โรคติดเชื้อ และโรคอื่น ๆ โฟโตเคมียังสามารถควบคุมกระบวนการทางชีวภาพ โดยเฉพาะด้านประสาทวิทยา โดยที่โปรตีนที่ไวต่อการกระตุ้นด้วยแสงจะควบคุมการทำงานของเซลล์ประสาท ในอนาคตจึงคาดว่าวิธีการดังกล่าวนี้จะได้ใช้ประโยชน์ในการรักษาโรคความผิดปกติทางประสาท

4. แหล่งกำเนิดแสงและเทคนิคขั้นสูง

การพัฒนาความสามารถในการควบคุมแสงจากแหล่งกำเนิดแสง เช่น ไดโอดเปล่งแสงพลังงานสูงและเลเซอร์ ทำให้เกิดโอกาสในการพัฒนาโฟโตเคมีเพื่อควบคุมปฏิกิริยาที่จำเพาะเจาะจงได้ เลเซอร์สเปกโทรสโกปีที่รวดเร็วเป็นพิเศษ (Ultrafast laser spectroscopy) นับเป็นเทคนิคที่ช่วยให้ติดตามการเกิดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สั้นมาก ๆ ช่วยให้นักวิจัยเข้าใจกลไกการดูดซับพลังงานของอนุภาคโฟตอนและการถ่ายเทพลังงานในระดับอะตอมและระดับโมเลกุลได้ อีกทั้งยังมีการพัฒนาโฟโตเคมีควอนตัมด้วย ควอนตัมคอมพิวเตอร์และความก้าวหน้าในการควบคุมควอนตัมจะเปิดโอกาสให้การจำลองแบบระดับโมเลกุลและการทำนายเส้นทางปฏิกิริยาโฟโตเคมีได้ก้าวหน้าไป ทำให้เกิดความเข้าใจพลวัตของปฏิกิริยาเคมีได้รวดเร็วและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5. เคมีที่ยั่งยืน

ปัจจุบันนี้การฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมนับว่าสำคัญแก่การพัฒนาที่ยั่งยืน กระบวนการโฟโตเคมีได้รับความสนใจนำมาใช้ในการทำน้ำให้บริสุทธิ์และการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงสามารถย่อย

สลายมลพิษที่เป็นอันตรายหรือเปลี่ยนให้เป็นสารที่เป็นอันตรายน้อยกว่าเมื่อสัมผัสกับแสง การพัฒนาในอนาคตอาจนำไปสู่แนวทางแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพและปรับขนาดของอุปกรณ์ให้เล็กลงได้มากขึ้น โฟโตเคมียังช่วยในการลดคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเปลี่ยนให้เป็นสารเคมีที่มีมูลค่าสูงขึ้นหรือเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงที่มีประโยชน์ ซึ่งจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และอาจนำไปสู่งานวิจัยที่มีเป้าหมายสำคัญที่เกิดการขับเคลื่อน โดยอาจมีความก้าวหน้าเกี่ยวกับการค้นพบใหม่ที่สำคัญ โดยเฉพาะการค้นหาตัวเร่งปฏิกิริยาและเส้นทางปฏิกิริยาที่ดีกว่าในปัจจุบัน

6. วัสดุที่ตอบสนองต่อแสงและวัสดุอัจฉริยะ

ปัจจุบันวัสดุรักษาตัวเองได้นับว่าได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะวัสดุในอนาคตที่สามารถซ่อมแซมตัวเองได้เมื่อสัมผัสกับแสง นับเป็นความท้าทายในการวิจัยและพัฒนาอย่างยิ่ง เมื่อมุ่งเน้นการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการเคลือบ อิเล็กทรอนิกส์ และวัสดุโครงสร้างในการก่อสร้าง นอกจากนี้ ยังมีวัสดุสำหรับผลิตจอแสดงผลอัจฉริยะในกลุ่มของวัสดุโฟโตโครมิกและอิเล็กโทรโครมิกที่เปลี่ยนสีหรือความโปร่งใสในการตอบสนองต่อแสง และนำมาใช้ในหน้าต่างอัจฉริยะ เลนส์ปรับได้ และวัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงาน แนวโน้มในอนาคตอาจมุ่งเน้นไปที่การทำให้วัสดุเหล่านี้ทนทานและคุ้มค่ามากขึ้น รวมทั้งการพัฒนาสวิตช์และเซ็นเซอร์ที่เปิดใช้งานด้วยแสง วัสดุที่เปลี่ยนสมบัติ เช่น การนำไฟฟ้า รูปร่าง หรือสี เมื่อสัมผัสกับแสง กำลังเป็นที่สนใจสำหรับนักวิจัยและพัฒนาการใช้งานในเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ การจัดเก็บข้อมูล และเครื่องจักรโมเลกุล

7. โฟโตเคมีในการสังเคราะห์ทางเคมีอินทรีย์

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ขับเคลื่อนด้วยแสงนับว่ามีส่วนช่วยให้เกิดเส้นทางปฏิกิริยาใหม่สำหรับการสังเคราะห์อินทรีย์ที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ด้วยวิธีการระบายความร้อนแบบดั้งเดิม ปฏิกิริยาเหล่านี้มักจะดำเนินไปแบบจำเพาะและมีประสิทธิภาพสูง วิธีการโฟโตเคมีมีส่วนช่วยให้นักวิจัยสามารถสังเคราะห์โมเลกุลที่ซับซ้อนและมีความจำเพาะทางสเตอริโอเคมี ซึ่งสำคัญแก่การสังเคราะห์ยาและสารเคมีที่มีความบริสุทธิ์สูง วิธีการนี้สามารถนำไปสู่การผลิตสารเคมีที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากขึ้น

8. ปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่องในโฟโตเคมี

ในการวางแผนการทำปฏิกิริยาโฟโตเคมีหรือการสังเคราะห์สารเคมีนั้น อาจต้องอาศัยการทำนายปฏิกิริยาเคมีด้วยการจำลองแบบด้วยวิธีการเรียนรู้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้รับความสนใจจากนักวิจัยและพัฒนาอย่างมากในปัจจุบัน วิธีการดังกล่าวได้รับการนำมาประยุกต์ใช้มากขึ้นเพื่อทำนายผลลัพธ์ของปฏิกิริยาโฟโตเคมี วิธีการนี้ช่วยเร่งการค้นพบปฏิกิริยาและวัสดุใหม่ ๆ การปรับภาวะปฏิกิริยาให้เหมาะสม รวมทั้งการนำปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) มาช่วยปรับสภาวะปฏิกิริยาให้เหมาะสม เช่น ความเข้มของแสงและความยาวคลื่น เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในกระบวนการโฟโตเคมี

สรุปแนวโน้มในอนาคตที่สำคัญ

แสงเป็นสิ่งที่มีในธรรมชาติ พลังงานแสงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีมากมาย ประโยชน์ที่จะได้รับจากความเข้าใจในระดับโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลนั้น คือศักยภาพที่จะเกิดการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคต เช่น การแปลงผันพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงและการสังเคราะห์แสงประดิษฐ์ การพัฒนาเซลล์สุริยะแบบอินทรีย์และเซลล์สุริยะแบบยืดหยุ่นสำหรับแหล่งพลังงานใหม่ ความก้าวหน้าด้านการแพทย์เชิงแสง รวมถึงการบำบัดด้วยโฟโตไดนามิกส์และออปโตเจเนติกส์ การพัฒนาวัสดุอัจฉริยะสำหรับการรักษาตัวเอง หน้าต่างเชิงแสงแบบปรับได้และจอแสดงผล กระบวนการทางเคมีที่เป็นมิตรต่อสิ่งสิ่งแวดล้อม เช่น การลดคาร์บอนไดออกไซด์และการกำจัดมลพิษ แหล่งกำเนิดแสงขั้นสูงและเทคนิคควอนตัมเพื่อข้อมูลเชิงลึกที่เกี่ยวกับกลไกปฏิกิริยาที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น การใช้ AI และการเรียนรู้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อเร่งการวิจัยโฟโตเคมีและเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ประเทศไทยจึงควรส่งเสริมงานวิจัยพื้นฐานด้านโฟโตเคมีให้พร้อม อีกทั้งควรส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาให้เป็นส่วนสำคัญสำหรับความยั่งยืนด้านพลังงาน การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การแพทย์ และวัสดุขั้นสูง ซึ่งล้วนแล้วแต่ต้องขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมอย่างต่อเนื่องและการบูรณาการสาขาเหล่านี้

เอกสารอ้างอิง

Nobel Prize in Chemistry 2008.
https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2008/summary/

Yan, H., et al. (2021). Recent advances in semiconductor-based photocatalysts for solar-driven water splitting. Materials Today, 44, 116-137. DOI: 10.1016/j.mattod.2020.09.016.

Li, H., & Zhang, X. (2021). Advances in molecular photocatalysis for energy conversion. Nature Reviews Chemistry, 5, 144–162. DOI: 10.1038/s41570-020-00230-y.

Meng, L., et al. (2021). Organic and solution-processed tandem solar cells with 17% efficiency. Nature, 592(7852), 245-250. DOI: 10.1038/s41586-021-03434-1.

Liu, Y., et al. (2021). Recent advances in nanomaterial-mediated photodynamic therapy for cancer treatment. Nano Research, 14, 472-489. DOI: 10.1007/s12274-020-2963-0.

Zhao, Y., et al. (2021). Emerging strategies for enhancing the efficiency of photodynamic therapy. Journal of Biomedical Nanotechnology, 17(5), 832-851. DOI: 10.1166/jbn.2021.3087.

Zhu, X., et al. (2020). Light-triggered drug release systems based on photochemistry for cancer therapy. Biomaterials Science, 8(16), 4415-4438. DOI: 10.1039/D0BM00768H.

Bokarev, S. I., & Kühn, O. (2021). Quantum photochemistry from first principles: From light harvesting to photocatalysis. Chemical Reviews, 121(1), 400-427. DOI: 10.1021/acs.chemrev.0c00811.

Chong, R., et al. (2021). Recent advances in photocatalytic water purification using engineered nanomaterials. Environmental Science: Nano, 8(3), 658-678. DOI: 10.1039/D0EN01027E.

Zhou, Z., Li, X., & Zare, R. N. (2020). Optimizing chemical reactions with deep reinforcement learning. ACS Central Science, 6(7), 1049-1058. DOI: 10.1021/acscentsci.0c00216.

ลูกหม่อนกับการพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพและเสริมอาหาร

รุ่งนภา แย้มเดช[๑] และพรอนงค์ อร่ามวิทย์[๑,๒,๓]

[๑] ภาควิชาเภสัชกรรมปฏิบัติ คณะเภสัชศาสตร์ และศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางสารทรงฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อนวัตกรรมทางคลินิก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[๒] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

[๓] ภาคีสมาชิก สาขาวิชาเภสัชศาสตร์ ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตสภา

๑. ลูกหม่อนและคุณประโยชน์ที่มีต่อสุขภาพมนุษย์

ต้นหม่อน (Mulberry) เป็นต้นไม้ที่สามารถปลูกได้ดีในสภาพอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย ลูกหม่อนมีสารอาหารและสารประกอบทางเคมีที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายชนิด ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ วิตามินซี วิตามินอี แร่ธาตุ ใยอาหาร เรสเวอราทรอล รูทิน สารประกอบพฤกษเคมี (phytochemistry) อื่น ๆ รวมถึงแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากประโยชน์ทางโภชนาการทั่วไป ลูกหม่อนและแอนโทไซยานินยังมีสมบัติที่ได้รับการศึกษาในงานวิจัยต่าง ๆ พบว่าส่งผลดีต่อสุขภาพในหลายด้าน คือ สมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) และป้องกันโรค ช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระในร่างกาย (Palungwachira P et al., 2019) ซึ่งมีบทบาทในการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเรื้อรัง (เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน) บำรุงระบบหัวใจและหลอดเลือด แอนโทไซยานินช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของหลอดเลือด ลดการอักเสบ และลดการสะสมของไขมันในหลอดเลือด (Mozos I et al., 2021) ส่งผลให้ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและโรคหลอดเลือด ช่วยในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด มีผู้ศึกษาพบว่าแอนโทไซยานินสามารถช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดและเพิ่มความไวของอินซูลิน (Sarikaphuti A. et al., 2013) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เป็นโรคเบาหวานหรือผู้ที่เสี่ยงต่อโรคนี้ ส่งเสริมการทำงานของสมอง แอนโทไซยานินสามารถป้องกันการเสื่อมสภาพของเซลล์สมอง ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคอัลไซเมอร์และโรคสมองเสื่อมชนิดอื่น ๆ (Li P et al., 2021) ส่งเสริมการมองเห็น แอนโทไซยานินช่วยปรับปรุงการมองเห็น ลดการบาดเจ็บที่จอประสาทตา (Lee S.H. et al., 2014) และยังช่วยป้องกันปัญหาที่เกี่ยวกับดวงตา เช่น ต้อกระจกและจอประสาทตาเสื่อม ลูกหม่อนจึงถือเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์สูงและสามารถนำมาใช้ในอาหารเสริมเพื่อเสริมสร้างสุขภาพในหลายด้านได้ดี คณะผู้วิจัยจึงได้นำเสนอเพิ่มเติมถึงศักยภาพการใช้เป็นอาหารเสริมด้านบำรุงผิวพรรณและชะลอความแก่ต่อไป

๒. งานวิจัยของสารสกัดลูกหม่อนในประเทศไทยสนับสนุนการนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริม

ลูกหม่อนที่เพาะปลูกในประเทศไทยโดยมีผลผลิตสูงและมีขนาดใหญ่เป็นที่นิยมคือสายพันธุ์เชียงใหม่ ๖๐ ซึ่งมีผลขนาดใหญ่ มีสีแดงในระยะยังไม่สุกและเปลี่ยนเป็นสีม่วงเมื่อสุกเต็มที่ ดังที่แสดงในภาพที่ ๑ (ซ้าย)

สารสีม่วงที่เกิดขึ้นคือสารสำคัญชนิดแอนโทไซยานิน คณะผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสารสกัดลูกหม่อนที่ได้จากลูกหม่อนสุกใน ๓ ระยะด้วยกัน คือ ระยะสีแดง สีม่วงแดง และสีม่วง ภายหลังการสกัดผ่านกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็งและบดละเอียดเป็นผง ดังที่แสดงในภาพที่ ๑ (ขวา) เพื่อทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินคงตัวสูงที่สุด ผลการวิเคราะห์แสดงว่า ลูกหม่อนในระยะสุกเต็มที่และมีสีม่วงจะมีน้ำหนัก ปริมาณ Brix ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ สูงที่สุดและสูงกว่าในลูกหม่อนระยะสีแดงและสีม่วงแดง

ภาพที่ ๑ ลูกหม่อนสดสายพันธุ์เชียงใหม่ ๖๐ ระยะสุก ๓ ชนิด คือ สีแดง สีม่วงแดง และสีม่วง (รูปซ้าย) และผงสารสกัดลูกหม่อนที่ทำแห้งแบบเหยือกแข็ง (รูปขวา)

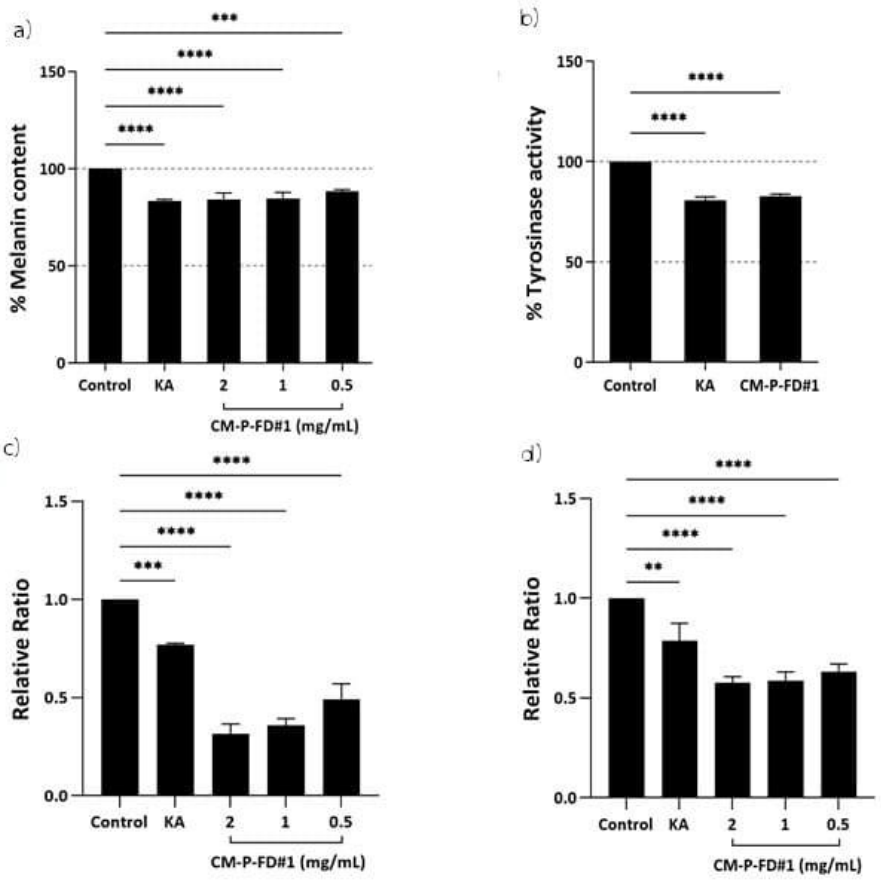
ตารางที่ ๑ สมบัติของสารสกัดลูกหม่อนสดสายพันธุ์เชียงใหม่ ๖๐ ระยะสุก ๓ ชนิด

ลักษณะสมบัติ	**สีแดง**	**สีม่วงแดง**	**สีม่วง**
น้ำหนักลูกหม่อน (กรัม))	๒.๗๑±๐.๓๒	๓.๐๒±๐.๔๓	๓.๕๖±๐.๖๖*
Brix (%)	๗.๘±๐.๕	๑๐.๓±๐.๕*	๑๒.๕±๐.๖*
ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อ ๑๐๐ กรัม)	๑๑๒.๕๕±๑๔	๒๕๙.๖๗±๑๘*	๗๒๙.๔๑±๖๖.๑๒*
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัม GAE ต่อกรัม)	๘.๖๖±๐.๐๘	๑๐.๗๑±๐.๙๓*	๑๖.๗๕±๐.๔๖*
ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (มิลลิกรัมเคอซิทินต่อกรัม)	๐.๕๔±๐.๐๘	๑.๓๕±๐.๐๓*	๓.๒๘±๐.๑๐*

เครื่องหมาย * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสีแดงที่ค่า $p < ๐.๐๕$ ทดสอบทางสถิติด้วย One Way ANOVA, n=๔

การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งสร้างเม็ดสีหรือเมลานินซึ่งเป็นเม็ดสีที่สร้างจากเซลล์ของผิวหนังอันทำให้เกิดสีผิวเข้มผิดปกติ หรือเกิดฝ้า กระ ในเซลล์เมลาโนมา B16-F10 ของสารสกัดลูกหม่อนระยะสีม่วง ซึ่งมีระยะสุกที่ปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด พบว่าสารสกัดลูกหม่อนที่ความเข้มข้น ๒.๐ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการสร้างเม็ดสีเมลานินได้ ซึ่งเทียบเท่ากับการใช้โคจิกความเข้มข้น ๐.๒๕ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากผล

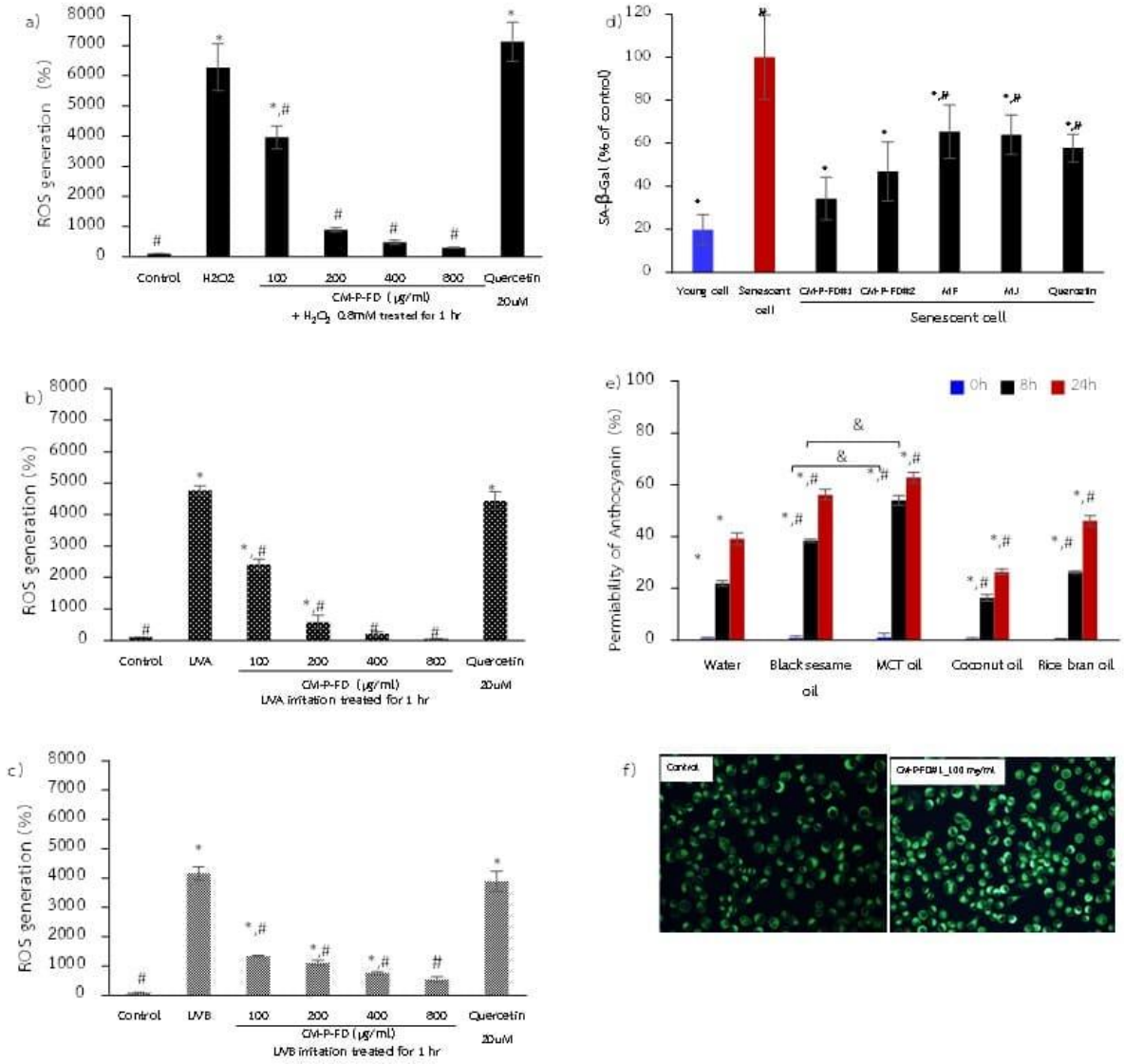
การแสดงปริมาณการสร้างเมลานินปรากฏว่า ฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ปริมาณการแสดงออกของยีน Microphthalmia associated transcription factor (MITF) และ Tyrosinase-related protein 1 (TRP-1) ซึ่งเป็นยีนที่สำคัญในกระบวนการเกิดเม็ดสีเมลานิน มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังภาพที่ ๒



ภาพที่ ๒ ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งสร้างเม็ดสีหรือเมลานินของผิวหนังในเซลล์เมลาโนมา B16-F10 ปริมาณการสร้างเมลานิน (a) ฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (b) การแสดงออกของยีน MITF (c) การแสดงออกของยีน TRP-1 (d)

จากการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระภายในเซลล์ผิวหนัง (Cellular ROS scavenging activity) พบว่า สารสกัดลูกหม่อนสามารถลดอนุมูลอิสระภายในเซลล์ได้ดีในภาวะที่เซลล์ได้รับอนุมูลอิสระ ที่เหนี่ยวนำด้วยสารไฮโดรเจนพอร์ออกไซด์ รังสียูวีเอ และรังสียูวีบี ดังภาพที่ ๓ (a) - (c) และสามารถช่วยชะลอการเสื่อมสภาพในเซลล์ได้จากการลดลงของปริมาณ SA-β-gal ดังภาพที่ ๓ (d) นอกจากนี้ สารแอนโทไซยานินยังสามารถถูกดูดซึมผ่านเข้าสู่เซลล์มะเร็งเยื่อบุลำไส้ Caco-2 ซึ่งเป็นการจำลองระบบการเลี้ยงเซลล์เลียนแบบการดูดซึมสารเข้าสู่ลำไส้ของร่างกายมนุษย์ได้ดี ทั้งในตัวกลางที่เป็นน้ำและในน้ำผสมน้ำมัน แต่ให้ประสิทธิภาพในการแพร่ผ่านที่ดีมากสำหรับการใช้น้ำมัน MCT ดังภาพที่ ๓ (e) อีกทั้งยังพบว่า สารสกัดลูกหม่อนสามารถ

กระตุ้นการเกิด Autophagy ในเซลล์ได้ซึ่งช่วยการย่อยสลายส่วนที่ผิดปกติภายในเซลล์และป้องกันไม่ให้เซลล์ถูกทำลาย อันเป็นกลไกการฟื้นฟูร่างกาย ดังภาพที่ ๓ (f)



ภาพที่ ๓ ปริมาณการเกิด ROS (reactive oxygen species)) ภายในเซลล์ที่เหนี่ยวนำด้วยสาร H_2O_2 (a), รังสียูวีเอ (b), รังสียูวีบี (c), ฤทธิ์การต้านความเสื่อมสภาพในเซลล์ (d), การดูดซึมสารแอนโทไซยานินผ่านลำไส้จำลอง (e), และการกระตุ้นการเกิด Autophagy ในเซลล์ (f)

สารสกัดลูกหม่อนนั้นนอกจากจะมีสมบัติที่ดีต่อสุขภาพและการป้องกันโรคได้มากมายแล้ว จากผลการทดสอบข้างต้นที่นำลูกหม่อนที่ผลิตในประเทศไทยมาทดสอบเพิ่มเติมเพื่อแสดงศักยภาพด้านอื่น ๆ เช่น การช่วยลดการสร้างเม็ดสีเมลานิน การป้องกันอันตรายจากอนุมูลอิสระต่าง ๆ และรังสียูวี การชะลอการเสื่อมสภาพของเซลล์ การกระตุ้นการฟื้นฟูเซลล์เพื่อฟื้นฟูร่างกายใหม่ นอกจากนี้ สารแอนโทไซยานินยังสามารถดูดซึมได้ดีในลำไส้ ทำให้เห็นว่าสารสกัดลูกหม่อนนี้มีคุณประโยชน์มากมาย เหมาะที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Lee S.H, Jeong E, Paik S.S, Jeon J.H, Jung S.W, Kim H.B, Kim M, Chun M.H, Kim, I.B. Cyanidin-3-glucoside extracted from mulberry fruit can reduce N-methyl-N-nitrosourea-induced retinal degeneration in rats. Current Eye Research. 2014; 39(1): 79–87.

Li P, Feng D, Tian L, Yang D, Jiang X, Li X, Bai W. Protective effects of anthocyanins on neurodegenerative diseases. Trends in Food Science & Technology. 2021; 117: 205–217.

Mozos I, Flangea C, Vlad D.C, Gug C, Mozos C, Stoian D, Luca C.T, Horbanczuk J.O, Horbanczuk O.K, Atanasov A.G. Effects of Anthocyanins on Vascular Health. Biomolecules. 2021; 11:1-22.

Palungwachira P, Tancharoen S, Phruksaniyom C, Klungsaeng S, Srichan R, Kikuchi K, Nararatwanchai T. Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Anthocyanins Extracted from Oryza sativa L. in Primary Dermal Fibroblasts. Oxid Med Cell Longev. 2019; 00: 1-18.

Sarikaphuti A, Nararatwanchai T, Hashiguchi T, Ito T, Thaworanunta S, Kikuchi K, Oyama Y, Maruyama I, Tancharoen S. Preventive effects of Morus alba L. anthocyanins on diabetes in Zucker diabetic fatty rats. Experimental And Therapeutic Medicine. 2013; 06: 689-695.

ประเทศไทย พ.ศ. ๒๕๖๘-๒๕๗๗ : ฉากทัศน์การเปลี่ยนผ่านสู่ยุค AGI

วรศักดิ์ กนกนุกุลชัย

ราชบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตสภา, worsak@gmail.com

ภาพที่ ๑ ภาพแสดงศักยภาพของ AGI ในการทำกิจกรรมต่างๆได้เหมือนมนุษย์

๑. บทนำ

มนุษยชาติกำลังยืนอยู่บนจุดเปลี่ยนระเบียบสังคม เศรษฐกิจ และวิถีการดำเนินชีวิต เมื่อเข้าใกล้จุดกำเนิดปัญญาประดิษฐ์ทั่วไป (Artificial General Intelligence - AGI) [๑] ซึ่งจะเข้ามาขับเคลื่อนโลกยุคใหม่อันเต็มไปด้วยโอกาสและความท้าทายที่ไม่เคยมีมาก่อนในประวัติศาสตร์มนุษยชาติ เมื่อเทียบกับปัญญาประดิษฐ์แบบเฉพาะทาง (Artificial Narrow Intelligence - ANI) ที่เกิดขึ้นแล้ว เช่น AI เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) ที่ออกแบบมาเพื่อทำงานเฉพาะด้าน

โดยนิยามแล้ว AGI ถือเป็น AI ที่มีปัญญาเทียบเท่าหรือเหนือกว่ามนุษย์ และสามารถทำกิจกรรมได้อย่างหลากหลายเหมือนที่มนุษย์ทำได้ (ภาพที่ ๑) นอกจากนี้ AGI ยังสามารถเรียนรู้และพัฒนาตัวเองให้เก่งขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยตัวเองได้ ความได้เปรียบของ AGI อยู่ที่ความเร็วในการประมวลผลเชิงปัญญา (Cognitive Processing) เหนือกว่ามนุษย์อย่างเทียบกันไม่ได้ และมีปริมาณข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มากกว่าข้อมูลที่มนุษย์จำได้ในสมองนับเป็นล้านๆเท่า การเกิดของ AGI จะนำไปสู่ระบบเศรษฐกิจแบบใหม่ในโลกอนาคต ที่ไม่

ต้องอาศัยแรงงานและสมองของมนุษย์ แต่อาศัยเครื่องจักรที่ขับเคลื่อนด้วย AGI ซึ่งจะมีประสิทธิภาพเหนือกว่ามนุษย์โดยสิ้นเชิง

เพื่อให้เข้าใจสถานะของ AI ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต เราจะแบ่งพัฒนาการของ AI เป็น ๖ ระดับ ได้แก่ (๑) AI ที่ทำงานโดยอัตโนมัติตามขั้นตอนวิธี (algorithm) (๒) AI ที่เข้าใจบริบท (๓) AI ที่เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน (๔) AI เชิงสร้างสรรค์ หรือ Generative AI (๕) AI ในระดับวิวัฒนาการสู่ AGI และ (๖) AI หลังระดับ AGI ปัจจุบันเรากำลังก้าวผ่านขั้นตอนที่ (๔) และนักพัฒนา AI ส่วนใหญ่เชื่อกันว่า AGI น่าจะมาถึงภายใน พ.ศ. ๒๕๗๓ นี้

เอกสาร “สมุดปกขาว” ฉบับนี้ ต้องการนำเสนอฉากทัศน์ที่เป็นไปได้ในการเปลี่ยนผ่านประเทศไทยสู่ระบบเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วย AGI -หลังแรงงานมนุษย์ (Post-Labor Economy) [๒, ๓] ทั้งนี้ก็เพื่อให้เห็นถึงความท้าทายและโอกาสสำคัญที่มาพร้อมกับ AGI ภายในช่วง ๑๐ ปี (พ.ศ. ๒๕๖๘-๒๕๗๗) นับจากปีนี้ไป นอกจากนี้ ผู้นิพนธ์ยังมุ่งหมายที่จะนำเสนอแนวคิดในการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อนนี้ เพื่อให้ประเทศไทยสามารถได้ประโยชน์จาก AGI ในขณะที่ลดความเสี่ยงที่อาจมีผลอย่างยิ่งยวดต่อประชาคม เศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคงของประเทศ

๒. ระยะการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจหลังแรงงานมนุษย์

- **ระยะที่ ๑ : การเปลี่ยนผ่านสู่การผลิตและการให้บริการด้วยระบบอัตโนมัติ**

ในระยะแรกของการเปลี่ยนผ่าน ระบบอัตโนมัติจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว องค์กรในภาคธุรกิจต่าง ๆ จำเป็นต้องหันมาใช้ระบบอัตโนมัติมากขึ้นเพื่อความอยู่รอด มิฉะนั้นก็ต้องเสี่ยงต่อการปิดตัวลงเพราะไม่สามารถแข่งขันได้ ผลจากทั้ง ๒ กรณีก็คือ การใช้แรงงานและแรงสมองของมนุษย์ในการผลิตสินค้าและให้บริการจะลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อระบบอัตโนมัติที่ขับเคลื่อนโดย AI มีความสามารถมากยิ่งขึ้น มนุษย์ทำงานส่วนใหญ่ก็ยิ่งจะต้องเผชิญกับความท้าทายใหม่นี้ ทางออกทางหนึ่งก็คือต้องดิ้นรนพัฒนาทักษะใหม่เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับ AI ได้ ระยะเวลานี้จึงนับเป็นจุดเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญที่สุดสำหรับมนุษย์เงินเดือนทุกระดับ

- **ระยะที่ ๒ : ระบบเศรษฐกิจที่อลหม่านก่อนปรับสู่จุดสมดุล**

ระยะที่ ๒ การปรับเปลี่ยนของระบบเศรษฐกิจทุนนิยมที่มนุษย์คุ้นเคยเริ่มชัดเจนขึ้น เมื่อพัฒนาการด้าน AI เข้าใกล้ AGI จะเกิดความโกลาหลในระบบเศรษฐกิจระดับโครงสร้าง เมื่อประชากรไร้งานทำมากขึ้นและขาดรายได้ รัฐจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่จะต้องสร้างตาข่ายความปลอดภัยทางสังคม (Social Safety Net) วิธีการอย่างหนึ่งที่อภิปรายกันมากมายได้แก่การที่รัฐจัดให้มี “เบี้ยยังชีพถ้วนหน้า” (Universal Basic Income – UBC) [๔, ๕] สำหรับประชากรทุกกลุ่มโดยไม่เลือกสถานะ ในเบื้องต้นอาจจัดเก็บภาษีเพิ่มขึ้น แต่กลไกนี้ใช้ได้ไม่นานก็จะเกิดอุปสรรค องค์กรธุรกิจต่าง ๆ ที่เคยจ่ายภาษีอาจต้องปิดตัวลง เพราะขาดความสามารถในการแข่งขัน สุดท้ายรัฐต้องขอรับทุนช่วยเหลือจากประเทศที่ร่ำรวยจากระบบผลิตอัตโนมัติที่ขับเคลื่อนด้วย AI ซึ่งอาจทำให้เกิดการสร้างเงินตราโลก (World Currency) และทำให้กระทบกระเทือนต่อสกุลเงินตราในประเทศ

ในระยะนี้ เราจะเห็นการล่มสลายของราคาสินค้าเพราะอุปทานที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากประสิทธิภาพของการผลิตที่เพิ่มขึ้นและพลังงานที่ถูกลง อันเป็นผลพวงของ AGI โดยเฉพาะสินค้าอุปโภคบริโภคที่โถมเข้ามาจากประเทศที่มีความก้าวหน้าทาง AI ซึ่งมีต้นทุนลดลงจนแทบจะไม่มีราคา ในขณะที่สินค้าฟุ่มเฟือย ตลอดจนอสังหาริมทรัพย์ แม้จะมีมูลค่าสูงแต่สภาพคล่องต่ำ เพราะขาดแรงซื้อภายในประเทศ จนที่ดินในประเทศอาจถูกชาวต่างชาติที่มีทุนเหลือเฟือเข้ามาครอบครอง

ในขณะเดียวกัน การลงทุนภาคพลังงานจะเพิ่มขึ้นอย่างเร่งด่วนเพื่อรองรับความต้องการใช้พลังงานมหาศาลในการฝึกฝนและการประยุกต์ใช้ AGI โดยเชื่อกันว่า AGI จะสามารถพัฒนาแหล่งพลังงานสะอาดอย่างเหลือเฟือ จากแสงอาทิตย์และนิวเคลียร์ฟิวชัน (nuclear fusion) ประสิทธิภาพของการเก็บเกี่ยวพลังงานแสงอาทิตย์ในปัจจุบัน ซึ่งทำได้เพียงร้อยละ ๐.๐๑ จะเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดด ทำให้แหล่งผลิตพลังงานสามารถกระจายไปสู่ดินแดนต่าง ๆ ที่ห่างไกลความเจริญและแม้แต่ในท้องถิ่นที่กันดาร และอาจส่งผลให้แหล่งพัฒนาและศูนย์ข้อมูล AGI สามารถกระจายไปตามแหล่งต่าง ๆ ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วทุกมุมโลก

- **ระยะที่ ๓ : การปรับเปลี่ยนครั้งใหญ่ของโครงสร้างหลักในสังคม**

ระบบการศึกษา ซึ่งเริ่มมาตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ ๑๙ มีเป้าหมายเดิม คือ เพื่อผลิตบุคลากรสำหรับตอบสนองการปฏิวัติอุตสาหกรรม และเพื่อเปิดโอกาสให้มนุษย์สามารถไต่เต้าขยับสถานะทางสังคม (Social Mobility ได้ แต่ในยุคระบบเศรษฐกิจที่ไม่ต้องใช้แรงงานมนุษย์ ใบปริญญาบัตรจะไม่สามารถใช้เป็นกุญแจสู่ความสำเร็จในวิชาชีพได้ ทำให้มนุษย์ไม่มีโอกาสไต่เต้าขยับสถานะทางสังคมได้อีกต่อไป เป้าหมายการศึกษาในอนาคตจึงต้องเปลี่ยนไป โดยมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพของมนุษย์ให้มีความรอบรู้และมีทักษะในการปรับตัวเพื่อให้สามารถใช้ชีวิตร่วมกับ AGI ได้อย่างมีความสุข อีกทั้งในด้านสาธารณสุข คาดว่า AGI จะช่วยให้ค้นพบนวัตกรรมทางการแพทย์ใหม่ ๆ ในการป้องกันและรักษาโรค ทำให้อายุขัยโดยเฉลี่ยของมนุษย์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ปัญหาความแออัดในเมืองอย่างเช่นกรุงเทพมหานครก็อาจคลี่คลายลง จากแนวโน้มสำคัญของการ “กลับสู่ชนบท” (Ruralization) ของประชากรในเมือง ซึ่งขับเคลื่อนโดย **“การประชาภิวัตน์”** (Democratization) ของ AI ด้วยความสำคัญที่ลดลงของสถานที่ทำงานทางกายภาพ และแรงดึงดูดจากคุณภาพชีวิตในชนบทที่ดีกว่า ประกอบกับความเหลื่อมล้ำที่ลดลงระหว่างเมืองกับชนบท ไม่ว่าจะเป็นการเข้าถึงทรัพยากรหรือการบริการของรัฐ ผลลัพธ์คือการกระจายตัวของประชากรในประเทศไทยที่เข้าใกล้สมดุลมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการฟื้นฟูชนบทและลดความแออัดในเมือง

- **ระยะที่ ๔ : นิยามใหม่ของความหมายแห่งชีวิต**

ในระยะที่ ๔ ซึ่งเป็นระยะสุดท้าย การเปลี่ยนผ่านจะนำไปสู่โลกแห่งความอุดมสมบูรณ์ โดยที่ AGI สามารถตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์อย่างเหลือเฟือ ไม่ว่าจะเป็นอาหาร ที่อยู่อาศัย การสาธารณสุข หรือการศึกษา ตามแนวคิดความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ของ Maslow [๖] จนมนุษย์ทุกคนสามารถก้าวข้ามความต้องการทางกายภาพและความปลอดภัยขั้นพื้นฐานได้ เป้าหมายสุดท้ายคือการบรรลุศักยภาพของตนเอง ซึ่งถือเป็นความสมบูรณ์แห่งชีวิต (Self-Actualization)

ในระยะนี้ ด้วยสมมติฐานว่ามนุษย์สามารถพัฒนากลไกที่จะกำกับพัฒนาการของ AGI ให้อยู่ในกรอบได้ รูปแบบใหม่ ๆ ของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับ AGI จะเกิดขึ้น โดยเน้นที่ความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ เราอาจเห็นความก้าวหน้าในเทคโนโลยีการเสริมสร้างศักยภาพด้านชีวภาพของมนุษย์ ซึ่งจะทำให้เส้นแบ่งระหว่างความสามารถของมนุษย์กับเครื่องจักรเลือนรางไป และเชื่อกันว่า AGI จะเป็นเครื่องมือช่วยแก้ปัญหาแนวโน้มระดับโลก (Global Megatrends) ที่สะสมจากกิจกรรมมนุษย์ในอดีต เช่น ปัญหาโลกร้อน ปัญหาความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ AGI จะมีศักยภาพในการสนองความทะเยอทะยานของมนุษย์ที่ต้องการเดินทางไปตั้งถิ่นฐานใหม่ในดินแดนอื่น ๆ นอกโลก

๓. การรับมือกับความท้าทายและโอกาสของประเทศไทย

เมื่อโลกก้าวเข้าสู่อนาคตที่ขับเคลื่อนด้วย AGI มนุษย์จะเผชิญกับภูมิทัศน์ของวิถีการดำเนินชีวิตที่ไม่เคยมีมาก่อนในประวัติศาสตร์มนุษยชาติ ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปด้วยความเร็วสูงขึ้นเรื่อย ๆ เป็นทวีคูณ พัฒนาการนี้จึงเต็มไปด้วยความท้าทายและโอกาส ความรวดเร็วในการตัดสินใจเชิงยุทธศาสตร์จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดสำหรับประเทศต่าง ๆ ที่ต้องการความพร้อมในการรับมือกับความท้าทาย และในการรองรับผลพวงอันยิ่งใหญ่ของพัฒนาการนี้

การเตรียมพร้อมที่สำคัญที่สุดสำหรับโลกยุค AGI คือการนำตัวเองให้หลุดพ้นจากกรอบพันธนาการของอดีต การสังคายนากฎหมายและระเบียบข้อบังคับต่าง ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้นเองในบริบทของอดีตจึงเป็นเงื่อนไขที่สำคัญมาก เพื่อไม่ให้อนาคตของประเทศต้องติดกับดักของอดีต จนไม่สามารถก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก ท้ายที่สุดเชื่อกันว่า สัญญาประชาคม (Social Contract) ที่สังคมมนุษย์ได้พัฒนาตั้งแต่อดีตกาล ซึ่งเป็นตัวกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างรัฐ เศรษฐกิจ สังคม และพลเมือง จะต้องถูกนิยามใหม่ทั้งหมดโดยสิ้นเชิง เนื่องจากต้องควบรวม AI เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งในสมการด้วย

ภูมิทัศน์ด้านความมั่นคงของประเทศจะเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อระบบต่าง ๆ เชื่อมโยงกันมากขึ้นและพึ่งพา AI มากขึ้น เราจะเผชิญกับความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางไซเบอร์ใหม่ ๆ ซึ่งอาจทวีความรุนแรงมากขึ้น ศักยภาพของสงครามในอนาคตที่ขับเคลื่อนด้วย AGI ในรูปแบบใหม่ที่ยังเป็นปริศนา ทำให้ทุกประเทศต้องคิดใหม่ทำใหม่เกี่ยวกับกลยุทธ์ด้านความมั่นคง โดยก้าวข้ามกลยุทธ์การป้องกันประเทศที่อาศัยกำลังพลมนุษย์แบบดั้งเดิม เปลี่ยนมาเป็นยุทธศาสตร์สร้างความร่วมมือกับนานาชาติแทน

ในเวทีโลก ประเทศที่ขาดขีดความสามารถด้าน AGI อาจพบว่า ตนเองต้องพึ่งพา “มหาอำนาจโลก” AI ที่ได้ผลพวงอย่างใหญ่หลวงจากการพัฒนา AGI มากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะกรณีที่ประเทศเหล่านี้ต้องแบมือรับเงินสนับสนุน "เบี้ยยังชีพพื้นฐานถ้วนหน้า" จากประเทศอื่นเพื่อนำมาเลี้ยงประชาชนในประเทศตนในการดำรงชีวิต เมื่อรัฐไม่สามารถดูแลพลเมืองของตนได้ ย่อมทำให้ความเป็นอธิปไตยของประเทศเสื่อมถอยลง ซึ่งอาจนำสู่สถานการณ์สุดขั้ว ที่ประเทศส่วนใหญ่ในโลกอาจกลายเป็นอาณานิคมสมัยใหม่ของประเทศมหาอำนาจโลก AI ไม่กี่ประเทศ และสุดท้ายอาจนำไปสู่ภูมิรัฐศาสตร์โลกใหม่ที่พรมแดนระหว่างประเทศจะค่อยๆเลือนหายไป ปรากฏการณ์นี้อาจส่งผลทำให้เกิด"โลกยูโทเปีย (Utopia)" ซึ่งเป็นโลกในอุดมคติที่สมบูรณ์แบบ ที่มนุษย์อยู่ร่วมกันอย่างสงบสุขโดยความต้องการทุกอย่างได้รับการตอบสนอง เปรียบได้กับโลกยุคพระศรีอาร ย์

ในพุทธศาสนา หรืออาจเป็น "โลกดิสโทเปีย (Dystopia)" ซึ่งเป็นโลกที่เลวร้ายเต็มไปด้วยการถูกกดขี่และอยู่อย่างทุกข์ทรมาน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับว่า มหาอำนาจโลก AI จะปฏิบัติต่อประเทศที่ด้อยเทคโนโลยี AI อย่างไร

๔. บทสรุป

แนวคิดเศรษฐกิจหลังยุคแรงงานมนุษย์ได้เสนอรูปแบบเศรษฐกิจใหม่ที่แรงงานมนุษย์ส่วนใหญ่ถูกแทนที่ด้วย AI และระบบอัตโนมัติ สิ่งนี้อาจนำไปสู่ความอุดมสมบูรณ์อย่างล้นเหลือของสินค้าและบริการ ซึ่งอาจส่งผลให้ราคาสินค้าในอุตสาหกรรมหลายประเภทลดลงอย่างรุนแรง และทำให้เกิดความจำเป็นในการคิดใหม่เกี่ยวกับโครงสร้างทางเศรษฐกิจและสัญญาประชาคม

การเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วย AGI จะนำไปสู่ความท้าทายที่ซับซ้อน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อทุกภาคส่วนของสังคม ตั้งแต่ระดับปัจเจกบุคคลไปจนถึงสถาบันหลักต่าง ๆ ความสำเร็จในการเปลี่ยนผ่านครั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพยายามร่วมกันของภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาสังคม แม้ว่าเส้นทางข้างหน้าจะเต็มไปด้วยความไม่แน่นอนและความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น กุญแจสำคัญในการนำทางการเปลี่ยนแปลงนี้อยู่ที่การเตรียมพร้อมสำหรับทุกสถานการณ์และการรักษาความยืดหยุ่น เพื่อให้มั่นใจถึงอนาคตที่มั่นคงและยั่งยืนในยุค AGI

สำหรับประเทศไทย การเปลี่ยนผ่านนี้ต้องการมากกว่าเพียงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี แต่ยังต้องการการเปลี่ยนแปลงกระบวนทัศน์ ความเข้าใจมากขึ้น และการยอมรับ AI อย่างกว้างขวางทั้งในภาครัฐและเอกชน การหลุดพ้นจากวงจรอุบาทว์ทางการเมืองน่าจะเป็นก้าวแรกที่สำคัญ เพื่อให้ได้มาซึ่งผู้นำที่มีศักยภาพ เสถียรภาพและวิสัยทัศน์กว้างไกล นอกจากนี้ สังคมไทยต้องปรับมุมมองให้เป็นสากล ยอมรับแนวคิดที่กล้าหาญ และส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศ เพื่อให้ประเทศไทยมีบทบาทในเวทีโลก หากปราศจากความพยายามเหล่านี้ ประเทศไทยจะเสี่ยงต่อ “การตกรถด่วนขบวนสุดท้าย” หมดโอกาสในการยืนอยู่บนลำแข้งของตนเองได้

เอกสารอ้างอิง

Baig, A., Berruti, F., Ellencweig, B., Lewandowski, D., Roberts, R., Singla, A., Smaje, K., Sukharevsky, A., Tilley, J., & Zemmel, R. (๒๐๒๓, May ๑๗). What is Artificial General Intelligence (AGI)? McKinsey & Company. Retrieved September ๖, ๒๐๒๔, from https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-artificial-general-intelligence-agi

Shapiro, D. (๒๐๒๓, August ๗). The challenges and opportunities of a post-labor economy. New Atlas. Retrieved September ๖, ๒๐๒๔, from https://newatlas.com/technology/post-labor-economics-shapiro/

WorkMind. (๒๐๒๓, December ๑๘). How to prepare for a post-AGI world [Video]. YouTube. Retrieved September ๖, ๒๐๒๔, from https://www.youtube.com/watch?v=pWlcEVDrjzo

United Nations Development Programme (UNDP). (๒๐๑๗, December). Universal basic income: A working paper. Retrieved September ๖, ๒๐๒๔, from https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/cn/UNDP-CH-Universal-Basic-Income-A-Working-Paper.pdf

Klein, E. (๒๐๒๐, July ๑๕). The deep and enduring history of universal basic income. MIT Press Reader. Retrieved September ๖, ๒๐๒๔, from https://thereader.mitpress.mit.edu/the-deep-and-enduring-history-of-universal-basic-income/

McLeod, S. (๒๐๒๓). Maslow's hierarchy of needs. Simply Psychology. Retrieved September ๖, ๒๐๒๔, from https://www.simplypsychology.org/maslow.html

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