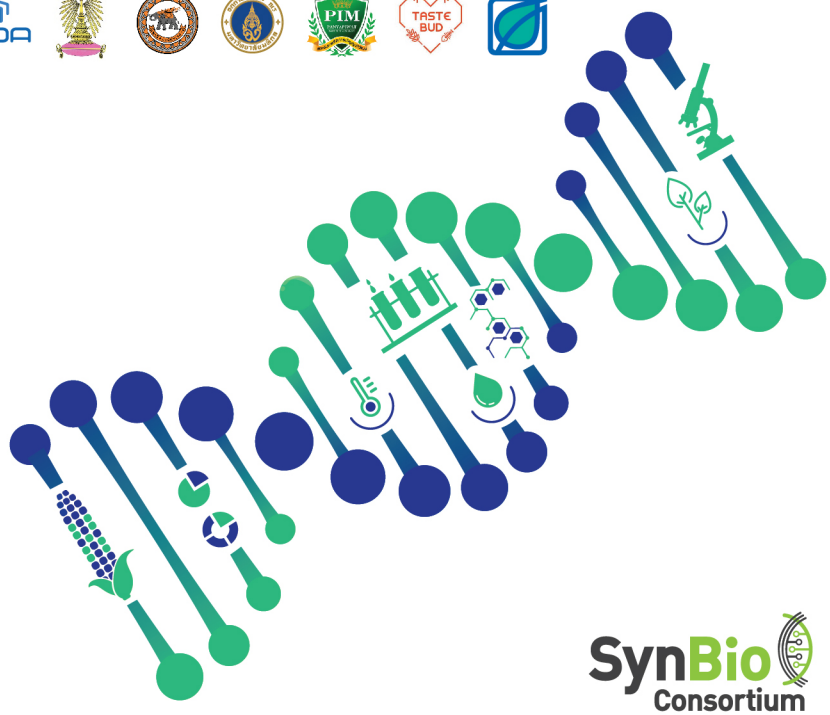
THAILAND
SYNTHETIC BIOECONOMY
OUTLOOK AND KEY MILESTONES

SynBio Consortium

THAILAND
SYNTHETIC BIOECONOMY
OUTLOOK AND KEY MILESTONES



SynBio Consortium

THAILAND
SYNTHETIC BIOECONOMY
OUTLOOK AND KEY MILESTONES

สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2564 ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537
ไม่อนุญาตให้คัดลอก ทำซ้ำ และดัดแปลงส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือฉบับนี้
นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์ท่านั้น

สารบัญ

SynBio ศาสตร์ใหม่กู้โลกในศตวรรษที่ 21 04
ดร. ภาคภูมิ ทรัพย์สุนทร

ความก้าวหน้าของ SynBio ความคาดหวัง และข้อกังวลของเทคโนโลยี 12
ดร. ภาคภูมิ ทรัพย์สุนทร

เทคโนโลยี SynBio และการใช้ประโยชน์ 26
ศาสตราจารย์ ดร. อลิสา วังใน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ป้วย อุ่นใจ

การกำกับดูแลความปลอดภัยทางชีวภาพของชีววิทยาสังเคราะห์ 42
ดร. ชาลินี คงสวัสดิ์

แผนยุทธศาสตร์นวัตกรรม SynBio ของประเทศไทย 56
ดร. ก่อศักดิ์ โตวรรธกวณิชย์
พัชรินทร์ บุญเอี่ยม
มณฑา ไก่หิรัญ

1

SynBio ศาสตร์ใหม่กู้โลกในศตวรรษที่ 21

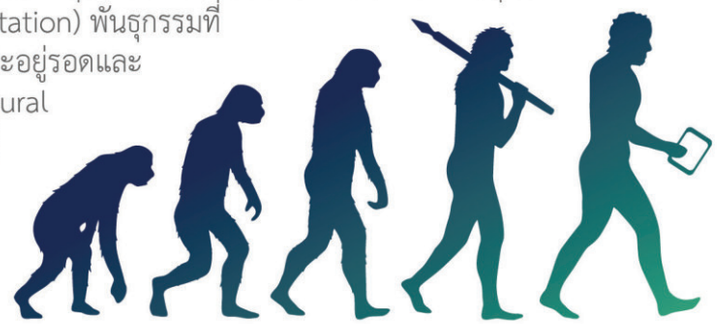
ดร. ภาคภูมิ ทรัพย์สุนทร

ท่ามกลางวิกฤติทรัพยากรของโลกที่เหลืออยู่อย่างจำกัด ในยุคปัจจุบัน Synthetic Biology (SynBio) หรือ ชีววิทยาสังเคราะห์ คือ คลื่นลูกใหม่ของศาสตร์แห่งพันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering) ที่วิวัฒนาการขึ้นเพื่อตอบโจทย์และแก้ไขปัญหาของโลกยุคใหม่ โดยเป็นการบูรณาการศาสตร์หลากหลายแขนง ทั้งชีววิทยา วิศวกรรม พันธุกรรม เคมีและวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ที่จะเข้ามาพลิกโฉมและเปลี่ยนแปลงโลกศตวรรษหน้าในวงการต่างๆ เช่น การแพทย์ การเกษตร สิ่งแวดล้อม และการผลิตเชิงอุตสาหกรรม อันจะเป็นประโยชน์อย่างมหาศาลในศตวรรษหน้า ทั้งด้านการเกษตร อาหารและยา หรือการผลิตวัสดุเพื่อทดแทนทรัพยากรโลกที่เหลืออยู่อย่างจำกัด

สิ่งมีชีวิตบนโลกเปลี่ยนผ่านการปฏิวัติครั้งใหญ่มาถึง 4 ครั้ง ตามการกำเนิดของกลไกใหม่ในการสืบทอดและปรับเปลี่ยนพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ดังนี้

1. การวิวัฒนาการตามธรรมชาติ

คือกลไกแรกเริ่มของสิ่งมีชีวิตบนโลกที่ถือกำเนิดขึ้นเมื่อสี่พันล้านปีก่อน เป็นการส่งถ่ายข้อมูลพันธุกรรมจากรุ่นสู่รุ่นผ่านการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ มีความหลากหลายพันธุกรรม ซึ่งเกิดจากการกลายพันธุ์ (Mutation) พันธุกรรมที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม โดยจะอยู่รอดและถูกคัดเลือกโดยธรรมชาติ (Natural Selection) ให้ส่งพันธุกรรมสู่รุ่นต่อไป กลไกนี้เป็นที่มาของจุลินทรีย์ พืช สัตว์ ฯลฯ ทั้งหลายในธรรมชาติ รวมทั้งมนุษย์เราด้วย



2. การผสมคัดเลือกพันธุ์โดยมนุษย์ (Selective Breeding)

คือกลไกที่สิ่งมีชีวิตยังคงส่งถ่ายข้อมูลพันธุกรรมจากรุ่นสู่รุ่นผ่านการสืบพันธุ์ แต่มนุษย์เป็นผู้คัดเลือกว่าสิ่งมีชีวิตตัวไหน ลักษณะใด จะได้สืบพันธุ์ต่อไป ในยุคนี้มนุษย์ยังไม่ได้เข้าไปยุ่งเกี่ยวกับสารพันธุกรรมโดยตรง เพียงแต่คัดเลือกสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะดีมาเป็นพ่อพันธุ์แม่พันธุ์รุ่นต่อไปเท่านั้น ด้วยวิธีนี้มนุษย์สามารถกำหนดทิศทางของวิวัฒนาการให้ได้สิ่งมีชีวิตแบบที่เราต้องการ และใช้วิธีนี้ตั้งแต่เราเริ่มทำการเกษตรราวหมื่นปีก่อน ก่อกำเนิดพืช สัตว์ จุลินทรีย์ทั้งหลายที่เราเลี้ยงในฟาร์มหรือที่บ้าน กลไกนี้แม้จะทำให้เราสร้างสรรค์สิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ได้มากมายขึ้น แต่ก็ใช้เวลานานในการผสมคัดเลือก นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดว่ามนุษย์สามารถคัดสรรและผสมพันธุ์สิ่งมีชีวิตภายในสปีชีย์เดียวกันเท่านั้น

3. พันธุวิศวกรรม ตัดต่อดีเอ็นเอข้ามสิ่งมีชีวิต (Recombinant DNA)

เป็นการเปลี่ยนแปลงกลไกครั้งใหญ่ของมนุษย์ในยุค 1970s ที่มนุษย์สามารถปรับเปลี่ยนพันธุกรรมสิ่งมีชีวิตคนละชนิดได้ เช่น การใช้ยีนฮอร์โมนของมนุษย์ใส่ในแบคทีเรียเพื่อให้ผลิตฮอร์โมนในทางการแพทย์ หรือการใช้ยีนพิษจากแบคทีเรียใส่พืชให้มีฤทธิ์ต้านแมลง นับเป็นครั้งแรกที่มนุษย์เข้าไปจัดการกับข้อมูลในสารพันธุกรรมโดยตรง และเป็นจุดกำเนิดวงการและธุรกิจไบโอเทค เอนไซม์ วัคซีน ยาต่างๆ ที่ใช้ในการแพทย์และอุตสาหกรรมแทบทั้งหมด ตลอดจน พืช GMO ต่างๆ ล้วนพัฒนามาจากกระบวนการนี้

แก้ไขข้อมูลพันธุกรรมได้แม่นยำ ด้วย Genome Editing

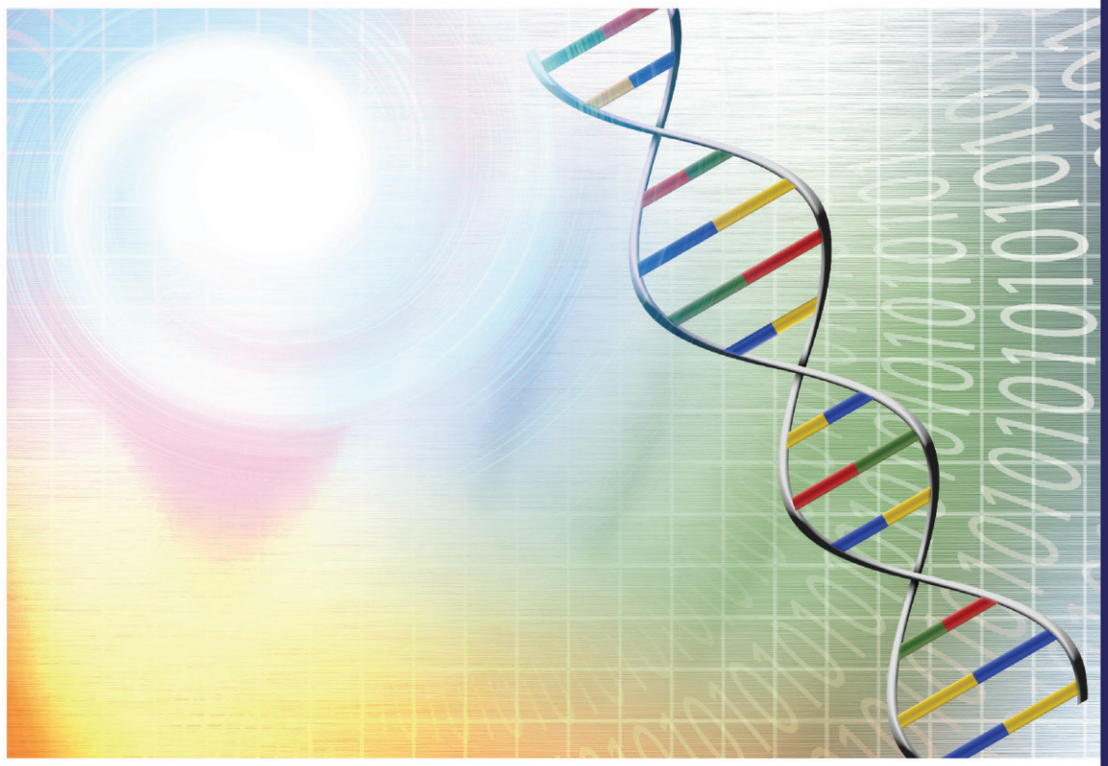
หากงาน Recombinant DNA เปรียบเสมือนกรรไกรหรือกาวที่ใช้แก้ไขข้อมูลพันธุกรรมด้วยการตัดแปะ งาน Genome Editing หรือการปรับแก้จีโนมแบบจำเพาะตำแหน่งที่เกิดขึ้นในช่วงปี 1980s ก็เปรียบได้กับดินสอหรือยางลบที่ใช้แก้ไขข้อมูลพันธุกรรมได้โดยตรง มนุษย์สามารถแก้ไขจุดที่ผิดได้แม่นยำขึ้นและมีผลกระทบน้อยลง วิธีนี้อาจไม่ต้องตัดต่อดีเอ็นเอข้ามสิ่งมีชีวิต แต่เป็นการปรับเพิ่ม ลด เปลี่ยนแปลงลำดับเบสบางตัวในจีโนมไปจากเดิม ในยุคแรกเทคนิคนี้ยังทำได้ยาก ล่าช้า และราคาแพง แต่เทคนิคยุคหลังโดยเฉพาะ CRISPR/Cas ซึ่งเพิ่งมาช่วงปี 2013 บวกกับข้อมูลจีโนมที่เพิ่มขึ้นมากในช่วงหลัง ทำให้เทคนิคนี้ง่ายขึ้น รวดเร็ว และราคาถูกลงมาก และได้รับความนิยมในช่วงไม่กี่ปีมานี้ ความละเอียดขั้นเทพที่ได้จากงาน Genome Editing ทำให้วงการพันธุวิศวกรรมกลับมาคึกคักกันอีกครั้ง เช่น วงการแพทย์เริ่มวิจัยงานยีนบำบัด (Gene Therapy) ด้วยการตัดต่อยีนที่ใช้ได้แทนยีนที่เสียไปในผู้ป่วยโรคพันธุกรรม [Friedmann 1992] โดยในขณะนี้มีงานยีนบำบัดหลายสิบชิ้นอยู่ในขั้นตอน Clinical Trials ในด้านวงการเกษตร Genome Editing ทำให้เราก้าวข้ามปัญหา GMO ยุคแรก ที่ผู้บริโภคกังวลเรื่องการตัดต่อยีนข้ามสิ่งมีชีวิต (Transgenics) คราวนี้เราลงไปแก้ลำดับเบสได้ตรงจุดและแนบเนียนกว่า บอกความแตกต่างจากการกลายพันธุ์ที่เกิดตามธรรมชาติแทบไม่ได้เลย

วิศวกรรมสิ่งมีชีวิตก้าวข้ามสู่โลกยุคดิจิทัลด้วยเทคโนโลยี DNA Synthesis การสังเคราะห์ดีเอ็นเอ

ยุค 1980s เป็นช่วงเริ่มต้นของเทคโนโลยีการสังเคราะห์ดีเอ็นเอด้วยกระบวนการทางเคมี (DNA Synthesis) ทำให้เราไม่ต้องถูกจำกัดอยู่แต่ข้อมูลพันธุกรรมในดีเอ็นเอที่สกัดแยกได้จากสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติอีกต่อไป เราสามารถอ่านข้อมูลและสังเคราะห์ชิ้นดีเอ็นเอที่ใหญ่ขึ้นและซับซ้อนมากขึ้น โดยสังเคราะห์ดีเอ็นเอที่มีลำดับเบสใดก็ได้ตามที่เราต้องการ ด้วยการสังเคราะห์ดีเอ็นเอร่วมกับเทคโนโลยีการอ่านลำดับเบสดีเอ็นเอ (DNA Sequencing) ทำให้งานวิศวกรรมสิ่งมีชีวิตเริ่มก้าวข้ามสู่โลกดิจิทัล จากเดิมที่เราทำได้เพียงตัดต่อยีนจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังอีกสิ่งมีชีวิตหนึ่ง เทคโนโลยี DNA Sequencing และ DNA Synthesis ทำให้เราสามารถอ่านลำดับเบสจากยีนที่น่าสนใจของสิ่งมีชีวิตตัวหนึ่งออกมาเก็บไว้ในรูปข้อมูลไฟล์ดิจิทัล สามารถปรับแก้ ส่งต่อ และบันทึกข้อมูลพันธุกรรมนี้เหมือนไฟล์ดิจิทัลทั่วไป และนำข้อมูลดิจิทัลนี้มาสังเคราะห์เป็น DNA จริง เพื่อนำไปใส่ในสิ่งมีชีวิตอีกตัวหนึ่งได้ โดยหลังปี 2000s ยังมีอีกหนึ่งก้าวกระโดดที่สำคัญมากของวงการพันธุวิศวกรรม คือ เทคโนโลยีการสังเคราะห์จีโนมขึ้นมาใหม่ทั้งชิ้น (Whole Genome Synthesis) (Cello et al, 2002)

4. พันธุวิศวกรรมในโลกดิจิทัลอย่างสมบูรณ์ (Bio-Digital Evolution)

กลไกนี้สร้างจุดเปลี่ยนครั้งสำคัญทั้งของวงการไบโอเทคและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในโลกนี้ เทคโนโลยีหลักสองอย่างที่เป็นหัวใจของกลไกนี้คือ Genome Sequencing การแปลงข้อมูลจากสารพันธุกรรมจากทั้งจีโนมเป็นไฟล์ข้อมูลดิจิทัล และ Genome Synthesis การใช้ข้อมูลจากไฟล์ดิจิทัลในการสังเคราะห์สารพันธุกรรมทั้งจีโนม เปรียบได้กับก่อนหน้านี้พันธุกรรมถูกส่งผ่านได้แต่ทาง “กายหยาบ” หรือสารพันธุกรรมผ่านการสืบพันธุ์หรือตัดต่อ กลไกที่สี่นี้จะเป็นครั้งแรกที่เราสามารถส่งข้อมูลพันธุกรรมผ่าน “กายละเอียด” หรือไฟล์ดิจิทัลบรรจุข้อมูลพันธุกรรม เราสามารถเก็บ (Storage) ข้อมูลพันธุกรรมดิจิทัลบนระบบจัดเก็บข้อมูลต่างๆ หรือ internet cloud และส่งต่อ (Transmission) ข้อมูลพันธุกรรมดิจิทัลนี้ผ่านสื่อได้หลากหลายช่องทาง นอกจากนี้ยังสามารถออกแบบไฟล์นี้ใหม่ตามใจ (Rational Design) หรือจำลองวิวัฒนาการ (Simulated Evolution) ในโลกดิจิทัลด้วยอัตราเร็วกว่าวิวัฒนาการจริงหลายพันล้านเท่าในจักรวาล เสมือนหลายร้อยล้านแบบไปพร้อมกัน และสามารถนำข้อมูลพันธุกรรมในไฟล์ดิจิทัลนี้กลับลงมา “จุติ” ในกายหยาบด้วยการสังเคราะห์จีโนม (Genome Synthesis) เพื่อสร้างเป็นสิ่งมีชีวิตตัวเป็นๆ ในโลกแห่งความจริง



กลไกนี้ได้เริ่มทำสำเร็จครั้งแรกปี 2002 เป็นการสังเคราะห์ไวรัสโปลิโอตัวเป็นๆ ออกมาจากไฟล์ข้อมูลจีโนมขนาดราว 8 kb และปี 2010 ทีมวิจัยจาก JCVI สังเคราะห์แบคทีเรีย mycoplasma ขนาด 1 mb ออกมาสำเร็จ อีกหนึ่งตัวอย่างของการประยุกต์ใช้จริงเมื่อเร็วๆ นี้ คือการสังเคราะห์เชื้อ SAR-CoV-2 ไฟล์ข้อมูลจีโนมไวรัสที่ Sequence จากจีนถูกโพสบนอินเตอร์เน็ตต้นเดือนมกราคม 2020 ภายในเดือนเศษหลังจากนั้น ทีมวิจัยที่อยู่ข้ามทวีปก็สามารถสังเคราะห์ไวรัสออกมาได้สำเร็จ โดยไวรัสสังเคราะห์นี้สามารถนำไปใช้ทดสอบยาใหม่ๆ พัฒนาชุดตรวจ วัคซีน ต่างๆ ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีการขนย้ายไวรัส มีเพียงแค่ไฟล์ที่แบ่งปันกันอยู่บน cloud เท่านั้น อีกตัวอย่างหนึ่งคือระบบ Digital-to-Biological Converter ของทีมจาก JCVI ระบบนี้สามารถเปลี่ยนข้อมูลลำดับเบสดีเอ็นเอจากไฟล์ดิจิทัลสังเคราะห์ออกมาเป็นโมเลกุลดีเอ็นเอแล้วนำไปสร้างเป็นโปรตีนแอนติบอดีหรือไวรัสได้ ระบบนี้ทำงานได้แบบเกือบอัตโนมัติตั้งแต่ต้นจนจบ คล้ายกับเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) เพียงแต่สิ่งที่พิมพ์ออกมาจากไฟล์คือชีวโมเลกุลหรือสิ่งมีชีวิต แทนที่จะเป็นก้อนพลาสติกหรือโลหะ

เทคโนโลยี Genome Sequencing และ Genome Synthesis ถือเป็นประตูเชื่อมต่อระหว่างโลกชีววิทยากับโลกดิจิทัล ดังนั้นยิ่งเทคโนโลยีสองตัวนี้เร็ว แม่นยำ ราคาถูก และเข้าถึงได้ง่ายเท่าใด กลไกแบบที่สี่หรือ Bio-Digital Evolution ก็ยิ่งเกิดได้กว้างขวางมากขึ้นเท่านั้น โดยไม่จำกัดอยู่เพียงแค่ไวรัสหรือแบคทีเรียที่มีจีโนมเล็กๆ ที่ไม่ซับซ้อนมากอีกต่อไป หลายสิบปีที่ผ่านมา ราคาของ Genome Sequencing และ Genome Synthesis มีราคาถูกลงมากแล้ว และจะพัฒนาจนราคาต้นทุนถูกลงไปอีกจนวันหนึ่งจะกลายเป็น Commodity ที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ ไม่ว่าจะเป็นห้องแล็บวิจัยเล็กๆ สตาร์ตอัพ หรือประชาชนทั่วไป

นานาประเทศในปัจจุบันต่างทุ่มเทและให้ความสำคัญกับ SynBio เป็นอย่างมาก โดยเน้นการลงทุนใน Biofoundry ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานส่วนกลางสำหรับงาน Sequencing กับ Synthesis ตลอดจนการทดสอบลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่สร้างขึ้น เพื่อให้ต้นทุน ระยะเวลา และความยุ่งยากของการเปลี่ยนผ่านระหว่างโลกดิจิทัลกับโลกชีววิทยาลดลงเหลือน้อยที่สุด โดยจุดประสงค์หลักคือการแยกงานฝั่งออกแบบ (Design) กับฝั่งก่อสร้าง (Fabrication) ออกจากกัน งานออกแบบสิ่งมีชีวิตผ่านการออกแบบข้อมูลพันธุกรรมที่อยู่ในรูปไฟล์ดิจิทัล เป็นงานที่รวดเร็ว ราคาถูก และแข่งขันกันที่ความสร้างสรรค์ว่าใครจะออกแบบสิ่งที่ใช่และโดนใจตลาดมากกว่ากัน จุดนี้ควรเป็นงานของ ดีไซเนอร์ ผู้ประกอบการรุ่นใหม่ และ startups และในส่วนงานด้าน Fabrication ที่ต้องใช้เทคโนโลยีซับซ้อน ลงทุนสูง และต้องการผู้เชี่ยวชาญชำนาญการ ควรมอบหมายให้ Biofoundry ที่เป็นของส่วนกลางรับหน้าที่จัดการ

ถึงแม้งานออกแบบข้อมูลพันธุกรรมยังไม่ใช่เรื่องง่ายนักในตอนนี้ เรายังรู้น้อยมาก ว่ายีนอะไรหรือจีโนมส่วนไหนมีหน้าที่อะไร ดังนั้น งานชีววิทยาระบบ (Systems Biology) ซึ่งจะทำให้เราได้ข้อมูลส่วนนี้จึงสำคัญมากสำหรับงาน SynBio ในอนาคต ความสามารถในการสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ (In Silico Model) ที่ทำนายความสัมพันธ์ข้อมูลพันธุกรรมในลำดับเบสจีโนมกับลักษณะหน้าตาคุณสมบัติสิ่งมีชีวิตอย่างแม่นยำ จะทำให้เราสามารถออกแบบสิ่งมีชีวิตและผลิตออกมาเป็นสิ่งมีชีวิตจริงที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ท้ายสุดแล้ว เจ้าของผลงานออกแบบที่ตอบโจทย์และใช้ได้จริง จะเป็นผู้ครองความมั่งคั่งในยุคแห่ง SynBio ในอนาคต

2

ความก้าวหน้าของ SynBio และข้อกังวลของเทคโนโลยี

ดร. ภาคภูมิ ทรัพย์สุนทร

คลื่นพันธุวิศวกรรมลูกแรกมาพร้อมเทคโนโลยีการตัดต่อดีเอ็นเอ (Recombinant DNA) ในช่วงต้นทศวรรษที่ 1970s โดย Genetech เป็นบริษัทไบโอเทคแรกของโลกที่ถือกำเนิดขึ้นและประสบความสำเร็จในการตัดต่อยีนผลิตโปรตีนฮอร์โมนมนุษย์ใส่ให้จุลินทรีย์ผลิตเพื่อใช้ทางการแพทย์ ต่อมาในปี 1990s บริษัท Calgene ได้พัฒนาสิ่งมีชีวิตตัดต่อพันธุกรรมออกสู่ตลาดให้เพาะเลี้ยงในระบบเปิดด้วยผลงานมะเขือเทศเน่าช้า ซึ่งต่อมาถูกบริษัท Monsanto ซื้อกิจการไป เทคโนโลยีอื่นที่เกี่ยวข้องกับการใช้พันธุวิศวกรรมสิ่งมีชีวิตทยอยเกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการอ่านลำดับเบสและการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ การคัดลอกดีเอ็นเอ ฯลฯ

จากนั้น ก็ตามมาด้วยภาคธุรกิจที่เห็นตลาด “เครื่องมือ” ที่เกี่ยวข้องกับงานไบโอเทค เช่น บริษัทขายเอนไซม์ตัดต่อดีเอ็นเออย่าง NEB หรือบริษัท Invitrogen และ Qiagen ขายชุด kit ก็อบปี้ตัดต่อ สกัดดีเอ็นเอ เช่นเดียวกับเครื่องอ่านลำดับเบสดีเอ็นเออัตโนมัติของบริษัท ABI และบริษัทรับจ้างสังเคราะห์ดีเอ็นเอแห่งแรกๆ อย่าง IDT ส่วนบริษัทที่รับจ้างสังเคราะห์ยีนทั้งชิ้นอย่าง Blue Heron เกิดขึ้นในช่วงใกล้ปี 2000

วงการ SynBio ชีววิทยาสังเคราะห์เริ่มก่อร่างสร้างตัว ตอนเทคโนโลยีการตัดต่อ อ่าน คัดลอกสังเคราะห์ลำดับเบสดีเอ็นเอเริ่มเข้าที่แล้ว การมีเครื่องมือต่างๆ พร้อมให้ซื้อใช้ ช่วยร่นระยะเวลาความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายของงานวิจัยด้านนี้ลงมหาศาล นักพันธุวิศวกรรมสามารถโฟกัสกับงานออกแบบ วิศวกรรมระบบยีน และแบ่งงานสกัดเอนไซม์ สังเคราะห์ อ่านลำดับเบส ฯลฯ ไปให้บริษัท outsource ผู้ชำนาญจัดการ เมื่องานพันธุวิศวกรรมง่าย ถูก และเข้าถึงได้มากขึ้น ทำให้คนวงการอื่นที่อาจจะไม่ได้เกี่ยวข้องกับงานชีววิทยา ชีวโมเลกุลโดยตรงสามารถกระโดดเข้ามาเล่นในวงการนี้ได้มากขึ้น คนนอกวงการเหล่านี้ได้นำมุมมองใหม่ๆ จากสายงานเดิมของตนเองมาผสมผสานกับพันธุวิศวกรรมกลายเป็นชีววิทยาสังเคราะห์ในทุกวันนี้ โดยคนนอกวงการกลุ่มแรกเป็นวิศวกรเคมีที่นำแนวคิดของการวิศวกรรมเมตาบอลิซึม (Metabolic Engineering) เข้ามาช่วงต้น 1990s กลุ่มที่สอง คือวิศวกรไฟฟ้า-คอมพิวเตอร์ที่นำแนวคิดการวิศวกรรมวงจรยีน (synthetic gene circuits) มาช่วงปลาย 1990s ถึงต้น 2000s

Image: Eric Proctor and Autumn Kulaga

วัฏจักร DBTL Cycle

แนวคิดทางวิศวกรรมที่เข้ามาเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญของวงการเทคโนโลยีชีวภาพ คือ กรอบการมองกระบวนการวิศวกรรมเป็นวัฏจักรของการออกแบบ (Design) ก่อสร้าง (Build) ทดสอบ (Test) และ เรียนรู้ (Learn) แต่ละรอบของวัฏจักร (DBTL Cycle) นี้ ทำให้เราได้ทั้งผลงานวิศวกรรมและองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการวิศวกรรมระบบนั้นเพิ่มขึ้น ยิ่งเราสามารถปฏิบัติวนครบรอบวัฏจักรได้รวดเร็ว ผิดพลาดน้อย เก็บเกี่ยวข้อมูลได้มากเท่าใด งานวิศวกรรมของเราก็ยิ่งมีโอกาสประสบความสำเร็จมากขึ้นเท่านั้น ช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกันในแต่ด้านของ DBTL Cycle สำหรับงานวิศวกรรมสิ่งมีชีวิตพัฒนาขึ้นแบบก้าวกระโดด

D DESIGN

จากเดิมเราทำได้เพียงขีดเขียนออกแบบระบบยีนในกระดาษ ก็พัฒนามาเป็นแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ (In Silico Model) ที่ทำให้เราทำนายล่วงหน้าได้ว่าลำดับเบสแบบนี้ ยีนแบบนั้น เซลล์แบบโน้น เมื่อมาทำงานร่วมกันแล้วน่าจะเกิดฟีโนไทป์แบบไหนขึ้น หรือถ้ามองมุมกลับ แบบจำลองฟีโนไทป์เหล่านี้จะช่วยบอกใบ้เราได้ว่าควรต้องใช้เซลล์อะไร ยีนอะไร ลำดับเบสแบบไหนมาประกอบกัน

B BUILD

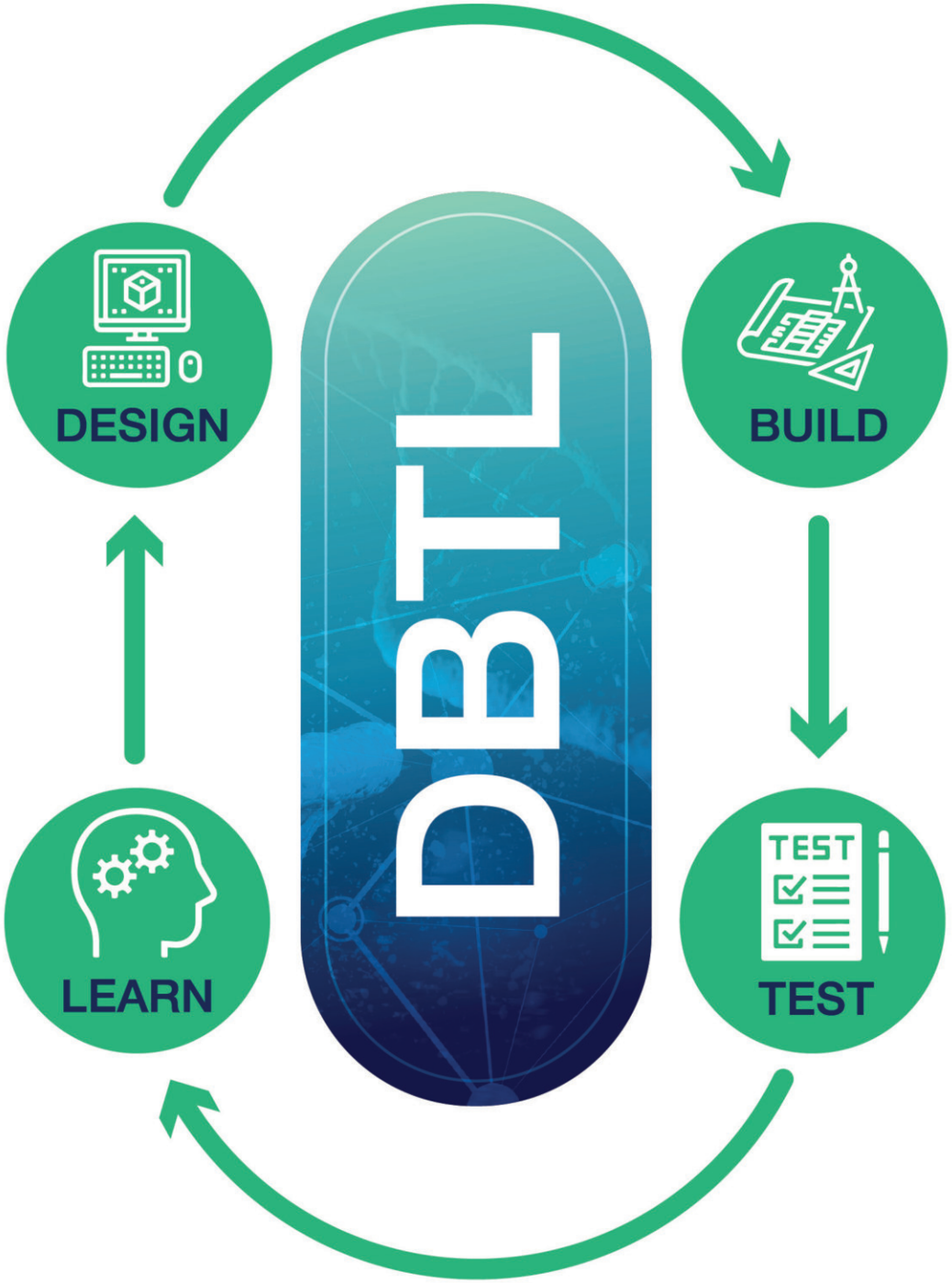
จากเดิมที่เรามีแค่เครื่องมืออย่างหยาบอย่างการทำให้กลายพันธุ์แบบสุ่ม (Random Mutagenesis) กับการตัดแปะดีเอ็นเอ (Recombinant DNA Technology) มายุคหลังเราสามารถปรับแก้ดีเอ็นเอ (Gene Editing) ได้แบบจำเพาะตำแหน่งในระยะเวลาและราคาที่ต่ำกว่าเดิม แต่ประสิทธิภาพสูงกว่าเดิมมาก นอกจากนี้เรายังสามารถใช้การสังเคราะห์ทางเคมี (DNA chemical synthesis) เนรมิตชิ้นดีเอ็นเอที่มีลำดับเบสแบบไหนก็ได้ตามต้องการ

T TEST

เราก้าวข้ามจากชีวโมเลกุลยุคแรกที่ได้เพียงศึกษาและทดสอบการทำงานของยีน อาร์เอ็นเอ โปรตีน เมแทบอไลท์ ต่างๆ ได้ที่สองสามชิ้น เข้าสู่ยุค -Omic ที่เราสามารถศึกษาและทดสอบโมเลกุลทั้งหลายเหล่านี้ทีละเป็นพันเป็นหมื่นชนิดในคราวเดียว

L LEARN

จากที่เราเคยมีเพียงเครื่องมือสถิติพื้นฐานสำหรับวิเคราะห์แปลผลการทดลอง ก็เข้าสู่ยุคที่การศึกษาชีววิทยาและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพกลายเป็นงาน Big Data ที่อาศัยเครื่องมือซับซ้อนเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บมามหาศาล

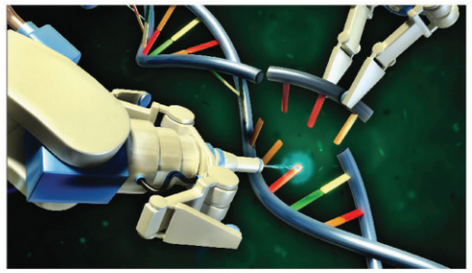


มุมมองการวิศวกรรมสิ่งมีชีวิตผ่านกรอบ DBTL Cycle และพัฒนาการก้าวกระโดดของเทคโนโลยีทั้งสี่ด้านนี้ เป็นจุดเปลี่ยนสำคัญที่ทำให้พันธุวิศวกรรม (Genetic Engineer) ที่กำเนิดมาตั้งแต่ยุค 70s ได้เปลี่ยนผ่านมาเป็น SynBio ชีววิทยาสังเคราะห์ในศตวรรษที่ 21

วิศวกรเคมีมองเห็นเซลล์เป็นโรงงาน

เซลล์สิ่งมีชีวิตมีเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เหมือนเครื่องจักรที่แปรสภาพสารหนึ่งให้กลายเป็นอีกสารหนึ่ง กระบวนการสังเคราะห์หรือย่อยสลายสารก็มักจะต้องใช้เอนไซม์หลายตัวทำงานต่อกันเป็นเครือข่าย เพื่อแปลงสารตั้งต้นเป็นสารตัวกลางต่างๆ ตามลำดับ ไปถึงสารสุดท้ายปลายทาง (ภาษาทางการเรียก Metabolic Network) เปรียบเสมือนสายการผลิตในโรงงาน เมื่อโรงงานรับวัตถุดิบเข้าไปผ่านกระบวนการแปรรูปหลายขั้นตอนเพื่อสร้างเป็นผลผลิตออกมาขาย เซลล์ก็รับวัตถุดิบอย่างเช่น อาหารที่กินเข้าไป จากนั้นก็ผ่านปฏิกิริยาเคมีต่างๆ (ที่นักชีววิทยาเรียกว่า Metabolism) จนออกมาเป็นสารใหม่ต่างๆ ที่เซลล์ต้องใช้ มนุษย์เราใช้สิ่งมีชีวิตในการแปรรูปสารหนึ่งเป็นอีกสารหนึ่งมาตั้งแต่บรรพกาล เราใช้พืชเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศเป็นผักผลไม้ เชื้อเพลิง วัสดุก่อสร้าง ฯลฯ เราใช้สัตว์เปลี่ยนผักหญ้าที่ย่อยยาก คุณค่าอาหารต่ำ เป็นเนื้อที่อุดมด้วยโปรตีนและไขมันจำเป็น เราใช้ยีสต์หมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่ม ใช้แบคทีเรียเปลี่ยนน้ำตาลในนมเป็นโยเกิร์ต ฯลฯ

ก่อนยุคพันธุวิศวกรรม เราทำได้แค่เพียงอาศัยเซลล์ (โรงงาน) ที่มาพร้อมชุดเอนไซม์ (เครื่องจักร) และ Metabolic Network (สายการผลิต) ที่ธรรมชาติจัดมาให้ หลังยุคพันธุวิศวกรรม เราสามารถตัดต่อยีนผลิตเอนไซม์ เพื่อเพิ่ม ลด กำจัด เปลี่ยน อัพเกรดเอนไซม์ในเซลล์เสียใหม่ หรือแม้แต่ยกเครื่อง Metabolic Network ทั้งหมดให้ได้สายการผลิตสารใหม่ ที่เราใช้ในปริมาณที่สูงคุ้มค่าการลงทุน เราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานด้วยการอัพเกรดเครื่องจักรต่างๆ ให้ทำงานรวดเร็วขึ้น ผิดพลาดน้อยลง และด้วยการปรับสายการผลิต ตัดจุดที่ไม่จำเป็นออก แก้ไขจุดคอขวดที่เชื่องช้า หรือถ้าต้องการให้โรงงานผลิตอะไรใหม่ ก็อาจจะต้องติดตั้งเครื่องจักรใหม่และวางสายการผลิตใหม่ โจทย์การอัพเกรดเครื่องจักรและสายการผลิตของเซลล์ในฐานะโรงงานผลิตเป็นโจทย์วิศวกรรมอันซับซ้อนนี้ นอกจากเทคนิคการตัดต่อดีเอ็นเอแล้ว ยังอาศัยเทคนิคการออกแบบ คำนวณ และทดสอบว่าเราต้องเพิ่มยีนอะไรกำจัดยีนอะไรปรับระดับการแสดงออกของเอนไซม์แต่ละตัวเป็นเท่าใด เติมวัตถุดิบอะไร มากน้อยแค่ไหน ฯลฯ โจทย์พวกนี้เป็นสิ่งที่วิศวกรเคมีผู้ต้องออกแบบ คำนวณและทดสอบสายการผลิตในโรงงานคุ้นเคยเมื่อบวกกับพันธุวิศวกรรมก็กลายเป็นสาขาวิชาใหม่ที่เรียกว่า Metabolic Engineering ซึ่งเป็นรากฐานงานแปรรูปชีวมวลเป็น ยา สารเติมอาหาร เคมีภัณฑ์ เชื้อเพลิง ต่างๆ ที่เราใช้กันทุกวันนี้



วิศวกรไฟฟ้า-คอมพิวเตอร์มองเห็นเซลล์เป็นคอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์รับ Input ทางคีย์บอร์ด เมาส์ เครื่องสแกน กล้องวิดีโอ ฯลฯ โดยเก็บและประมวลข้อมูลด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นก็ส่ง Output มาทางหน้าจอ ลำโพง ปริ้นเตอร์ ฯลฯ เหมือนกับเซลล์ที่รับ Input เป็นแสง อุณหภูมิ สารเคมี แรงกล มาทางเซนเซอร์ต่างๆ ในเซลล์เข้ามาเก็บและประมวลผลด้วยกลไกชีวโมเลกุลและส่ง Output มาเป็นพฤติกรรมการตอบสนอง เช่น เซลล์ประสาทรับรู้ ประมวลผลและส่งสัญญาณระหว่างกัน เซลล์เม็ดเลือดขาวตรวจจับและไล่ล่าเชื้อโรคแปลกปลอม เซลล์ตับ ไต หัวใจ ต่อมไร้ท่อ ฯลฯ เฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงสัญญาณฮอร์โมนสารเคมีในเลือดและตอบสนองด้วยการหลั่งสาร เคลื่อนไหวแบ่งตัว เป็นต้น เซลล์พืชตอบสนองต่อความแล้ง แร่ธาตุ แมลงศัตรู ฯลฯ แม้แต่เซลล์จุลินทรีย์ก็รู้ว่าเมื่อไหร่ต้องว่ายน้ำหนี กินอาหาร สร้างสปอร์ หรือสืบพันธุ์ ทุกเซลล์ในทุกชีวิตคือคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่สามารถรับรู้ เก็บ ประมวลผลข้อมูล และตัดสินใจ

คอมพิวเตอร์ประมวลผลด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ประกอบจากเครือข่ายของ “สวิตซ์” ที่สร้างมาจากทรานซิสเตอร์ สวิตซ์แต่ละตัวคือหน่วยประมวลผลระดับย่อยสุดที่หน้าที่ตัดสินใจเพียงว่าจะ “ส่ง หรือ ไม่ส่ง” สัญญาณต่อ การตัดสินใจนี้แทนด้วยเลข 1 หรือ 0 ที่เราคุ้นเคยกันเวลาพูดถึงสัญญานและการประมวลผลดิจิทัล สวิตซ์ที่ตัดสินใจในระดับง่ายแบบนี้หลายหมื่นล้านตัวทำงานร่วมกันในชิป คือมันสมองของคอมพิวเตอร์ที่ทำงานประมวลผลซับซ้อนได้ โดยแนวคิดที่ว่ายีนสามารถทำงานเป็นสวิตซ์มีมาตั้งแต่

ช่วง 1960s ทีมวิจัยยุคนั้นค้นพบว่าแบคทีเรียสามารถตัดสินใจเลือกที่ “สร้าง หรือ ไม่สร้าง “เอนไซม์และโปรตีนที่เกี่ยวข้องการกับการใช้ประโยชน์จากน้ำตาลจำเพาะชนิดได้ โดยการตัดสินใจจะอาศัยสวิตช์ยีนอย่างง่ายที่ถูกควบคุมด้วย Input ซึ่งก็คือระดับน้ำตาลต่างๆ ในเซลล์นั่นเอง จากการศึกษาต่อมาทำให้ค้นพบว่ายีนส่วนใหญ่ในเซลล์เป็นสวิตช์ ที่สามารถเปิด-ปิดตามเวลาและสภาวะเหมาะสม สวิตช์หนึ่งอันอาจใช้หลาย Inputs ประกอบกันเพื่อตัดสินใจเปิดหรือปิดสวิตช์ทำงานเป็นเครือข่าย โดย Output ของสวิตช์หนึ่งอาจจะเป็น Input ของอีกสวิตช์หนึ่ง นอกจากนี้ สวิตช์ไม่ได้มีแค่ในยีน แม้แต่อาร์เอ็นเอ โปรตีน ฯลฯ ก็อาจมีกลไก เปิด-ปิด การทำงานด้วย เครือข่ายสวิตช์ยีนในเซลล์เหล่านี้คือ Gene Regulatory Network ส่วนเครือข่ายสวิตช์จากชีวโมเลกุลอื่นเหนือระดับยีนไปมักเรียกรวมว่า Signaling Network

นอกวงการพันธุวิศวกรรม การปฏิวัติทางเทคโนโลยีครั้งใหญ่ได้เกิดขึ้นในช่วง 1970s - 1980s จากการกำเนิดขึ้นของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและอินเตอร์เน็ต แม้ว่าคอมพิวเตอร์และอินเตอร์เน็ตจะถูกคิดค้นขึ้นก่อนหน้านั้นหลายทศวรรษแต่ยังมีขนาดใหญ่เทอะทะ ใช้งานยาก และราคาแพง นอกจากนี้ ยังไม่มีมาตรฐานกลาง (Standard) ในการประกอบและเชื่อมต่อทำให้ชิ้นงานต่างๆ ที่ทีมวิจัยหรือบริษัทหนึ่งสร้าง ถูกนำไปประกอบต่อยอดโดยอีกทีมวิจัยหรือบริษัทได้ยาก เมื่อคอมพิวเตอร์และอินเตอร์เน็ตพัฒนาให้ใช้งานง่าย ราคาถูก ต่อยอดสะดวก ทำให้คนหลากหลายวงการไม่ว่าจะเป็นพนักงานออฟฟิศ นักเรียน หมอ ศิลปิน เกษตรกร คนทำงานอดิเรก ฯลฯ ต่างได้ใช้ประโยชน์และประดิษฐ์เพิ่มเติมเพื่อสร้างความสะดวกและมั่งคั่งได้ คอมพิวเตอร์และอินเตอร์เน็ตคือตัวอย่างของเทคโนโลยีที่แทบทุกคนเข้าถึง มีส่วนร่วมสร้าง หลงรัก และขาดไม่ได้ ในโลกยุคปัจจุบัน

SynBio ชีววิทยาสังเคราะห์ ที่เรารู้จักกันทุกวันนี้มาจากนักบุกเบิกคอมพิวเตอร์และอินเตอร์เน็ตที่เชื่อว่าพันธุวิศวกรรมก็ควรพัฒนาให้ง่าย ถูกต่อยอดสะดวกและผู้คนหลงรักเช่นกัน ในช่วง 1990s วิศวกรคอมพิวเตอร์ระดับตำนานสองท่านกระโดดเข้าสู่วงการพันธุวิศวกรรม

Thomas F. Knight, Jr.

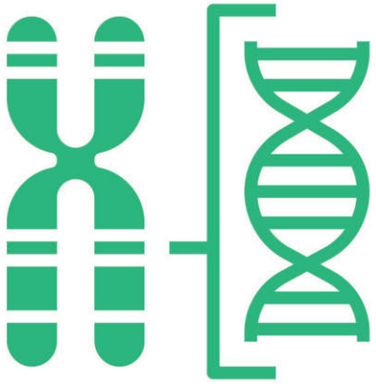
นักวิจัยอาวุโสที่ MIT จบการศึกษาระดับปริญญาเอกทางด้าน Microchip และเป็นหนึ่งในผู้พัฒนาระบบฮาร์ดแวร์ของ APPANET ซึ่งเป็นต้นแบบของอินเตอร์เน็ตทุกวันนี้ หลังจากอิ่มตัวกับงานด้านอิเลคทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ Knight ก็หันมาสนใจงานด้านชีววิทยาและเป็นคนแรกๆที่เสนอว่าเราน่าจะใช้สวิตช์ต่างๆ ในเซลล์โปรแกรมแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้ เขายังเห็นว่าระบบเซลล์ตามธรรมชาติซับซ้อน ใช้งานยาก และไม่มี Standard แบบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้น จึงต้องหาวิธีแก้ไขปัญหาจุดนี้ก่อน

Randy Rettberg

เป็น CTO อยู่ SUN Microsystem (บริษัทชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์และซอฟแวร์ชื่อดังต้นกำเนิดของภาษา JAVA, ฐานข้อมูล MySQL, ฯลฯ) Knight ชักชวน Rettberg ที่เป็นเพื่อนเก่าสมัยเรียนให้ออกมาทำงานวิศวกรรมสิ่งมีชีวิตด้วยกัน โดยทั้ง Knight และ Retteberg ไม่ได้มีพื้นฐานชีววิทยาตั้งแต่แรก จึงใช้เวลากันหลายปีในการนั่งอ่านตำรา เรียนชีววิทยาเท่าที่หาได้ที่ MIT ระหว่างนั้นก็เริ่มจัดตั้งแล็บ เลี้ยงเซลล์ และตัดต่อดีเอ็นเอ

ในปลาย 1990s วิศวกรคอมพิวเตอร์ที่หันมาสู่งานพันธุวิศวกรรมเริ่มเสนอไอเดียว่าเราน่าจะสามารถเอาสวิตซ์ยีนมาประกอบกันเป็นวงจรยีนสังเคราะห์ (Synthetic Gene Circuits) เพื่อให้ได้เซลล์ที่รับรู้และตอบสนองต่อ Input-Output ที่ต้องการ เช่น การตั้งโปรแกรมเซลล์เม็ดเลือดขาวให้ไล่ล่าเซลล์มะเร็ง โปรแกรมเซลล์แบคทีเรียโพรไบโอติกให้เกาะติดลำไส้เฉพาะที่และปล่อยวิตามินตอนร่างกายเราขาดแคลน โปรแกรมสเต็มเซลล์ให้ขึ้นรูปเองเป็นอวัยวะ โปรแกรมเซลล์พืชให้ได้ขนาดต้น รูปร่างผล สีดอก แฉกใบที่ต้องการ ฯลฯ Synthetic Gene Circuits ในที่นี้ก็คือ Regulatory และ Signaling Network ในเวอร์ชั่นที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อให้เราเปิด-เปิดสวิตซ์ต่างๆ ในเซลล์ได้ถูกที่ ถูกจังหวะเวลา จนได้เป็นลักษณะและพฤติกรรมที่ต้องการ งานนี้เพิ่มเติมจาก Metabolic Engineering ซึ่งเน้นการสร้างและการปรับ Metabolic Network ให้เซลล์ผลิตสารที่เราต้องการจำนวนมาก

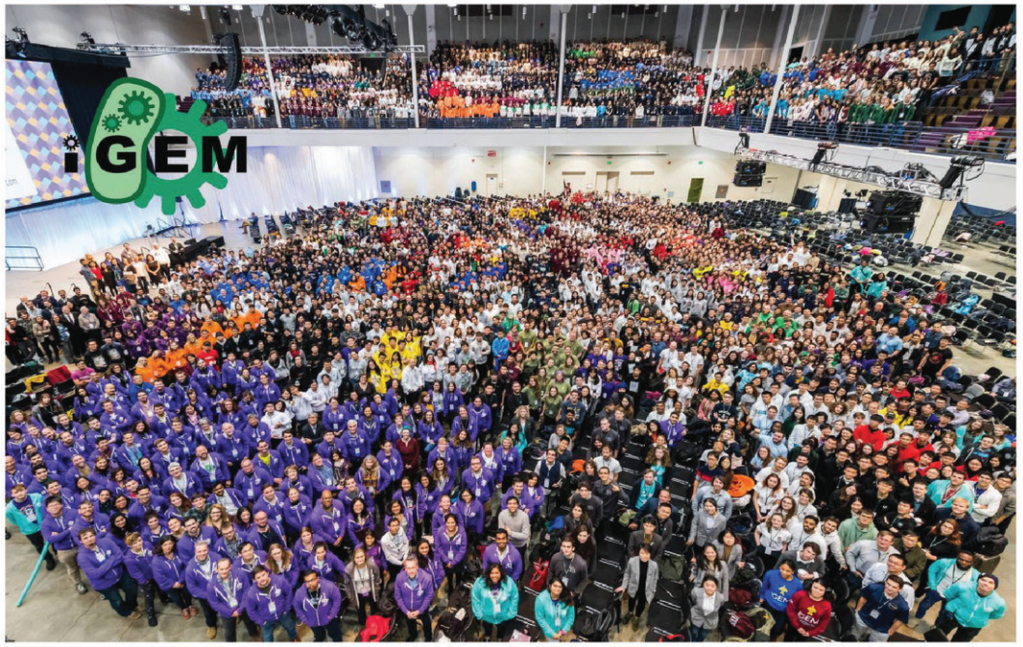
ในปี 2000 ก็มีผู้สร้าง Synthetic Gene Circuits เกิดขึ้นจริง งานแรกเป็นวงจรแบบง่ายจากยีนสองยีนมาประกอบกันในแบคทีเรียให้จดจำได้ว่ามันได้รับหรือไม่ได้รับสารกระตุ้นบางอย่างมาแล้ว อีกงานหนึ่งเป็นวงจรจากยีนสามยีนประกอบกัน ทำงานเป็นเหมือนนาฬิกาที่ทำให้แบคทีเรียเปิดปิดยีนเป็นจังหวะได้ ช่วงปี 2000-2010s มีงานวิจัยในลักษณะนี้ตีพิมพ์หลายชิ้น โดยส่วนมากเป็นการทำวงจรเล็กๆ ในแบคทีเรียที่ทำพันธุวิศวกรรมได้ง่าย วงจรเหล่านี้ทำให้เซลล์มี “ตรรกะ” การตอบสนอง input/output แบบที่ไม่มีในธรรมชาติ เช่น ถ้าได้น้ำตาล X สามครั้งให้เรืองแสง ถ้าขาดออกซิเจนแต่ได้คาเฟอีนให้ว่ายน้ำไป ถ้าโดนแสงข้างหนึ่งมืดข้างหนึ่งให้หลั่งสาร Y เป็นต้น



ช่วงปลาย 1990s ถึงต้น 2000s หนึ่งในแนวคิดที่กลุ่มวิศวกรไฟฟ้า-คอมพิวเตอร์พยายามผลักดันสู่วงการพันธุวิศวกรรมคือเรื่องการสร้างมาตรฐานกลาง (Standardization) โดยมองว่าวิศวกรรมสาขาใดก็ตามจะ ราคาถูก เร็ว ต่อยอดง่าย ใช้ได้แพร่หลาย ก็ต่อเมื่อชิ้นส่วนย่อยที่นำมาประกอบกันนั้นมีมาตรฐานกลางที่ตรงกัน เช่น เครือข่ายอินเตอร์เน็ตแต่ละที่เชื่อมต่อกันได้ด้วยมาตรฐานการรับส่งข้อมูลตรงกัน ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เชื่อมต่อกันด้วยมาตรฐานกลาง ช่วงแรงดันไฟฟ้าตลอดจนปลั๊กหัวเสียบต่างๆ ที่เข้ากันได้ แม้กระทั่งชิ้นส่วน LEGO ที่ต่างคนประกอบถูกเอามาเชื่อมกันได้เนื่องจากแต่ละชิ้นมีปุ่มมีรูที่ได้มาตรฐานเดียวกัน มาตรฐานเป็นตัวเร่งความก้าวหน้าทางวิศวกรรมเนื่องจากอำนวยความสะดวกในการแบ่งงานกันทำ (Division of Labor) ระหว่างคนที่อาจไม่เคยพบเจอกันด้วยซ้ำ อย่างไรก็ตาม กลไกต่างๆ ในเซลล์เป็นผลลัพธ์มาจากการการวิวัฒนาการ ไม่ได้มีทิศทางหรือมาตรฐานกลางอะไร เกือบสามสิบปีหลังจากงานพันธุวิศวกรรมชิ้นแรก การตัดต่อดีเอ็นเอก็ยังไม่ได้มีมาตรฐานกลางของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ทีมวิจัยต่างทีมกันสร้างอาจจะไม่มีจุดที่เชื่อมต่อกันได้เลย หรือถึงเชื่อมต่อได้ก็มีโอกาสน้อยมากที่จะทำงานประสานกันได้แต่แรก

ช่วงต้นปี 2000s Knight จึงเสนอแนวคิดของ Standard Biological Parts กล่าวคือชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่นำมาพันธุวิศวกรรมควรจะมีมาตรฐานกลาง อย่างน้อยก็ให้ตัดต่อเชื่อมกันได้ ผลงานโดดเด่นหนึ่งของ Knight ด้านนี้คือ ระบบ BioBrick ซึ่งเป็นคอลเลกชั่นชิ้นดีเอ็นเอที่มีส่วนปลายมาตรฐานเดียวกัน ดีเอ็นเอสองชิ้นที่ได้มาตรฐาน BioBrick สามารถเชื่อมต่อกันได้ดีเอ็นเอชิ้นใหม่ ซึ่งก็ยังอยู่ในมาตรฐาน BioBrick แบบเดียวกับที่เราเอาชิ้นส่วน LEGO มาต่อกันไปได้เรื่อยๆ นอกจาก BioBrick ก็ยังมีแนวคิดงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้าง Standard Biological Parts ด้านอื่นๆ ออกมาช่วงใกล้เคียงกันไม่ว่าจะเป็น มาตรฐานการวัดและเปรียบเทียบของ Input/Output ของสวิตซ์ยีน หรือมาตรฐานการวัดระดับการแสดงออกของยีน อย่างไรก็ตาม การสร้างมาตรฐานต่อวงจรยีนตลอดจนแนวคิดหลายอย่างที่หยิบยืมมาจากวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมพิวเตอร์เป็นเรื่องแปลกใหม่มากในขณะนั้น นักชีววิทยาและพันธุวิศวกรรมเพียงส่วนน้อยเชื่อว่าจะใช้งานได้จริงและเข้าร่วมการศึกษานี้

Knight, Rettberg และ Drew Endy เกิดแนวคิดว่าถ้าจะผลักดันให้แนวคิด Standardization ตลอดจนแนวคิดต่างๆ เกี่ยวกับชีววิทยาสังเคราะห์อย่างที่หวังไว้ก็ควรใช้การศึกษาเป็นตัวนำร่องก่อน โดยในปี 2003 พวกเขาได้เปิดวิชาเรียนหนึ่งขึ้นมาที่ MIT มีนักศึกษา16 คนแบ่งเป็นทีมออกแบบ Gene Circuits อะไรก็ได้ที่เจ๋งๆ มาประกวดกัน โดยมีข้อแม้ว่าชิ้นดีเอ็นเอที่มาประกอบกันต้องตรงตามมาตรฐาน BioBrick และได้มอบ Parts / circuits ที่สร้างขึ้นให้แก่ส่วนกลางหลังจบงานเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบให้รุ่นต่อไปใช้ต่อยอดในงานก่อสร้าง โดยถ้าแผนนี้สำเร็จ นักศึกษาในแต่ละรุ่นก็ค่อยๆ ขยายคอลเลกชั่น Parts / Circuits มาตรฐานที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ และสร้างชุมชนของคนรุ่นใหม่ที่เข้าใจแนวคิดของชีววิทยาสังเคราะห์ คุ้นเคยกับมาตรฐานชอง Parts และ circuits สร้างความร่วมมือ แบ่งปัน ต่อยอด และเชื่อว่างานพันธุวิศวกรรมคือสิ่งที่สนุก เข้าถึงง่าย และใครๆ ก็อยากมีส่วนร่วมชั้นเรียนในขณะนั้นเจอปัญหาติดขัดอยู่บ้าง เช่น Parts บางชิ้นสังเคราะห์ไม่ได้ จัดส่งไม่ทัน หรือประกอบกันไม่สำเร็จ แต่กลายเป็นต้นแบบของ iGEM (International Genetically Engineered Machine Competition) สร้างแรงบันดาลใจให้นักศึกษาที่ต่อมากลายมาเป็นนักชีววิทยาสังเคราะห์รุ่นแรกๆ และในปี 2004 Knight, Rettberg, Endy ได้จัดชั้นเรียนขึ้นอีกครั้ง โดยในครั้งนี้ได้ชวนพรรคพวกจากอีกสี่มหาวิทยาลัย (Caltech, Boston U, Princeton, UT Austin) ให้ส่งทีมนักศึกษาร่วมประกวดผลงานกันด้วย จำนวน Standard Parts ในปีนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 50 กว่าชิ้น มีนักศึกษาเข้าร่วม 30 กว่าคน ทีม iGEM รุ่นบุกเบิกจาก MIT ร่วมกับ Knight ต่อมากลายเป็นผู้ก่อตั้ง Ginkgo Bioworks บริษัทรับจ้างวิศวกรรมจุลินทรีย์ที่มูลค่ากว่าสี่พันล้านเหรียญสหรัฐในขณะนี้

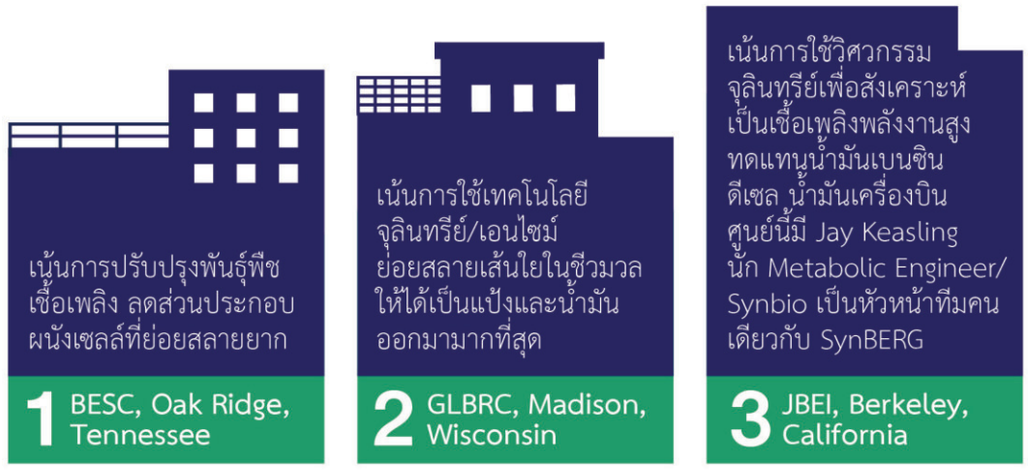


iGEM ได้จัดต่อเนื่องทุกปีตั้งแต่ 2004 ถึงปัจจุบัน เป็นเวทีบ่มเพาะและประลองความสร้างสรรค์ของนักชีววิทยาสังเคราะห์ (Synbio) หน้าใหม่ในระดับมัธยม-มหาวิทยาลัย และเป็นโอกาสที่ดึงให้อาจารย์ นักวิจัยที่สนใจ Synbio ทั่วโลกได้มารวมตัวกันในฐานะ Mentor ของทีม iGEM นำความคึกคักอย่างยิ่งสู่วงการ Synbio และแปรเปลี่ยนจากแค่สายงานวิจัยของคนกลุ่มเล็กๆ มาเป็น Pop Culture ของเด็กรุ่นใหม่ไปแล้ว ความหลากหลายและจำนวนผู้เข้าร่วม iGEM เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แทบทุกปี ในปัจจุบัน iGEM มี Standard Parts มากกว่า 20,000 ชิ้นให้ชุมชนได้ใช้ต่อยอด มีนักศึกษาเข้าร่วมปีละกว่า 6,000 คน จาก 300 กว่าทีม ใน 40 ประเทศทั่วโลก ศิษย์เก่าที่ผ่าน iGEM ไปตั้งแต่รุ่นช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมากลายไปเป็นนักวิจัย อาจารย์มหาลัย ครูวิทยาศาสตร์ นักวางนโยบาย สตาร์ทอัพ ฯลฯ มีบริษัทเกิดใหม่จากศิษย์เก่า iGEM แล้วกว่า150 บริษัท ในสามสิบประเทศ มูลค่ารวมกันกว่าสองพันล้านเหรียญสหรัฐ สร้างปรากฏการณ์ Synbio เป็นเรื่องเข้าถึงง่าย ต่อยอดสะดวก ผู้คนหลงรัก อย่างที่รุ่นบุกเบิกวาดฝันไว้

งานประชุมวิชาการแรกของวงการ Synbio (SB1.0) จัดโดยทีมของ Knight, Rettberg, Endy ที่ MIT ในปี 2004 ปีเดียวกับที่ iGEM ได้กลายเป็นการแข่งขันระหว่างทีมต่างมหาวิทยาลัย โดยวิทยากรจากหลากหลายวิทยาลัยที่มาในงานก็เป็น Mentor ของทีม iGEM รุ่นบุกเบิก ทั้ง iGEM และ SB 1.0 ทำให้ชุมชนของ Synbio เริ่มสร้างขยายตัวออกไปจากเดิมที่เป็นแค่ **“วิศวคอมฯ หัดพันธุวิศวกรรม”** กลายเป็นสมาคมที่มีทั้งนักพันธุศาสตร์โมเลกุลชื่อดังอย่าง George Church นักชีวฟิสิกส์ผู้บุกเบิกงาน genetic circuit อย่าง Micheal Elowitz นักวิจัยชีวเคมีด้าน Signalling Network อย่าง Wandell Lim ฯลฯ และที่สำคัญได้เริ่มรวมเอานักวิจัยด้าน Metabolic Engineering ชั้นแนวหน้าอย่าง Jay Keasling เข้ามาด้วย ทำให้ชุมชนของ Metabolic Engineer ค่อยๆ หลอมรวมกับชุมชน Synbio ในที่สุด

ปี 2006 ทีมนักวิจัย Synbio นำโดย Jay Keasling ได้รับงบประมาณสนับสนุนจาก National Science Foundation (NSF) จำนวน 39 ล้านเหรียญสหรัฐเป็นระยะเวลา 10 ปี ให้ก่อตั้งศูนย์วิจัยข้ามสถาบันด้านชีววิทยาสังเคราะห์ภายใต้ชื่อ SynBERG โดยเน้นงานวิจัยพื้นฐานภายใต้แนวคิด “Make Biology Easier to Engineer” ยังคงแนวคิดเรื่อง Standardisation แบ่งมุ่งเป้า (Thrusts) ด้วยงานวิจัยพื้นฐานแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ 1) Parts (เช่น ยีน/ชิ้นส่วนคุมการแสดงออกยีน), 2) Devices (วงจรยีนที่ประกอบจาก Parts) และ 3) Chassis (เซลล์เจ้าบ้านที่เราใส่วงจรเข้าไป) โดยมีต้นแบบงานประยุกต์ใช้ (Testbed) สองด้านคือ Microbial Factory (วิศวกรรมจุลินทรีย์ให้ผลิตสารมูลค่าสูง) และ Tumor Killing Bacteria (วิศวกรรมแบคทีเรียให้ง่ายเข้าหาและทำลายเป้าหมาย) งานของ SyBERG ไม่ได้จำกัดแค่ด้านการวิจัย แต่ยังครอบคลุมไปถึงด้านระบบการศึกษาและความสัมพันธ์กับภาคธุรกิจประชาชน วางระบบทรัพย์สินทางปัญญา และความปลอดภัยชีวภาพ ช่วงเวลา 10 ปีของโครงการ SynBERC ผลิตงานวิจัยตีพิมพ์ (Peer-Reviewed) เกือบสามร้อยชิ้น สิทธิบัตรเกือบร้อยฉบับ ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เอกชนสี่สิบกว่าแห่ง สร้างบริษัทสตาร์ทอัพ 8 แห่ง สร้างนักศึกษาปริญญาเอกและ Postdoc ร้อยกว่าคน จัดคอร์สระดับมหาวิทยาลัยเก้าสิบกว่าคอร์ส รวมทั้งกิจกรรมด้านการศึกษากับนักเรียนและประชาชนทั่วไปอีกหลายพันคน

ภายหลังการสนับสนุนจาก NSF สมาชิกและศิษย์เก่าจาก SynBERC ก็ยังคงเกาะกลุ่มกันอยู่ใน EBRC (Engineering Biology Research Consortium) ในช่วงเวลาที่คาบเกี่ยวและหลังจากยุค SynBERC หน่วยงานอื่นของสหรัฐก็เริ่มให้ทุนวิจัยมากขึ้น โดยมีแนวคิดเกี่ยวข้องกับ Synthetic Biology แต่โฟกัสเฉพาะจุดแตกต่างกันไปตามแหล่งทุน ซึ่งงบวิจัยที่เกี่ยวกับ Synbio ก้อนใหญ่ที่สุดของสหรัฐมาจากกระทรวงพลังงาน (DOE) เป็นการจัดตั้งศูนย์วิจัยเกี่ยวกับการแปลงชีวมวลเป็นแหล่งพลังงาน โดยงบวิจัยก้อนนี้แบ่งไปที่ศูนย์วิจัย 3 แห่ง คือ



Logos of Synberc startups

https://erc-assoc.org/content/logos-synberc-startups

อีกโครงการที่น่าสนใจคือ Living Foundry ของกระทรวงกลาโหมสหรัฐ (DoD) และ DARPA มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีฐานด้าน Synbio สำหรับสังเคราะห์โมเลกุลและวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการทหาร ไม่ว่าจะเป็นยา เคมีภัณฑ์ สารเคลือบ สารยึดเกาะ ต่างๆ โครงการนี้แบ่งเป็น 2 ระยะ

1 ระยะแรก

ต้องการใช้ Synbio สังเคราะห์โมเลกุลแบบใหม่ 1,000 ชนิดที่เกี่ยวข้องกับงานของ DoD

1000 Molecules Program

2 ระยะสอง

ATCG program

ต้องการพัฒนาแพลตฟอร์มที่จะร่นระยะเวลาและต้นทุนการออกแบบ สร้าง ทดสอบ เรียนรู้ (Design/Build/Test/Learn) วงจรยีนลงอย่างน้อย 10 เท่า

Living Foundry มีศูนย์วิจัยหลักที่ Broad Institute - MIT นำทีมโดย Christ Voigt หนึ่งในสมาชิกรุ่นบุกเบิกของทั้ง iGEM และ SynBERG งาน Foundry ครอบคลุมทั้งแพลตฟอร์มวิเคราะห์ DNA sequence การหาโมเลกุลใหม่ๆ การสังเคราะห์ดีเอ็นเอระดับใหญ่ เร่งด่วน ในราคาถูก การ “Debug” วินิจฉัยหรือแก้ไขเซลล์ที่วิศวกรรมทำผิดพลาดร่วมกับการใช้ Big Data การพัฒนาเซลล์โรงงานใหม่ๆ ระหว่างโครงการ Living Foundry DoD/DARPA ได้ลองทดสอบขีดความสามารถของเทคโนโลยีแพลตฟอร์มที่ทีมวิจัยพัฒนาขึ้นด้วยการลองให้โจทย์ไปสังเคราะห์โมเลกุล 10 ชนิดโดยไม่ได้แจ้งล่วงหน้าว่ามีโมเลกุลอะไรบ้าง ทีมวิจัยมีเวลา 90 วันในการวิศวกรรมสิ่งมีชีวิตเพื่อผลิตโมเลกุลเหล่านี้ออกมา ทีมวิจัยสังเคราะห์โมเลกุลได้สำเร็จ 6/10 ชนิด ที่เหลือเสร็จบางส่วน ระหว่างโครงการได้สร้างดีเอ็นเอ 1.2 ล้านเบส วิศวกรรมจุลินทรีย์ 200 กว่าสายพันธุ์ ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ รา ฯลฯ แม้ว่าจะสร้างโมเลกุลได้สำเร็จไม่ทัน แต่ความเร็ว ปริมาณ และคุณภาพของงานวิศวกรรมก็ถือว่าก้าวกระโดดไปไกลกว่าไม่กี่ปีก่อนหน้านี้มาก

กล่าวโดยสรุป Synbio โดยเน้นในมุมของ “สเกล” การทำวิศวกรรมดีเอ็นเอที่มีการแก้ไขและสังเคราะห์จีโนม (ต่างจากพันธุวิศวกรรมยุคแรกที่ทำแค่การตัดต่อ) ที่แสดงถึงประวัติการกำเนิด Synbio ในมุมของนักบุกเบิกรุ่นแรกที่พยายามข้ามข้อจำกัดเรื่อง “ความซับซ้อน” ของสิ่งมีชีวิตที่สร้างได้ และการสร้างสังคม Synbio ที่ “การเข้าถึง” สะดวก เป็นมิตร ต่อยอดง่าย ฯลฯ ซึ่งในปัจจุบันทั่วโลกได้เริ่มพัฒนา SynBio เข้าไปสู่การใช้งานอย่างหลากหลาย และมีการประยุกต์การใช้งานที่น่าสนใจมาก ที่จะทำให้สร้างความสามารถในการแข่งขันบนพื้นฐานของเทคโนโลยีและนวัตกรรม

3 เทคโนโลยี SynBio และการใช้ประโยชน์

ศาสตราจารย์ ดร. อลิสา วังใน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ป่วย อุ่นใจ

ความก้าวหน้าของ SynBio ศาสตร์ทางด้านชีววิทยาสังเคราะห์เป็นการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดในทศวรรษที่ผ่านมา จากจินตนาการและความพยายามของนักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาวิจัยเพื่อเรียนรู้ความซับซ้อน และการทำงานในแต่ละชิ้นส่วนของกลไกสิ่งมีชีวิต รวมถึงการพัฒนาองค์ความรู้ที่จะใช้งานและควบคุมการทำงานของชิ้นส่วนเหล่านั้นในห้องปฏิบัติการ จนนำมาสู่การพัฒนาชิ้นส่วนชีววิทยาสังเคราะห์เพื่อการนำมาประยุกต์ใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมและในชีวิตประจำวันของมนุษย์

SynBio ได้ถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานของโลกอุตสาหกรรมเพื่อเป็นประโยชน์ในกระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่างๆ เชิงพาณิชย์ ในปัจจุบันมีอุตสาหกรรมหลายประเภทที่นำเทคโนโลยี SynBio นี้ไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือนำเทคโนโลยีนี้เข้าไปทดแทนเทคโนโลยีเดิมที่เคยใช้มา หรือเพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบ Bio-Based Product ใน 5 กลุ่มอุตสาหกรรมตามการประยุกต์ใช้ ได้แก่ 1) อุตสาหกรรมอาหาร 2) อุตสาหกรรมเคมี พลังงานและสิ่งแวดล้อม 3) เกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร 4) อุตสาหกรรมยาและการแพทย์ และกลุ่มอื่น ๆ

5 กลุ่มอุตสาหกรรมตามการประยุกต์ใช้

- อุตสาหกรรมอาหาร
- อุตสาหกรรมเคมี พลังงานและสิ่งแวดล้อม
- เกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
- อุตสาหกรรมยาและการแพทย์
- กลุ่มอุตสาหกรรมอื่น ๆ

จากรายงานในเวปไซต์ของ Biotech-careers ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าจำนวนบริษัทและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับชีววิทยาสังเคราะห์ทั่วโลกมีทั้งหมด 349 บริษัท กระจายอยู่ในทวีปต่าง ๆ มีสัดส่วนอยู่ในทวีปอเมริกาและยุโรปร้อยละ 75 และ 19 ตามลำดับ โดย 5 อันดับแรกของประเภทอุตสาหกรรมและธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับ SynBio มากที่สุด ได้แก่ อาหาร เกษตร เทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร (Agbiotech) COVID-19 และไมโครไบโอม (Microbiome) ในปัจจุบันการใช้ชีววิทยาสังเคราะห์ในกระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์แบ่งตามประเภทของอุตสาหกรรมได้ ดังนี้

1. อุตสาหกรรมอาหาร Food & Food ingredients

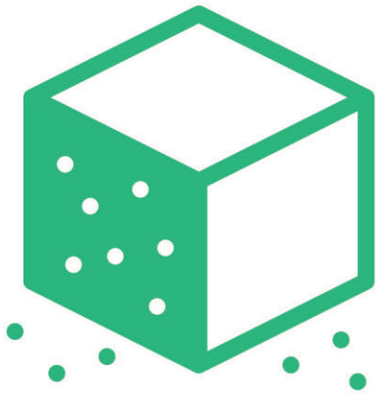
อุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม เนื่องด้วยการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกและความขาดแคลนแหล่งวัตถุดิบ ทำให้กระบวนการผลิตอาหารในอุตสาหกรรมต้องมีการปรับเปลี่ยนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อให้สามารถผลิตอาหารได้ปริมาณเพียงพอต่อความต้องการ นอกจากนี้ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความตระหนักต่อสภาวะความเป็นอยู่ที่ดี (Well-being) โดยคำนึงถึงสุขภาพและคุณภาพของอาหารที่ได้รับมากขึ้น รวมทั้ง ตระหนักถึงผลกระทบของกระบวนการผลิตอาหารต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น กระบวนการผลิตอาหารในอุตสาหกรรมจึงต้องมีการพัฒนาปรับเปลี่ยนซึ่งนอกจากจะต้องคำนึงถึงคุณค่าทางสารอาหารแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและความยั่งยืนของกระบวนการผลิตอีกด้วย

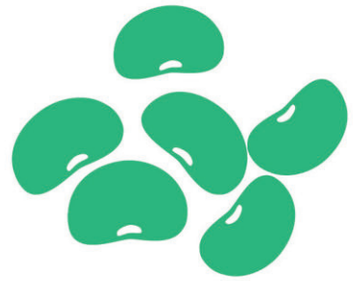
ข้อดีของ SynBio และตัวอย่างการใช้ SynBio ในอุตสาหกรรมอาหาร

SynBio เป็นเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ที่เข้ามามีบทบาทในการปรับปรุงและปรับเปลี่ยนอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตอาหารแบบดั้งเดิม (Traditional Food Production) โดยสามารถลดระยะเวลาการผลิต ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มการแข่งขันทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมอาหารของประเทศ นอกจากนี้ SynBio สามารถสร้างรูปแบบกระบวนการหมักแบบใหม่ในการผลิตสารอาหารและส่วนประกอบในการผลิตอาหาร รวมทั้ง เพิ่มคุณค่าและคุณภาพของส่วนประกอบในการผลิตอาหารอีกด้วย ตัวอย่างของการใช้ชีววิทยาสังเคราะห์ในการผลิตองค์ประกอบในอาหาร ได้แก่

สารให้ความหวาน

ในปัจจุบันประชากรจำนวนมากในโลกประสบปัญหาด้านสุขภาพเนื่องจากการบริโภคน้ำตาลมากเกินไป เช่น เบาหวาน โรคอ้วน ด้วยเหตุนี้ สารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำ (แคลอรี่ต่ำหรือไม่มีแคลอรี่) เช่น Erythritol, Steviol Glycosides, Mogroside จึงได้รับความนิยมมากขึ้น โดยธรรมชาติ สารเหล่านี้สกัดได้จากพืชและผลไม้ เช่น Erythritol เป็นสารที่สกัดจากลูกแพร์ หรือ Steviol glycosides เป็นสารที่สกัดจากใบของต้นหญ้าหวาน (Stevia rebaudiana) อย่างไรก็ตาม การสกัดสารเหล่านี้ได้ปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการในระดับอุตสาหกรรม ดังนั้น การใช้เทคโนโลยี SynBio ในการสร้างวิถีทางชีวเคมีเพื่อผลิตสารให้ความหวานนี้ในจุลินทรีย์สังเคราะห์ และผลิตในระดับขยายขนาดในถังปฏิกรณ์ชีวภาพจึงตอบโจทย์การนำสารเหล่านี้มาใช้เชิงพาณิชย์





ซอสถั่วเหลือง

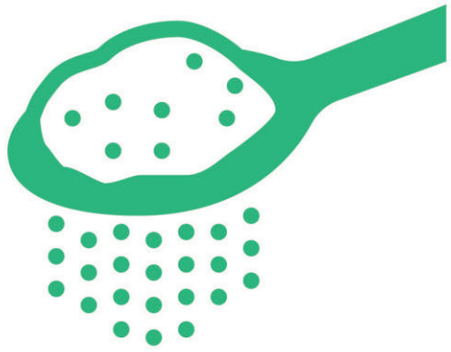
ซอสถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีบริโภคทั่วโลกและมีอัตราการเติบโตของตลาดอย่างต่อเนื่อง การผลิตซอสถั่วเหลืองอาศัยกระบวนการหมักแบบดั้งเดิมด้วยจุลินทรีย์ผสม ซึ่งประกอบด้วย ราจำพวก *Aspergillus oryzae, Aspergillus sojae* ยีสต์จำพวก *Saccharomyces cerevisiae* และแบคทีเรียจำพวก *Bacillus* sp. และ *Lactobacillus* sp. เป็นต้น อย่างไรก็ตาม พบว่าการหมักตามธรรมชาติอาจจะก่อให้เกิดสารอันตรายบางชนิด เช่น เอทิลคาร์บาเมต ดังนั้น การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยี SynBio ในการดัดแปลงจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักเหล่านี้สามารถลดการเกิดสารอันตรายได้ นอกจากนี้ผู้บริโภคมีความนิยมซอสถั่วเหลืองที่มีสีอ่อนมากขึ้น ดังนั้น เทคโนโลยีชีววิทยาสังเคราะห์จึงถูกนำมาใช้ในการดัดแปลงพันธุกรรมของแบคทีเรีย *Bacillus* sp. เพื่อทำให้แบคทีเรียนี้สลายน้ำตาลไซโลสซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยา Millard reaction และสามารถลดการเกิดสีเข้มของซอสถั่วเหลืองได้ ตัวอย่างนี้แสดงถึงประโยชน์ของการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของตลาดโดยใช้ SynBio

ไลโคปีนและแอสตราแซนทีน (Lycopene and Astaxanthin)

เป็นสารธรรมชาติกลุ่ม Carotenoid ที่มีประโยชน์ในรูปแบบของอาหารเสริม (Food supplement) หรือสารที่มีสรรพคุณทางยา มีประโยชน์ต่อสุขภาพหรือป้องกันโรค ไลโคปีนสามารถสกัดได้จากผลมะเขือเทศ ส่วนแอสตราแซนทีนสกัดได้จากสาหร่ายบางชนิด อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การผลิตสารสำคัญเหล่านี้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค การผลิตสารเหล่านี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์ เช่น แบคทีเรียอีโคไล (*Escherichia coli*) และยีสต์ *Yarrowia lipolytica* และผลิตในระดับขยายขนาดในถังปฏิกรณ์ชีวภาพเพื่อการพาณิชย์

สารแต่งกลิ่นรสของอาหาร (Food flavor)

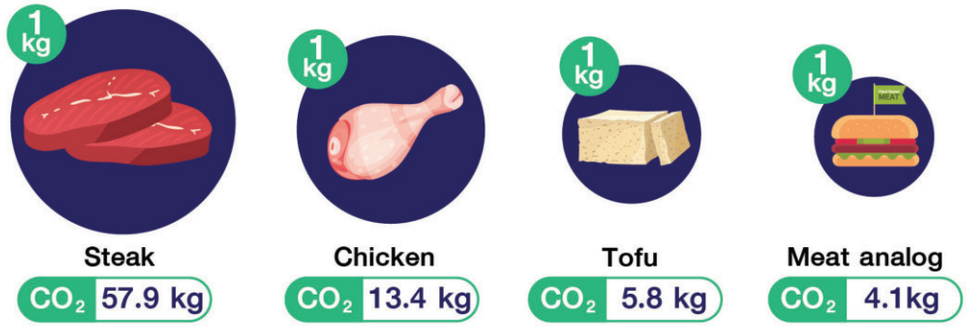
สารแต่งกลิ่นรสของอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการเติบโตสูงตามความต้องการของตลาด ได้แก่ วานิลา สารจากดอกคำฝอย สารเหล่านี้เป็นสารธรรมชาติที่สามารถสกัดได้จากพืช เนื่องด้วยข้อจำกัดเรื่องพื้นที่การปลูก สภาวะการเพาะปลูกที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้ผลผลิตตามปริมาณที่ต้องการ ดังนั้น การใช้เทคโนโลยี SynBio ในการสร้างวิถีทางชีวเคมีเพื่อผลิตสารเหล่านี้ในจุลินทรีย์สังเคราะห์และผลิตในระดับขยายขนาดในถังปฏิกรณ์ชีวภาพจึงเป็นการแก้ไขปัญหาในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม



โดยสรุป SynBio สร้างจุลินทรีย์สังเคราะห์ที่สามารถผลิตองค์ประกอบในอาหารในถังปฏิกรณ์ชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในระดับอุตสาหกรรมใช้เพื่อปรับปรุงลักษณะสมบัติต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์อาหารให้ตรงตามความต้องการของตลาด รวมทั้ง เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการผลิตอาหารแบบยั่งยืน โดยผลิตสารสำคัญจากวัตถุดิบที่เป็นทรัพยากรหมุนเวียน (Renewable Resources) และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างความสำเร็จในการใช้ SynBio ในอุตสาหกรรมอาหาร

SynBio ในอุตสาหกรรมอาหารปัจจุบัน เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยการลดปัญหาความขาดแคลนวัตถุดิบของการผลิต และยังมีบทบาทในการตอบโจทย์ความต้องการและพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคอีกด้วย เช่น ความตระหนักเรื่องสุขภาพและปัญหาสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ SynBio ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม (Meat Analog) เพื่อตอบโจทย์สังคมผู้บริโภคที่นิยมผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์มากขึ้น เนื่องจากการปศุสัตว์แบบดั้งเดิมก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เพราะเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นที่มีของปัญหาภาวะโลกร้อน ใช้พื้นที่บริเวณกว้าง มีการปล่อยมลพิษและของเสียจำนวนมากสู่ดินและน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสุขอนามัยของชุมชน รวมทั้งผู้บริโภคมีความตระหนักในเรื่องสวัสดิภาพของสัตว์ในระบบการเลี้ยงแบบฟาร์ม ทำให้ในปัจจุบันมีความนิยมในการบริโภคผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์หรือเนื้อเทียมที่ผลิตโดยเทคโนโลยีชีวภาพต่าง ๆ ได้แก่ เนื้อเทียมที่ผลิตจากพืช หรือการผลิตองค์ประกอบในอาหารโดยใช้เทคโนโลยี SynBio ได้แก่ เนื้อเทียมที่ผลิตในรูปแบบ Cultured Meat หรือ *in vitro* meat โดยผลิต Muscle Fibers ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ รวมทั้ง การผลิตสารแต่งรสแต่งกลิ่นเนื้อเทียมโดยใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์ (Microbial cell factory) เช่น กรดไขมัน สารอะโรมาติกให้กลิ่น ฮีมซึ่งเป็นสารให้สีกลิ่นเลือด ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเหล่านี้มีรสชาติเหมือนกับเนื้อสัตว์จริง รวมทั้งมีการผลิตโปรตีนในน้ำนม (Animal-free bioengineered milk) เช่น เคซีน (Casein) และเวย์โปรตีน (Whey protein) โดยใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์เพื่อผสมในน้ำนมวัวเทียม เป็นต้น ทั้งนี้ จากรายงานดังกล่าวนี้มีการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตโปรตีนทางเลือกเหล่านี้กับการผลิตโปรตีนจากเนื้อวัวและไก่ ดังนี้ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตโปรตีนรูปแบบต่าง ๆ
(อ้างจาก รายงานผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์ ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์
สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ กรุงเฮก 2563)

ด้วยเหตุผลเหล่านี้ ในปัจจุบันมีบริษัทจำนวนมากขึ้นที่หันมาลงทุนและดำเนินกิจการด้านผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ทดแทนน้ำนมวัว รวมทั้ง การพัฒนาและผลิตสารแต่งรสแต่งกลิ่นเนื้อเทียมโดยใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยเทคโนโลยี SynBio เช่น บริษัท Beyond Meat, บริษัท Impossible Foods Inc. บริษัท Perfect Day เป็นต้น

ข้อจำกัดและข้อควรตระหนักของ SynBio ในอุตสาหกรรมอาหาร

01

ความซับซ้อนและราคาของการพัฒนาเทคโนโลยี

SynBio เป็นเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนและใช้เวลาในการวิจัยพัฒนานานกว่าเทคโนโลยีอื่น การพัฒนาองค์ความรู้อาศัยการวิจัยเชิงลึกและเครื่องมือเฉพาะด้านซึ่งอาจจะมีราคาสูง ปัจจัยเหล่านี้อาจเป็นข้อจำกัดของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้อย่างกว้างขวางเพื่อการพาณิชย์

02

การผลิตระดับอุตสาหกรรม

การพัฒนาการผลิตสารประกอบในอาหารโดยใช้ SynBio อาจจะประสบความสำเร็จที่ดีในระดับห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม การผลิตในระดับขยายขนาดต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ทั้งด้านการควบคุมการทำงานของจุลินทรีย์สังเคราะห์และสภาวะการผลิต ซึ่งเป็นข้อควรตระหนักและให้ความสำคัญของการวิจัยพัฒนาระดับอุตสาหกรรมเพื่อการพาณิชย์

03

ความปลอดภัยของเทคโนโลยี

เนื่องด้วย SynBio นี้เป็นเทคโนโลยีใหม่ ถึงแม้ว่าการศึกษาเรื่องความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดขององค์การอาหารและยาของแต่ละประเทศ การศึกษาด้านความปลอดภัยในระยะยาวยังจำกัด ดังนั้น จำเป็นต้องการระบุ (Labelling) อย่างถูกต้องและชัดเจน นอกจากนี้ ในด้านกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ต้องมีมาตรการควบคุมการผลิตและการควบคุมการรั่วไหลแพร่กระจายของจุลินทรีย์สังเคราะห์เพื่อลดความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไป

2. อุตสาหกรรมเคมี พลังงาน และสิ่งแวดล้อม Chemical Energy Industry & Environment

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์เกี่ยวข้องกับกิจกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่มีองค์ประกอบของสารเคมีและวัสดุที่สร้างขึ้นจากคาร์บอนหรือมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งร้อยละ 80 ของคาร์บอนเหล่านี้ได้มาจากการขุดและสกัดมาจากแหล่งกำเนิดฟอสซิลใต้พื้นดินและน้ำ จากรายงานเรื่อง “Turning off the Tap for Fossil Carbon” ของ Nova Institute, Germany (2021) ชี้ให้เห็นว่า ร้อยละ 92 ของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเกิดขึ้นจากปัญหาก๊าซเรือนกระจก ที่เป็นผลมาจากกิจกรรมและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับคาร์บอนเหล่านี้ โดยคิดเป็นสัดส่วนของการใช้คาร์บอนในรูปแบบพลังงานและเชื้อเพลิงร้อยละ 89 และรูปแบบของผลิตภัณฑ์สารเคมีและวัสดุร้อยละ 11 อย่างไรก็ตาม จากการคาดการณ์ขององค์การสหประชาชาติว่าประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 จาก 7,795 พันล้านคนในปัจจุบันเป็น 9,740 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2050 ซึ่งจะทำให้สัดส่วนของการใช้คาร์บอนในรูปแบบของผลิตภัณฑ์สารเคมีและวัสดุเพิ่มขึ้นอย่างมากด้วย

ด้วยเหตุนี้ จึงมีความพยายามในการใช้แหล่งคาร์บอนหมุนเวียน (Renewable Carbon Sources) มาทดแทนการใช้แหล่งกำเนิดฟอสซิล ได้แก่ คาร์บอนจากการใช้ซ้ำ (Carbon from Recycling) คาร์บอนจากชีวมวล (Carbon from Biomass) และคาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon from CO2) เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการผลิต ทั้งนี้ การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตยังรวมไปถึงการใช้กระบวนการเทคโนโลยีชีวภาพโดยใช้หลักการของ SynBio และจุลินทรีย์สังเคราะห์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพเพื่อผลิตสารเคมีอุตสาหกรรมและวัสดุเหล่านี้ทดแทนการใช้กระบวนการสังเคราะห์สารทางเคมี ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้สภาวะที่รุนแรงกว่า ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมีที่มีราคาแพง อีกทั้งก่อให้เกิดของเสียจากกระบวนการที่อาจนำไปสู่การสร้างมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างของบริษัทที่ดำเนินกิจการเกี่ยวข้องกับการใช้ชีววิทยาสังเคราะห์ในการผลิตสารเคมีอุตสาหกรรมจากชีวมวล

LYGOS

บริษัท Lygos, Inc. เป็นบริษัทวิจัยและพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพที่เริ่มต้นมาจากกลุ่มนักวิจัยทางด้าน Synthetic Bioengineering จาก Lawrence Berkeley National Laboratory รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้เทคโนโลยี SynBio ในการผลิตกรดอินทรีย์ (Organic Acid) และโมโนเมอร์ชีวภาพ (Bio-Monomer) หลายชนิดที่เป็นสารตั้งต้นของอุตสาหกรรมโพลิเมอร์และพลาสติก โดยใช้สารตั้งต้นของกระบวนการผลิตเป็นชีวมวลทดแทนการใช้สารตั้งต้นกลุ่มปิโตรเคมี และใช้กระบวนการผลิตทางชีวภาพโดยใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทดแทนกระบวนการผลิตทางเคมี ผลิตภัณฑ์ของบริษัท Lygos, Inc. เช่น

Bio-Malonic Acid

เป็นสาร C3-Dicarboxylic Acid ใช้เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการผลิตโพลิเมอร์ในกลุ่มโพลิเอสเทอร์ ตัวทำละลายอินทรีย์ และกาว (Adhesive) รวมทั้งใช้เป็นองค์ประกอบในการผลิตสารเคลือบผิว (Coating) ต่าง ๆ เพื่อป้องการรังสียูวี ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการกัดกร่อนของพื้นผิว นอกจากนี้ Bio-Malonic Acid ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการควบคุมความเป็นกรดด่างและเป็นสารเสริมในการยืดอายุอาหาร และเป็นองค์ประกอบเพื่อให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์บางชนิดในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและยา บริษัท Lygos, Inc. ได้พัฒนาจุลินทรีย์สังเคราะห์เพื่อผลิต Bio-Malonic Acid จากน้ำตาลและชีวมวลได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อทดแทนกระบวนการสังเคราะห์สารทางเคมี

Bio-Isobutyric Acid

เป็นสาร C4-Organic Acid ใช้เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการผลิตยา เครื่องสำอาง สารเสริมในอาหาร รวมทั้ง การผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ พลาสติก และองค์ประกอบบางชนิดในอุตสาหกรรมอิเลคทรอนิกส์และอุตสาหกรรมยานยนต์ ทั้งนี้ กระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมของสารนี้เป็นกระบวนการทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่ใช้กรด คาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจนฟลูออไรด์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดสารมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้น บริษัท Lygos, Inc. ได้พัฒนาจุลินทรีย์สังเคราะห์และกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตสารนี้จากน้ำตาลและชีวมวลเพื่อทดแทนกระบวนการทางเคมี

genomatica

บริษัท Genomatica, Inc. เป็นบริษัทด้านวิศวกรรมชีวภาพ (Bioengineering) ที่พัฒนากระบวนการผลิตเคมีภัณฑ์ชีวภาพชนิดต่าง ๆ ที่เป็นสารตั้งต้นสำคัญของการผลิตกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ของบริษัท Genomatica, Inc. เช่น Bio-Butanediol (Bio-BDO), Caprolactam ซึ่งใช้ในการผลิตโพลิเมอร์ไนลอนและพลาสติก Butylene glycol ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เป็นต้น นอกจากนี้ บริษัทยังร่วมมือกับ ExxonMobil เพื่อวิจัยเชื้อเพลิงชีวภาพจากวัตถุชีวมวลร่วมกับ Clariant และร่วมมือกับอีกหลายบริษัท เพื่อส่งเสริมการใช้กระบวนการผลิตทางชีวภาพที่ยั่งยืน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างของวัสดุที่สร้างขึ้นจากชีววิทยาสังเคราะห์ เช่น ไบโอไอโซพรีน (Bio-isoprene) ซึ่งเป็นสารที่ผลิตด้วยกระบวนการทางชีวภาพด้วยการหมักน้ำตาลและชีวมวล โดยมีจุลินทรีย์สังเคราะห์เป็นผู้สังเคราะห์สารไบโอไอโซพรีนนี้ผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตยางสังเคราะห์ทดแทนการใช้ไอโซพรีนที่ผลิตด้วยกระบวนการทางปิโตรเคมี นอกเหนือจะใช้กับอุตสาหกรรมยานยนต์แล้ว ยังนำมาใช้ในการผลิตถุงมือแพทย์ รวมทั้งเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมเคมีต่าง ๆ เช่น สารเคลือบผิวและกาว เป็นต้น ด้วยศักยภาพทางการตลาดของไบโอไอโซพรีน ทำให้ในปัจจุบันมีบริษัทต่าง ๆ ลงทุนพัฒนากระบวนการผลิตไบโอไอโซพรีนและพัฒนายางต้นแบบ เช่น บริษัท Goodyear ร่วมกับบริษัท Dupont Industrial Bioscience เป็นต้น

ข้อดีของการใช้ SynBio ในอุตสาหกรรมเคมี พลังงาน และสิ่งแวดล้อม

- กระบวนการเทคโนโลยีชีวภาพที่มีจุลินทรีย์สังเคราะห์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพเป็นกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ปฏิกิริยาและสภาวะของกระบวนการผลิตไม่รุนแรงมากนัก และเกิดของเสียของกระบวนการน้อยกว่ากระบวนการผลิตทางเคมี
- เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้ทรัพยากรหมุนเวียนเป็นสารตั้งต้น จัดเป็นกระบวนการผลิตสีเขียวที่ยั่งยืน

ข้อจำกัดและข้อควรตระหนักของการใช้ SynBio ในอุตสาหกรรมเคมี พลังงาน และสิ่งแวดล้อม

- กระบวนการผลิตทางชีวภาพมีต้นทุนของกระบวนการผลิตที่สูงกว่า
- กระบวนการสร้างจุลินทรีย์สังเคราะห์อาศัยเวลาในการวิจัยพัฒนา และการผลิตในระดับขยายขนาดต้องมีการศึกษาวิจัยเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
- กระบวนการผลิตทางชีวภาพใช้น้ำตาลและชีวมวลเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการ ต้องคำนึงถึงแหล่งที่มาของน้ำตาลและชีวมวลเหล่านั้น ว่าต้องไม่มาจากผลผลิตการเกษตรที่เป็นอาหารของมนุษย์
- ต้องมีความตระหนักด้านความปลอดภัยของเทคโนโลยี โดยมีการควบคุมกระบวนการผลิตแบบปิดและทำลายจุลินทรีย์สังเคราะห์ไม่ให้รั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อมเปิด เพื่อลดความเสี่ยงที่ไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นจากจุลินทรีย์สังเคราะห์เหล่านั้น

3. เกษตรกรรม และ อุตสาหกรรมการเกษตร Agriculture and AgroIndustry

มีการคาดการณ์ว่าประชากรโลกจะเพิ่มจำนวนสูงถึง 9.7 ล้านล้านคนในปี ค.ศ. 2050 อาจก่อให้เกิดปัญหาความขาดแคลนอาหารและปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น การลดลงของพื้นที่เกษตรกรรมจากการขยายตัวของตัวเมืองเพื่อพื้นที่อยู่อาศัย และการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรและการผลิตอาหารตลอดห่วงโซ่อย่างมีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญต่อการรักษาความมั่นคงของอาหาร (Food Security) และเพื่อตอบสนองพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เปลี่ยนแปลงไปของประชากรในปัจจุบัน เช่น การบริโภคอาหารที่เน้นคุณภาพ ปราศจากสารอันตรายตกค้างและมีปริมาณสารอาหารมากขึ้น รวมทั้ง พฤติกรรมการบริโภคอาหารจากพืชผักทดแทนอาหารจากเนื้อสัตว์ เป็นต้น

ในธรรมชาติ พืชมีกลไกการปรับตัวในระดับเซลล์และระดับพันธุกรรมให้สามารถดำรงชีวิตและทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป กลไกนี้ใช้ระยะเวลานานในการปรับตัวตามธรรมชาติ สำหรับการเกษตรกรรมเพื่อผลิตผลผลิตทางการเกษตรนั้นที่ผ่านมามนุษย์มีการใช้เทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์พืชแบบ Conventional Plant Breeding ซึ่งเป็นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางพันธุกรรมของพืชโดยอาศัยการผสมข้ามชนิด เพื่อถ่ายทอดลักษณะที่ต้องการจากพืชชนิดหนึ่งไปยังพืชอีกชนิดหนึ่ง หรือการใช้วิธีการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม เช่น การใช้สารเคมี สารรังสี กระบวนการทั้งสองนี้สามารถพัฒนาให้ได้พืชพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะสมบัติตามที่ต้องการในระยะเวลาที่น้อยกว่าการปรับตัวตามธรรมชาติ ทั้งนี้ ในการเกษตรกรรมทั่วโลก และในประเทศไทย พืช พืชผัก รวมทั้งพืชสวยงามส่วนใหญ่ได้รับการพัฒนาปรับปรุงด้วยการผสมข้ามชนิด เช่น ผักกาดขาวผักคะน้า หน่อไม้ฝรั่ง บัว ฯลฯ และหลายชนิดถูกปรับปรุงด้วยการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม หรือใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน เช่น ข้าว วัตถุประสงค์หลักในการปรับปรุงพันธุกรรมของพืชเหล่านี้ ได้แก่ เพื่อให้มีผลผลิตสูงขึ้น เพื่อให้มีคุณภาพผลผลิตที่ดีตามความต้องการของตลาด เช่น เมล็ดข้าวเรียวยาว เพื่อให้พืชมีความต้านทานต่อโรคและแมลง เพื่อให้พืชทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เป็นปัญหา เช่น ทนแล้ง ทนดินเค็ม และเพื่อให้พืชมีความเหมาะสมต่อการปลูกในระบบนิเวศต่าง ๆ เช่น ข้าวนาชลประทาน เป็นต้น

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีชีวภาพและ SynBio ทำให้มีการนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางพันธุกรรมของพืช เพื่อให้การเพาะปลูกและการผลิตผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้มีประสิทธิภาพสูง พืชเจริญเติบโตได้ดี ได้ปริมาณผลผลิตที่สูง มีคุณภาพที่ดีมีสารอาหารสูงและตามความต้องการของตลาด ใช้ระยะเวลาการเพาะปลูกที่สั้นลง รวมทั้งมีความทนทานต่อโรคพืช แมลง และการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เพื่อลดการใช้สารเคมีเกษตรที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ด้วยความสำคัญของภาคการเกษตรกรรมต่อความมั่นคงทางอาหารของประชากรโลก ในปัจจุบันมีบริษัทที่ดำเนินกิจการเกี่ยวข้องกับการใช้ SynBio ในการพัฒนาพันธุ์พืช กระบวนการเพาะปลูกและปศุสัตว์

บริษัทที่ดำเนินกิจการเกี่ยวข้องกับการใช้ SynBio ในการพัฒนาพันธุ์พืช กระบวนการเพาะปลูกและปศุสัตว์

บริษัท Afingen

รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นบริษัทเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร พัฒนาลักษณะสมบัติของพืชโดยใช้ชีววิทยาสังเคราะห์ให้เป็นพืชชีวมวลที่มีคุณภาพและปริมาณสูงเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานชีวภาพ

บริษัท Calyxt

รัฐ Minesota ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นบริษัท Deep Tech ที่ใช้ SynBio ในการพัฒนาปรับเปลี่ยนพืชให้ผลิตน้ำมันคุณภาพสูง เช่น High Oleic-Low Linolenic Soybean ให้สารอาหารสูงและมีเส้นใยสูงเพื่อเป็นอาหารของมนุษย์ เช่น High Fiber Wheat, Gluten-free Grains รวมทั้ง ปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความทนทานต่อสภาพอากาศที่หนาวได้ เช่น Winter Oats เป็นต้น

บริษัท Pivot Bio

รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้ฐานเทคโนโลยีชีววิทยาสังเคราะห์ในการปรับแต่งพันธุกรรมของจีโนม (Genome editing) ของแบคทีเรียในดินที่อาศัยที่รากพืชเพื่อให้สามารถตรึงไนโตรเจนด้วยประสิทธิภาพสูงเพื่อเป็นสารอาหารให้กับพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด และข้าวสาลี ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีชื่อว่า PROVEN ซึ่งเป็นแบคทีเรียตัดแต่งพันธุกรรมที่ใช้ทดแทนปุ๋ยเคมี พบว่าสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ 5 กิโลกรัมต่อไร่ และได้ผลผลิตของข้าวโพดสูงขึ้น 58 กิโลกรัมต่อไร่

บริษัท Recombinetics

รัฐ Minesota ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้เทคโนโลยี SynBio โดยอาศัยเทคนิค TALENs และ CRISPRs ในการปรับแต่งพันธุกรรมของจีโนมของวัวและปลาให้มีลักษณะตามที่ต้องการและเพื่อความเป็นอยู่ที่ดีของสัตว์ในอุตสาหกรรมปศุสัตว์และการเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมทั้งใช้เทคโนโลยีเดียวกันในอุตสาหกรรมยาและสุขภาพของมนุษย์

ข้อดีของการใช้ SynBio ในการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร

- การเกษตรกรรมเกี่ยวข้องโดยตรงกับสิ่งมีชีวิตทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ ดังนั้น การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมโดยใช้ SynBio จึงเป็นวิธีการที่เลียนแบบวิธีทางธรรมชาติ แต่เป็นการเร่งกระบวนการดังกล่าวโดยใช้เทคโนโลยี เพื่อให้สิ่งมีชีวิตทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ที่มีปรับแต่งพันธุกรรมนั้นมีลักษณะสมบัติตามที่ต้องการ
- การใช้สิ่งมีชีวิตทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ที่มีปรับแต่งพันธุกรรมโดย SynBio เป็นประโยชน์ต่อการลดการใช้สารเคมีเกษตรอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อจำกัดและข้อควรตระหนักของการใช้ SynBio ในการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร

- กระบวนการวิจัยสร้างพืชและจุลินทรีย์ดินที่มีปรับแต่งพันธุกรรมโดย SynBio อาศัยเวลานานและต้นทุนสูง แต่ละแนวทางมีศักยภาพที่จะพัฒนาพันธุ์พืชที่ดีขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพการเกษตรกรรม แต่มีข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น ระยะเวลาและความซับซ้อนของการวิจัย ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายของการทดสอบพิสูจน์ผล ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ และข้อกำหนดมาตรฐานต่าง ๆ ที่อาจทำให้พืชที่มีปรับแต่งพันธุกรรมโดยชีววิทยาสังเคราะห์เหล่านี้ยังไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์
- เนื่องจากการเกษตรกรรมแบบระบบเปิดมีปัจจัยที่ควบคุมยากเข้ามาเกี่ยวข้องหลายปัจจัย เช่น คุณสมบัติของดิน ปริมาณน้ำ การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ฤดูกาล ภัยพิบัติ ดังนั้น การทดสอบผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการวิจัยต้องใช้เวลาในการทดสอบในแปลงนานหลายรอบการเพาะปลูก ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูงสุด การทดสอบเหล่านี้ใช้เวลานานและค่าใช้จ่ายสูง
- การปลูกพืชและการใช้จุลินทรีย์ดินที่มีปรับแต่งพันธุกรรมโดย SynBio ทั้งในระบบการเพาะปลูกแบบปิดและแบบเปิดต้องได้รับการอนุญาตจากหน่วยงานควบคุมมาตรฐานของแต่ละประเทศเพื่อป้องกันความเสี่ยงที่ไม่แน่นอน ที่อาจเกิดขึ้นจากจุลินทรีย์สังเคราะห์เหล่านั้น
- ในปัจจุบัน กระบวนการปรับปรุงพันธุกรรมของสัตว์โดย SynBio มีการศึกษาวิจัยมากขึ้น แต่ยังต้องการผลการวิจัยในระยะยาวของผลกระทบอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้น ทั้งนี้ การวิจัยและการใช้ดังกล่าวต้องได้รับการอนุญาตจากหน่วยงานควบคุมมาตรฐานของแต่ละประเทศ

4. อุตสาหกรรมยา
Pharmaceutical industry

ในสังคมที่ดำเนินไปอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน การกระจุกตัวของผู้คนในมหานคร การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มลพิษ การใช้ยาปฏิชีวนะอย่างพร่ำเพรื่อ และการขยายตัวของชุมชนเมือง ล้วนเป็นแรงขับดันที่สำคัญที่ทำให้เกิดการอุบัติขึ้นของโรคอุบัติใหม่ สถานการณ์วิกฤตแห่งโรคระบาดทำให้เราเห็นภาพได้ชัดเจนว่าความพร้อมในด้านการแพทย์และสาธารณสุขมีความสำคัญยิ่งต่อความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ยิ่งไปกว่านั้น ในสถานการณ์ที่แนวโน้มของสังคมกำลังดำเนินเข้าสู่สังคมแห่งผู้สูงอายุ ความเจ็บป่วยที่อาจเกิดจากโรคไม่ติดต่อ ก็ยังสร้างปัญหาที่อาจส่งผลถึงการสูญเสียสุขภาวะได้อย่างมากมายมหาศาล และอาจเป็นภาระยิ่งใหญ่ในเชิงเศรษฐกิจ

เทคโนโลยี SynBio เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีสำคัญที่ช่วยขับดันให้เกิดการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ในการตรวจวินิจฉัย รักษา และยับยั้งการระบาดของโรคร้ายรวมไปถึงช่วยส่งเสริมสุขภาพอนามัยให้กับประชาชนช่วยลดโอกาสในการเจ็บป่วย หลายบริษัทเริ่มใช้เทคโนโลยีชีววิทยาสังเคราะห์ในการออกแบบวงจรทางชีวเคมี และปรับแต่งวิถีเมตาโบลิซึมของเซลล์เสียใหม่ เพื่อออกแบบให้เซลล์สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ที่มีคุณค่าทางการแพทย์ได้

ตัวอย่างของบริษัทที่ดำเนินกิจการ เกี่ยวกับการผลิตสารออกฤทธิ์จากเทคโนโลยี SynBio

ห้องปฏิบัติการของศาสตราจารย์เจย์ คีสลิง (Jay Keasling) แห่งซาติลอว์เรนซ์ เบิร์กลีย์ กระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา เป็นหนึ่งในห้องปฏิบัติการที่บุกเบิกการพัฒนาเทคโนโลยีการใช้เซลล์เป็นโรงงานผลิตสารออกฤทธิ์ (Microbial Cell Factory) โดยใช้เทคโนโลยีวิศวกรรมเมตาโบลิซึม (Metabolic Engineering) โดยได้ศึกษาวิถีของการผลิตสารออกฤทธิ์หลายชนิดจากพืช อาทิเช่น กรดอาร์ติมิซินิก (Artemisinic acid) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของยาต้านมาลาเรีย สารแคนนาบินอย เช่น แคนนาบิเจอรัล และแคนนาบิไดอัล ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์จากกัญชา

HUVEPHARMA

บริษัทฮูเวฟาม่า (Huvepharma) ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกรดอาร์ติมิเซนิกในระดับอุตสาหกรรมในยีสต์ ซึ่งกรดดังกล่าวจะถูกนำไปปรับเปลี่ยนโครงสร้างโดยการกระตุ้นด้วยแสง (Photoconversion) ให้กลายเป็นสารยาอาร์ติมิเซนิน ที่สามารถนำมาใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อปรสิตพลาสโมเดียมได้

เทคโนโลยี SynBio ยังมีบทบาทสำคัญในการปรับแต่งเซลล์จุลินทรีย์ให้มีความสามารถในการผลิตสารออกฤทธิ์วัคซีน รวมทั้ง ยารักษาโรค ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ ตัวอย่างสารออกฤทธิ์ที่มีการผลิตด้วยเทคโนโลยีนี้ เช่น สารแคนนาบินอยด์ (Cannabinoid) จากพืชกัญชา Cannabis (Cannabis sativa) ทั้งนี้ พืชกัญชาเป็นพืชสมุนไพรที่มีสารออกฤทธิ์มากกว่า 400 ชนิด โดยมีสารแคนนาบินอยด์เป็นสารสำคัญที่มีมากกว่า 100 ชนิด สารออกฤทธิ์สำคัญในกลุ่ม ได้แก่ เตตราไฮโดรแคนนาบินอล (delta-9 Tetrahydrocannabinol, THC) ซึ่งมีฤทธิ์กับระบบประสาทของผู้ได้รับสาร กระตุ้นประสาทและมีฤทธิ์หลอนประสาท และสารแคนนาบิไดออล (Cannabidiol, CBD) ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 0.3 ต่อน้ำหนักของพืช เป็นสารที่ไม่ออกฤทธิ์กับระบบประสาท แต่มีส่วนช่วยในการลดความวิตกกังวลและลดการคิดที่ผิดปกติ

สารสกัดกัญชามีประโยชน์ทางการแพทย์ โดยมีข้อมูลสนับสนุนทางวิชาการว่าสามารถใช้ในการรักษาการเจ็บปวดเรื้อรังในผู้ใหญ่ ภาวะคลื่นไส้อาเจียนในผู้ป่วยที่ได้รับเคมีบำบัด โรคลมชักที่ดื้อยา เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การสกัดสารสำคัญเหล่านี้จากพืชกัญชามีข้อจำกัดจากปัจจัยด้านการเพาะปลูกพืช ทั้งนี้ อัตราการเจริญของต้นพืชและการสะสมสารสำคัญขึ้นกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่ปลูก สายพันธุ์ วิธีการปลูก รวมทั้ง ประสิทธิภาพของกระบวนการสกัดสาร โดยพืชกัญชาเป็นพืชโตเร็วที่ต้องการน้ำ แสง และสารอาหารสูง ต้นทุนการผลิตของการปลูกในแปลงเกษตรหรือในสภาพแวดล้อมปิดในระบบฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ต้องใช้พลังงานปุ๋ยและน้ำเป็นจำนวนมาก อีกทั้งการแยกสารออกฤทธิ์ให้บริสุทธิ์จากสารสกัดพืชมีขั้นตอนที่ซับซ้อนยุ่งยาก เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของสารแคนนาบินอยด์หลายชนิดในต้นพืช เช่น แคนนาบิไดออล และเตตราไฮโดรแคนนาบินอลนั้น มีความคล้ายคลึงกันมาก

CRONOS GROUP amyris
DEMETRIX
GINKGO BIOWORKS™ THE ORGANISM COMPANY

ด้วยเหตุนี้ การผลิตสารออกฤทธิ์สำคัญด้วยเทคโนโลยี SynBio จึงมีความได้เปรียบ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ผลิตสารสำคัญอย่างตรงเป้าหมาย ลดการเกิดสารพลอยได้ต่าง ๆ ทำให้สามารถแยกสารออกฤทธิ์จำพวกแคนนาบินอยด์ให้บริสุทธิ์ได้ง่ายกว่า ดังนั้น ในปัจจุบันมีบริษัทที่เริ่มนำเอาเทคโนโลยีชีววิทยาสังเคราะห์มาใช้ในการพัฒนาการผลิตสารออกฤทธิ์จากกัญชาเพื่อการแพทย์ ได้แก่ The Cronos Group, Demetrix, Amyris และ Ginkgo Bioworks เพื่อพัฒนาสารออกฤทธิ์เหล่านี้เป็นสารตั้งต้นในการเข้าสูตรยาต่างๆ ในเชิงการแพทย์

4

การกำกับดูแลความปลอดภัยทางชีวภาพของชีววิทยาสังเคราะห์

ดร. ชาลินี คงสวัสดิ์

เนื่องจาก SynBio ถือเป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ (Modern Biotechnology) ดังนั้น สิ่งมีชีวิตที่พัฒนาจาก SynBio จึงจัดเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically Modified Organisms) หรือ GMOs สามารถใช้กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการกำกับดูแล GMOs ในการดูแลความปลอดภัย

ในระดับนานาชาติ อนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ (Convention on Biological Diversity: CBD) เล็งเห็นความสำคัญของการดูแลความปลอดภัยของเทคโนโลยีชีวภาพ ในมาตรา 8g จึงกำหนดให้จัดตั้งวิธีการจัดการหรือควบคุมความเสี่ยงในการใช้ประโยชน์และปลดปล่อยสิ่งมีชีวิตที่มาจากเทคโนโลยีชีวภาพ จึงได้มีพิธีสารคาร์ตาเฮนาว่าด้วยความปลอดภัยทางชีวภาพเป็นพิธีสารต่อท้ายอนุสัญญา เป็นข้อตกลงระหว่างประเทศที่เน้นการดูแลความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (Living Modified Organism - LMOs) อันเป็นผลมาจากเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่

ต่อมา อนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพพิจารณาว่า SynBio เป็นประเด็นอุบัติใหม่ที่อาจมีผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ดังนั้น ในปี 2019 ที่ประชุมสมัชชาภาคีอนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพจึงมีความเห็นว่า สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ที่พัฒนาขึ้นโดยชีววิทยาสังเคราะห์ (Synthetic Biology) จัดเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ภายใต้บริบทของพิธีสารคาร์ตาเฮน่าว่าด้วยความปลอดภัยทางชีวภาพ สามารถกำกับดูแลโดยกลไกเดียวกันกับ GMOs สำหรับสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาขึ้นโดยชีววิทยาสังเคราะห์และไม่เข้าข่ายเป็น GMOs นั้นยังคงอยู่ในขอบเขตของการดูแลภายใต้ CBD เนื่องจาก ขอบเขตของ CBD ครอบคลุมสิ่งมีชีวิตที่ได้จากเทคโนโลยีชีวภาพทั้งหมด

สำหรับการกำกับดูแลชีววิทยาสังเคราะห์ในประเทศต่างๆ จะพิจารณาว่าชีววิทยาสังเคราะห์เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่เช่นกัน และต่างใช้กลไกกำกับดูแลความปลอดภัยทางชีวภาพเช่นเดียวกับการกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ยกเว้นในบางประเทศจะมีกลไกการกำกับดูแลเฉพาะสำหรับสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนม (Genome Editing Technology) โดยมีกระบวนการพิจารณาเฉพาะเพื่อพิจารณายกเว้นไม่จัดเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ตัวอย่างแนวทางกำกับดูแลในบางประเทศ ดังนี้

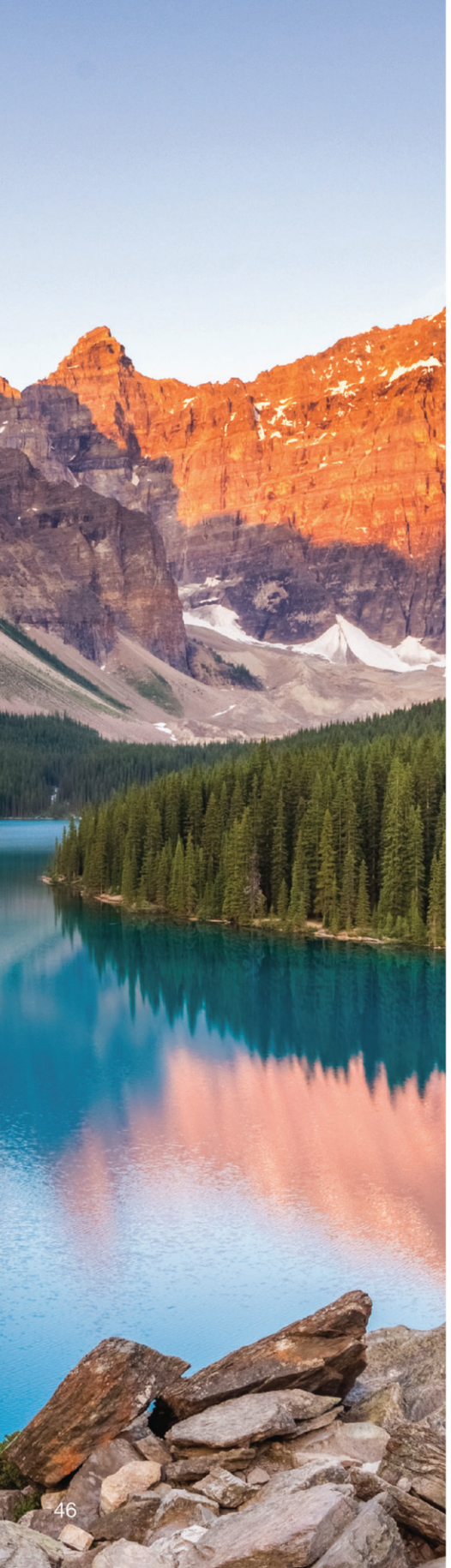
1. สหภาพยุโรป

สหภาพยุโรปจัดเป็นกลุ่มประเทศที่กำหนดกฎระเบียบหรือมาตรการทางกฎหมายขึ้นมาใหม่เพื่อมาบังคับใช้ควบคุมสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมทุกประเภท และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การใช้ในสภาพควบคุมการทดสอบในภาคสนาม การปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม การวางจำหน่ายในท้องตลาด การติดฉลาก การเคลื่อนย้ายข้ามแดนระหว่างประเทศสมาชิกหรือการส่งออกไปยังประเทศที่สามและการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) เป็นต้น โดยกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับอาหารได้ขยายขอบเขตการบังคับใช้ออกไปให้ครอบคลุมถึงการใช้สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ด้วย ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดความมั่นใจในด้านความปลอดภัยต่อชีวิตมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม

ภายใต้ข้อกำหนดในการกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมของสหภาพยุโรปได้ยกเว้นให้สิ่งมีชีวิตที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคนิคหรือวิธีการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ (Mutagenesis) ไม่จัดเป็น GMOs จึงมีข้อถกเถียงว่า สิ่งมีชีวิตที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนมแบบ SDN1 มีลักษณะเทียบเท่ากับการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมเล็กน้อยและไม่มีสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตอื่น ยังจัดเป็น GMOs หรือไม่ อย่างไรก็ตาม เมื่อปี 2018 ศาลยุติธรรมแห่งสหภาพยุโรป มีความเห็นว่าสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาขึ้นโดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์เป็น GMOs และอยู่ภายใต้การกำกับดูแลเช่นเดียวกันกับ GMOs ยกเว้นสิ่งมีชีวิตที่มีข้อมูลว่ามีการใช้อย่างปลอดภัยมาเป็นเวลานาน (Long Safety Record) ต่อมาในปี 2019 คณะมนตรีแห่งสหภาพยุโรป ได้ขอให้มีการศึกษาว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นด้วย Novel Genomic Techniques ควรอยู่ภายใต้การกำกับดูแลโดยกฎระเบียบดังกล่าวหรือไม่

2. สหรัฐอเมริกา

การกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมในสหรัฐอเมริกา ดำเนินการโดย 3 หน่วยงาน ได้แก่ กระทรวงเกษตร (Department of Agriculture - DA), องค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration: FDA) และสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency - EPA) ในปี ค.ศ. 2019 มีการออกคำสั่งพิเศษของประธานาธิบดี (Executive Order) เรื่อง Modernizing the Regulatory Framework for Agricultural Biotechnology ให้สิทธิ์แก่ EPA ในการใช้กลไกที่มีอยู่ ยกเว้นผลิตภัณฑ์ด้านการเกษตรที่พัฒนาขึ้นจากเทคโนโลยีชีวภาพที่มีความเสี่ยงต่ำ (Exempt Low-Risk Products) จากการกำกับดูแลตามความเหมาะสม โดยมีการยกเว้นเห็ดกระดุมที่ไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Non-Browning Mushroom) ซึ่งพัฒนาขึ้นจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนมจากการกำกับดูแล



3. แคนาดา

กลไกการกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมของประเทศแคนาดา ดำเนินการโดยองค์การตรวจสอบอาหารของแคนาดา (Canada Food Inspection Agency - CFIA) รับผิดชอบประเมินความปลอดภัยของพืชดัดแปลงพันธุกรรมก่อนปลูกในสิ่งแวดล้อม และ Health Canada ประเมินความปลอดภัยเพื่อใช้เป็นอาหาร โดยหลักการประเมินอาหารใหม่ (Novel Food) ก่อนวางตลาด (Pre-Market Assessment) ใช้การพิจารณาจากหลักการของผลิตภัณฑ์ (Product-Based Approach) คือ ประเมินเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ปรากฏลักษณะใหม่ โดยไม่คำนึงถึงวิธีการที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ทั้งนี้ สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมภายใต้การกำกับดูแลในประเทศแคนาดาจะรวมถึงชีววิทยาสังเคราะห์และเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนมด้วย ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นจากเทคโนโลยีดังกล่าวจะต้องผ่านกระบวนการประเมินก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีลักษณะใหม่เท่านั้น

4. ออสเตรเลีย

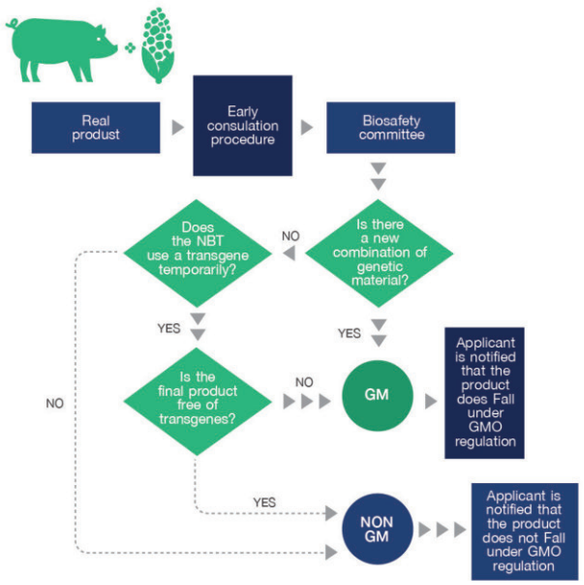
ออสเตรเลียกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมโดยการออกกฎหมายเฉพาะที่มีชื่อว่า Gene Technology Act 2000 และ Gene Regulation 2001 ครอบคลุมทุกกิจกรรมตั้งแต่การวิจัย การผลิต การนำเข้า การเพิ่มจำนวน การเคลื่อนย้าย และการทำลาย โดยในปี 2018 หน่วยงานกำกับดูแลด้านเทคโนโลยียีนของออสเตรเลีย (Office of the Gene Technology Regulator: OGTR) ได้จัดทำข้อเสนอแนะในการพิจารณาสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาขึ้นจากเทคนิคใหม่ โดยมีข้อเสนอในส่วนของเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนมด้วยเอนไซม์ในกลุ่มนิวคลีเอส (Site-Directed Nucleases: SDN) ดังนี้

- SDN1 (ไม่มีการใช้ DNA template) ไม่จัดเป็น GMOs
- SDN2 และ SND3 (มีการใช้ DNA template) จัดเป็น GMOs

5. อาร์เจนตินา

การกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมในประเทศอาร์เจนตินา ครอบคลุมตั้งแต่การทดลองในภาคสนาม จนถึงการปลูกเพื่อการค้า โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตรแห่งชาติเป็นผู้พิจารณาประเมินความเสี่ยงภายใต้การดำเนินการของกรมเทคโนโลยีชีวภาพ กระทรวงอุตสาหกรรมเกษตร ทั้งนี้ ในปี 2015 ประเทศอาร์เจนตินามีการจัดทำข้อมติเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์ใหม่ (New Breeding Techniques: NBTs) ดังนี้

- สิ่งมีชีวิตที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคนิคการหลอมรวมสารพันธุกรรม (recombinant DNA technique) อาจเป็น GMOs
- หากเทคนิคที่ใช้ไม่ก่อให้เกิดสารพันธุกรรมใหม่ ไม่จัดเป็น GMOs
- หากเทคนิคที่ใช้ก่อให้เกิดสารพันธุกรรมใหม่ จัดเป็น GMOs



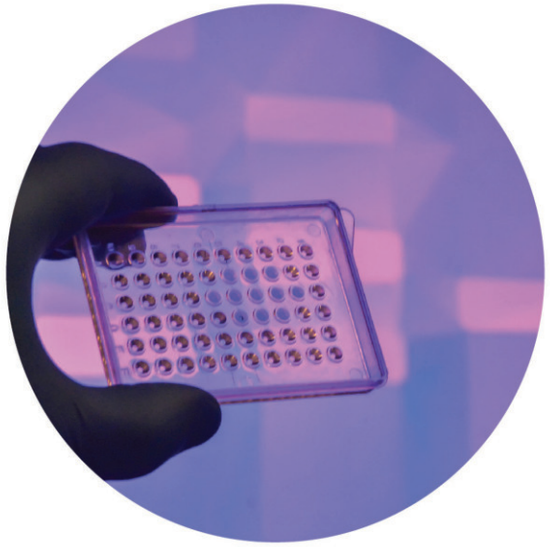
6. ญี่ปุ่น

ประเทศญี่ปุ่นมีการกำหนดกฎหมายเฉพาะเพื่อกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ได้แก่ พระราชบัญญัติว่าด้วยการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืนโดยการกำกับดูแลการใช้สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (Act on the Conservation and Sustainable Use of Biological Diversity through Regulations on the Use of Living Modified Organisms) หรือเรียกโดยย่อว่า พระราชบัญญัติคาร์ตาเฮนา (Cartagena Act) โดยมีการออกคำสั่งคณะรัฐมนตรี คำสั่งรัฐมนตรีหรือประกาศรัฐมนตรีเป็นกฎหมายลำดับรอง เพื่อกำหนดรายละเอียดของวิธีการปฏิบัติหรือหลักการดำเนินการตามของกฎหมายฉบับหลัก

สำหรับการใช้ GMOs เป็นอาหาร ในประเทศญี่ปุ่นใช้กฎหมายสุขอนามัยอาหาร กฎหมายว่าด้วยการรับรองความปลอดภัยและการปรับปรุงคุณภาพอาหารสัตว์ในการกำกับดูแล ในส่วนของอาหารที่ได้จากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนม ในปี ค.ศ. 2020 กระทรวงสาธารณสุข แรงงาน และสวัสดิการประเทศญี่ปุ่น ได้จัดทำแนวทางปฏิบัติสำหรับผู้พัฒนาและผู้ประสงค์ใช้งานในการจดแจ้งอาหารและวัตถุเจือปนอาหารที่พัฒนาขึ้นจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนมขึ้นเป็นการเฉพาะ

7 .สาธารณรัฐประชาชนจีน

จีนมีการกำกับดูแลพืชดัดแปลงพันธุกรรมทั้งในเรื่องการแสดงฉลากผลิตภัณฑ์ดัดแปลงพันธุกรรมทั้งหมด รวมถึงเมล็ดพันธุ์พืชดัดแปลงพันธุกรรม อาหารสัตว์และผลิตภัณฑ์อาหารที่มีพืชดัดแปลงพันธุกรรมเป็นส่วนผสม ไม่ว่าจะเป็นสินค้าที่ผลิตขึ้นในจีนหรือนำเข้าจากต่างประเทศก็ตาม จะต้องได้รับการรับรองความปลอดภัยและติดฉลากที่ชัดเจนก่อนการวางจำหน่าย เพื่อความปลอดภัยต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม ประเทศจีนยังไม่มีกฎหมายกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนมเป็นการเฉพาะ ยังอยู่ระหว่างการพัฒนากฎระเบียบ



8. ประเทศไทย

ประเทศไทยกำกับดูแลการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมโดยใช้กฎหมายที่มีอยู่คล้ายกับประเทศสหรัฐอเมริกา โดยปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายเฉพาะเพื่อควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม อย่างไรก็ดี การใช้กฎหมายและกฎระเบียบที่ใช้ในการกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมยังคงมีช่องว่างใน รายละเอียดกฎหมายที่ใช้กำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมมีดังนี้

ตารางที่ 1 กฎหมายและกฎระเบียบของประเทศไทยที่ใช้กำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

ชื่อกฎหมายหรือกฎระเบียบ	รายละเอียดการกำกับดูแล	ช่องว่างในการกำกับดูแล
1. พระราชบัญญัติกักพืช	กำหนดให้พืชดัดแปลงพันธุกรรมเป็นสิ่งต้องห้าม ในปี พ.ศ. 2537 โดยมีข้อยกเว้นสำหรับอาหารสำเร็จรูป ข้าวโพดและถั่วเหลืองที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารคน อาหารสัตว์ หรือใช้เพื่อการอุตสาหกรรม โดยต้องมีใบรับรองปลอดศัตรูพืชจากประเทศผู้ส่งออกกำกับมาด้วย สำหรับพืชดัดแปลงพันธุกรรมที่มีความประสงค์จะนำเข้ามาเพื่อการทดลองหรือวิจัย สามารถนำเข้ามาได้โดยต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่อธิบดีกรมวิชาการเกษตรกำหนดทั้งก่อนนำเข้าและระหว่างการทดลองวิจัย	• ขอบเขตเฉพาะพืชนำเข้าเท่านั้น ไม่ครอบคลุมพืชที่พัฒนาขึ้นในประเทศ รวมทั้งไม่ครอบคลุมสิ่งมีชีวิตอื่นนอกนิยามพืชในพระราชบัญญัติ • กรณีพืชนำเข้า ไม่มีข้อกำหนดที่ชัดเจนเกี่ยวกับการลดการกำกับดูแล (deregulation) เมื่อพืชดัดต่อสารพันธุกรรมได้รับการทดสอบและประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพเรียบร้อยแล้ว
2. พระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์	กำกับดูแลการนำเข้า ส่งออก นำผ่าน ผลิต ขาย และมีไว้ในครอบครองของเชื้อโรคตามรายการเชื้อโรคที่ประสงค์จะควบคุมตามมารตรา 18 ซึ่งขอบเขตพระราชบัญญัติรวมทั้งเชื้อโรคที่ดัดแปลงพันธุกรรมด้วย	• ขอบเขตเฉพาะจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในคน ปศุสัตว์ สัตว์พาหนะ หรือสัตว์อื่นตามที่ประกาศกำหนด ไม่ครอบคลุมจุลินทรีย์ไม่ก่อโรคที่ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่นๆ • เน้นการดำเนินกิจกรรมในสภาพควบคุมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ชุมชนและสิ่งแวดล้อม ไม่ครอบคลุมการใช้ประโยชน์แบบปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม
3. พระราชบัญญัติอาหาร	กระทรวงสาธารณสุขได้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 251) พ.ศ. 2545 เรื่องการแสดงฉลากอาหารที่ได้จากเทคนิคการดัดแปลงพันธุกรรมหรือพันธุวิศวกรรม เพื่อให้ข้อมูลแก่ผู้บริโภค โดยกำหนดให้ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองดัดแปรพันธุกรรมและข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรม จำนวน 22 รายการ ต้องแสดงฉลาก หากมีสารพันธุกรรม (ดีเอ็นเอ) หรือโปรตีนที่เป็นผลจากเทคนิคการดัดแปลงพันธุกรรม	• ยังไม่มีข้อกำหนดบังคับให้ประเมินความปลอดภัยด้านอาหารก่อนจำหน่าย

ชื่อกฎหมายหรือกฎระเบียบ	รายละเอียดการกำกับดูแล	ช่องว่างในการกำกับดูแล
	(Genetic Modification) หรือพันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering) อยู่ตั้งแต่ ร้อยละ 5 ของแต่ละส่วนประกอบที่เป็นส่วนประกอบหลัก 3 อันดับแรก และแต่ละส่วนประกอบดังกล่าวนั้นมีปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 5 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์	
4. แนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพ	คณะกรรมการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับสถาบัน (Institutional Biosafety Committee – IBC) ซึ่งเป็นคณะกรรมการที่แต่งตั้งภายในสถาบันที่มีการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม มีหน้าที่ในการกำกับดูแลให้งานวิจัยเป็นไปตามแนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพ โดยดำเนินการตามแนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพ	• ใช้ในรูปแบบสมัครใจ ตามระเบียบของแต่สถาบัน แนวทางปฏิบัติมิใช่กฎหมาย จึงไม่มีผลบังคับใช้

เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายที่ครอบคลุมการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมอย่างครบทั้งระบบครอบคลุมทุกกิจกรรม รวมทั้งไม่มีกลไกในการติดตามตรวจสอบ แก้ไขและเยียวยา เมื่อเกิดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ GMOs จึงมีแนวคิดที่จะมีการตรากฎหมายใหม่เพื่อใช้ดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเป็นการเฉพาะ ใน พ.ศ. 2547 สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทส.) ได้จัดทำ (ร่าง) พระราชบัญญัติความปลอดภัยทางชีวภาพ พ.ศ. ... เพื่อให้มีการประเมินความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมทุกชนิดก่อนที่จะอนุญาตให้มีการนำไปใช้ประโยชน์ ต่อมาในปี พ.ศ. 2558 คณะรัฐมนตรีมีมติให้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมนำ (ร่าง) พระราชบัญญัติดังกล่าวไปพิจารณาทบทวนอีกครั้ง ปัจจุบัน (ร่าง) พระราชบัญญัติความปลอดภัยทางชีวภาพได้ถูกนำไปผนวกรวมกับ (ร่าง) พระราชบัญญัติความหลากหลายทางชีวภาพ พ.ศ. ... อยู่ระหว่างนำเสนอคณะรัฐมนตรีตามกระบวนการจัดทำกฎหมายต่อไป ทั้งนี้ กฎหมายและกฎระเบียบที่ใช้กำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมของประเทศไทย สามารถใช้กำกับดูแลสิ่งมีชีวิตที่มาจากเทคโนโลยีชีววิทยาสังเคราะห์ได้เช่นเดียวกันกับประเทศต่างๆ

บทสรุปและแนวทางในการดำเนินงานของประเทศไทย

จะเห็นได้ว่า ประเทศต่างๆ มีการกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาขึ้นด้วยชีววิทยาสังเคราะห์ หรือ SynBio โดยใช้กฎระเบียบเดียวกับการกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม เนื่องจากถือว่าชีววิทยาสังเคราะห์เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ อย่างไรก็ดี มีบางประเทศที่มีการยกเว้นสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนมบางเทคนิค ไม่จำเป็นต้องประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพเต็มรูปแบบเหมือนสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม หรือบางประเทศยกเว้นว่าไม่เป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม โดยเน้นพิจารณาถึงการคงอยู่ของยีนใหม่ (Transgene) เป็นหลัก ดังตารางที่ 1 ซึ่งประเทศเหล่านั้นแบ่งเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนมเป็น 3 แบบ ได้แก่

SDN1

Site-Directed Nuclease 1 หมายถึง เทคนิคที่มีการเปลี่ยนแปลงลำดับดีเอ็นเอที่เกิดการกลายพันธุ์แบบสุ่มบริเวณจำเพาะ (site-specific random mutations; substitutions, insertions, deletions) ที่บริเวณ double strand break เป้าหมาย (target DSB site) โดยกระบวนการ non-homologous end-joining (NHEJ)

SDN2

Site-Directed Nuclease 2 หมายถึง เทคนิคที่มีการใช้ดีเอ็นเอจากผู้ให้ที่มีลักษณะเหมือนกัน (homologous donor DNA) เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอไทด์ที่จำเพาะ (specific nucleotide sequence changes) โดยกระบวนการ Homologous recombination (HR) ดังนั้นจึงเป็นการปรับแต่งยีน (gene edit)

เทคนิคที่มีการใช้ดีเอ็นเอต้นแบบเพื่อสร้างการดัดแปลงตามที่คาดการณ์ไว้บริเวณ DSB เป้าหมาย โดยกระบวนการ homology-directed repair (HDR)

SDN3

Site-Directed Nuclease 3 หมายถึง เทคนิคที่มีการใช้ดีเอ็นเอจากผู้ให้ (Donor DNA) เพื่อแทรกเข้าไปในจีโนม โดยกระบวนการ HR ดังนั้นจึงเป็นการแทรกยีนใหม่ (Add Gene)

เทคนิคที่สามารถใช้ทั้ง NHEJ และ HDR เพื่อแทรกดีเอ็นเอจำนวนมากในตำแหน่งจีโนมเป้าหมาย

ตารางที่ 2 แนวโน้มการกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคนิค SDN แต่ละกลุ่มในประเทศต่าง ๆ

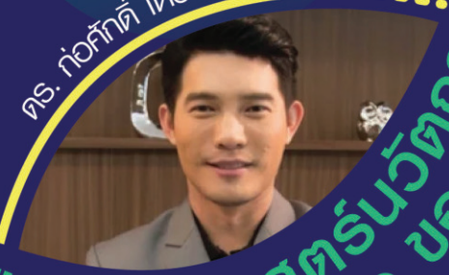
	ไม่เป็น GMOs	ไม่น่าจะเป็น GMOs	เป็น GMOs
SDN1	1.อาร์เจนตินา 2.ชิลี 3.บราซิล 4.โคลัมเบีย1 5.สหรัฐอเมริกา1 6.ออสเตรเลีย1 7.ฟิลิปปินส์1 8.อิสราเอล 9.สหภาพยุโรป1 10.เนเธอร์แลนด์1 11.ฝรั่งเศส2 12.อิตาลี2 13.สวีเดน 14.นอร์เวย์1 15.ญี่ปุ่น1		1.นิวซีแลนด์
SDN2	1.อาร์เจนตินา 2.ชิลี 3.โคลัมเบีย 4.ฟิลิปปินส์ 5.อิสราเอล 6.สหภาพยุโรป 7.เนเธอร์แลนด์ 8.ฝรั่งเศส 9.อิตาลี 10.สวีเดน	1.บราซิล 2.สหรัฐอเมริกา 3.นอร์เวย์	1.นิวซีแลนด์ 2.ออสเตรเลีย 3.ญี่ปุ่น
SDN3	1.ฟิลิปปินส์ 2.อิสราเอล 3.สหภาพยุโรป 4.เนเธอร์แลนด์ 5.ฝรั่งเศส 6.อิตาลี 7.สวีเดน	1.อาร์เจนตินา 2.ชิลี 3.บราซิล 4.โคลัมเบีย 5.สหรัฐอเมริกา 6.นอร์เวย์	1.นิวซีแลนด์ 2.ออสเตรเลีย 3.ญี่ปุ่น

1 ข้อเสนออยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณา
2 ความเห็นจากคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญ
ที่มา: APEC High Level Policy Dialogue on Agricultural Biotechnology (HLPDAB) Regulatory Cooperation, 2018

แหล่งข้อมูล: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-53183-6_35

5

แผนยุทธศาสตร์นวัตกรรม SynBio ของประเทศไทย



ดร. ก่อศักดิ์ โตวรรธกวณิชย์

พัชรินทร์ บุญเอี่ยม

มณฑา ไก่หิรัญ

จากวิกฤตการณ์โรคระบาด COVID-19 ที่ส่งผลกระทบทั้งโลกเป็นระยะเวลายาวนานกว่าสองปีแล้ว ทำให้คนทั้งโลกไม่ว่าจะเป็นภาคเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมต้องมีการปรับตัวเพื่ออยู่รอดต่อวิถีชีวิตใหม่นี้ (New Normal) ในขณะเดียวกันที่พัฒนาการของเทคโนโลยีของโลกก็ถือว่าได้เปลี่ยนผ่านมาสู่ยุคที่มีหลอมรวมไปสู่ยุคใหม่ (New Frontier) เช่นเดียวกัน ซึ่งก่อให้เกิดโอกาสใหม่ๆ ที่จะนำพาให้เราสามารถอยู่รอดต่อไปอีกครั้ง ดังคำที่ว่า “พลิกวิกฤติให้เป็นโอกาส”

5.1 จุดเริ่มต้นแนวทางการพัฒนานวัตกรรม SynBio สำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมในประเทศไทย

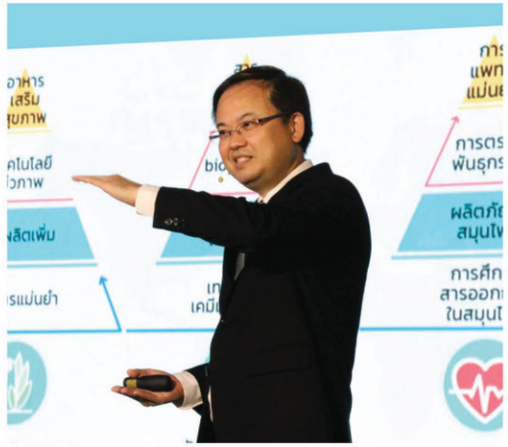
สำหรับประเทศไทย ขณะนี้ถือว่ากำลังเผชิญกับความท้าทายครั้งใหญ่ที่หนักหน่วงและรอบด้านซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาประเทศท่ามกลางความผันผวน (Volatility) ไม่แน่นอน (Uncertainty) ซับซ้อน (Complex) และคลุมเครือ (Ambiguity) ซึ่งมีความจำเป็นต้องปรับฐานประเทศไทยไปสู่การพัฒนาประเทศแบบใหม่ ซึ่งผู้เขียนขอเสนอแนวทางแบบ SOAR Model คือ การมุ่งไปที่จุดแข็ง(Straight) ที่แท้จริงของประเทศไทยเพื่อสร้างสรรค์ให้เป็นโอกาส (Opportunity) ของอุตสาหกรรมใหม่ซึ่งต้องอาศัยความมุ่งมั่นตั้งใจและความทะเยอทะยาน (Aspiration) สร้างความหวังใหม่ๆ ไปสู่ผลลัพธ์ (Result) ที่จะยกระดับประเทศไทยไปในวิถีใหม่ๆ ที่ยั่งยืน แทนที่การดำเนินธุรกิจแบบดั้งเดิมที่ทำกันมาอย่างช้านาน ซึ่งมีผลยืนยันชัดเจนแล้วว่าไม่สามารถจะดำเนินต่อไปในสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของโลกแบบนี้ได้

โดยอุตสาหกรรมด้านการเกษตร อาหาร และชีวภาพ ถือว่าเป็นจุดแข็งที่ประเทศไทยมีศักยภาพสูงมาก ได้มีการบรรจุอยู่ในแผนระดับชาติมากมาย โดยเฉพาะ Bioeconomy-Circular-Green Economy (BCG Model) ถูกตั้งให้เป็นยุทธศาสตร์ชาติในหลายรัฐบาล รวมถึงในรัฐบาลปัจจุบันเช่นกัน เพื่อเป็นโมเดลในการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืน และนำไปสู่ “ไทยแลนด์ 4.0” ได้อย่างเป็นรูปธรรม เนื่องจากภาวะโลกร้อนความต้องการอาหารและพลังงานสะอาดที่สูงขึ้นเพื่อรองรับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่เพาะปลูกลดลงจึงนำไปสู่การสรรค์สร้างผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีมูลค่าสูงและหลากหลาย เพื่อนำไปสู่การพัฒนาคลัสเตอร์อุตสาหกรรม New S-Curve ลูกใหม่ในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมเริ่มตั้งแต่การบริหารจัดการเกษตรสมัยใหม่ (Modern Farming) เพื่อการเกษตรแบบอัจฉริยะที่สามารถปลูกพืชเกษตรที่มีคุณภาพและผลิตสูงด้วยต้นทุนต่ำลงอีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนวัตถุดิบทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพมูลค่าสูง ด้วยเทคโนโลยีและการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้เกิดคุณค่าและสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยพืชเศรษฐกิจ ซึ่งจะก่อให้เกิดอุตสาหกรรมในลักษณะห่วงโซ่ที่เพิ่มมูลค่า (Value Chain) โดยอาศัยความได้เปรียบในการแข่งขันจากความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) ที่มีความสามารถสร้างผลิตผลทางการเกษตรที่มีคุณภาพ มีความเข้มแข็งในอุตสาหกรรมอาหารและพลังงานชีวภาพที่มีความพร้อมอยู่แล้ว ประกอบกับการขับเคลื่อนอย่างมีส่วนร่วมและการสร้างประโยชน์ให้ทุกภาคส่วนเพื่อสร้างความแข็งแกร่งสามารถแข่งขันได้ รวมทั้งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

โดยในช่วงแรกภายใต้การทำงานของคณะทำงานสาขานวัตกรรมอุตสาหกรรมอาหารและชีวภาพ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นตัวแทนภาคเอกชนได้คัดเลือกเทคโนโลยี Synthetic Biology Technology เป็น “เรือธง: Flagship”

สำหรับขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทยด้วยนวัตกรรมอุตสาหกรรมอาหารและชีวภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพลิกโฉมโมเดลธุรกิจแบบใหม่ สร้างกระบวนทัศน์ใหม่ในการก้าวข้ามและปลดล็อคปัญหาเดิมๆ โดยการใช้พัฒนาและส่งเสริมเทคโนโลยีขั้นสูงด้าน Modern Biotechnology ผ่านการนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สร้างให้เกิดผลิตภัณฑ์และบริการที่ใช้ Synbio Technology เป็นพื้นฐานหลัก เพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขันใน 4 อุตสาหกรรมเป้าหมายดั้งเดิม ได้แก่ 1) อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร 2)อุตสาหกรรมพลังงานและวัสดุ 3) อุตสาหกรรมสุขภาพและการแพทย์ และ 4) อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นเพื่อให้เกิดอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพขั้นสูงในประเทศให้ทัดเทียมระดับนานาชาติต่อไป โดยลักษณะการดำเนินงานในลักษณะเครือข่ายความร่วมมือการดำเนินงาน หรือ Consortium ที่มีทั้งภาครัฐและเอกชนร่วมดำเนินงาน

ทั้งนี้ บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) โดยบริษัท บีบีจีไอ จำกัด (มหาชน) จะเป็นกลุ่มภาคเอกชนหลักที่ได้เห็นแนวโน้มสำคัญของ SynBio ที่จะเป็นเทคโนโลยีสำคัญในการสร้างให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยได้เริ่มจัดสัมมนาประจำปี เมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน 2562 เรื่อง “SynBio Forum 2019 ชีวนวัตกรรม ศาสตร์เปลี่ยนโลก” ที่แสดงให้เห็ฯความก้าวหน้าเทคโนโลยี SynBio สอดคล้องแนวคิดเศรษฐกิจ BCG Model ใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่าและยั่งยืน ผ่านมุมมองจากวิทยากรทั้งภาครัฐและเอกชน จากทั้งไทยและต่างประเทศ พร้อมจัดแสดงข้อมูลและผลิตภัณฑ์จากนวัตกรรม SynBio ณ สำนักงานใหญ่ บางจากฯ อาคาร เอ็ม ทาวเวอร์ สุขุมวิท นอกจากนี้ได้ร่วมลงทุนกับ Manus Bio Inc. (Manus Bio) ผู้นำธุรกิจผลิตภัณฑ์ชีวภาพมูลค่าสูง (high value bio-based products) ระดับโลก ด้วยเงินลงทุนกว่า 800 ล้านบาท พร้อมเตรียมตั้งโรงงาน Synthetic Biology เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์แบบ Multi-Products แห่งแรกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้



รวมไปถึงความร่วมมือกับ สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.) เป็นหน่วยงานด้านนโยบายที่ให้ความสำคัญในการผลักดัน BCG โมเดล ที่มีการรวมกลุ่มนักวิจัยด้าน SynBio เพื่อผลักดันให้เกิดเป็นโครงการวิจัยที่สำคัญต่อไปจาก โดยประเทศไทยมีศักยภาพในการต่อยอดเทคโนโลยีจากความหลากหลายทางชีวภาพ รวมถึงมีความเข้มแข็งด้านบุคลากร ทั้งอาจารย์มหาวิทยาลัยและนักเรียนทุนที่กำลังศึกษาในด้านนี้รวมกว่าพันคน ตลอดจนความร่วมมือกับ สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่มีหน้าที่ในการพัฒนาระบบนิเวศ และโครงสร้างพื้นฐานด้านนวัตกรรมที่สอดคล้องกับการพัฒนาประเทศ พร้อมด้วยบทบาทในการผลักดันการสร้างสรรค์ผลงานนวัตกรรมที่มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมรวมทั้งแสวงหาความร่วมมือกับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เพื่อให้เกิดความร่วมมือและดำเนินการไปในทิศทางที่มีความเชื่อมโยงและสอดรับกับนโยบาย ยุทธศาสตร์ และแผนงานด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยของประเทศ ด้วยการบูรณาการเชิงระบบทั้งในส่วนกลางและภูมิภาค ในการเป็น ผู้สร้างระบบนิเวศ (ecosystem builder) และ สะพานเชื่อม (system integrator) ระหว่างหน่วยงานพันธมิตร นวัตกร และผู้ประกอบการ ทั้งนี้ การพัฒนาเทคโนโลยี SynBio จะเป็นพื้นฐานการวิจัยเชิงลึก ต่อยอดกับแผนการพัฒนาวิสาหกิจเริ่มต้นด้วยเทคโนโลยีเชิงลึก (Deep Tech Startup) ของ สนช. ที่มีเป้าหมายในกลุ่ม 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) ด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (Bio-Circular-Green Economy: BCG Economy) ประกอบไปด้วย ด้านการเกษตร (AgTech) ด้านอาหาร (FoodTech) และ ด้านการแพทย์ (MedTech) 2) ด้านอุตสาหกรรมสองทางที่ใช้ได้ทั้งในภาคพลเรือนและด้านความมั่นคง (Dual-Use Technology) ประกอบด้วย ด้านอวกาศ (SpaceTech) และ ด้านป้องกันประเทศ (DefenseTech) ประกอบด้วยด้านอวกาศและการป้องกันประเทศ และ 3) ด้านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์หุ่นยนต์ และไอโอที (Artificial Intelligence - Robotic - Immersive IoT: ARI-Tech) ซึ่ง SynBio จะเป็นเทคโนโลยีที่จะมา Cross Function ให้เกิดรูปแบบของ Deep Tech Startup ได้

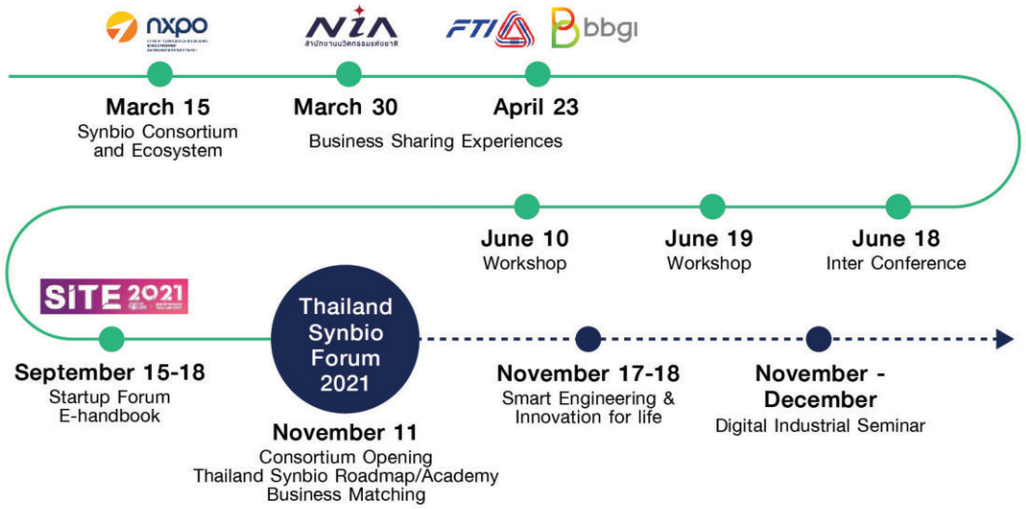
ดังนั้นทั้ง 4 หน่วยงาน ได้แก่ สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.) สำนักงานวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สนช.) สถาบันนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) และบริษัท บีบีจีไอ จำกัด (มหาชน) ริเริ่มโครงการก่อตั้ง “Thailand Synthetic Biology and Innovation Consortium” เพื่อเป็นเครือข่ายความร่วมมือในการผลักดันและขับเคลื่อนนวัตกรรมจากเทคโนโลยีชีวภาพขั้นสูงให้เกิดขึ้นในประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ชาติด้านยกระดับการพัฒนาอุตสาหกรรมภายใต้เศรษฐกิจ BCG Economy ให้สามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืนของรัฐบาล

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงความพร้อมด้านการนำเทคโนโลยี SynBio นี้ไปใช้ในเชิงพาณิชย์ของภาคเอกชน พบว่ายังมีภาคอุตสาหกรรมไทยที่ได้พัฒนาเทคโนโลยีนี้ขึ้นเองอย่างจริงจังไม่มากนัก บางบริษัทของไทยพยายามใช้วิธีการรับการถ่ายทอดจากพันธมิตรต่างชาติ หรือเป็นลักษณะการร่วมทุนกับบริษัทต่างชาติที่มีเทคโนโลยีนี้อยู่เดิมนั้น ก็ยังมีจำนวนจำกัดมาก

ดังนั้น งานพัฒนาเทคโนยีด้าน SynBio ส่วนใหญ่ จึงอยู่ในฝั่งของภาคการศึกษาระดับอุดมศึกษาผ่านบุคลากรผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น โดยเฉพาะอาจารย์ที่ได้รับโอกาสศึกษาต่อในต่างประเทศ และกลับมาทำวิจัยควบคู่กับการจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา

นอกจากนี้มิติความพร้อมด้านการตลาด และการยอมรับจากผู้บริโภคในปัจจุบัน ยังถือเป็นเรื่องแปลกใหม่มากสำหรับตลาด รวมถึงยังมีผู้บริโภคบางกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มอายุประมาณ 40 ปีขึ้นไป ยังมีภาพความเข้าใจสับสนกับเทคโนโลยี GMOs ทำให้มีความกังวลถึงความปลอดภัย รวมถึงผลข้างเคียงของการอุปโภคและบริโภคผลิตภัณฑ์เหล่านี้

ในช่วงแรกระหว่างเดือนมีนาคม – ธันวาคม 2564 จึงมีแผนกิจกรรมในระยะแรก จะสร้างให้เกิดความรู้และความเข้าใจ ตลอดจนแนวทางการประยุกต์ใช้งานของเทคโนโลยี SynBio ที่จะก่อให้เกิดนวัตกรรมและอุตสาหกรรมใหม่ที่เกี่ยวข้อง ด้วยการสร้างความรู้ความเข้าใจและกำหนดทิศทางร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ ในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี SynBio รวมถึงเชื่อมโยงความร่วมมือ แลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างผู้ประกอบการและนักวิจัย ทั้งภายในและระหว่างประเทศ ต่อยอดเป็นนวัตกรรม และนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ให้แพร่หลายต่อไปโดยมีการดำเนินงานภายใต้ความร่วมมือของหน่วยงานภาคีเครือข่าย ดังนี้



1.สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.) ร่วมกับภาคีเครือข่าย

เป็นเจ้าภาพในการจัดประชุมหารือเพื่อหาแนวทางในการจัดตั้ง Thailand Synthetic Biology and Innovation Consortium ในวันที่ 15 มีนาคม 2564 ผ่านการเรียนรู้ประสบการณ์การจัดตั้งภาคีเครือข่าย SynBio ของสิงคโปร์ หรือ Sinergy ที่แสดงให้เห็นความร่วมมือระหว่างภาคการวิจัยและภาคอุตสาหกรรม ร่วมกับการพัฒนากำลังคน การจัดให้มีแหล่งข้อมูลกลางสำหรับภาคอุตสาหกรรม และจัดกิจกรรมที่หลากหลายเพื่อสอดรับกับพันธกิจและเกิดการร่วมกิจกรรมของภาคีเครือข่าย เช่น การจัดงานสัมมนาด้านเทคโนโลยี, การสร้างความร่วมมือระดับโลก, การประชุมเชิงปฏิบัติการเชิงกลยุทธ์และอุตสาหกรรม, กิจกรรมประชาสัมพันธ์และกิจกรรมที่สนับสนุนด้านการศึกษา, การประชุมระดับนานาชาติ รวมทั้งการสร้างความเข้าใจของ SynBio จากผู้เชี่ยวชาญ กลไกการสนับสนุนจากภาครัฐเรียนรู้จากกรณีศึกษาการสร้างอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพอย่างครบวงจรให้เกิดขึ้นในประเทศไทย และนโยบายความร่วมมือจากภาคเอกชนในการผลักดันให้เกิดการขับเคลื่อนการสร้างอุตสาหกรรมจาก SynBio รายละเอียดสรุปการประชุมได้ที่ และรับชมย้อนหลังได้ที่ https://fb.watch/8oWa75tWzl/

2.สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) และภาคีเครือข่าย

เป็นเจ้าภาพ จัดประชุมครั้งที่ 2 ในหัวข้อ Synthetic Biology: Disruptive Technology for Innovation เมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2564 ที่มุ่งเน้นเปิดมุมมองด้านโอกาสและความท้าทายในการสร้างธุรกิจนวัตกรรมจากเทคโนโลยี SynBio ทั้งจากนักวิจัยด้านแนวโน้มและทิศทางการพัฒนา สตาร์ทอัพที่มีการประยุกต์ใช้และต่อยอดกับ BCG Economy รวมถึงบริษัทขนาดใหญ่และนักลงทุนที่ให้ความสนใจในการลงทุน รวมถึงแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีชีวภาพขั้นสูง หรือ Synthetic Biology Technology จากฝีมือของ Deep Tech Startup มาสร้างผลิตภัณฑ์และบริการที่ตอบโจทย์ในการพลิกโฉมวงการเกษตร อาหาร การแพทย์ เภสัชกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงการประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ และ Machine Learning มาผนวกกับ SynBio ที่จะทำให้ได้ผลผลิตทางเกษตรตรงตามความต้องการได้ รวมทั้งจากประสบการณ์การสร้างโปรแกรมพัฒนาผู้ประกอบการด้านเทคโนโลยีชีวภาพขั้นสูงของ The International Genetically Engineered Machine (iGEM) ที่ได้สร้างให้เกิด Deep Tech Startup ที่มีมูลค่าการระดมสูงในหลายประเทศ รวมทั้งเกิดเป็นเครือข่ายความร่วมมือของ SynBio ที่ใหญ่ที่สุดในโลก รายละเอียดสรุปการประชุมได้ที่ https://nia.or.th/NIA-BCG2021 และรับชมย้อนหลังได้ที่ https://fb.watch/8oW7aNpkgX/

3.สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) และบริษัท บีบีจีไอ จำกัด (มหาชน) ร่วมกับภาคีเครือข่าย

เป็นเจ้าภาพ จัดงานประชุมครั้งที่ 3 ในหัวข้อ Drive Business through SynBio Technology : From Research to Business เมื่อวันที่ 20 เมษายน 2564 ที่แสดงให้เห็นว่าจากผลงานวิจัยและพัฒนา สามารถต่อยอดให้เกิดเป็นนวัตกรรมสร้างให้เกิดผลิตภัณฑ์และบริการใหม่ๆ ที่มาจาก SynBio เป็นพื้นฐาน รวมไปถึงการสร้างกลไกการสนับสนุนการลงทุนในพื้นที่จะช่วยสนับสนุนโครงการสร้างพื้นฐานให้เกิดการต่อยอดได้อย่างหลากหลาย ดังเช่น “สไปเบอร์” บริษัทสตาร์ทอัพ ที่ใช้ SynBio จากประเทศญี่ปุ่น ที่มีผลงานวิจัยและพัฒนาสนับสนุนจากรัฐบาลได้ตั้งโรงงานผลิตเส้นใยชีวภาพที่มีความแข็งแรงสูงที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก

4.Future Food Network โดย TASTEBUD LAB และ BIO BUDDY ร่วมกับ SYNBIO CONSORTIUM

เพื่อเปิดเป็นพื้นที่แลกเปลี่ยน เปิดมุมมองด้านเทคโนโลยี SYNTHETIC BIOLOGY กับระบบการผลิตอาหารในอนาคต FUTURE FOOD SYSTEM สร้างโอกาสที่สำคัญให้กับอุตสาหกรรมอาหารที่พูดได้ว่าแทบจะเกี่ยวข้อง จนถึงเป็นหัวใจของทุกอุตสาหกรรมหลักของประเทศ ผ่านการที่ผู้มีส่วนร่วมในห่วงโซ่อาหาร มาร่วมกันจุดประกาย ต่อยอดธุรกิจ แลกเปลี่ยนมุมมองด้านเทคโนโลยี SYNTHETIC BIOLOGY และด้านอาหารในอนาคตร่วมกัน จากผลสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารฐานชีวสังเคราะห์ ในงาน Future Food เมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2564 เบื้องต้นพบว่า กลุ่มลูกค้าที่มีความรู้และสนใจเรื่องอาหารแห่งอนาคตอยู่แล้ว จะเปิดใจในการยอมรับสินค้าและบริการฐาน SynBio ได้ รวมถึงมีส่วนหนึ่งสนใจที่จะทดลอง แม้ว่าผลิตภัณฑ์จะยังไม่ได้รับการรับรองจากองค์กรอาหารและยาเลยก็ตาม หากสามารถพิสูจน์ของที่มาของวัตถุดิบต่างๆ ได้ชัดเจนว่ามีความปลอดภัย

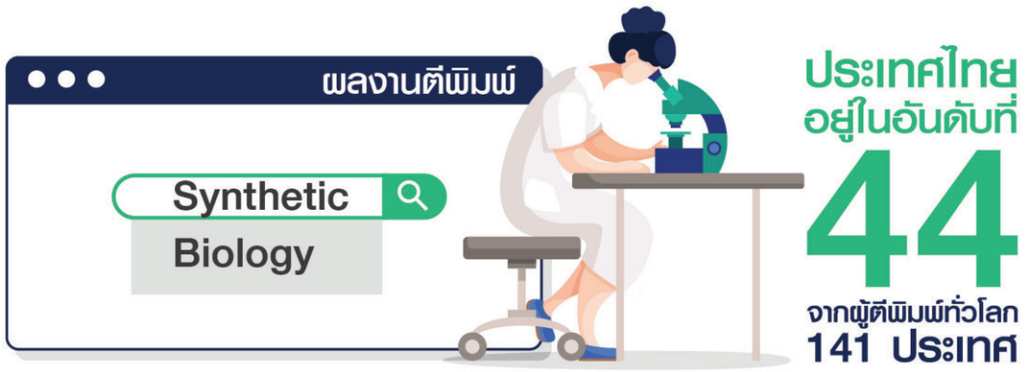
5.สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ

จัดงาน Startup x Innavation Thailand Expo 2021(SITE 2021) ภายใต้แนวคิด การเปล่งประกายแห่งเทคโนโลยีเชิงลึก “Deep Tech Rising...The Next Frontier of Innovation” การยกระดับเทคโนโลยีเชิงลึก...นวัตกรรมด่านหน้าแห่งอนาคตที่จะมาขับเคลื่อนประเทศ ระหว่างวันที่ 16 – 18 กันยายน 2564 โดยในส่วนของ SynBio ได้มานำเสนอในส่วนที่เกี่ยวข้องกับด้านการแพทย์ การเกษตร และอาหาร ที่แสดงให้เห็นว่าจะสามารถต่อยอดเทคโนโลยี SynBio ไปสู่นวัตกรรมผลิตภัณฑ์และบริการได้อย่างหลากหลาย

5.2 สถานภาพและโอกาสของประเทศไทย ในการพัฒนาอุตสาหกรรมจากSynBio

สถานภาพด้านการวิจัยในประเทศไทย

ชินไบโอ (SynBio) (synthetic biology) หรือในที่นี้จะเรียกว่า SynBio เป็นศาสตร์ขั้นสูงของพันธุวิศวกรรม (genetic engineering) ที่มีการบูรณาการความรู้หลากสาขาทั้งด้านชีววิทยา วิศวกรรม พันธุกรรม เคมี และ วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ เพื่อการออกแบบ และ สร้างหรือแก้ไขสิ่งมีชีวิตได้ตามที่ต้องการ ซึ่งความก้าวหน้าของเทคโนโลยีนี้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยแก้ไขปัญหาทั้งในด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม



ประเทศไทยได้เตรียมตัวในเรื่องของ SynBio มาพอสมควร ในปัจจุบันจากการรวบรวมรายชื่อนักวิจัยที่มีผลงานตีพิมพ์เมื่อใช้คำค้นว่า Synthetic และ biology ในฐานข้อมูล scopus พบว่ามีจำนวนประมาณ 200 คน ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 44 จากผู้ตีพิมพ์ทั่วโลก 141 ประเทศ โดยสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร และจีน เป็น 3 ประเทศผู้นำที่ตีพิมพ์บทความสูงสุด หากเปรียบเทียบกับต่างประเทศไทย นักวิจัยไทยมีความเชี่ยวชาญในเรื่องของ วิศวกรรมจุลินทรีย์ครอบคลุมทั้ง แบคทีเรีย ไซยาโนแบคทีเรีย ยีสต์ รา แอคติโนมัยซีท และปรสิต มีการพัฒนาเครื่องมือ (tools) ในการวิศวกรรมสิ่งมีชีวิตอย่างรวดเร็ว แม่นยำและจำเพาะ มีโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล ตลอดจนมีข้อได้เปรียบด้านทรัพยากรชีวภาพซึ่งเป็นแหล่งของยีน เอนไซม์ และจุลินทรีย์ กล่าวได้ว่าประเทศไทยมีต้นทุนที่สามารถสร้างให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีSynBio เพื่อมุ่งสู่การใช้ประโยชน์ตอบโจทย์อุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมพลังงาน เชื้อเพลิงและเคมีชีวภาพ อุตสาหกรรมวัสดุชีวภาพ อุตสาหกรรมอาหารและการเกษตร อุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง ตลอดจนการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ โดยมีตัวอย่างงานวิจัยด้านต่างๆ ดังนี้

อุตสาหกรรม พลังงาน เชื้อเพลิง และเคมีชีวภาพ

- พัฒนายีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ผลิตพลังงานจากชีวมวล เช่น เอทานอล
- พัฒนายีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Pichia pastoris* ผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพมูลค่าสูง เช่น ไอโซบิวทานอล ไอโซเพนทานอล
- พัฒนาเชื้อรา *Trichoderma reesei* ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสที่มีประสิทธิภาพสำหรับเทคโนโลยีไบโอรีไฟเนอรี่ เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพหมุนเวียนจากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร
- พัฒนาแบคทีเรีย *Halomonas* TD01 ผลิตก๊าซอัลเคนชีวภาพ (ก๊าซโพรเพน) เพื่อเป็นส่วนผสมในการผลิตก๊าซปิโตรเลียมเหลวชีวภาพ หรือ bio-liquefied petroleum gas (bio-LPG)
- พัฒนาแบคทีเรีย *Klebsiella oxytoca* ให้ผลิต 2,3-บิวเทนไดออล จากมันสำปะหลัง เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือสารเติมแต่งน้ำมันเชื้อเพลิง
- พัฒนาสายพันธุ์สาหร่ายขนาดเล็กเพื่อการผลิตไบโอดีเซล

อุตสาหกรรม วัสดุชีวภาพ

- พัฒนาแบคทีเรีย *Klebsiella oxytoca* และยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ผลิตกรดแลกติกที่มีโครงสร้างจำเพาะสำหรับใช้เป็นสารเติมแต่งศักยภาพสูงในการเตรียมพอลิเมอร์ชีวภาพ หรือ พอลิแล็คติกแอซิด (polylactic acid; PLA)
- วิศวกรรมแบคทีเรีย *Escherichia coli* เพื่อปรับปรุงการผลิตซักซิเนตจากวัตถุดิบลิโนเซลลูโลส สำหรับใช้ในการสังเคราะห์โพลีเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable polymers)
- พัฒนาแบคทีเรีย *Escherichia coli* ผลิตพลาสติกชีวภาพ short-chain-length medium-chain-length polyhydroxyalkanoate (SCL-MCL PHA) จากกลีเซอรอล สำหรับใช้เป็นวัสดุชีวภาพทางเลือกทดแทนพลาสติก

อุตสาหกรรม อาหาร และการเกษตร

- พัฒนาแบคทีเรีย *Escherichia coli* ให้สามารถผลิตสารให้กลิ่นหอม Linalool ในน้ำมันฮอปส์ ใช้เป็นสารเติมแต่งในอาหารและเครื่องดื่ม
- พัฒนายีสต์ผลิตสารจากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ เช่น เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน สำหรับใช้ในอาหารเสริม/วิตามิน
- พัฒนาเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ให้ผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาว เช่น กรดไดโฮโมแกมม่าลิโนเลนิค รวมถึงปรับแต่งการสะสมลิปิดในไตเอซิลกลีเซอรอล สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร/อาหารเสริม
- พัฒนาไซยาโนแบคทีเรีย *Synechocystis* sp. ผลิตกรดไขมัน การปรับปรุงการผลิตไตรเอซิลกลีเซอรอลในสาหร่ายขนาดเล็ก *Neochloris oleoabundans* สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์น้ำ
- พัฒนาแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ผลิตซีอิ๊วสีอ่อน สำหรับอาหารจานพิเศษตอบโจทย์ผู้บริโภค
- พัฒนาแบคทีเรียเพื่อการผลิตกรดแกมมาพอลิกลูตามิก สำหรับใช้เป็นสารเพิ่มความเหนียวและสารรักษาความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหาร
- การสร้างวิถีเมตาบอลิก (metabolic pathway) การสังเคราะห์แป้งในมันสำปะหลัง นำไปสู่การปรับปรุงปริมาณการผลิตแป้งต่อไป

อุตสาหกรรมยา และเครื่องสำอาง

- พัฒนายีสต์ผลิตสารจากธรรมชาติที่มีมูลค่าสูง กลุ่มสารเทอร์ปีนอยด์ สำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำหอมและเครื่องสำอาง
- พัฒนา *Escherichia coli* เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต (R)-1,3-butanediol ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์ยาและสารประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำหอม ยาฆ่าแมลง

การใช้ประโยชน์ทางการแพทย์

- สร้างพลาสโมเดียมฟัลซิพารั่มกลายพันธุ์ดื้อยาไพริเมทามีน สำหรับใช้ในการค้นหาและทดสอบยาต้านมาลาเรีย
- สร้างยุงดัดแปลงพันธุกรรมเรืองแสงใช้จำลองการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันยุง เพื่อสร้างองค์ความรู้และพัฒนาแนวทางในยับยั้งโรคติดต่อที่มียุงเป็นพาหะ
- พัฒนาไวรัสเสมือนจากเทคโนโลยี reverse genetic เพื่อพัฒนาการผลิตวัคซีน

โอกาสของประเทศไทยในการพัฒนาอุตสาหกรรมจาก SynBio

การสร้างธุรกิจนวัตกรรมจาก SynBio ด้วยความได้เปรียบของประเทศไทยที่ได้รับการจัดอันดับให้อยู่ในพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงสุด 8 อันดับแรกของโลก โดยถือว่าเป็น เทคโนโลยีชีวภาพขั้นสูง เป็นคลื่นลูกที่สองของพันธุวิศกรรม ที่จะมาสร้างให้เกิดนวัตกรรม สร้างให้เกิดผู้ประกอบการฐานนวัตกรรม หรือ Innovation Based Enterprise, IBE โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เรียกว่า สตาร์ทอัพที่ใช้เทคโนโลยีเชิงลึก หรือ Deep Tech Startup โดยมีความเกี่ยวเนื่องกับ BCG Economy ที่เป็นยุทธศาสตร์หลักของรัฐบาล เรื่องนี้ยังเป็นเรื่องใหม่ แต่ได้รับความสนใจจากทั่วโลก ที่จะผลักดันเทคโนโลยีให้เกิดเป็นธุรกิจที่หลากหลาย ในช่วงแรกจึงจัดให้มีการเรียนรู้ และเข้าใจการทำงานร่วมกัน พร้อมทั้งสร้างกลุ่มคนที่สนใจในเรื่องนี้เป็น Community ร่วมกัน

ทั้งนี้เห็นได้ชัดเจนจากข้อมูลการระดมทุนของสตาร์ทอัพในกลุ่มนี้ที่ทาง CB Insight ได้รายงานว่าตั้งแต่ปี 2012 มีการระดมทุน 176 ข้อตกลง คิดเป็นมูค่าสูงถึง 4.1 พันล้านดอลล่าสหรัฐ หรือ ประมาณ 123 พันล้านบาท สอดคล้องกับรายงานของ SynBioBeta ที่แสดงให้เห็นว่าในช่วงครึ่งปีแรกของปี 2020 มีการระดมทุนถึง 3 พันล้านดอลล่าสหรัฐ หรือ ประมาณ 90 พันล้านบาท ดังตารางต่อไปนี้

TOP FUNDED SYNTHETIC BIOLOGY STARTUP

Firm	Description	Funding
Sana Biotechnology	Biotechnology, Health Care, Life Sciences, Product Research	$700M
Impossible Foods	Food & Beverage, Nutrition	$500M
Moderna Therapeutics	Biotechnology, Genetics, Health Care, Medical, Pharmaceutical	$483M
Apeel Sciences	Agriculture, AgTech, Biotechnology, Food Processing	$250M
Memphis Meats	Food & Beverage, Nutrition	$161M
Poseida Therapeutics	Biotechnology, Genetics, Therapeutics	$110M
Greenlight Biosciences	Biotechnology, Chemical, Fuel, Sustainability	$102M
Pivot Bio	Agriculture, AgTech, Biotechnology	$100M
Nature's Fynd	Food & Beverage, Nutrition, AgTech, Agriculture	$80M
PACT Pharma	Biotechnology, Health Care, Personal Health, Pharmaceutical	$75M
Ginkgo Bioworks	Biopharma, Biotechnology, Life Science	$70M
Benchling	Biotechnology, Enterprise Software, Life Science, Software	$50M
Mammoth Biosciences	Diagnostics, Bioinformatics, Biotechnology, Life Science	$45M
Checkerspot	Biotechnology, Manufacturing, Product Design	$36M
Novome Biotechnologies	Biopharma, Biotechnology, Therapeutics	$33M

จากแนวโน้มดังกล่าว จึงเป็นความท้าทายที่จะเร่งให้เกิดการนำเทคโนโลยีSynBio มาสร้างให้เกิดธุรกิจต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเกษตร อาหาร การแพทย์และวัสดุ ดัง 4 ตัวอย่างที่สำคัญ ที่ Startup Insight ได้วิเคราะห์มาจาก 87 สตาร์ทอัพทั่วโลก ได้แก่

4 Top Synthetic Biology Startups

Perfect Day

Perfect Day สตาร์ทอัพในสหรัฐอเมริกา ที่สร้างกระบวนการสร้างน้ำนมด้วยจุลินทรีย์ที่ตั้งโปรแกรมให้ผลิตเคซีนและโปรตีนจากนมอื่น ๆ ทำให้สามารถผลิตนมที่ปราศจากแลคโตสและควบคุมคุณค่าทางโภชนาการได้อย่างแม่นยำ

Pembient

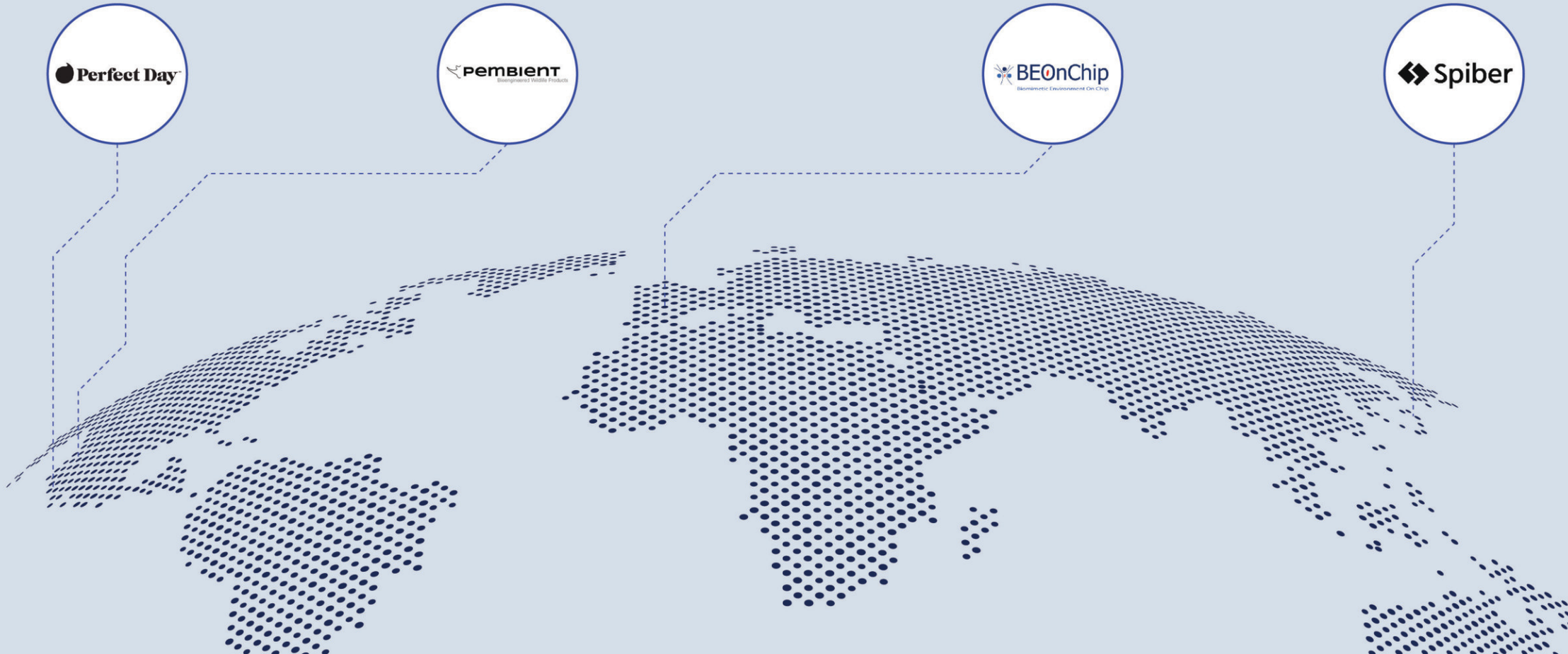
Pembient สตาร์ทอัพในสหรัฐอเมริกาสร้างผลิตภัณฑ์จากสัตว์ป่าที่ใช้วิศวกรรมชีวภาพเพื่อเป็นทางเลือกที่ถูกกว่าสำหรับตลาดมืดที่คุกคามสัตว์ใกล้สูญพันธุ์หลายชนิด ได้พัฒนาหมึกที่มีเคราติน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีอยู่ทั้งในนอแรดและเส้นผมของมนุษย์จากนั้นจึงใช้ในการพิมพ์ 3 มิติแทนนอแรด จำหน่ายให้กับช่างฝีมือและนักออกแบบ

BEOnChip

BEOnChip สตาร์ทอัพสัญชาติสเปน พัฒนา biomimetic environment on-chip ซึ่งเป็นชิปไมโครฟลูอิดิกที่สร้างการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันของอวัยวะ ที่เหมาะสมกับการทดสอบสภาพแวดล้อมประเภทต่างๆ ที่จะเกิดการไล่ระดับสีทางเคมี หรือ shear stress ช่วยสนับสนุนงานวิจัยต่างๆ ให้ออกแบบ การสร้างต้นแบบ การทดสอบความถูกต้อง และการผลิตระดับอุตสาหกรรมได้อย่างรวดเร็วขึ้น

Spiber

Spiber สตาร์ทอัพของญี่ปุ่นพัฒนาผ้าไหมแมงมุมโดยการหมักจุลินทรีย์ที่มียีนผลิตไหมที่พบในแมงมุมตามธรรมชาติ สามารถปรับกระบวนการทุกขั้นตอนให้เหมาะสมตั้งแต่การแนะนำยีนในจุลินทรีย์ไปจนถึงการทำให้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายบริสุทธิ์เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในเชิงพาณิชย์ในระดับที่เหมาะสม ก่อนหน้านี้ บริษัท ได้ร่วมมือกับ North Face เพื่อผลิตเสื้อแจ็คเก็ตมาทดสอบตลาด และที่สำคัญตอนนี้ได้มีการก่อสร้างโรงงานผลิตระดับอุตสาหกรรมที่จังหวัดระยอง ของประเทศไทย



ดังนั้นประเทศไทยมีความพร้อมและสามารถแข่งขันได้ในการสร้างให้เกิดสร้างธุรกิจนวัตกรรมจากเทคโนโลยี SynBio สู่การเติบโตระดับโลก ตัวอย่างเช่นแนวโน้มที่สำคัญที่มีความเกี่ยวข้องและใกล้เคียงกับ SynBio ที่นำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดธุรกิจ Startup คือ 1) การใช้ไมโครไบโอมของจุลินทรีย์ดินเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตของพืช 2) ผลิตภัณฑ์สำหรับควบคุมศัตรูพืชโดยใช้นวัตกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ และ 3) การวิเคราะห์ข้อมูลแบบองค์รวมทางชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีตัวอย่างของสตาร์ทอัพจากต่างประเทศที่ใช้ SynBio เป็นแพลตฟอร์มในการสร้างสตาร์ทอัพด้านการเกษตร เช่น Pivot Bio การใช้ SynBio มาปรับเปลี่ยนเชื้อจุลินทรีย์ให้ตรึงไนโตรเจนได้ตลอดเวลาทำให้ได้ปุ๋ยชีวภาพที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งประเทศไทยก็มี สตาร์ทอัพที่ชื่อ Biom ที่นำพัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรที่เปลี่ยนผ่านจากการทำเกษตรเคมีมาเป็นเกษตรอินทรีย์ ผลิตภัณฑ์นี้ช่วยฟื้นฟูกิจกรรมทางชีวภาพและเร่งการเสื่อมสลายของสารตกค้างในดิน ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีและเพิ่มผลผลิต โดยมีการทดสอบใช้ในการปลูกข้าวหอมมะลิ ดาวเรือง และยาสูบ พบว่าช่วยเพิ่มผลผลิตได้จริง และทำให้เกษตรกรมีรายได้มากขึ้น และอีกหนึ่งราย ListenField (Japan) ที่มีผู้ก่อตั้งเป็นคนไทย ได้พัฒนาแฟลตฟอร์มเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์พืชร่วมกับสถาบันวิจัยด้านการเกษตรแห่งชาติของประเทศญี่ปุ่น (National Agricultural Research Institute (NARO)) และมหาวิทยาลัยแห่งโตเกียว University of Tokyo ตั้งแต่ปี 2560 เป็นแพลตฟอร์มนี้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเร่งและปรับปรุงกระบวนการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยใช้วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ Machine Learning / ปัญญาประดิษฐ์ ทำให้ลดความซับซ้อนและระยะเวลาในการผสมพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือด้านการแพทย์ที่เห็นได้ชัดในกระบวนการสร้างวัคซีน ป้องกันการแพร่ระบาดของโควิค ที่ทั้งในต่างประเทศที่ใช้ โดยวัคซีนชนิด mRNA ก็เป็นพื้นฐานสำคัญที่มาจากเทคโนโลยี SynBio อย่างตัวอย่างสตาร์ทอัพไทย Baiya ที่มีผลงานวิจัยมากกว่า 15 ปี ทำให้สร้างให้เกิดเทคโนโลยีที่สำคัญการผลิตโปรตีนจากพืชมาใช้เป็นวัคซีนโควิด-19 ที่สามารถผลิตได้อย่างรวดเร็ว โดยอยู่ระหว่างการขออนุญาตทดสอบในมนุษย์เฟส 1

สิ่งสำคัญที่จะผลักดันให้เกิดอุตสาหกรรมมูลค่าสูงจากเทคโนโลยีชินไบโอนั้น ควรมีการปรับปรุงกฎเกณฑ์ กฎหมาย และข้อบังคับเพื่อช่วยให้สนับสนุนให้การสร้างนวัตกรรมได้อย่างรวดเร็วขึ้น สนับสนุนภาคเอกชนและสตาร์ทอัพให้เกิดการแข่งขันอย่างเสรี ด้วยการสร้างระบบนิเวศที่เอื้อต่อการเติบโต ที่ต้องสร้างให้เกิดความร่วมมือ และโจทย์ที่ท้าทาย ดังเช่น iGEM Foundation (International Genetically Engineered Machine เป็นโปรแกรมสนับสนุนการสนับสนุนให้เกิดผู้ประกอบการ startup โดยการสร้างให้เกิดโปรแกรมการแข่งขันทั้งในระดับนักเรียนนักศึกษา เพื่อสร้างให้เกิดรูปแบบและแนวทางใหม่ที่ต่อยอดจากเทคโนโลยีนี้ ทำในหลากหลายประเทศ ซึ่งสามารถสร้างให้เกิดสตาร์ทอัพที่มีมูลค่าการระดมสูงในหลายประเทศ รวมทั้งเกิดเป็นเครือข่ายความร่วมมือของ SynBio ที่ใหญ่ที่สุดในโลก ที่มีสตาร์ทอัพที่ประสบความสำเร็จขยายธุรกิจได้หลายราย เช่น Gingo BioWork

กล่าวโดยสรุปก็คือ SynBio จะเป็นเทคโนโลยีที่จะเกิดการพลิกโฉมให้เกิดนวัตกรรมได้อย่างหลากหลาย โดยที่ทุกภาคส่วนต้องร่วมมือร่วมใจก้าวเดินพัฒนาไปด้วยกัน ประเทศไทยมีความพร้อมทั้งทรัพยากรทางชีวภาพที่หลากหลาย นักวิจัย และผู้เชี่ยวชาญ ผู้ประกอบการไทยที่มีความเก่ง เชื่อว่าทำได้แน่นอน ซึ่งไม่ได้หวังถึงสตาร์ทอัพระดับยูนิคอร์น ที่ดำเนินธุรกิจแค่ 3-5 ปี แต่ประสบความสำเร็จอย่างก้าวกระโดด จนมีมูลค่าเกิน 1 พันล้านเหรียญสหรัฐ หรือประมาณ 33,000 ล้านบาท แต่อย่างน้อยผู้ประกอบการ IBEs อย่าง SynBio Startup ของไทยจะมี Solutions ที่จะมาแก้ปัญหาด้านต่างๆ ของประเทศไทยและทั่วโลกที่เผชิญกันได้ด้วยความร่วมมือร่วมใจกันทุกภาคส่วนต่อไป

สตาร์ทอัพด้าน SynBio ในประเทศไทย

5.3 ก้าวต่อไปกับแผนพัฒนายุทธศาสตร์ พัฒนา SynBio ของประเทศไทย

การขับเคลื่อนเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมด้วยเทคโนโลยี SynBio นี้ยังถือเป็นเรื่องใหม่และท้าท้ายของประเทศไทย ซึ่งจากสรุปทิศทางในการพัฒนาประเทศด้วย SynBio มีดังนี้

1 พัฒนาความร่วมมือทั้งในมิติด้านงานวิจัยและพัฒนา การถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรม การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ รวมถึงการสร้างความตะหนักของตลาดและผู้บริโภคผ่านการจัดตั้งเป็นภาคีความร่วมมือด้านนี้โดยตรง “Synthetic Biology Consortium”

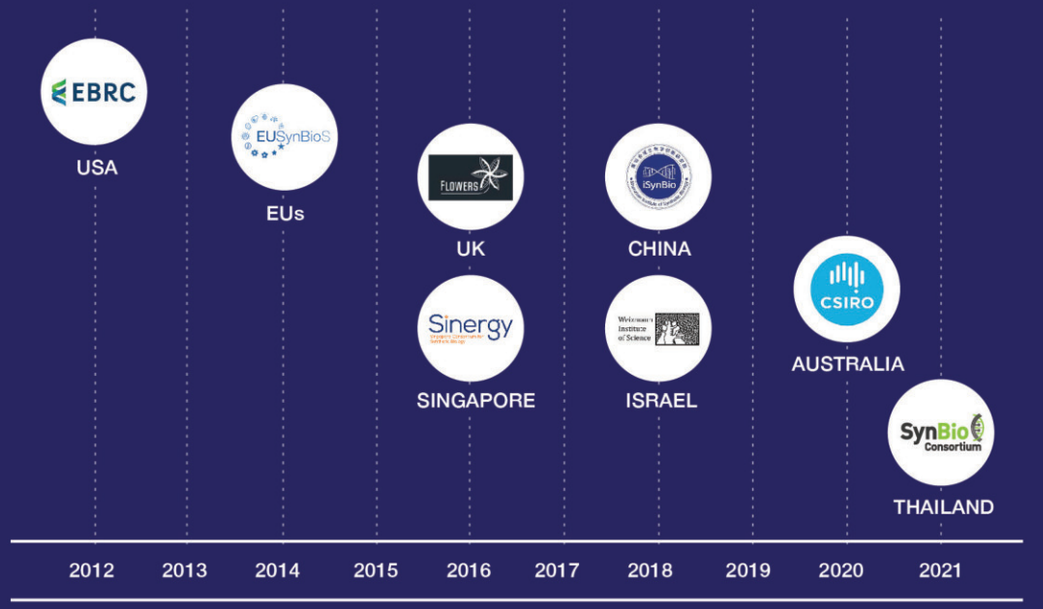
2 สร้างเครือข่ายผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพทั้งหมด และการเตรียมความพร้อมสู่การพัฒนาและใช้เทคโนโลยี Synthetic Biology ในระดับอุตสาหกรรมในประเทศไทย

3 สร้างความรู้ความเข้าใจและกำหนดทิศทางร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ ในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสาขา SynBio

4 เชื่อมโยงความร่วมมือ แลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างผู้ประกอบการและนักวิจัยในสาขาเทคโนโลยี Synthetic Biology ทั้งภายในและระหว่างประเทศ เพื่อต่อยอดเป็นนวัตกรรมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ให้แพร่หลายต่อไป

แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับต่างประเทศที่มีการดำเนินงานสร้างภาคีเครือข่ายของภาครัฐและเอกชน ในลักษณะ Consortium ร่วมดำเนินงาน ที่จะต่อยอดงานวิจัยและพัฒนา สร้างแนวคิดด้านการพัฒนาเทคโนโลยี และการประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดการสร้างอุตสาหกรรมใหม่ๆ ที่มีมูลค่าสูงตามมา โดยแสดงการก่อตั้งภาคีเครือข่ายในแต่ประเทศ และปีการก่อตั้งดังแสดงในรูป

Global SynBio Consortium Estabilshment Timeline



ตัวอย่างของภาคีเครือข่ายที่ดำเนินการประสบความสำเร็จ เช่นที่ประเทศสิงคโปร์มีชื่อว่า Sinergy โดยจะเป็นจุดศูนย์กลางแลกเปลี่ยนประสบการณ์และความสำเร็จในการรวมกลุ่มภาคีเครือข่าย โดยกลุ่มมีพันธกิจเพื่อสร้างความเข้มแข็งในการพัฒนาขีดความสามารถด้าน SynBio ผ่านความร่วมมือระหว่างภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อน และการเชื่อมต่อในระดับโลกด้านเศรษฐกิจฐานชีวภาพของสิงคโปร์ ซึ่งการจะดำเนินพันธกิจเหล่านี้ให้สำเร็จได้ต้องอาศัยการวิจัยและพัฒนาของภาคีเครือข่าย การพัฒนากำลังคน การจัดให้มีแหล่งข้อมูลกลางสำหรับภาคอุตสาหกรรม รวมถึงการสร้างความร่วมมือในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยที่ผ่านมา Sinergy ได้จัดกิจกรรมที่หลากหลายเพื่อสอดรับกับพันธกิจและเกิดการร่วมกิจกรรมของภาคีเครือข่าย เช่น การจัดงานสัมมนาด้านเทคโนโลยี, การสร้างความร่วมมือระดับโลก, การประชุมเชิงปฏิบัติการเชิงกลยุทธ์และอุตสาหกรรม, กิจกรรมประชาสัมพันธ์และกิจกรรมที่สนับสนุนด้านการศึกษา, การประชุมระดับนานาชาติ

ดังนั้นจากจุดเริ่มต้นที่มีผู้ร่วมก่อตั้ง 4 หน่วยหลักจะขยายเครือข่ายทั้งภาครัฐและเอกชนเข้าร่วมร่วมดำเนินงาน ที่มีจุดมุ่งหมายคือการใช้เทคโนโลยี SynBio ในการขับเคลื่อนให้เกิดธุรกิจ หรือผลักดันการสร้างอุตสาหกรรมมูลค่าสูงที่ต่อเนื่องตามมา โดยมีร่างแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาชินไบโอ ดังนี้

Goals	สร้างธุรกิจนวัตกรรมจากเทคโนโลยี SynBio สู่การเติบโตระดับโลก
Output	มีระบบนิเวศนวัตกรรมที่เอื้อต่อการเติบโตของธุรกิจ SynBio เกิด SynBio IBEs (Startup SME SE Corporate)
Sector	Agriculture | Food | Medical | Material | Health
Strategy	Understanding Structure | Technology & Innovation | Entrepreneurship & Industry | Fundamental
Mechanism	Academy & Learning | Funding & Investment | Incubation/ Acceleration | Networking | Standard/ Regulation/Law
Roadmap 2021-2030	2021-2022 (2yrs): Validate/Develop the SynBio technology+Social Awareness 2023-2025 (3yrs): Introduce new products & Establish secured market 2026-2030 (5yrs): Commit to greater purposes on BCG economy

กลยุทธ์การดำเนินงาน

แผนที่นำทางในการขับเคลื่อนพัฒนาธุรกิจนวัตกรรมจากเทคโนโลยี SynBio ปี 2022 – 2031 โดยแบ่งระยะเป็นสั้น กลาง และยาว โดยมีเป้าหมายสูงสุดร่วมกันคือ สร้างธุรกิจนวัตกรรมจากเทคโนโลยี SynBio สู่การเติบโตระดับโลก ด้วยการสร้างให้เกิดมีระบบนิเวศนวัตกรรมที่เอื้อต่อการเติบโตของธุรกิจ SynBio

และเกิดผู้ประกอบการฐานนวัตกรรม SynBio IBEs ทั้งที่เป็น Startup SME SE Corporate โดยมุ่งสาขาดำเนินงานภายใต้ BCG Model ที่มุ่งเน้นใน 5 สาขา ได้แก่ เกษตร อาหาร การแพทย์ สุขภาพ และวัสดุ สำหรับกลยุทธ์ในการดำเนินงานเกี่ยวข้องทั้งในภาครัฐและภาคเอกชน เพื่อให้มีทิศทางการดำเนินงานอย่างชัดเจน ทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์อย่างเป็นรูปธรรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมในระดับโลก โดยมี 4 กลยุทธ์หลัก ดังนี้

กลยุทธ์ที่ 1
การสร้างความรู้และความเข้าใจ (Understanding)

กลยุทธ์ที่ 2
การสร้างเทคโนโลยีและนวัตกรรม (Technology & Innovation)

กลยุทธ์ที่ 3
การสร้างผู้ประกอบการและธุรกิจนวัตกรรม (Entrepreneurship & Business)

กลยุทธ์ที่ 4
การสร้างโครงสร้างพื้นฐาน (Fundamental Structure)

แผนที่นำทางในการขับเคลื่อนพัฒนาธุรกิจนวัตกรรม จากเทคโนโลยี SynBio มีดังนี้

ระยะแรก (2022-2023: 2ปี)
มุ่งเน้นการพัฒนาต้นน้ำด้านการทดสอบความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยี นำร่องในสาขาที่มีความพร้อม และการสร้างการยอมรับในภาคผู้บริโภคก่อน

ระยะสอง (2024-2026: 3ปี)
การผลิตสินค้าและบริการที่มาจาก SynBio สู่ตลาดที่เริ่มได้รับการยอมรับแล้ว

ระยะสาม (2027-2031: 5ปี)
การสร้างเป็นยุทธศาตร์ชาติในการสนับสนุน BCG Economy เพื่อผลักดันให้ไทยเป็นศูนย์กลางแห่งสุขภาพและวีถีกินดีอยู่ดีระดับโลกต่อไป

แนวทางขับเคลื่อนประเทศไปสู่ “ประเทศแห่งสุขภาพและวิถีกินดีอยู่ดีระดับโลก” ด้วย เรือธง ธุรกิจฐานชีวนวัตกรรม

สถานการณ์หลังจากวิกฤติการณ์โควิด-19 ที่ประชาชนทุกเพศทุกวัยต่างให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ไม่ใช่แต่เฉพาะคนสูงวัยเท่านั้น ก่อให้เกิดเทรนด์การรักสุขภาพเชิงป้องกัน ผู้คนห่วงใยต่อการอุปโภคและบริโภคสินค้าและบริการต่างๆ ที่ส่งผลต่อชีวิตมากขึ้น รวมถึงเทรนด์ใหม่ เช่น Flexitarian คือกลุ่มคนที่ต้องการลดการบริโภคเนื้อสัตว์ แต่ไม่ต้องการเลิกบริโภคเลยทีเดียว เพราะไม่ใช่แค่เหตุผลทางด้านความเชื่อเท่านั้น แต่พวกเขาใส่ใจสุขภาพเป็นพิเศษ ตระหนักถึงสวัสดิภาพสัตว์ (Animal Welfare) และคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในด้านการปลดปล่อยคาร์บอนจำนวนมากสู่โลกอีกด้วย

ในการวิเคราะห์ของคณะทำงานฯ เสนอว่า ประเทศไทยควรพัฒนาให้เป็น “ประเทศแห่งสุขภาพและวิถีกินดีอยู่ดีระดับโลก” ซึ่งมีส่วนสนับสนุนแนวทางนี้ ดังนี้

1. ประเทศไทยมีบุคลากรทางการแพทย์และบริการเกี่ยวเนื่องที่มีคุณภาพสูงมาก ไม่ว่าจะเป็นแพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ รวมถึงการแพทย์ทางเลือกอื่นๆ
2. ประเทศไทยเป็นจุดหมายของแหล่งท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจจากประชากรทั่วโลกในหลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ซึ่งสะท้อนจากรายได้จากการท่องเที่ยวของไทย
3. ประเทศไทยมีธุรกิจบริการด้านไลฟ์สไตล์และธุรกิจเกี่ยวเนื่องต่างๆ คุณภาพสูง ราคาที่สมเหตุสมผล ไม่ว่าจะเป็นธุรกิจโรงแรมและที่พัก ร้านอาหาร สปา ร้านค้า ตลาดนัด การขนส่ง ฯลฯ
4. สุดท้าย คือการต่อยอดจากรากฐานของประเทศด้านเกษตรกรรม และแปรรูปอาหารมาสร้างมูลค่าสูงในทุกมิติด้วยเทคโนโลยีชีวภาพชั้นสูง เพื่อความประหยัด การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติสูงสุด ก่อให้ความคุ้มค่า ประสิทธิภาพ และสร้างผลกระทบเชิงบวกต่อสุขภาพและความกินดีอยู่ดีของประชาชน สังคมและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านกระบวนการค้าขายที่เป็นธรรม โปร่งใสและรวดเร็วตรงตามความต้องการของตลาดทั้งภายในเพื่อรองรับคนไทยและนักท่องเที่ยวต่างชาติ รวมทั้งส่งออกไปยังต่างประเทศทั่วโลกซึ่งมีความต้องการในด้านนี้ในปัจจุบัน 7,000 ล้านคน และคาดการณ์ว่าจะมีมากถึง 10,000 ล้านคนในปี 2050

เอกสารอ้างอิง
1.https://www.nxpo.or.th/th/7261/
2.https://nia.or.th/NIA-BCG2021
3.https://www.scbeic.com/th/detail/product/6509

รายชื่อคณะทำงานจัดทำ

1 **ดร. ภาคภูมิ ทรัพย์สุนทร**
อาจารย์ ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2 **ศาสตราจารย์ ดร. อลิสา วังใน**
อาจารย์ ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3 **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ป๋วย อุ่นใจ**
อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

4 **ดร.เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ**
รองผู้อำนวยการ ด้านวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพเพื่ออุตสาหกรรม
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

5 **ดร. นตพร จันทร์วราสุทธิ์**
รองผู้อำนวยการ ด้านวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพเพื่ออุตสาหกรรม
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

6 **ดร.ชาลินี คงสวัสดิ์**
ผู้จัดการงานความปลอดภัยทางชีวภาพ ฝ่ายศึกษานโยบายและความปลอดภัยทางชีวภาพ
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

7 **คุณพัชรินทร์ บุญเอี่ยม**
นักวิเคราะห์ ฝ่ายบริหารโปรแกรมวิจัยและพัฒนากำลังคนเทคโนโลยีชีวภาพ
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

8 **คุณมณฑา ไก่หิรัญ**
ผู้จัดการส่งเสริมนวัตกรรม ฝ่ายพัฒนาผู้ประกอบการนวัตกรรม
สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)

9 **ดร.ก่อศักดิ์ โตวรรธกวณิชย์**
ผู้จัดการสถาบันนวัตกรรรมและบ่มเพาะธุรกิจ บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

10 **ผศ.ดร.กรวิทย์ ไชยสุ**
ผู้อำนวยการศูนย์ที่ปรึกษาและพัฒนาอาชีพนักศึกษา คณะเกษตรนวัตและการจัดการ
สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

11 **คุณนฤดี มาทองหลาง**
เจ้าหน้าที่วิชาการ สถาบันนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

12 **คุณสันติ อาภากาศ**
ประธานกรรมการบริหารและผู้ร่วมก่อตั้ง บริษัท ไบโอ บัดดี้ จำกัด

13 **คุณมณีรัตน์ ศรีปริวาทิน**
นักวิเคราะห์อาวุโส บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน)

14 **คุณภาวิสุทธิ์ เนียมพูลทอง**
นักวิเคราะห์ บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน)

15 **คุณณิริญญา สุรัตนกวีกุล**
นักพัฒนาธุรกิจ บริษัท บีบีจีไอ จำกัด (มหาชน)

THAILAND
SYNTHETIC BIOECONOMY
OUTLOOK AND KEY MILESTONES

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
73/2 ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 02-017 5555
เว็บไซต์ https://www.nia.or.th อีเมล info@nia.or.th