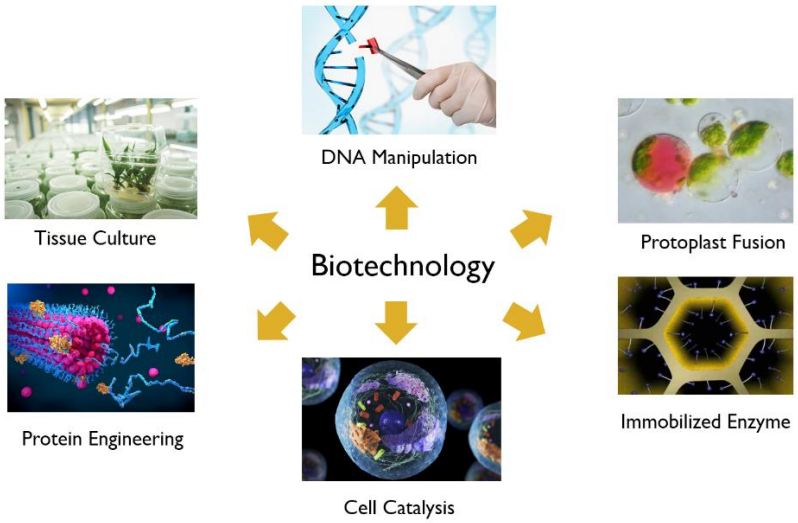
บทวิเคราะห์เชิงลึก

“แนวทางการส่งเสริมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพไทย เตรียมพร้อมสู่การเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมชีวภาพของอาเซียน”

เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) เป็นเทคโนโลยีที่เกิดจากการศึกษาและนำความรู้ในสาขาชีววิทยาจุลชีววิทยา เคมีอณูพันธุศาสตร์ที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ เช่น จุลินทรีย์ พืช และสัตว์มาใช้ประโยชน์ โดยปัจจุบัน เทคโนโลยีชีวภาพ ได้มีความหมายที่กว้างขึ้น ซึ่งครอบคลุมถึงการประยุกต์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ รวมถึงองค์ความรู้ตั้งแต่ระบบ กระบวนการ เครื่องมือ-อุปกรณ์ และวัสดุใช้งาน กลไกหรือจักรกลที่มีวิวัฒนาการก้าวหน้าหลากหลายมิติ เพื่อสร้างให้เกิดประโยชน์ ทั้งต่อการผลิต และกระบวนการของสินค้าหรือบริการ และยังสามารถปรับใช้ประโยชน์เฉพาะอย่างได้ตามความต้องการ โดยการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพ สามารถทำได้หลากหลายด้าน เช่น ด้านการเกษตร ด้านอาหาร ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านการแพทย์ เป็นต้น

จากงานวิจัยเรื่อง “Biotechnology: Process and Application” โดย Firdous Ansar ได้กล่าวถึงความหมายและบริบทของเทคโนโลยีชีวภาพ รวมถึงบริบทที่สัมพันธ์กัน ในหลายมิติ ดังตัวอย่างที่รู้จักหรือนิยมกล่าวถึง ได้แก่ การดัดแปลงหรือปรับเปลี่ยน DNA การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue culture) การรวมโพรโทพลาสท์ของพืช (Protoplast fusion) การเร่งปฏิกิริยาเซลล์ (Cell catalysis) เอนไซม์ตรึงรูป (Immobilized Enzyme) พันธุวิศวกรรมเชิงโปรตีน (Protein engineering) เป็นต้น[1] สะท้อนให้เห็นถึงความก้าวหน้าด้านวิทยากรที่มีการผสมผสานระหว่างองค์ความรู้ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านชีวโมเลกุลได้อย่างลงตัว

รูปที่ 1 ความหมายและบริบทของเทคโนโลยีชีวภาพ



ที่มา: Firdous Ansari, 2012. Biotechnology: Process and Application / ภาพประกอบโดยสถาบันพลาสติก

[1] ที่มา: รายงานการวิเคราะห์แนวโน้มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ โดยสถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2560

หนึ่งในเทคโนโลยีชีวภาพที่เก่าแก่ที่สุดในประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติ คือ เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation Technology) ด้วยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีพื้นฐานสำคัญที่มีการใช้ต่อเนื่องมาจนถึงยุคปัจจุบัน นอกจากนี้ เทคโนโลยีการหมักเป็นกระบวนการทางชีววิทยาที่ได้รับความนิยมอย่างมากในทางอุตสาหกรรม เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ มีความจำเพาะสูง และสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย ในอดีตกระบวนการหมักถูกนำมาใช้เพื่อถนอมอาหาร เป็นหลัก แต่ก็พบว่า มีการใช้งานเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยการหมัก ได้ถูกนำไปใช้ต่อยอดในอุตสาหกรรมสมัยใหม่เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่หลากหลายตอบสนองความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพ ชีวเคมี ชีวเภสัชภัณฑ์ ชีววัตถุคล้ายคลึง (Biosimilar) และชีวโมเลกุล โดยปัจจุบันยังได้มีวิจัยและพัฒนา โดยการผสมผสานเทคโนโลยีการหมักกับการพัฒนาทางด้านพันธุวิศวกรรมเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความจำเพาะมากยิ่งขึ้น

ปัจจุบัน เทคโนโลยีชีวภาพมีแนวโน้มได้รับความนิยมและมีความต้องการในภาคอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นจากปัจจัยสนับสนุนหลายประการ อาทิ ทิศทางราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นและปริมาณการสำรองเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ลดน้อยลงจากความต้องการที่เพิ่มขึ้น ทำให้เทคโนโลยีชีวภาพ โดยเฉพาะเทคโนโลยีการหมักด้วยเอนไซม์ที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เข้ามามีบทบาทสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจำนวนมาก[2] อาทิ การผลิตแอลกอฮอล์ (Alcohol) เอนไซม์ (Enzyme) กรดอินทรีย์ (Organic acid) กรดอะมิโน (Amino acid) วิตามิน (Vitamin) อัลคาลอยด์ (Alkaloids) และแซนแทน (Xanthan) ฯลฯ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ เป็นกลุ่มที่มีแนวโน้มความต้องการสูงในปัจจุบันและมีแนวโน้มความต้องการในตลาดที่เพิ่มขึ้นในอนาคตอีกด้วย

จากข้อมูลการศึกษาและวิจัยตลาด โดย Grandviewresearch พบว่า มูลค่าตลาดของเทคโนโลยีชีวภาพโลกในปี 2564 มีมูลค่าอยู่ที่ประมาณ 1,006.68 พันล้านเหรียญสหรัฐฯ ซึ่งคาดการณ์ว่ามูลค่าตลาดจะขยายตัวเพิ่มขึ้นเป็น 2,438.90 พันล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี 2571 หรือคิดเป็นอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีสะสม (CAGR) ร้อยละ 15.83[3] ซึ่งถือว่ามีทิศทางการขยายตัวอย่างมีนัยสำคัญ จากความสามารถในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่หลายหลายและเป็นที่ต้องการของตลาด ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไป ขณะที่มูลค่าตลาดของเทคโนโลยีการหมักของโลกในปัจจุบัน พบว่า ในปี 2564 ที่ผ่านมา มีมูลค่าอยู่ที่ประมาณ 2,151.8 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และคาดการณ์ว่า จะมีมูลค่าตลาดอยู่ที่ประมาณ 3,017.9 ล้านเหรียญสหรัฐภายในปี 2571 หรือคิดเป็นอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมร้อยละ 5.8 ต่อปี[4]

[2] ที่มา: K. Chojnacka. Chemical Engineering and Chemical Process Technology. Vol. V - Fermentation Products.

[3] ที่มา: Biotechnology Market Size, Share & Trends Analysis Report By Technology (DNA Sequencing, Nanobiotechnology), By Application (Health, Bioinformatics), By Region, And Segment Forecasts, 2021 - 2028 by Grandviewresearch, Published on www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biotechnology-market

[4] ที่มา: Industry Trends, Demand, Value, Analysis & Forecast Report by Zion Market Research, Published on www.bloomberg.com/press-releases/2022-05-24

1. ประเภทของเทคโนโลยีชีวภาพ

ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และการพัฒนาองค์ความรู้ด้านนวัตกรรมเทคโนโลยี ทำให้ในปัจจุบัน เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ขึ้นหลายประเภท โดยเทคโนโลยีชีวภาพสามารถจำแนกได้ตามองค์ความรู้และรูปแบบของวิทยาการ เช่น การตัดแต่งพันธุกรรม (DNA Recombinant Technology) การดัดแปลงและตัดแต่งพันธุกรรม หรือพันธุวิศวกรรม (Genetically Modified Organisms: GMOs) การโคลนนิ่ง (Cloning) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue culture) ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint) ฯลฯ

นอกจากนี้ เทคโนโลยีชีวภาพ ยังสามารถจำแนกประเภทได้ตามกลุ่มอุตสาหกรรมปลายทาง ลักษณะการใช้งาน รวมถึงความต้องการของผู้ใช้แต่ละกลุ่มหรือแต่ละอุตสาหกรรม จึงถือเป็นข้อได้เปรียบที่โดดเด่นของเทคโนโลยีชีวภาพ เพราะทำให้สามารถประยุกต์สร้างประโยชน์ให้กับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมได้จำนวนมาก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ สามารถประยุกต์เทคโนโลยีชีวภาพได้ในหลากหลายมิติของอุตสาหกรรม ขึ้นอยู่กับความสนใจเฉพาะด้านและการมุ่งเน้นบริบทของอุตสาหกรรมแต่ละกลุ่มแตกต่างกันไป โดยจากการรวบรวมข้อมูลประเภทของเทคโนโลยีชีวภาพตามกลุ่มของอุตสาหกรรมและลักษณะการใช้งาน พบว่า สามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท[1] ได้แก่

1. เทคโนโลยีชีวภาพเกี่ยวกับการแพทย์และสาธารณสุข (Medical Biotechnology) ซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อช่วยในการวิจัยในระดับชีววิทยาโมเลกุลโดยเน้นเป้าหมายการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาโรคอุบัติใหม่และอุบัติซ้ำที่สำคัญและเป็นปัญหาของประเทศ
2. เทคโนโลยีชีวภาพอาหารและด้านการเกษตรหรือเกษตรชีวภาพ (Food and Agricultural Biotechnology) เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีชีวภาพเข้ากับศาสตร์ความรู้ ด้านชีววิทยา เคมี และองค์ความรู้ด้านการเกษตร เพื่อพัฒนาจุลินทรีย์ที่ใช้งานทางการเกษตร การดัดแปลงยีน ปรับปรุงพืชหรือสัตว์ ให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ ธุรกิจ และแนวทางการแก้ไขปัญหาด้านการเกษตร ตลอดจนการนำเทคโนโลยีชีวภาพเข้ามาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงผลิตภัณฑ์สารเติมแต่งในอาหาร (Food additive) ต่าง ๆ เป็นต้น
3. เทคโนโลยีชีวภาพด้านทรัพยากรชีวภาพ พลังงานและสิ่งแวดล้อม (Environmental-Biotechnology) เป็นเทคโนโลยีชีวภาพที่เข้ามาช่วยในการบริหารจัดการและการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ลดการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลือง โดยหันมาพึ่งพาทรัพยากรหมุนเวียน (Renewable-resource) สำหรับใช้ในการแปรรูปเป็นพลังงานชีวมวล หรือ “พลังงานสะอาด” ที่ช่วยลดมลพิษในสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน
4. เทคโนโลยีชีวภาพเกี่ยวกับอุตสาหกรรม (Industrial Biotechnology) โดยจะเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีชีวภาพในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เพื่อช่วยสนับสนุนการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยพึ่งพาทรัพยากรชีวมวล (Biomass) ซึ่งเป็นหนึ่งในทรัพยากรหมุนเวียนเพื่อสร้างความยั่งยืนให้กับอุปทานด้านวัตถุดิบ (Raw materials supply security) ในภาคอุตสาหกรรม

ประเภทของเทคโนโลยีชีวภาพที่ได้กล่าวข้างต้น เป็นเพียงส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีชีวภาพที่เกิดการใช้ประโยชน์อย่างรูปธรรม โดยปัจจุบัน เทคโนโลยีชีวภาพยังสามารถแบ่งย่อยได้ในหลายมิติ อาทิ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายทาง (Processing) หรือวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น ซึ่งการแข่งขันด้านการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อตอบสนองอุตสาหกรรมชีวภาพเติบอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ประกอบกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคอุบัติใหม่ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จะเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการต่อยอดด้านการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ ส่งผลให้เกิดเทคโนโลยีชีวภาพประเภทใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นในอนาคต

2. เทคโนโลยีชีวภาพในต่างประเทศที่ได้รับความนิยมและมีความต้องการของตลาดสูง

การพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพที่มีการขยายวงกว้างตามความต้องการของตลาดที่เพิ่มสูง ทำให้เกิดการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมด้านเทคโนโลยีชีวภาพในหลายพื้นที่ทั่วโลก ซึ่งถือเป็นแหล่งเทคโนโลยีสำคัญที่มีการถ่ายทอดไปยังภูมิภาคต่าง ๆ ผ่านการส่งต่อองค์ความรู้และการให้บริการด้านเทคโนโลยีชีวภาพของผู้ประกอบการ ซึ่งจะเป็นกลไกสำคัญของการขับเคลื่อนและพัฒนาอุตสาหกรรมชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนา (Developing country) โดยข้อมูลที่ปรากฏตาม ***ตารางที่ 1*** เป็นตัวอย่างรายชื่อผู้พัฒนานวัตกรรมและให้บริการด้านเทคโนโลยีชีวภาพที่สำคัญของโลก

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผู้พัฒนานวัตกรรมและให้บริการด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

เทคโนโลยีชีวภาพ	ตัวอย่างผู้พัฒนานวัตกรรมและให้บริการด้านเทคโนโลยีชีวภาพ[5]
Nanobiotechnology	• สหรัฐอเมริกา อาทิ NABsys, Nami Therapeutics, Nano3D Biosciences, Nanobiosym, Nanofiber Solutions, Nanospectra Biosciences, NanoString Technologies, Genetic Immunity • สวิตเซอร์แลนด์ อาทิ Nano Bridging Molecules • ฝรั่งเศส อาทิ Nanobacterie, Nanobiotix • เยอรมนี อาทิ Endotherm Life Science Molecules, in vitro - Institut für Molekularbiologie *สามารถสืบค้นข้อมูลผู้พัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพและให้บริการด้าน Nanobiotechnology เพิ่มเติมได้ที่: nanowerk*[6]
Tissue Engineering and Regeneration Technology	• สหรัฐอเมริกา อาทิ Butterfly Network, Inc, Ventus Therapeutics, Prellis Biologics, LifeCanvas, PolarityTE, Inc., Avery Therapeutics • ญี่ปุ่น อาทิ Takeda

[5] รายชื่อผู้พัฒนานวัตกรรมและให้บริการด้านเทคโนโลยีชีวภาพที่ปรากฏในตารางเป็นเพียงข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ประกอบการศึกษาและวิเคราะห์ภาพรวมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพในรายงานการศึกษาฉบับนี้เท่านั้น

[6] อ้างอิงข้อมูลจาก www.nanowerk.com/nanotechnology/nanomaterial/nanobiomedicine_alist.php?letter

เทคโนโลยีชีวภาพ	ตัวอย่างผู้พัฒนานวัตกรรมและให้บริการด้านเทคโนโลยีชีวภาพ[5]
	• สหราชอาณาจักร อาทิ Bit Bio (fka Elpis Biomed), Lightpoint Medical, Autolus *สามารถสืบค้นข้อมูลผู้พัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพและให้บริการด้าน Tissue Engineering and Regeneration Technology เพิ่มเติมได้ที่: ventureradar[7]*
DNA Sequencing Technology	• เยอรมนี อาทิ GATC Biotech • สเปน อาทิ qGenomics, Secugen, Lifesequencing SL • ออสเตรีย อาทิ Campus Science Support Facilities GmbH *สามารถสืบค้นข้อมูลผู้พัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพและให้บริการด้าน DNA Sequencing Technology เพิ่มเติมได้ที่: ProCoGen [8]*
Cell-based Assays Technology	• สหรัฐอเมริกา อาทิ Danaher Corporation, Thermo Fisher Scientific, Becton, Dickinson and Company, PerkinElmer, Inc., BioAgilytix Labs • สวิตเซอร์แลนด์ อาทิ Lonza • เยอรมนี อาทิ Merck KGaA
Fermentation Technology	• สหรัฐอเมริกา อาทิ LanzaTech, Caribou Biosciences, Zymergen, Amyris, Genomatica, Bolt Threads, Pall, Ginkgo BioWorks, Calysta • สหราชอาณาจักร อาทิ Centre for Process, Ingenza • เยอรมนี อาทิ Sartorius Stedim *สามารถสืบค้นข้อมูลผู้พัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพและให้บริการด้าน Fermentation Technology เพิ่มเติมได้ที่: ventureradar[9]*
Polymerase Chain Reaction Technology: PCR	• สหรัฐอเมริกา อาทิ Agilent Technologies, Inc., Becton, Dickinson and Company, Bio-Rad Laboratories, Inc. • ฝรั่งเศส อาทิ BioMérieux SA, • เยอรมนี อาทิ Merck Kgaa • สวิตเซอร์แลนด์ อาทิ Hoffmann-La Roche AG *ที่มา: Top 7 polymerase chain reaction companies and laboratories propelling biotechnology เผยแพร่บนเว็บไซต์ www.verifiedmarketresearch.com*
Bioinformatics Technology	• ERA7 Bioinformatics (สเปน), Science Life Laboratory (สวีเดน), CLC Bio (เดนมาร์ก), VIB nucleomics (เบลเยียม) *ที่มา: : ProCoGen*

[7] อ้างอิงข้อมูลจาก www.ventureradar.com/keyword/Tissue%20engineering

[8] อ้างอิงข้อมูลจาก bfw.ac.at/rz/bfwcms2.web?dok=9561

[9] อ้างอิงข้อมูลจาก www.ventureradar.com/keyword/Industrial%20Fermentation

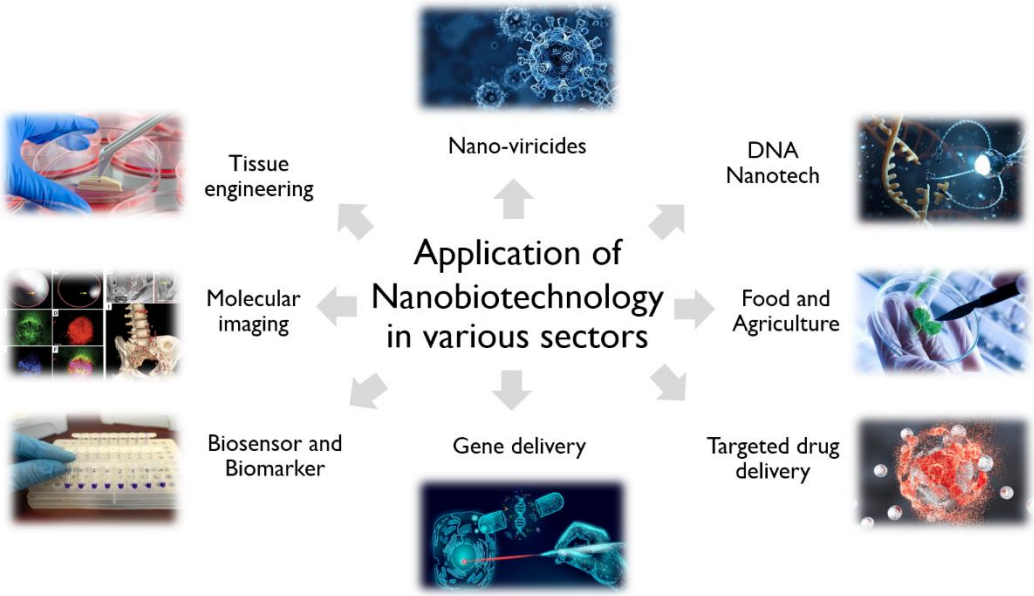
จากเทคโนโลยีชีวภาพที่ได้กล่าวถึงใน***ตารางที่ 1*** จะเห็นว่า มีเทคโนโลยีชีวภาพบางชนิดที่ถูกพัฒนาขึ้นจากวิทยาการ องค์ความรู้และความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีสมัยใหม่ ซึ่งจัดว่าเป็นนวัตกรรมที่จะเข้ามามีบทบาทสำคัญทั้งในด้านการวิจัยและการผลิตในอุตสาหกรรมชีวภาพมากยิ่งขึ้น อาทิ

- **เทคโนโลยีด้านชีวสารสนเทศ (Bioinformatics Technology)** ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นจากการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ทางชีววิทยาการแพทย์ เพื่อใช้สำหรับการจัดเก็บ รวบรวม และการวิเคราะห์ข้อมูลด้านพันธุ์กรรมของสิ่งมีชีวิตที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย ไม่ซับซ้อน ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวจะเป็นเครื่องมือสนับสนุนงานด้านการวิจัยและพัฒนาทางพันธุกรรม[10] อาทิ การถอดรหัส-พันธุกรรมมนุษย์ (Human Genome Project) การถอดรหัสพันธุกรรมเชื้อโรคหรือพืชที่สำคัญ รวมถึงช่วยสนับสนุนการวิจัยและการผลิตยารักษาโรคใหม่ ๆ ให้สามารถทำได้ง่ายขึ้น โดยภายใต้ฐานข้อมูลชีววิทยา (Biological database) จะได้มีการจัดเก็บข้อมูลบรรณนุกรมที่สำคัญ อาทิ การเรียงสายของโปรตีน (Protein sequence) โครงสร้างโปรตีน (Protein structure), หน้าที่โปรตีน (Protein function) หมวดโปรตีน (Pattern/family) รวมถึงรหัสพันธุกรรม (Necleotide sequence) ของสิ่งมีชีวิต
- **นาโนไบโอเทคโนโลยี (Nanobiotechnology)** เป็นหนึ่งในนาโนเทคโนโลยีที่มีการบูรณาการองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องทั้งในด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เคมี และวิศวกรรมศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อใช้ในการตรวจสอบ ควบคุม ดัดแปลง หรือสังเคราะห์ชีวโมเลกุลขึ้นใหม่ ให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ซึ่งปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้นาโนไบโอเทคโนโลยีในหลายสาขา[11] เช่น
    - **ด้านการแพทย์** ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวในการค้นหาเป้าหมายของยาการพัฒนาระบบนำส่งยานำวิถี การพัฒนาชุดตรวจนาโนไบโอเซนเซอร์สำหรับการแพทย์ เป็นต้น
    - **ด้านการเกษตร** มีการใช้นาโนไบโอเทคโนโลยีในการพัฒนาตัวตรวจวัด (Sensors) สำหรับทดสอบ คุณภาพดิน หรือคุณภาพน้ำ เช่น เครื่องมือวัดระดับไนเตรตไอออน เป็นต้น

[10] ที่มา: คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล เผยแพร่บนเว็บไซต์ www.si.mahidol.ac.th/simi/bioinfo/bi_what.html

[11] ที่มา: ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC) เผยแพร่บนเว็บไซต์ www.rmutphysics.com/charud/specialnews/2/nano1/nano.pdf

รูปที่ 2 การใช้ประโยชน์จากนาโนไบโอเทคโนโลยี (Nanobiotechnology Applications)



ที่มา: Maheshwari, R. et al., Basic Fundamentals of Drug Delivery. 2019 / ภาพประกอบโดยสถาบันพลาสติก

ในช่วงที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ที่ผ่านมา ทั่วโลกได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพโดยได้ให้ความสำคัญกับเรื่องของสุขภาพและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งในปี 2565 (ค.ศ. 2022) 'Rightangle' ได้มีการจัดอันดับเทคโนโลยีชีวภาพที่น่าสนใจ ซึ่งปีนเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบันและมีแนวโน้มความต้องการของตลาดสูงในอนาคต[12] เช่น

- การแพทย์เฉพาะบุคคล (Personalized medicine) ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการรักษาทางการแพทย์และการให้ยาในปริมาณที่เหมาะสมแก่ผู้ป่วยแบบจำเพาะต่อบุคคล โดยอาศัยเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านชีววิทยาเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ความแตกต่างทางพันธุกรรมในยีนที่ควบคุมการออกฤทธิ์ของยาและเป็นข้อมูลให้แพทย์สามารถตัดสินใจเลือกวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการรักษาผู้ป่วย[13]
- เทคโนโลยีชีวภาพด้านการเกษตร (Agricultural biotechnology) เพื่อช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและรุนแรง ทำให้การเพาะปลูก การขยายพันธุ์พืชบางชนิดด้วยวิธีปกติทำได้ยากขึ้น จึงต้องอาศัยเทคโนโลยีชีวภาพเข้ามาช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ รวมถึงการปรับปรุงคุณภาพของดินและปัจจัยแวดล้อมที่จำเป็นสำหรับการเพาะปลูก
- ข้อมูลทางเทคโนโลยีชีวภาพ (Biotech data) ที่ช่วยสนับสนุนด้านการทดสอบคุณภาพยาและการอนุมัติกระบวนการรักษาพยาบาลของแพทย์ให้สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น

[12] ที่มา: Rightangleglobal จากเว็บไซต์ rightangleglobal.com/five-biotechnology-trends-to-follow-in-2022/

[13] ที่มา: Personalized Medicine โดย อ.พญ.พัชร นันทศรี ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล เผยแพร่บนเว็บไซต์ www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/articledetail.asp?id=439

- เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเซลล์ (Cultured or Cell-based Technology) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่จะเข้ามาช่วยลดข้อจำกัดด้านอาหาร จากปริมาณความต้องการเนื้อสัตว์ที่เพิ่มขึ้น ขณะที่พื้นที่ป่าไม้ได้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่สำหรับการทำไร่มากขึ้น ทำให้ปริมาณเนื้อสัตว์ที่ผลิตได้อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ในอนาคต นักวิจัยจึงได้พยายามสร้างเนื้อสัตว์ที่มีเซลล์เป็นส่วนประกอบโดยใช้เซลล์สัตว์ในห้องปฏิบัติการ (Artificial meat) ซึ่งคาดว่าจะสามารถช่วยลดข้อจำกัดดังกล่าวได้
- เทคโนโลยี 3D Bioprinting เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ถูกพูดถึงอย่างกว้างขวางในวงการการแพทย์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีการนำแนวคิดการเพาะเลี้ยงมารวมกับเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing) ที่สามารถขึ้นรูปสามมิติที่ซับซ้อนได้ โดยจะได้มีการนำเอาหมึกชีวภาพ (Bioink) หรือวัสดุที่สามารถนำมาขึ้นรูปได้และประกอบได้ด้วยเซลล์ของอวัยวะที่เราต้องการมาขึ้นรูปเป็นอวัยวะที่เราต้องการ โดยที่เซลล์ต่าง ๆ ยังทำงานได้ปกติ การวิจัยช่วงแรกเริ่มจากการขึ้นรูปจากเนื้อเยื่อบาง ๆ แล้วพัฒนาขึ้นเป็นหลอดเลือด ซึ่งปัจจุบันมีการทดลองปริ้นหัวใจขนาดเล็กเท่าหัวใจกระต่าย กระเพาะ ปัสสาวะ เนื้อเยื่อปอด ตับและไต เป็นต้น[14]

3. เทคโนโลยีชีวภาพในมีการใช้ภาคอุตสาหกรรมของไทยและรูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีชีวภาพของผู้ประกอบการในประเทศไทย

สำหรับอุตสาหกรรมชีวภาพไทย ผู้ประกอบการมีการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างหลากหลาย ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นเทคโนโลยีสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเวชภัณฑ์ชีวภาพและเครื่องสำอาง วัคซีน วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สารเติมแต่งในอาหาร อาหารเสริม รวมถึงผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง (Intermediate reagent) สำหรับอุตสาหกรรมต่อเนื่อง

ตารางที่ 2 ตัวอย่างเทคโนโลยีชีวภาพที่มีการใช้ในอุตสาหกรรมไทย

เทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้ในการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต	ตัวอย่างผู้ประกอบการ[15]
Biophama and Bioceutical production technology	Biophamarceutical and bioceutical products	Bio Global Innovation Co., Ltd.
Phamarceutical processing and fourmular development technology	Phamarceutical, Cosmetic, Active ingredients, Natural-extracts product	Greater Phama Co., Ltd.
Recombinance DNA processing, Vaccine production system, and formulation system.	Human vaccine	Bio-Net Asia Co., Ltd.

[14] ที่มา: บทความเรื่อง “3D Bioprinting อนาคตที่เราเข้าใกล้การเป็น Superhuman” โดย PIZE เผยแพร่บนเว็บไซต์ makerstation.co.th/3d-bioprinting/

[15] รายชื่อผู้ประกอบการที่ปรากฏในตารางเป็นเพียงข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ประกอบการศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างภาพรวมของอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพในรายงานการศึกษาฉบับนี้เท่านั้น

เทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้ในการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต	ตัวอย่างผู้ประกอบการ[15]
Plant advance breeding, Antimicrobial, DNA marker for plant develop	Paper, Packaging-design, Printing, Solution system	SCG Packaging Public Co., Ltd.
Organic product manufactruning teachnology for plant and animal.	Organic product of natural plant vaccine, Fertilizer, Feed addtives	Green Innovative Biotechnology
Carbohydrates Fermentation technology, Purification techniques	Lactic acid lactates and derivatives	Corbion Purac
Fermentation technologies, Extractions, Characterization, Purification technology	Amino acid-based products, Ethyl alcohol (Bioethanol)	Ajinomoto Group, Mitr Phol Biofuel Co., Ltd. KTIS Bioethanol Co., Ltd.
Bioorgainc technology	Bio-cleansing and Remediation product	KEEEN Biotech Group Co., Ltd.

ที่มา: ข้อมูลสำรวจผู้ประกอบการ โดยสมาคมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพไทย ปี 2565/เพิ่มเติมข้อมูลโดยสถาบันพลาสติก

นอกจากนี้ ในประเทศไทยยังมีผู้จำหน่ายเทคโนโลยีชีวภาพที่สามารถจัดหาและสนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์และเครื่องจักรในอุตสาหรรมเทคโนโลยีชีวภาพที่หลากหลาย รวมถึงผู้สนับสนุนด้านการทดสอบคุณภาพ (QC and Testing Service) การวิจัยและพัฒนา ซึ่งช่วยให้ผู้ประกอบการในประเทศสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีและบริการที่จำเป็นได้ง่ายยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3 ตัวอย่างผู้จำหน่าย/ผู้ให้บริการเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศ

เครื่องจักร/เทคโนโลยี/บริการ	ตัวอย่างผู้จำหน่าย/ผู้ให้บริการ[16]
Microbiology, QC Service, Research and Developement, Testing Laboratory, Testing service	Betagro Science Center Co., Ltd. Medical Laboratories Co., Ltd.
Sciencetific and solution provider for various lab, such as biotechnology chemistry, herbal medicine, cell therapy, biobanking, material science	Becthai Bangkok Equipment & Chemistry Co., Ltd. STEM CELL FOR LIFE Co.,Ltd. Novavida Integrative Medical Center & Wellness Center Thailand

[16] รายชื่อผู้จำหน่าย/ผู้ให้บริการที่ปรากฏในตารางเป็นเพียงข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ประกอบการศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างภาพรวมของอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพในรายงานการศึกษาฉบับนี้เท่านั้น

เครื่องจักร/เทคโนโลยี/บริการ	ตัวอย่างผู้จำหน่าย/ผู้ให้บริการ[16]
Microbial Reactor, Bio Composter, Fermentor, Bio Reactor, Bio Laboratory Equipment	KEEEN Biotech Group Co., Ltd. Science and Medical Supply Co., Ltd. Scientific Promotion Co.,Ltd.
Reagent and instrument for medical laboratory	Thanes Development Co., Ltd.
Design and Contractor for Phamarceutical Industry (Phamaceutical engineering)	PharmaFac Plan Technology Co., Ltd.
Analytical Instrument for QA/QC and R&D	Bara Scientific Co., Ltd. Science and Medical Supply Co., Ltd. Scientific Promotion Co.,Ltd. Biodesign Co., Ltd.
Next Generation Sequencing (NGS), Microarray, Realtime PCR, Automated Liquid Handling, Cell Immaging and Multi-Mode Spectoscopy, General Lab Equipemt and Labware Consumable	Bio-Active Co., Ltd. GIBTHAI A 3N Holding Company, Biodesign Co., Ltd. Lifomics Co., Ltd.

ที่มา: ข้อมูลสำรวจผู้ประกอบการ โดยสมาคมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพไทย ปี 2565/เพิ่มเติมข้อมูลโดยสถาบันพลาสติก

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ[17] และการศึกษาโครงสร้างของอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทย พบว่า ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพไทยส่วนใหญ่จะเป็นผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความพร้อมในด้านการลงทุนและความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชีวภาพในห่วงโซ่คุณค่า (Value chain) โดยเทคโนโลยีชีวภาพที่ผู้ประกอบการไทยมีการใช้ในอยู่ปัจจุบัน เป็นเทคโนโลยีชีวภาพที่ได้รับการถ่ายทอดจาก 3 ช่องทางหลัก ๆ ได้แก่

- การถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยี (Know-how and technology transfer) โดยตรงจากผู้ผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีในต่างประเทศ โดยผู้ประกอบธุรกิจในปัจจุบันได้มีการลงทุน จัดซื้อ-จัดหาเทคโนโลยีที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการผลิต จากผู้ผลิตและพัฒนาในต่างประเทศหรือบริษัทแม่ โดยผู้พัฒนาจะได้มีการส่งมอบอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการฝึกอบรมให้กับบุคลากรตลอดจนการแก้ไขปัญหาด้านการใช้งานเทคโนโลยีที่เกิดขึ้น
- กิจการร่วมค้า (Joint Venture) ระหว่างผู้ประกอบการตั้งแต่ 2 รายขึ้นไป ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญที่แตกต่างกัน โดยจะได้มีการกำหนดเป้าหมายของธุรกิจ ซึ่งในการดำเนินธุรกิจจะมีการลงลงทุนด้านเทคโนโลยี การแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ การถ่ายทอดทักษะและประสบการณ์ระหว่างบุคลากรของบริษัทร่วมค้าเกิดขึ้น

[17] ที่มา: ข้อมูลจากการสัมภาษณ์สมาคมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพไทย (ThaiBIO Association)

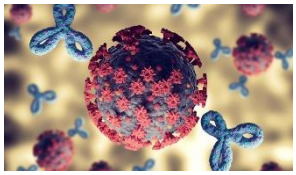
- เครือข่ายของผู้ประกอบธุรกิจ ในรูปแบบ “Services sharing” กล่าวคือ จะเป็นการใช้ประโยชน์ด้านเทคโนโลยีชีวภาพร่วมกันระหว่างผู้ประกอบการด้วยกันเอง เพื่อลดงบประมาณในการลงทุน ลดระยะเวลาในการดำเนินงาน รวมถึงค่าใช้จ่ายประจำ (Fix cost) อื่น ๆ ขณะเดียวกัน Services sharing นอกจากจะสนับสนุนในด้านการผลิตแล้ว ยังสามารถช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ด้านการใช้เทคโนโลยีและการวิจัยพัฒนาระหว่างผู้ประกอบการด้วยกันเองอีกด้วย

3. การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพในระดับอุตสาหกรรม

เทคโนโลยีชีวภาพได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมหลายรูปแบบ และมีความสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมในทุกห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ จนกระทั่งถึงปลายน้ำ ซึ่งปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพในอุตสาหกรรมสำคัญ ๆ ที่ช่วยเสริมสร้างระบบเศรษฐกิจของประเทศหลายแขนง ดังแสดงตัวอย่างใน***ตารางที่ 4***

ตารางที่ 4 การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพในอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรม	รูปแบบการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพ
การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ	● จากการนำชีวมวลหรือมวลชีวภาพซึ่งเป็นผลผลิตจากสิ่งมีชีวิตไม่ก็การย่อยของสิ่งมีชีวิต เช่น มูลสัตว์มาสกัดเป็นพลังงานทดแทน พลังงานสะอาด รวมถึงการผลิตแก๊สชีวภาพ (Biogases) โดยการนำสารอินทรีย์จากหลุมขยะ กองมูลสัตว์ และก้นบ่อแหล่งน้ำนิ่ง หมักจนเกิดเป็นแก๊สชีวภาพ เพื่อนำไปใช้ทดแทนพลังงานในรูปต่าง ๆ เช่น แก๊สหุงต้ม เป็นต้น ● การผลิตพลังงานในรูปของแอลกอฮอล์เชื้อเพลิง (Fuel alcohol) และแก๊สมีเทน (Methane gas) เช่น การนำแอลกอฮอล์ที่ผลิตจากอ้อยเพื่อใช้แทนน้ำมันผสมกับน้ำมันปิโตรเลียม เกิดเป็นแก๊สโซฮอล์ (Gasohol) หรือการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล โดยผสมเมทิลเอสเทอร์ (Methyl ester) หรือ ไบโอ-ดีเซล B100 ที่ผลิตจากปาล์มน้ำมันกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ เป็นต้น
การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสารอินทรีย์	● การผลิตปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ตรึงไนโตเจน ปุ๋ยสาหร่าย เป็นต้น เป็นเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม ลดการใช้สารเคมี ทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้นโดยการนำจุลินทรีย์มาใช้กำจัดขยะเน่าเสียหรือการผลิตปุ๋ยชีวภาพจากสารอินทรีย์ที่มาจากขยะมูลฝอย
อุตสาหกรรมการผลิตอาหารและอาหารสัตว์	● การผลิตในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ (Fermentation) อาทิ การผลิตเหล้าองุ่น เบียร์ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ รวมถึงที่แอลกอฮอล์นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงและใช้ฆ่าเชื้อ เป็นต้น

อุตสาหกรรม	รูปแบบการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพ
	• การผลิตวิตามิน จากกระบวนการสันดาปที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการผลิตของจุลินทรีย์ เช่น กากเบียร์ ซึ่งมีส่วนประกอบของวิตามิน บี หลายชนิด เป็นต้น • เพิ่มคุณค่าทางอาหาร อาทิ จุลินทรีย์จะสร้างน้ำย่อย เพื่อย่อยน้ำตาลแลคโตสในน้ำนม ให้ได้เป็นน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลกาแลคโตส ซึ่งมนุษย์สามารถนำไปใช้ได้ • การวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ ที่สามารถช่วยลดปริมาณคลอเลสเตอรอลในไข่แดง[18] เพิ่มปริมาณคุณค่าอาหารสูงขึ้นเพื่อให้สัตว์เลี้ยง อาทิ โค สุกร ไก่ ปลา เพื่อพัฒนาสุขภาพสัตว์ให้แข็งแรงมากขึ้นแต่ใช้ระยะเวลาเลี้ยงที่สั้นลง
อุตสาหกรรมการแพทย์ 	• การผลิตวัคซีน จากเซลล์ของตัวก่อโรคทั้งหมด (Whole cells) หรือเตรียมจากเปลือกหุ้มตัวเชื้อ (Capsule) หรือ เตรียมจากส่วนขนละเอียดรอบตัวเชื้อ (Pilli) ก็ได้ นอกจากนี้ วัคซีน ยังเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพในกลุ่มชีวเภสัชภัณฑ์ที่มีความสำคัญและเป็นที่ต้องการเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในปัจจุบัน ที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 หรือ COVID-19 ที่ทำให้เกิดความตื่นตัวในการพัฒนาวัคซีนเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรค เพื่อลดอัตราการเสียชีวิตของประชากร จนเกิดเป็นวัคซีนและยารักษาโรคที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน
	• การสังเคราะห์สารกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันโรค โดยผลิตจากผนังเซลล์ (Cell wall) ของจุลินทรีย์บางชนิด ซึ่งมีส่วนประกอบของสารชีวเคมีในกลุ่ม Polysaccharides อาทิ Oligosaccharide และ Peptidoglycan เป็นต้น โดยสารพวกนี้ มีคุณสมบัติในการเกาะจับจุลินทรีย์ตัวก่อโรค และสามารถกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันโรคได้ดีขึ้น ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ พบได้ตั้งแต่การใช้ตัวเซลล์ (Whole cell) การใช้สารสกัดเพียงบางส่วน เช่น สาร Oligosaccharide จากผนังเซลล์ของยีสต์บางชนิด หรือแบคทีเรียในกลุ่ม *Pediococcus spp.* และ *Lactobacillus* บางสายพันธุ์ เป็นต้น
	• ผลิตภัณฑ์โปรไบโอติก (Probiotics) หรือ “สารเสริมชีวนะ” ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางเทคโนโลยีชีวภาพสำคัญและเป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางในวงการการเลี้ยงสัตว์ สารเสริมชีวนะ ประกอบด้วยกลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีคุณประโยชน์ อาทิ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา โดยเฉพาะแบคทีเรียที่สามารถ

[18] ที่มา: งานวิจัยเรื่อง ผลของการเสริมโปรไบโอติก *Bacillus subtilis* ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถนะการผลิต และคุณภาพของไข่ โดย มัณฑณา กิ่งชา ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

อุตสาหกรรม	รูปแบบการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพ
	สร้างกรดแลคติค (Lactic acid) และกรดไขมันระเหย (Volatile Fatty acid) ได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ สามารถสร้างกรดที่สามารถช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคแล้ว และยังมีการเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว เบียดบังหรือข่มการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้อีกด้วย นอกจากนี้ โพรไบโอติกยังประกอบด้วยสาระสำคัญ ที่ช่วยในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันโรค[19] จำพวก Polysaccharide และ Peptidoglycan อีกด้วย
การเกษตรและปศุสัตว์ 	● การผลิตสารปราบศัตรูพืชและวัชพืช อาทิ สารสกัดจากพืชบางชนิดมีคุณสมบัติ เป็นสารทำลายศัตรูพืช[20] หรือสามารถออกฤทธิ์ทำลายแบคทีเรียบางชนิดได้ ● การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue culture) เพื่ออนุรักษ์และการเก็บรักษาพันธุกรรมพืช ที่มีการพัฒนาเทคนิคในการขยายพันธุ์แบบใหม่ เพื่อให้ได้ต้นพืชปริมาณมาก ใช้ระยะเวลาอันสั้น เพื่อช่วยปรับปรุงพันธุ์พืชในด้านต่าง ๆ อาทิ ความสามารถในการต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชได้ดีขึ้น หรือความสามารถให้ผลผลิตที่มากขึ้น เป็นต้น[21] ● ผลิตฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตของสัตว์ โดยการนำยีนสร้างฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตของวัวและ ของคนมาฉีดเข้าไปในรังไข่ที่เพิ่งผสมของหมู พบว่า หมูจะมีการเจริญเติบโตดีกว่าหมูปกติ ● การถ่ายฝากตัวอ่อน ทำให้เพิ่มปริมาณและคุณภาพของโคนมและโคเนื้อเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อวัวและน้ำนมวัว ● การผสมเทียมสัตว์บกและสัตว์น้ำ เพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพสัตว์บกและสัตว์น้ำ ทำให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมการแช่เย็นเนื้อสัตว์และการผลิตอาหารกระป๋อง
อุตสาหกรรมการผลิตสารเคมีชีวภาพขั้นกลาง	● อุตสาหกรรมการผลิตกรดอินทรีย์ เช่น กรดแลคติก (Lactic acid) โดยใช้จุลินทรีย์ในกลุ่ม แลคโตบาซิลลัส (Lactobacillus) ด้วยกระบวนการหมักน้ำตาลกลูโคสด้วยจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิมากกว่า 40 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ผล

[19] ที่มา: บทความวิชาการเรื่อง “Probiotics : The selected microorganism for human health” โดย ดร.อรวรรณ ละอองคำ ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[20] ที่มา: งานวิจัยเรื่อง “การวิจัยและพัฒนาสารสกัดธรรมชาติทดแทนสารเคมี เพื่อป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูในการผลิตมะละกอ อินทรีย์ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง” (2012) โดย รศ.ดร. รภัสสา จันทาศรี และคณะ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

[21] ที่มา: คู่มือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขั้นตอน และวิธีการการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพร้อมเทคนิคในแต่ละขั้นตอน โดย สำนักวิจัยพัฒนาการจัดการป่าไม้เศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

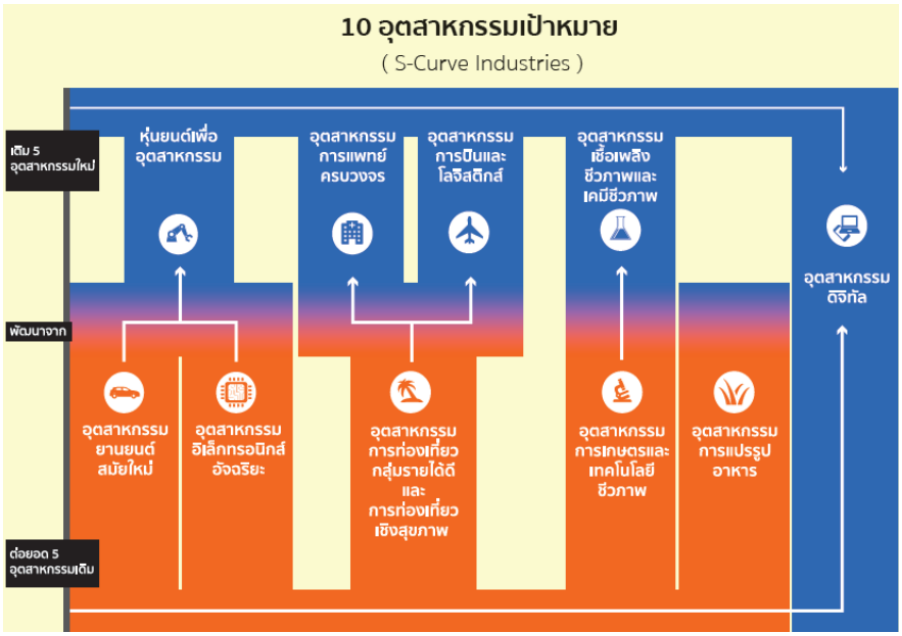
อุตสาหกรรม	รูปแบบการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพ
	ผลิต จนเกิดเป็น กรดแลคติก และได้ผลพลอยได้จากกระบวนการ คือ เอทานอล กลีเซอรอล และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งกรดแลคติกดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ อาทิ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพ เป็นต้น[22]

4. การส่งเสริมด้านอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทย

ตามยุทธศาสตร์ของรัฐบาล ได้มีนโยบายในการผลักดันการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ หรือที่เรียกว่า ‘S-Curve’ ประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ‘First S-Curve’ ซึ่งเป็นการลงทุนต่อยอดในกลุ่มอุตสาหกรรมเดิมที่มีอยู่แล้วในประเทศ เพื่อยกระดับศักยภาพให้เป็นอุตสาหกรรมสำคัญที่จะสามารถพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศในอนาคต ซึ่งการลงทุนดังกล่าวนี้ จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศในระยะสั้นและระยะกลาง โดยพบว่า อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ เป็นหนึ่งในกลุ่มอุตสาหกรรมชีวภาพที่ได้รับการส่งเสริมในกลุ่มอุตสาหกรรม ‘First S-Curve’ ดังกล่าวของไทย

นอกจาก ‘First S-Curve’ แล้ว ไทยยังมีการส่งเสริมอุตสาหกรรมใหม่ หรือ ‘New S-Curve’ ซึ่งเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มความต้องการของตลาดสูง เป็นอุตสาหกรรมสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ (New Growth Engines) และสร้างรายได้ให้กับประเทศในอนาคต โดยพบว่า อุตสาหกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นอุตสาหกรรมที่ได้รับการส่งเสริมในกลุ่ม ‘New S-Curve’ ของไทยด้วยเช่นกัน

รูปที่ 3 อุตสาหกรรมเป้าหมายในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจใหม่ของไทย (S-Curve of Thailand Industry)



ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

[22] ที่มา: รายงานผลการศึกษาโครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

นอกจากนี้ ภาครัฐยังได้มีกำหนด “มาตรการพัฒนาอุตสาหกรรมชีวภาพของไทย 2561-2570” ซึ่งเป็นมาตรการในการตอบสนองนโยบายรัฐบาลในการพัฒนาอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพ (New S-Curve Industry) และนโยบาย ‘BCG’ เพื่อผลักดันประเทศไทยก้าวสู่การเป็นผู้นำด้านอุตสาหกรรมชีวภาพครบวงจรในอาเซียน โดยมุ่งเน้นใน 3 ส่วน คือ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ผ่านการส่งเสริมภาคเอกชนให้เป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนการลงทุนและพัฒนาอุตสาหกรรมชีวภาพของประเทศในพื้นที่นำร่อง ผลักดันการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม ในภาคการเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ลดต้นทุนการผลิต และสามารถควบคุมปัจจัยเสี่ยงในการเพาะปลูก นอกจากนี้ มาตรการดังกล่าว ยังได้ให้ความสำคัญกับการสนับสนุนอุตสาหกรรมแปรรูปทางการเกษตรด้วยเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อเปลี่ยนสินค้าเกษตรเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีมูลค่าเพิ่มสูง สามารถสร้างรายได้กระจายสู่ท้องถิ่น โดยมีมาตรการย่อยที่สำคัญเพื่อช่วยขจัดอุปสรรคการลงทุนและสร้างปัจจัยสนับสนุน เร่งรัดการลงทุนภายในประเทศ มาตรการกระตุ้นอุปสงค์ อาทิ มาตรการด้านภาษี (Tax privilege) เพื่อกระตุ้นการใช้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพในประเทศ โดยให้มีการลดหย่อนภาษีเงินได้นิติบุคคล (Corporate Income Tax) ได้เป็นจำนวน 1.25 เท่า[23] เป็นต้น รวมถึงการสร้างเครือข่ายในรูปแบบของศูนย์กลางความเป็นเลิศด้านชีวภาพ (Center of Bio Excellence: CoBE) เพื่อพัฒนาศูนย์กลางด้านข้อมูลและเครือข่ายอุตสาหกรรมชีวภาพ สำหรับรองรับการบริหารจัดการงานวิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านชีวภาพ เพื่อเชื่อมโยงงานวิจัยสู่ผลิตภัณฑ์ภาคอุตสาหกรรม (Commercialization) และการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชีวภาพในอนาคต

รูปที่ 4 โครงสร้างศูนย์กลางความเป็นเลิศด้านชีวภาพ (Center of Bio Excellence: CoBE) ภายใต้มาตรการพัฒนาอุตสาหกรรมชีวภาพของไทย ปี พ.ศ. 2561-2570

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม / ภาพประกอบโดยสถาบันพลาสติก

[23] ที่มา: กรมสรรพากร จากเว็บไซต์www.rd.go.th/fileadmin/user_upload/news/2565thai/news21_2565.pdf

โดยภาพรวมจะเห็นได้ว่า ภาครัฐของไทยได้ให้การสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ การวางโครงสร้างพื้นฐานรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมชีวภาพภายในประเทศ เพื่อยกระดับอุตสาหกรรมสู่ความเป็นเลิศด้านชีวภาพในระดับภูมิภาคและระดับโลก ตลอดจนการการผลักดันให้เกิดการปฏิรูป-อุตสาหกรรม (Industrial transformation) จากการพึ่งพาทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป เปลี่ยนมาเป็นการพึ่งพาทรัพยากรหมุนเวียน (Renewable resource) เพื่อสร้างความยั่งยืนให้กับระบบเศรษฐกิจอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อมของประเทศในอนาคต

นอกจากนี้ ภาครัฐยังได้ให้ความสำคัญกับการลงทุนด้านเทคโนโลยีชีวภาพภายในประเทศผ่านมาตราการด้านสิทธิประโยชน์ทางภาษีภายใต้นโยบายส่งเสริมการลงทุน[24] อาทิ

- กิจการผลิตเชื้อเพลิงหรือแอลกอฮอล์ทางการแพทย์ (Pharmaceutical Grade) จากผลผลิตทางการเกษตร รวมทั้งเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุ หรือขยะ หรือของเสียที่ได้จากผลผลิตทางการเกษตร ตลอดจนกิจการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัด
- กิจการผลิตเคมีภัณฑ์หรือพอลิเมอร์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปต่อเนื่องจากการผลิตพอลิเมอร์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในโครงการเดียวกัน และกิจการผลิตผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- กิจการเทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) อาทิ การวิจัยและพัฒนาและ/หรืออุตสาหกรรมการผลิตเมล็ดพันธุ์หรือการปรับปรุงพันธุ์พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ที่ใช้เทคโนโลยีชีวภาพ การผลิตสารเวชภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีชีวภาพ การผลิตชุดตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์ การเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม การผลิตที่ใช้เซลล์จุลินทรีย์ เซลล์พืช และเซลล์สัตว์ใการผลิตสารชีวโมเลกุล และสารออกฤทธิ์ชีวภาพ การผลิตวัตถุดิบและ/หรือวัสดุจำเป็นที่ใช้เพื่อการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพ การตรวจวิเคราะห์และ/หรือสังเคราะห์สารชีวภาพ การควบคุมคุณภาพ การตรวจสอบยืนยันความถูกต้อง

จากที่ได้กล่าวมา จะเห็นได้ว่า ‘เทคโนโลยีชีวภาพ’ เป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญและมีความเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมในหลายมิติ ทั้งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีมูลค่าเพิ่ม การผลิตวัตถุดิบสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ตลอดจนการบริหารจัดการคุณภาพของสิ่งแวดล้อม จึงนับได้ว่า เทคโนโลยีชีวภาพมีความเกี่ยวข้องกับการสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชนในประเทศด้วยเช่นกัน

ปัจจุบัน ภาครัฐของไทยได้ให้ความสำคัญในการส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ ตลอดจนการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยอาศัยเทคโนโลยีชีวภาพ ผ่านมาตรการที่สำคัญจำนวนมาก ทำให้อุตสาหกรรมชีวภาพเริ่มมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมชีวภาพและเทคโนโลยีชีวภาพเป็นอุตสาหกรรมมีบริบทและปัจจัยแวดล้อมที่แตกต่างจากอุตสาหกรรมอื่น ๆ ในหลายด้าน ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในส่วนถัดไป ดังนั้น การกำหนดแนวทางในการส่งเสริมการใช้เข้าถึงเทคโนโลยีชีวภาพที่สอดรับกับ

[24] ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) จากเว็บไซต์ www.boi.go.th/upload/section1_th_wt_link.pdf

บริบทของอุตสาหกรรมจึงเป็นสิ่งที่จะช่วยให้การดำเนินนโยบายและมาตรการที่เกี่ยวข้องเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5. การวิเคราะห์ปัจจัยด้านเทคโนโลยีชีวภาพในภาคอุตสาหกรรมของไทย

จากการรวบรวมและศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญและประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพ การส่งเสริมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพและอุตสาหกรรมชีวภาพของไทยของหน่วยงานภาครัฐ รวมถึงข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีชีวภาพ รวมถึงสมาคมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพไทย เพื่อนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์ภายในและปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกโดยใช้ 'SWOT Analysis' เพื่อวิเคราะห์ประเด็นจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรคทั้งด้านการเข้าถึงและการพัฒนาอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญในการวางแนวทางการส่งเสริมด้านเทคโนโลยีชีวภาพของไทยต่อไป โดยจากการรวบรวม[25] และวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า มีประเด็นสำคัญ ดังนี้

- **จุดแข็ง (Strength)**
    - ผู้ประกอบการในประเทศมีความสนใจและให้ความสำคัญกับการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการเพิ่มโอกาสในการแข่งขันและการพัฒนานวัตกรรมและผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่ตลาดมีความต้องการ
    - ผู้ประกอบการในประเทศมีการสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางธุรกิจกับผู้ผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีต่างประเทศ ซึ่งช่วยให้เกิดการถ่ายทอดองค์ความรู้/เทคโนโลยีชีวภาพได้ง่ายและรวดเร็วมากขึ้น
    - ผู้ประกอบการในประเทศไทยมีการสร้างเครือข่ายความร่วมมือในการทำวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีชีวภาพ
    - ประเทศไทย มีหน่วยงานกำกับดูแลเกี่ยวกับการทำวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีชีวภาพโดยตรง อาทิ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC) ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) หรือ TCELS รวมถึงหน่วยวิจัยภาคการศึกษา ที่สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้และให้ข้อมูลด้านเทคโนโลยีชีวภาพแก่ผู้ประกอบการในประเทศไทยได้
    - ภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมด้านเทคโนโลยีชีวภาพชีวภาพ อาทิ นโยบายการลงทุนด้านเทคโนโลยีชีวภาพ นโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ให้ความสำคัญกับการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยมีหน่วยงานกำกับดูแลโดยตรง
    - ไทยมีศักยภาพด้านผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพขั้นกลางและขั้นปลายหลายประเภท โดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีกำลังการผลิตสูง
    - มีผู้ประกอบการเอกชนที่ให้บริการด้านวิเคราะห์และเป็นตัวแทนจำหน่ายเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศที่สามารถให้คำแนะนำและจัดหาอุปกรณ์/เครื่องมือ/เครื่องจักรที่จำเป็นและเหมาะสมกับการผลิตให้กับผู้ประกอบการได้

[25] รวบรวมประเด็นที่เกี่ยวข้องส่วนหนึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพและสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพไทย

- **จุดอ่อน (Weakness)**
    - ขาดบุคลากรในภาคอุตสาหกรรมที่มีองค์ความรู้เฉพาะด้านเกี่ยวกับในการใช้เทคโนโลยีชีวภาพ รวมถึงเทคโนโลยีขั้นสูงอื่น ๆ ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพ
    - ผู้เล่นรายใหม่ในอุตสาหกรรมยังไม่ทราบข้อมูลด้านเทคโนโลยีชีวภาพและแนวทางในการลงทุนด้านเทคโนโลยีชีวภาพที่มีประสิทธิภาพและสอดรับกับความต้องการของตลาดในปัจจุบัน
    - ผู้ประกอบการยังขาดความมั่นใจในการลงทุนด้านเทคโนโลยีชีวภาพ เนื่องจากต้องใช้งบประมาณในการลงทุนสูง ขณะที่ปริมาณความต้องการของตลาดในประเทศยังไม่มากเมื่อเทียบกับในต่างประเทศ
    - ผู้ประกอบการขนาดกลาง ขนาดเล็กรวมถึงผู้เล่นรายใหม่ (New entry) โดยส่วนใหญ่ ยังไม่มีความพร้อมด้านเงินทุนสำหรับใช้ในการลงทุนด้านเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีขั้นสูง ซึ่งต้องใช้งบประมาณการลงทุนสูงโดยเฉพาะในช่วงระยะเริ่มต้น
    - ประเทศไทยมีข้อกำหนดที่ควบคุมการทำกิจการที่เกี่ยวข้องกับการดัดแปลงพันธุกรรม (Genetic modification) ทำให้หน่วยงานวิจัย/ผู้ประกอบการไม่สามารถทำวิจัยในบางสาขาได้เหมือนกับในต่างประเทศ

- **โอกาส (Opportunity)**
    - ทิศทางอุตสาหกรรมโลกในอนาคตมีแนวโน้มมุ่งไปยังอุตสาหกรรมชีวภาพที่จำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีชีวภาพ เนื่องจากตลาดให้ความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อลดการใช้ทรัพยากร ลดปริมาณของเสีย และการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิดภายในกระบวนการเดียว (Single-process production)
    - ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เหมาะสำหรับทำการเกษตร ส่งผลให้ไทยเป็นประเทศที่มีความเข้มแข็งด้านเกษตรกรรม มีการเพาะปลูกพืชหลายประเภทที่จำเป็นในการแปรรูปด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ
    - ภาครัฐของไทยให้ความสำคัญกับการผลักดันอุตสาหกรรมชีวภาพเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ผ่านนโยบายของภาครัฐที่สำคัญ อาทิ การส่งเสริมอุตสาหกรรม S-Curve ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมชีวภาพ นโยบาย ‘BCG’ มาตรการพัฒนาอุตสาหกรรมชีวภาพของไทย ปี พ.ศ. 2561-2570 ที่ประกอบด้วยมาตรการย่อยที่สำคัญ อาทิ มาตรการด้านภาษีเพื่อช่วยกระตุ้นอุปสงค์ผลิตภัณฑ์ชีวภาพในประเทศ เป็นต้น
    - ปัจจุบันอุตสาหกรรมชีวภาพในภูมิภาคเอเชียมีการแข่งขันไม่สูงมาก เนื่องจากมีผู้เล่นน้อยราย โดยเฉพาะกลุ่ม ชีวเภสัชภัณฑ์ ทำให้ไทยมีโอกาสในการเป็นศูนย์กลางด้านการผลิต (Bio-Industry Manufacturing Hub) สำหรับผลิตภัณฑ์ชีวภาพในภูมิภาคเอเชียและของโลก
    - ประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นศูนย์กลางการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) ซึ่งเป็นหนึ่งใน

พื้นที่หลักสำหรับการเพาะปลูกอ้อยและมีโครงการแปรรูปอ้อยและมันสำปะหลัง เป็นโครงการสำคัญในพื้นที่ดังกล่าว

- **อุปสรรค (Threat)**
    - ผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่ผลิตโดยการใช้เทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีขั้นสูง อาทิ ชีวเภสัชภัณฑ์ (Biopharmaceuticals) มีราคาสูงตามต้นทุนการผลิต
    - การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่ใช้เป็นสารตั้งต้นและตัวเร่งปฏิกิริยาที่สำคัญในกระบวนการทางชีวภาพ (Bioprocess) อาทิ เอนไซม์ ซึ่งมีผู้ผลิตภายในประเทศน้อยรายและมีจำนวนชนิดที่ไม่หลากหลาย ผู้ประกอบการจำเป็นต้องพึ่งพาการนำเข้า ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น
    - เทคโนโลยีชีวภาพที่ผู้ประกอบการใช้ในประเทศโดยส่วนใหญ่ จะได้รับการถ่ายทอดจากผู้ผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีในต่างประเทศ ทำให้การปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพดังกล่าวทำได้ค่อนข้างยาก
    - การวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีชีวภาพต้องใช้งบประมาณในการลงทุนสูง ใช้ระยะเวลาและต้องอาศัยองค์ความรู้เฉพาะทาง ทำให้ผู้ประกอบการขนาดเล็ก หรือ Start Up ที่ไม่มีความพร้อมไม่สามารถดำเนินการศึกษาวิจัยด้วยตัวเองได้
    - ความแปรรวนของสภาพอากาศและภัยพิบัติทางธรรมชาติ ที่ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรมีความผันผวนด้านราคา มีปริมาณผลผลิตลดลง ไม่เพียงพอต่อความต้องการในภาคการบริโภคและการแปรรูปในภาคอุตสาหกรรม

6. ข้อเสนอแนะแนวทางการส่งเสริมด้านเทคโนโลยีชีวภาพไทย

จากการวิเคราะห์ประเด็นปัจจัยภายใน (Internal factor) และปัจจัยภายนอก (External factor) ที่เกี่ยวข้องการกับขับเคลื่อนอุตสาหกรรมชีวภาพด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทยที่ได้กล่าวรายละเอียดมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า ประเทศไทย เป็นประเทศที่มีความพร้อมในการเป็นด้วยจุดแข็งหลายประการที่มีอยู่ อาทิ ศักยภาพด้านการผลิต ความพร้อมของห่วงโซ่อุปทาน การสร้างเครือข่ายความร่วมมือของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรม ประกอบกับปัจจัยสนับสนุนจากภาคเกษตรกรรมที่แข็งแรงที่ช่วยเสริมสร้างความเข้มแข็งในห่วงโซ่อุปทานระดับต้นน้ำ แต่อย่างไรก็ตาม การขับเคลื่อนอุตสาหกรรมด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ ก็ยังคงมีข้อจำกัดและอุปสรรคที่สำคัญบางประการที่จำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนเพิ่มเติมผ่านนโยบายและ/หรือมาตรการโดยหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง โดยในบทวิเคราะห์ฉบับนี้ จะได้วิเคราะห์แนวทางในการส่งเสริมการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมชีวภาพด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ และการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพที่จะสามารถช่วยลดข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น แบ่งเป็นระยะสั้นหรือระยะเร่งด่วน ระยะกลาง และระยะยาว ดังนี้

- **แนวทางการส่งเสริมด้านเทคโนโลยีชีวภาพระยะสั้น**

ด้าน	แนวทางการส่งเสริม
การลงทุนและต้นทุนการผลิต	○ ส่งเสริมการเข้าถึงแหล่งเงินทุนสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) ที่มีข้อจำกัดด้านเงินลงทุน เนื่องจากการลงทุนด้านเทคโนโลยีชีวภาพ จำเป็นต้องอาศัยงบประมาณในการลงทุนระยะเริ่มต้นค่อนข้างสูง ○ พิจารณาปรับลดค่าใช้จ่ายและ/หรือค่าธรรมเนียมในการให้บริการด้านการวิจัยและพัฒนา การทดสอบมาตรฐานและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ชีวภาพของหน่วยงานภาครัฐ ○ พิจารณาจัดตั้งกองทุนภาครัฐ เพื่อให้เงินอุดหนุนการดำเนินธุรกิจระยะสั้นให้กับผู้ประกอบการที่มีการทำธุรกิจด้านเทคโนโลยีชีวภาพตามขอบข่ายที่ภาครัฐกำหนด เพื่อช่วยสนับสนุนการดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการโดยเฉพาะกลุ่มผู้เล่นรายใหม่และกลุ่ม Start up ในประเทศที่มีความสนใจ
การสร้างเครือข่ายในอุตสาหกรรม	○ ส่งเสริมการสร้างเครือข่ายผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมชีวภาพ เพื่อให้เกิด Share services ระหว่างผู้ประกอบการด้วยกัน อาทิ การทดสอบคุณภาพ (Product testing) การวิจัยและพัฒนา การตรวจสอบมาตรฐาน (Standardization) ฯลฯ ซึ่งจะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตและระยะเวลาพัฒนาผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการในช่วงเริ่มต้นกิจการ
การพัฒนาบุคลากร	○ ส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพและองค์ความรู้ของบุคลากรภาคอุตสาหกรรม โดยเน้นการพัฒนาทักษะด้านการใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้จริง

- **แนวทางการส่งเสริมด้านเทคโนโลยีชีวภาพระยะกลาง**

ด้าน	แนวทางการส่งเสริม
การลงทุน	○ สร้างแรงจูงใจในการลงทุนด้านเทคโนโลยีชีวภาพของผู้ประกอบการในต่างประเทศ เพื่อสนับสนุนให้เกิดการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีชีวภาพให้กับแรงงานภายในประเทศ
การพัฒนาบุคลากร	○ ร่วมมือกับหน่วยงานภาคการศึกษาเพื่อกำหนดและปรับปรุงหลักสูตรการศึกษาที่มุ่งเน้นในการพัฒนาบุคลากรที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมในอนาคต

ด้าน	แนวทางการส่งเสริม
การวิจัยและพัฒนา	○ ศึกษาประเด็นข้อกำหนดและกฎระเบียบด้านการวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีชีวภาพในต่างประเทศ เพื่อนำมาวางแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขกฎระเบียบภายในประเทศเพื่อลดข้อจำกัดและเพิ่มโอกาสในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพที่มีแนวโน้มความต้องการของตลาดสูง
การพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์	○ จัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชีวภาพให้มีความครอบคลุมในทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์ โดยอ้างอิงตามมาตรฐานสากล เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ประกอบการในการปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด
การตลาด	○ ต่อยอดมาตรการกระตุ้นอุปสงค์ของตลาดภายในประเทศ ให้ครอบคลุมกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและพัฒนาด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อสร้างแรงจูงใจด้านการลงทุน/ขยายกิจการ

- **แนวทางการส่งเสริมด้านเทคโนโลยีชีวภาพระยะยาว**

ด้าน	แนวทางการส่งเสริม
การลงทุนและโครงสร้างพื้นฐาน	○ ส่งเสริมการลงทุนด้านการวิจัย พัฒนาและการผลิตวัตถุดิบ (Raw materials) ที่จำเป็นต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพด้วยเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศ อาทิ เอนไซม์ เพื่อช่วยลดการพึ่งพาการนำเข้า และสร้างความเข้มแข็งให้กับห่วงโซ่-อุปทานของอุตสาหกรรมในระยะยาว
การสร้างเครือข่ายในอุตสาหกรรม	○ ผลักดันให้เกิดการประสานงานและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงานภาครัฐและองค์กรภาคเอกชน อาทิ สมาคม สภาอุตสาหกรรม ฯลฯ อย่างเป็นรูปธรรม เพื่อช่วยให้สามารถติดตามความเคลื่อนไหวของอุตสาหกรรมชีวภาพ ปัญหาและอุปสรรคได้อย่างรวดเร็ว เพื่อกำหนดนโยบายและมาตรการเพื่อช่วยเหลือได้อย่างตรงจุดและทันต่อสถานการณ์ ○ ส่งเสริมให้มีการถ่ายทอดองค์ความรู้ (Know-how transfer) ด้านเทคโนโลยีชีวภาพระหว่างผู้ประกอบการในประเทศ เพื่อลดการเพิ่งพาการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ซึ่งจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่าย/ต้นทุนในการทำธุรกิจ และช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นในการปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพในระยะยาว
การวิจัยและพัฒนา	○ พิจารณาปรับแก้ข้อกำหนดและกฎระเบียบให้สอดรับกับทิศทางของสากล เพื่อลดข้อจำกัดด้านการวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศ และเพิ่มโอกาสในการแข่งขันในระยะยาว

ด้าน	แนวทางการส่งเสริม
	○ ส่งเสริมการต่อยอดงานวิจัยด้านเทคโนโลยีชีวภาพให้มีคุณภาพเพื่อให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีความหลายหลายมากขึ้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มศักยภาพด้านการแข่งขันของผู้ประกอบการและขยายฐานการตลาดผลิตภัณฑ์ชีวภาพในระยะยาว ○ ส่งเสริมให้เกิดทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานภาคการวิจัย หน่วยงานภาคการศึกษา และผู้ประกอบการภาคเอกชน เพื่อสร้างความร่วมมือในการทำวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพที่มีความต้องการในภาคอุตสาหกรรมและมีตลาดรองรับ

จากแนวทางการส่งเสริมด้านเทคโนโลยีชีวภาพของไทยทั้ง 3 ระยะ จะเห็นได้ว่า ในช่วงระยะสั้น จะมุ่งเน้นและให้ความสำคัญกับการแก้ไขปัญหาหรือข้อจำกัดที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน อาทิ ส่งเสริมการเข้าถึงแหล่งเงินทุนในการดำเนินธุรกิจ โดยเฉพาในกลุ่มของผู้ประกอบขนาดเล็ก รวมถึงผู้เล่นรายใหม่ที่มองหาโอกาสในการลงทุนด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ตลอดจนการสร้างเครือข่ายผู้ประกอบการเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ด้านเทคโนโลยีชีวภาพที่จำเป็นร่วมกัน

สำหรับแนวทางการส่งเสริมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพในระยะกลาง จะเน้นด้านการสร้างแรงจูงใจในการลงทุนจากต่างประเทศ การวางรากฐานด้านการศึกษา การสร้างความเข้มแข็งของตลาดในประเทศ รวมถึงการพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีความครอบคลุมเพื่อช่วยสนับสนุนการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมชีวภาพและการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพในระยะยาว

ส่วนการส่งเสริมด้านเทคโนโลยีชีวภาพระยะยาว จะได้มุ่งเน้นการสร้างความแข็งแรงของเครือข่ายผู้ประกอบการและห่วงโซ่อุปทานในประเทศเพื่อลดการพึ่งพาการนำเข้าเทคโนโลยีชีวภาพ วัตถุดิบการผลิต รวมถึงสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เพื่อผลักดันให้เกิดการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีชีวภาพภายในประเทศมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพและอุตสาหกรรมชีวภาพไทยเติบโตได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน