THAILAND FUTURE FOOD
FOR SUSTAINABILITY

Session 1:

Emerging Technologies for the Future of Food: Opportunities and Challenges

Atikorn Panya, Ph.D.
National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC)

Assoc. Prof.
Supachai Vuttipongchaikij, Ph.D.
Kasetsart University

Panaya Kotchaplai, Ph.D.
The Institute of Biotechnology and Genetic Engineering
Chulalongkorn University

Wasamon Nutakul, Ph.D.
SciTech Manager & Plant-Based Specialist
Good Food Institute (GFI) APAC

Moderator
Yuwares Malila, Ph.D.

Brought to you by:

THAILAND FUTURE FOOD
FOR SUSTAINABILITY

Session 1:

Emerging Technologies for the Future of Food: Opportunities and Challenges

Wasamon Nutakul, Ph.D.
SciTech Manager & Plant-Based Specialist
Good Food Institute (GFI) APAC

Brought to you by:

Good Food Institute APAC℠

State of the science of alternative proteins

Wasamon Nutakul, Ph.D. - Science and Technology Manager, GFI APAC
December 2024

The Good Food Institute

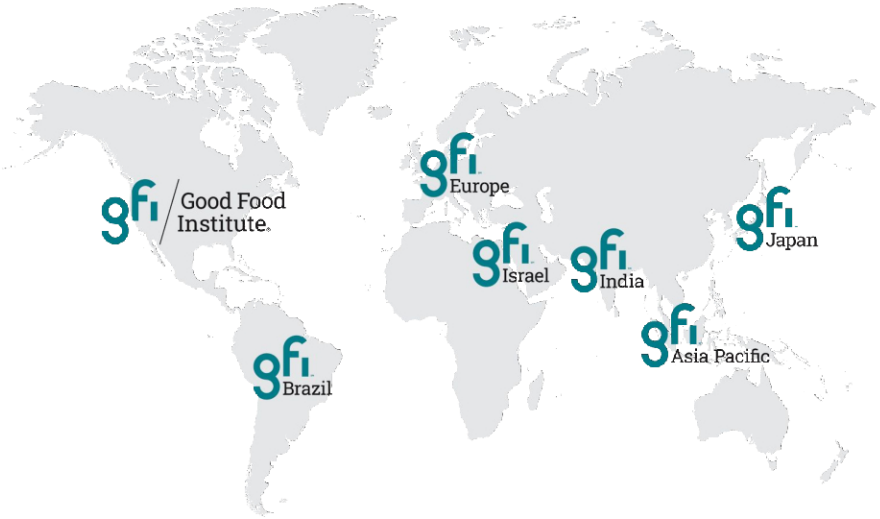
We focus on 3 key areas of work:

Science and Technology
Advancing foundational, open-access research in alternative proteins and creating a thriving research and training ecosystem around these game-changing fields.

Corporate Engagement
Partnering with companies and investors across the globe to drive investment, accelerate innovation, and scale the supply chain—all faster than market forces alone would allow.

Policy
Advocating for fair policy and public research funding for alternative proteins.

We work as a force multiplier, bringing the expertise of our departments to the rest of the world.



United States
Brazil
India

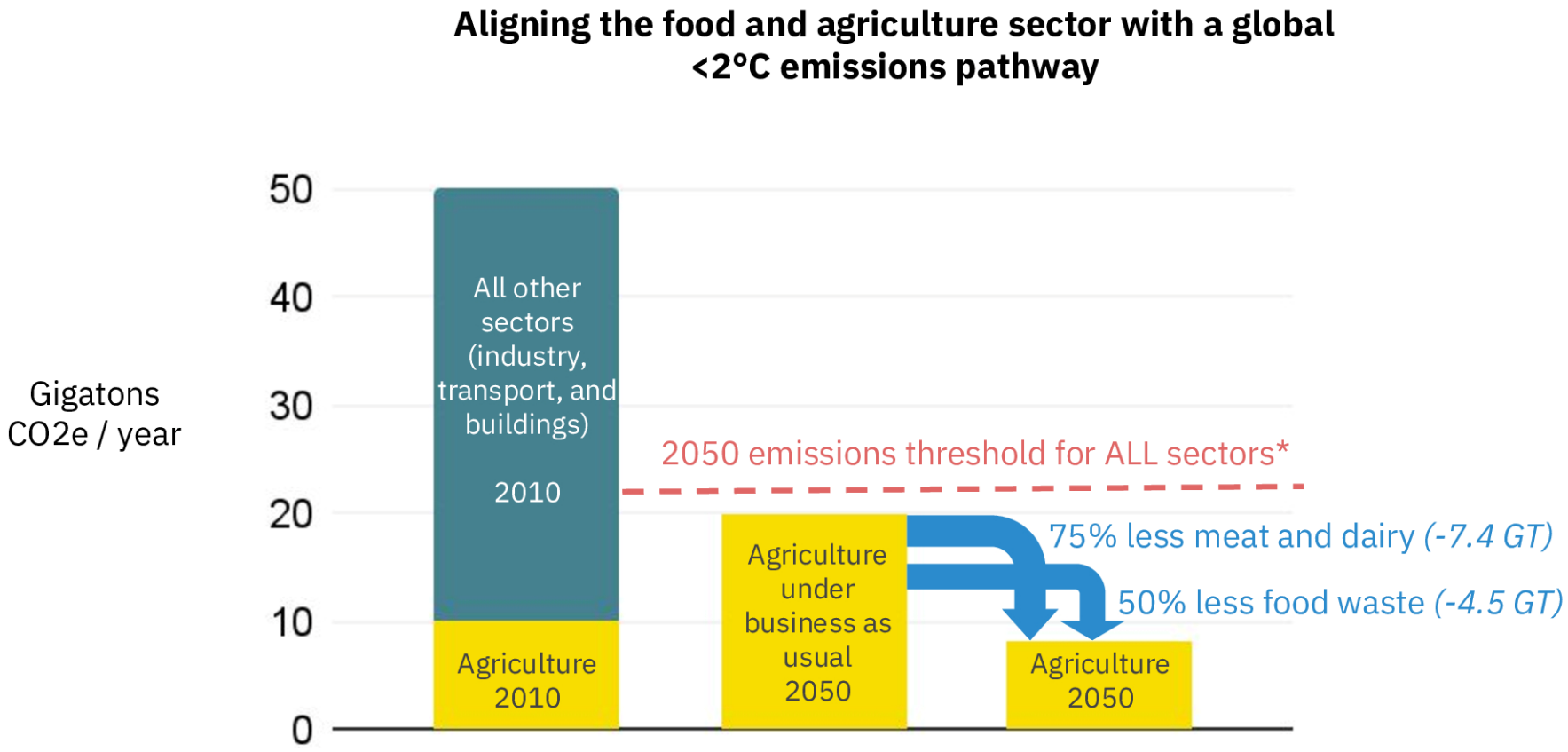
Europe
Asia Pacific
Israel
Japan

220+ staff in 7 regions

1

Why do we need Alternative Proteins (AP)

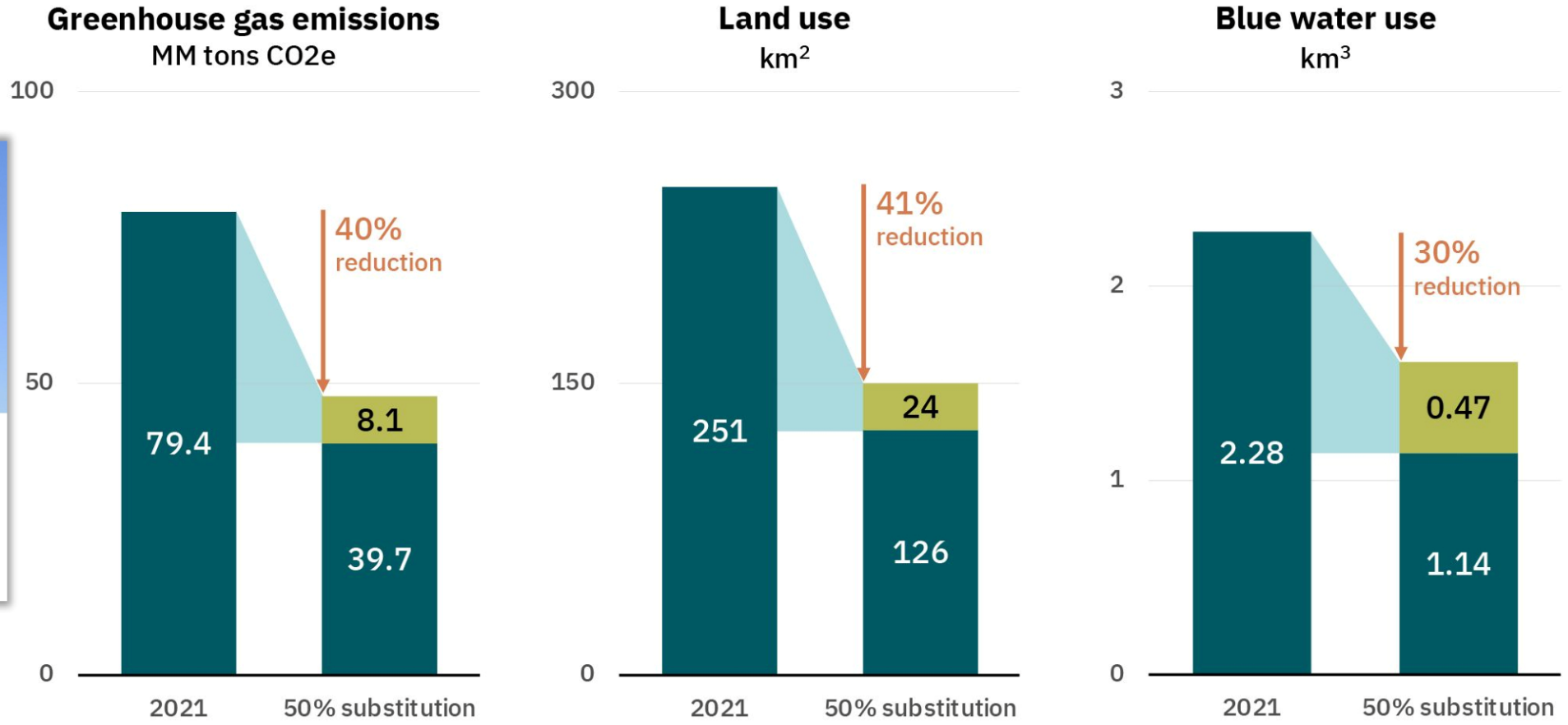
Protein demand is on a collision course with the planet



*Source: Adapted from John Hopkins University, Centre for a Liveable Future; source data from Kim et al (2015) and Bejzeli et al (2014); *Based on scenario for 66% probability of warming <2°C)*

The environmental impact of a shift to AP is massive

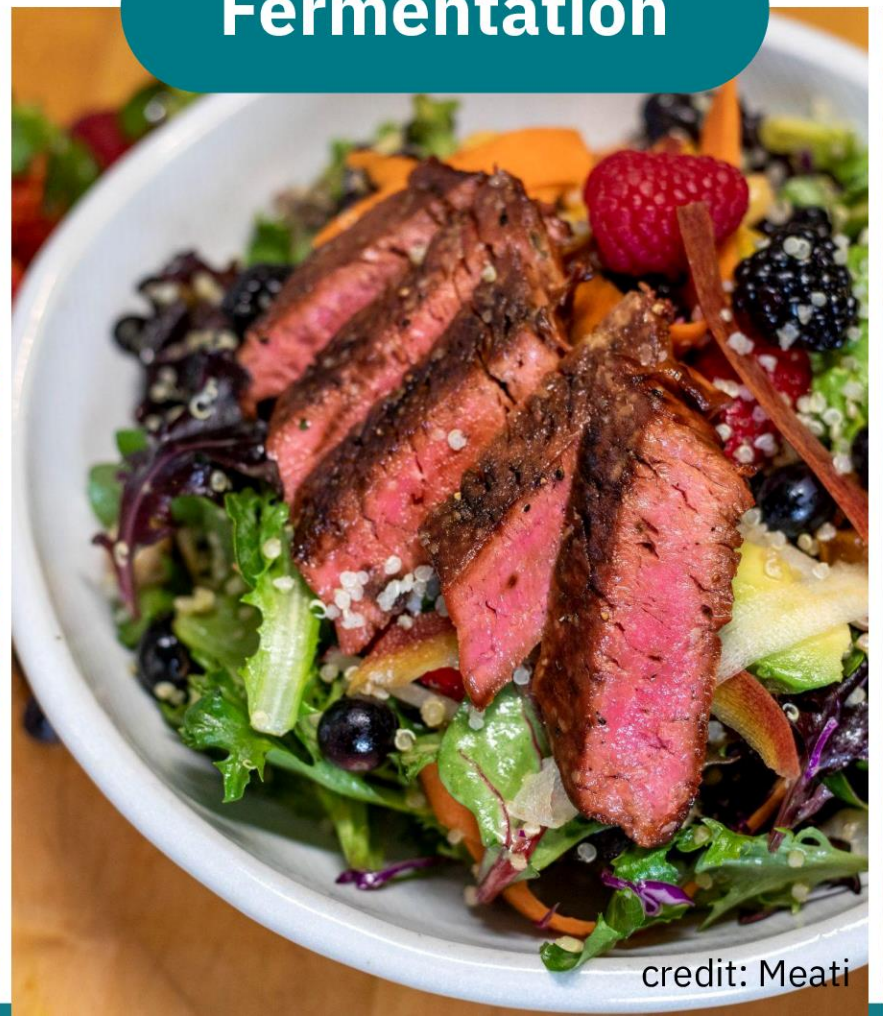
Hypothetical calculation of 6 selected global food retailers and food service companies shifting 50% of animal protein sales to plant-based protein



Protein diversification

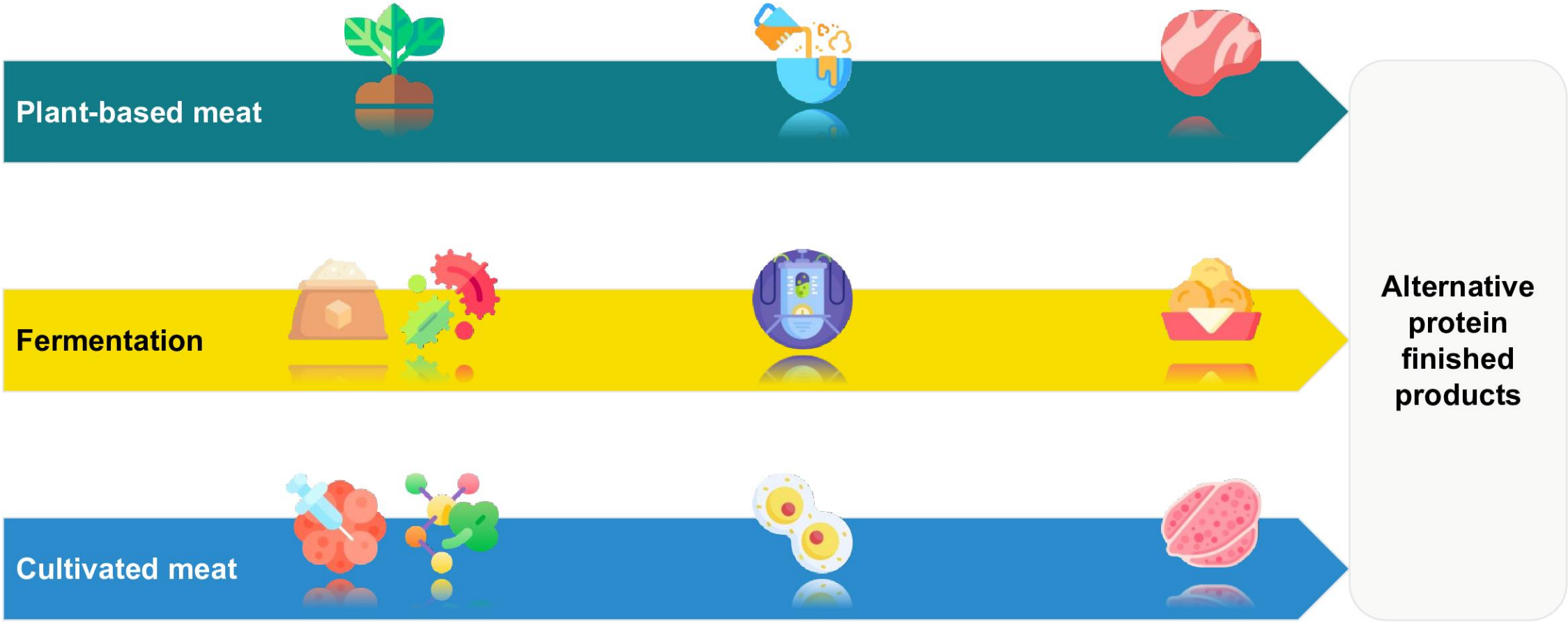
Plant-based

Fermentation



Cultivated

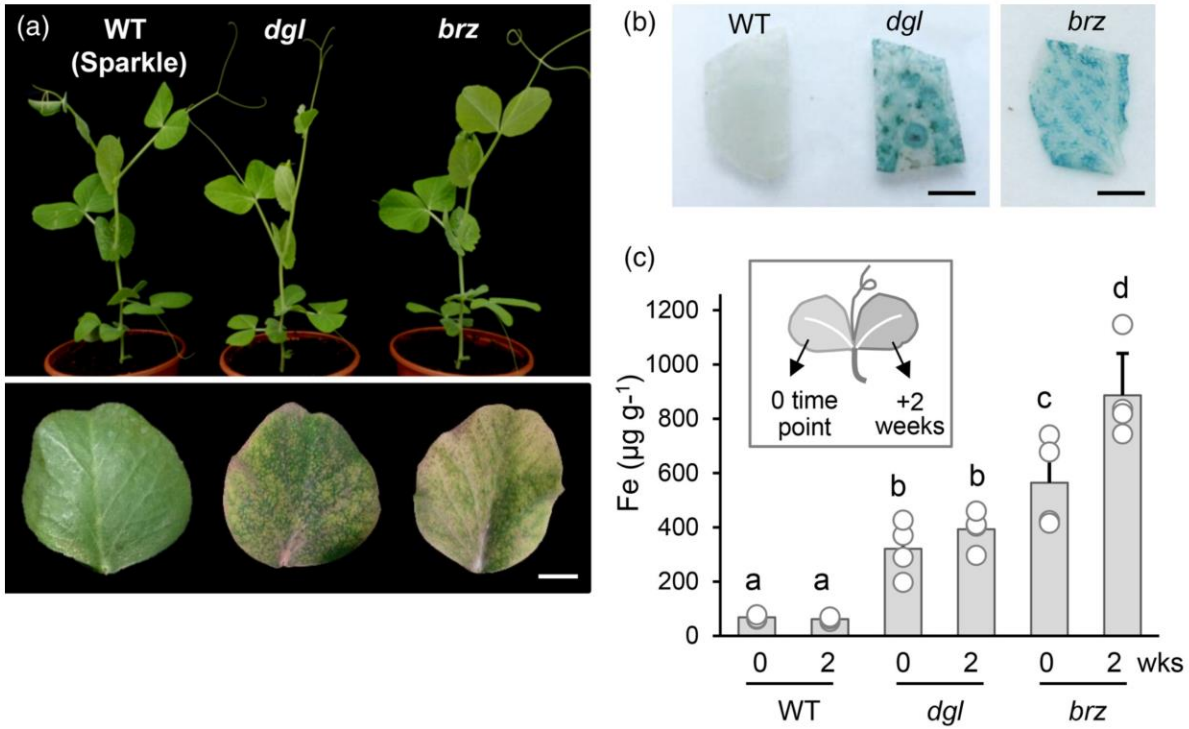
Alternative proteins: technology development stages



2

Plant-based meat

Crop development and cultivation



Scientists found the genetic basis of iron accumulation in pea

Harrington, et al. *The Plant Journal* (2024), 117, 590-598.”Genetic basis of the historical iron-accumulating dgl and brz mutants in pea”

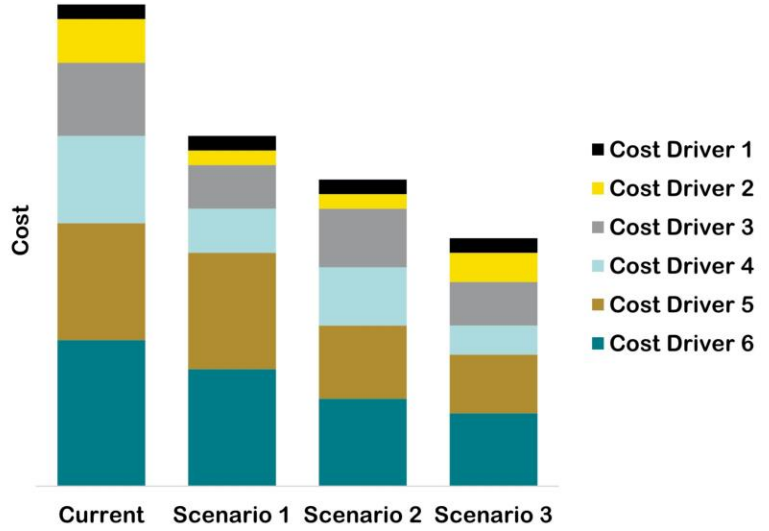
- **Identifying and leveraging favorable crop traits for alternative proteins**
  - High-iron peas (John Innes Centre, UK)
  - Reduced bitterness lupin (U of Copenhagen) and peas (Plantae Bioscience)
  - High-yield, high-protein soybeans (Amfora)
- **Diverse cultivation strategies (indoor, vertical, aquatic)**

Image courtesy of Sustainable Planet

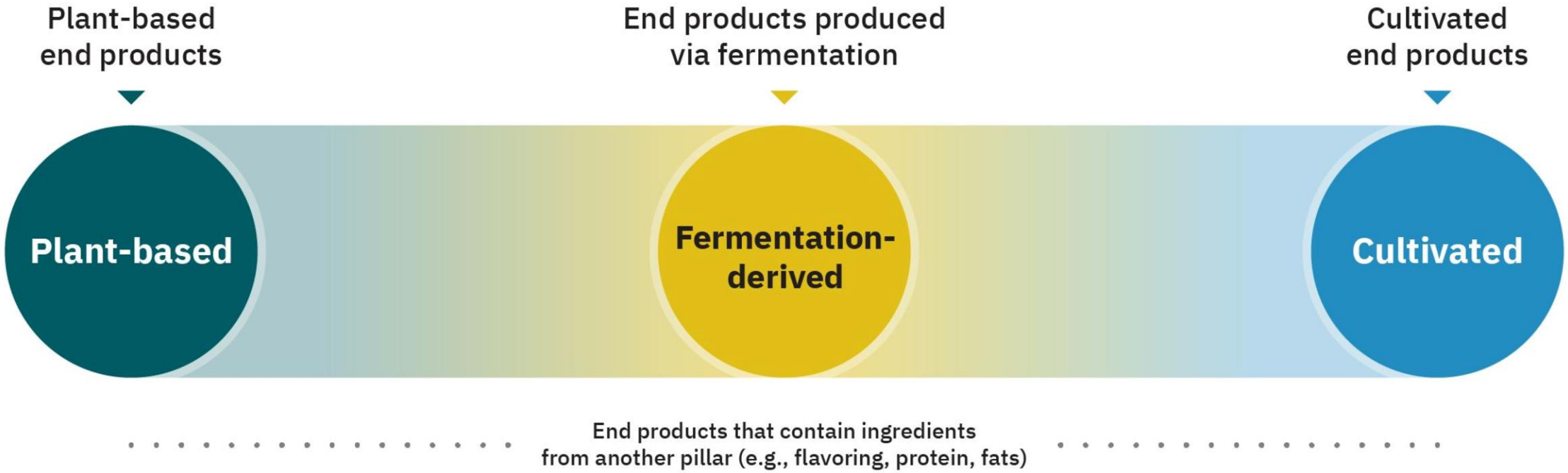
Progress towards taste & price parity

- **Strides made towards curtailing the cost of plant-based food:**
  - Increasing use of automation by **Rebellyous Foods**
  - **German retail** food market chains Lidl and Kaufland dropped prices of plant-based meat below animal-based
- **Closing the sensory gaps to increase consumer adoption:**
  - Collaborations to improve sensory understanding
  - **Increasing use of AI** to predict consumer preferences

gastrograph bite.ai tastry



End product formulation and manufacturing

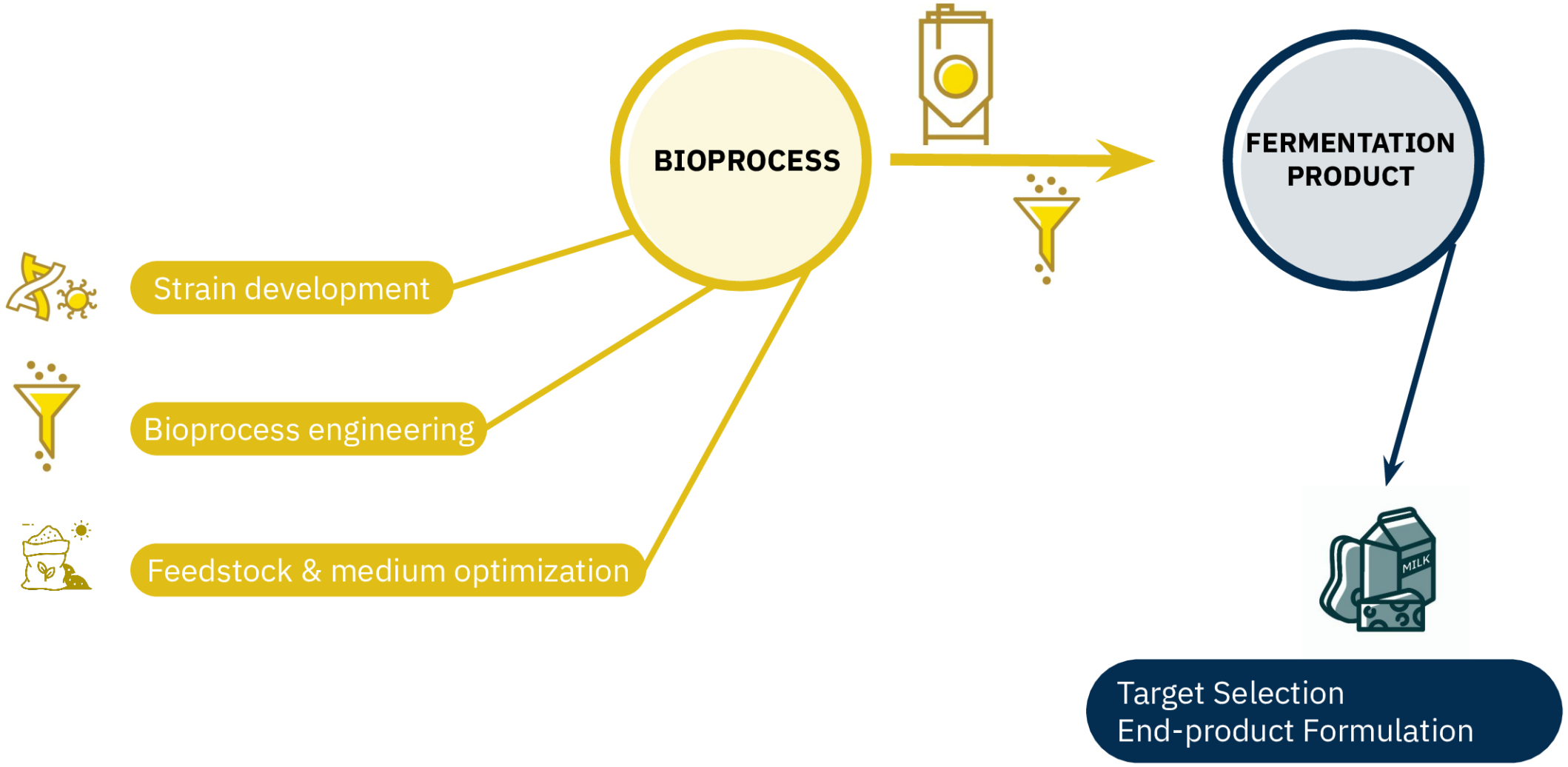


- **Alternative protein "pillars" starting to blend together to create even better products**
  - Plant-based + fermentation initiatives: Daiya, Oshi and The Better Meat Co. partnership, Beyond Meat
  - Plant-based + cultivated initiatives: SciFi Foods, Nexture Bio, Tender Foods
- **Increasing role and application of artificial intelligence to plant-based food production**

3

Fermentation-derived meat

R&D highlights across the AP fermentation technology stack



Precision fermentation (PF) and Biomass fermentation (BF)

Strain development

- **(BF) Melt & Marble** awarded patents for strain improvements to increase fatty acid and protein production in fungi (US11795487B2).
- **(BF) UC Berkeley** | edible filamentous fungus engineered to produce heme protein. (WO2023039012A1)
- **(PF) Fudan Uni. |** High level expression of Leghemoglobin in *K. marxianus.*
- **(PF)** Development of *C. glutamicum* strain capable of high LegH **| Tianjin Inst.**
- **(PF) C16 Biosciences** and **Agile Biofoundry** reported on their efforts to produce mid-chain fatty acids in the oleaginous yeast *Rhodosporidium toruloides* to replace palm oils.

Feedstocks

- Carrot pomace, BSG, Wood chip, Wastewater sidstreams are proven as viable feedstock for fungal protein biomass production (**U. of Borås, U. of Ioannina, EniferBio)**
- **Superbrewed Foods** received a U.S. patent for a process that efficiently converts starchy feedstock into glucose monomers.
- **Tianjin Institute of Industrial Biotechnology** demonstrated industrial-scale production of single-cell protein (K. phaffii) from methanol.

Precision fermentation (PF) and Biomass fermentation (BF)

Bioprocess design

- **(BF)** Two different mycoprotein TEAs from **UC Davis** and **Intelligen** (SuperPro) provided open-access TEA knowledge.
- **(BF) Nature's Fynd |** patent for continuous surface fermentation process.
- **(BF) Mycorena** has developed a circular mycoprotein production system using microalgae and fungi Advanced to phase 3 in NASA's DSFC.
- **(BF) Solar Foods** was granted patent AU2020317552B2 for a bioreactor design with multiple chambers and gas feedstock provisions for growing microbes.
- **(PF)** Researchers at **Hanoi University** developed upstream strategies to produce bovine lactoferrin in high-cell-density cultivation of *K. phaffii*.
- **(PF)** Researchers at **Wageningen University** demonstrated a simple precipitation process to purify recombinant β-lactoglobulin.

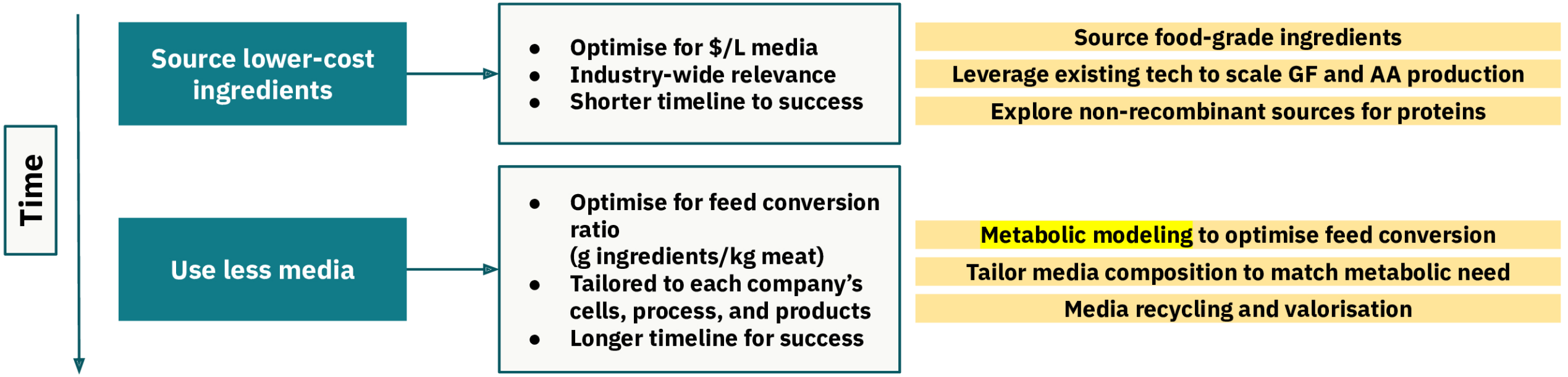
End product formulation

- **(BF) Koralo Foods** | awarded patent for a mycelium and microalgae hybrid product (EP4088585B1)
- **(PF) New Culture** granted patent (US11771105B2) for cheese formulations using dephosphorylated precision alpha-casein
- **(PF) Perfect Day** granted patent (US11771104B2) for food formulations with β-lactoglobulin whey protein.
- **(BF) Singapore Institute of Technology** researchers enhanced plant-based fish cakes with microalgae.
- **(BF)** Several patent publications like **Meati** and **Mycorena** focused on product formulation.

4

Cultivated meat

Two main approaches to reducing culture media costs



Success in both approaches will be required for cost-competitive cultivated meat production

B2B opportunity

Scaffolding

- Teo et al. use **data mining of a of a protein database for fungal and plant proteins** to identified species with high RGD motif (important for binding of animal cells to their surroundings) as promising scaffold candidates.
- Protein extracts from high-RGD species of fungi were investigated as scaffold materials and compared favorably to the animal-derived proteins fibronectin and collagen.

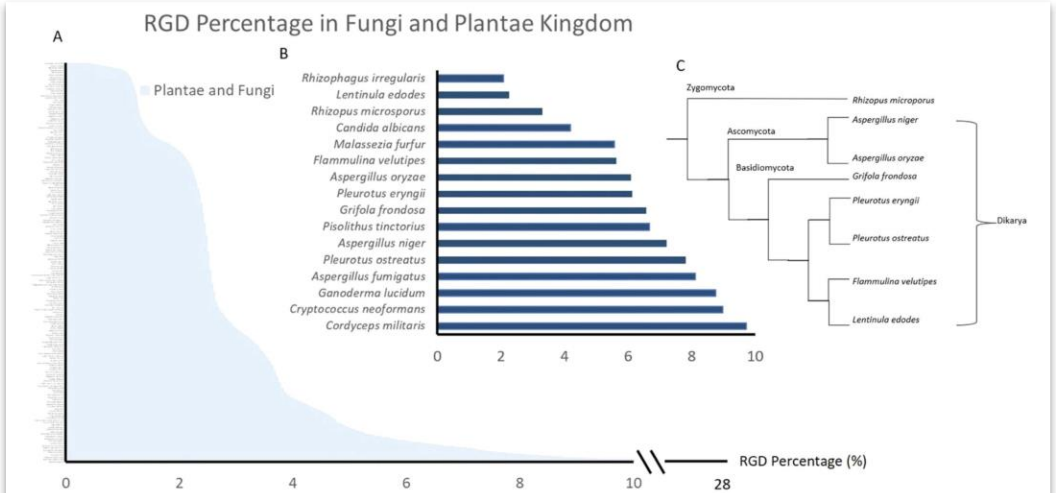


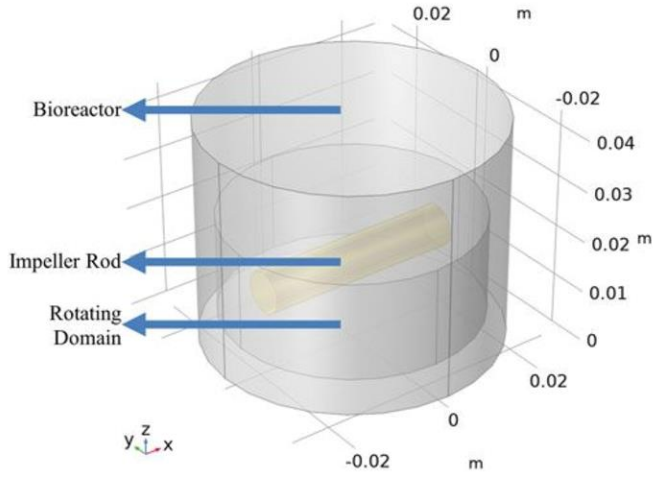
Fig. 1 RGD percentage and phylogenetic relationship of edible and parasitic fungi. A RGD percentage in the fungi and plant kingdom; **B** parasitic and edible fungi are represented by the blue bars. **C** Phylogenetic tree showing the relationship between some of the fungi in (**B**).

Teo et al. 2023, NPJ Science of Food

Bioprocessing

Simulation and modeling (Cantarero-Rivera et al, 2023)

- Simulating the impact of rotor mechanical stress on cell growth on microcarriers.



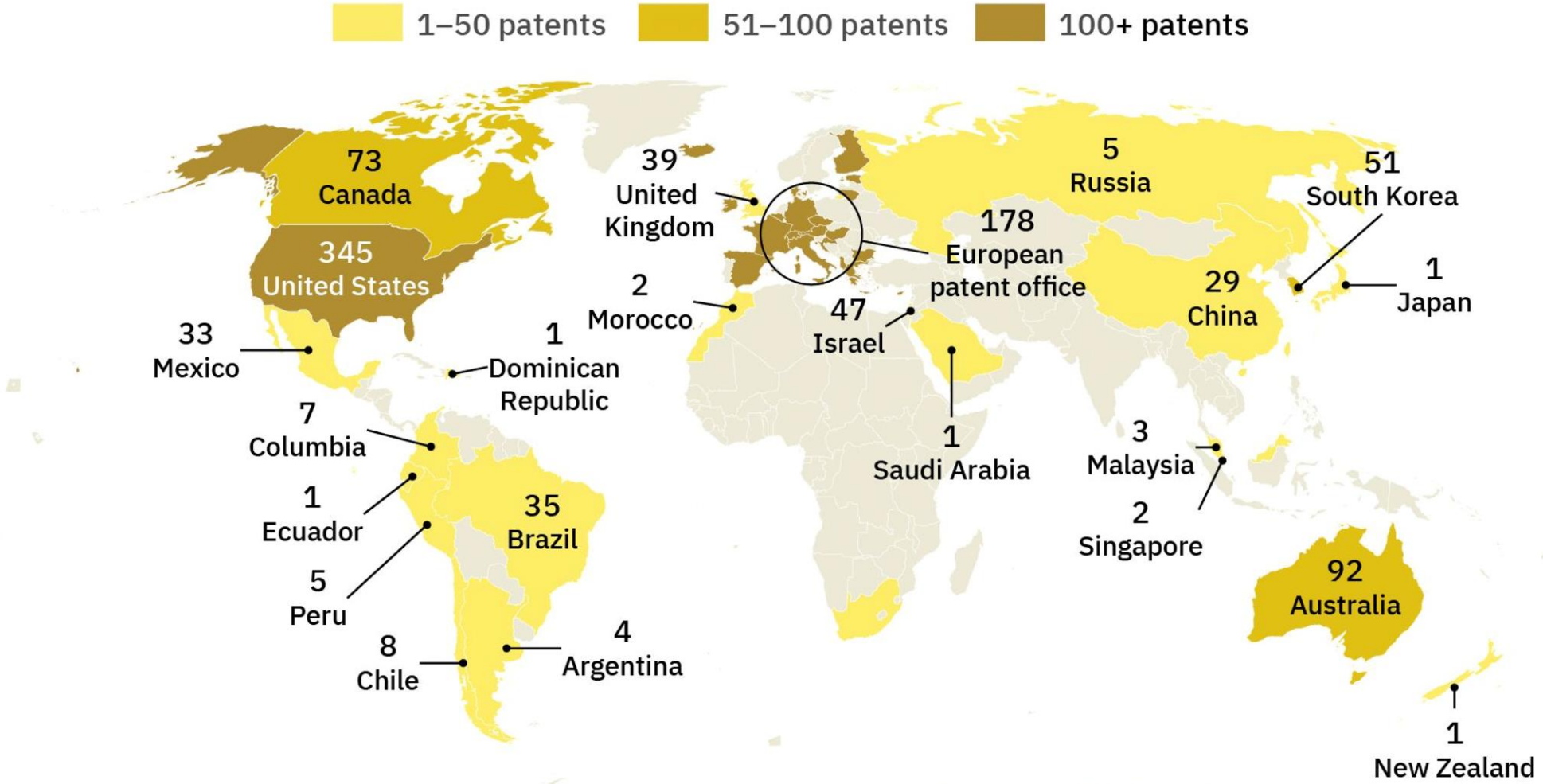
Cantarero-Rivera et al, 2023

5

Wrapping up

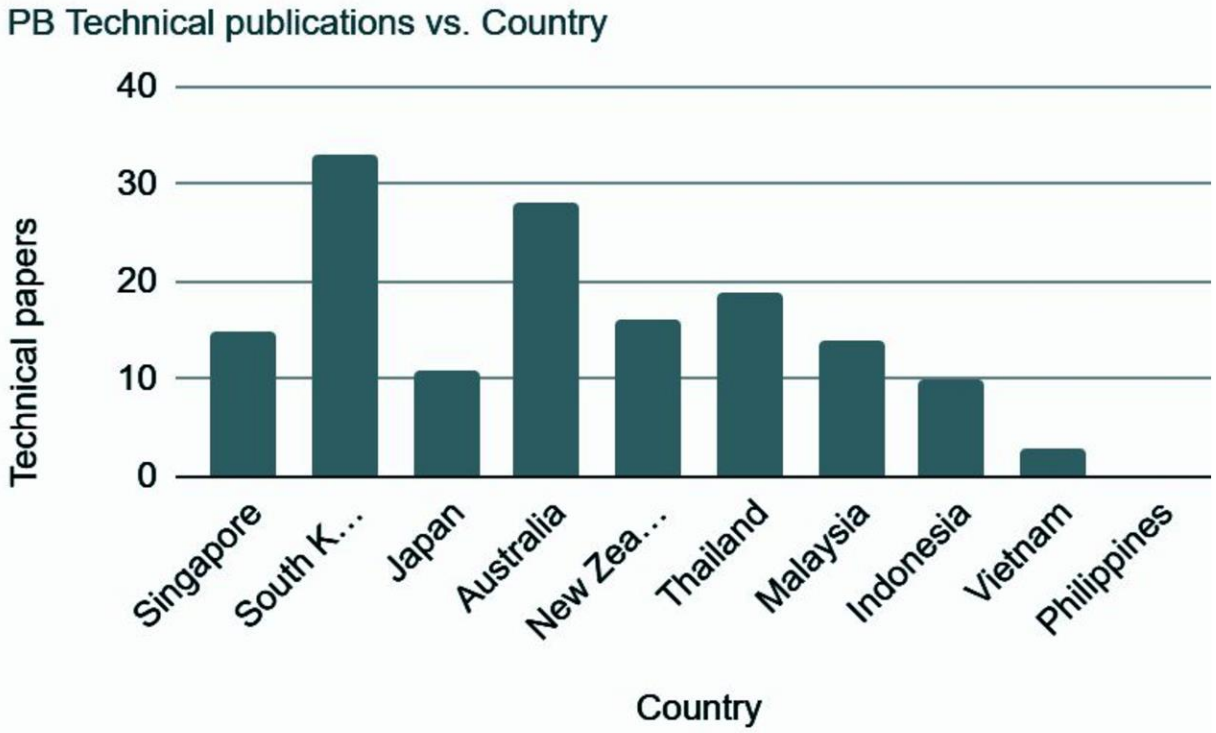
Global innovation ecosystem: Fermentation for AP

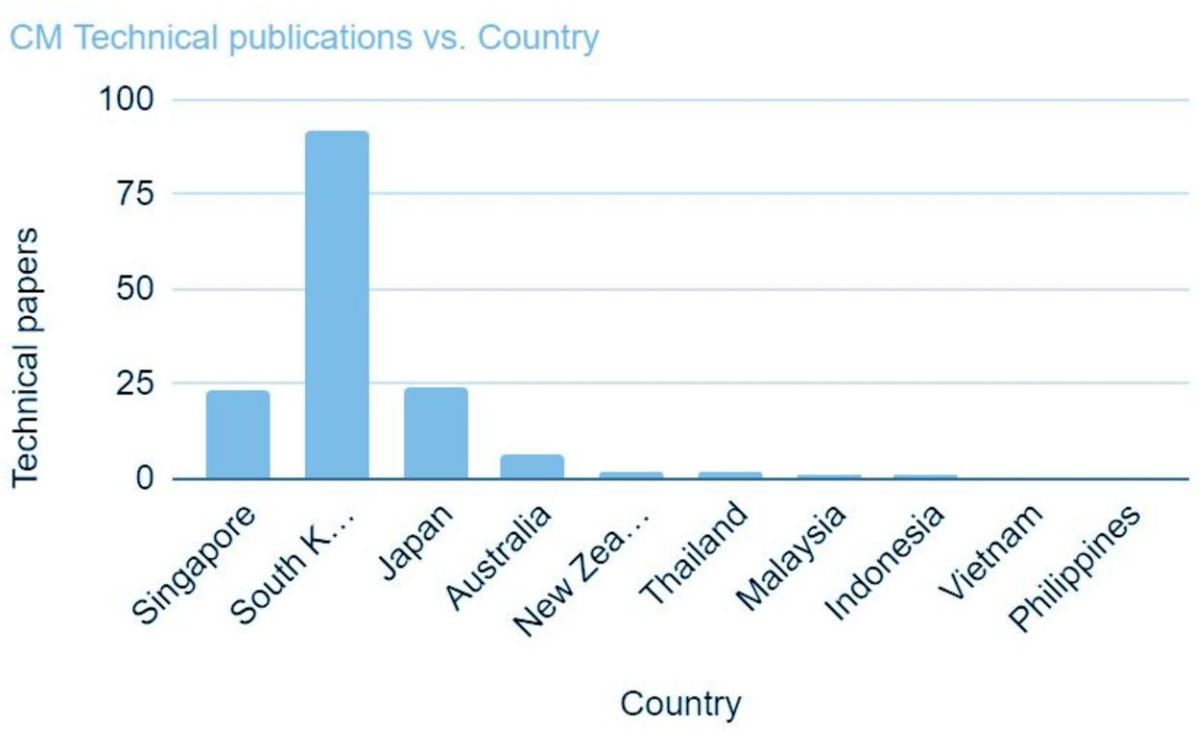
Patent applications by jurisdiction (2021–2023)



Source: GFI analysis of patent landscape from The Lens - https://www.lens.org.

APAC Publication landscape*





GFI APAC Internal database

*This data is being updated on a regular basis. Latest update Nov 2024

Good Food Institute APAC℠

Thank you!

WasamonN@gfi.org
https://gfi-apac.org/

THAILAND FUTURE FOOD
FOR SUSTAINABILITY

Session 1:

Emerging Technologies for the Future of Food: Opportunities and Challenges

Assoc. Prof. Supachai Vuttipongchaikij, Ph.D.
Kasetsart University

Brought to you by:

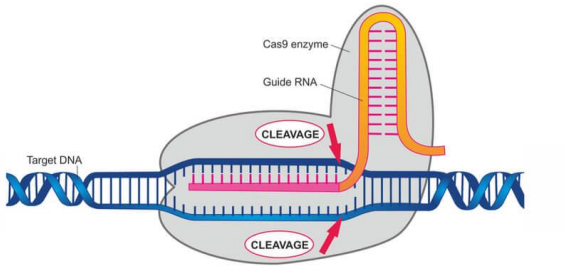
Genome editing
ปรับแต่งจีโนม

รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภชัย วุฒิพงศ์ชัยกิจ

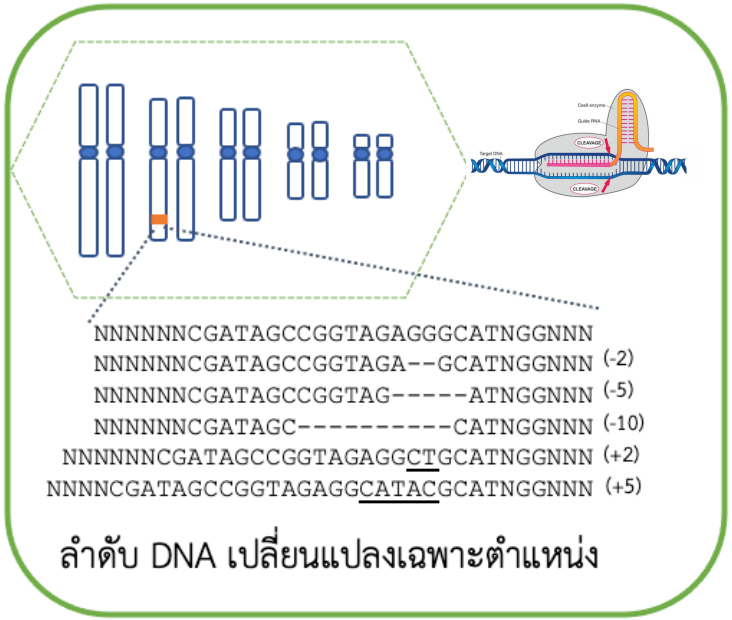
ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

KASETSART UNIVERSITY

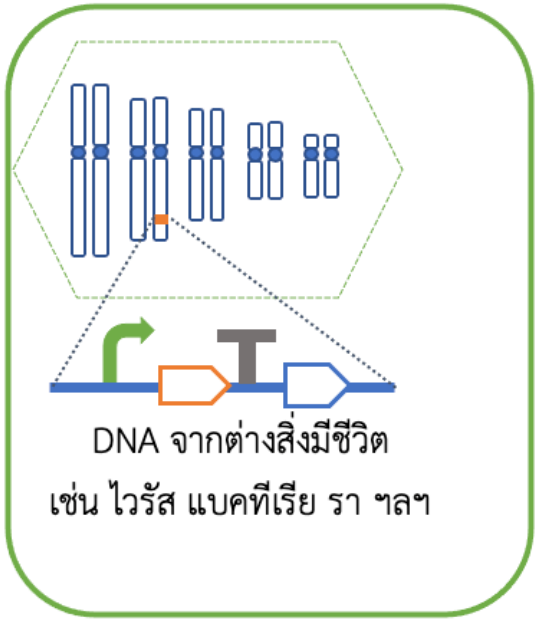
CRISPR/Cas



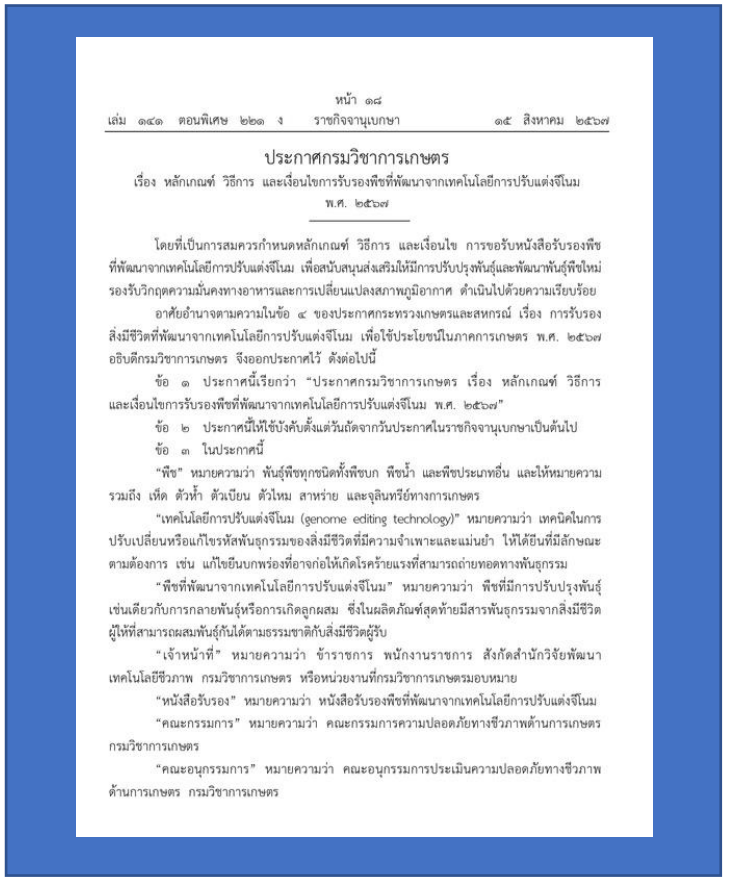
พืชแก้ไขยีน - GEd



GMOs



ประกาศกระทรวงเกษตรฯ



หน้า ๑๘
เล่ม ๑๔๑ ตอนพิเศษ ๒๒๑ ง ราชกิจจานุเบกษา ๑๕ สิงหาคม ๒๕๖๗

ประกาศกรมวิชาการเกษตร
เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการรับรองพืชที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนม
พ.ศ. ๒๕๖๗

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข การขอรับหนังสือรับรองพืชที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนม เพื่อสนับสนุนส่งเสริมให้มีการปรับปรุงพันธุ์และพัฒนาพันธุ์พืชใหม่รองรับวิกฤตความมั่นคงทางอาหารและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๔ ของประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง การรับรองสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนม เพื่อใช้ประโยชน์ในภาคการเกษตร พ.ศ. ๒๕๖๗ อธิบดีกรมวิชาการเกษตร จึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า "ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการรับรองพืชที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนม พ.ศ. ๒๕๖๗"

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๓ ในประกาศนี้

"พืช" หมายความว่า พันธุ์พืชทุกชนิดทั้งพืชบก พืชน้ำ และพืชประเภทอื่น และให้หมายความรวมถึง เห็ด ตัวห้ำ ตัวเบียน ตัวไหม สาหร่าย และจุลินทรีย์ทางการเกษตร

"เทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนม (genome editing technology)" หมายความว่า เทคนิคในการปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขรหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่มีความจำเพาะและแม่นยำ ให้ได้ยีนที่มีลักษณะตามต้องการ เช่น แก้ไขยีนบกพร่องที่อาจก่อให้เกิดโรคร้ายแรงที่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรม

"พืชที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนม" หมายความว่า พืชที่มีการปรับปรุงพันธุ์เช่นเดียวกับการกลายพันธุ์หรือการเกิดลูกผสม ซึ่งในผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีสารพันธุกรรมจากสิ่งมีชีวิตผู้ให้ที่สามารถผสมพันธุ์กันได้ตามธรรมชาติกับสิ่งมีชีวิตผู้รับ

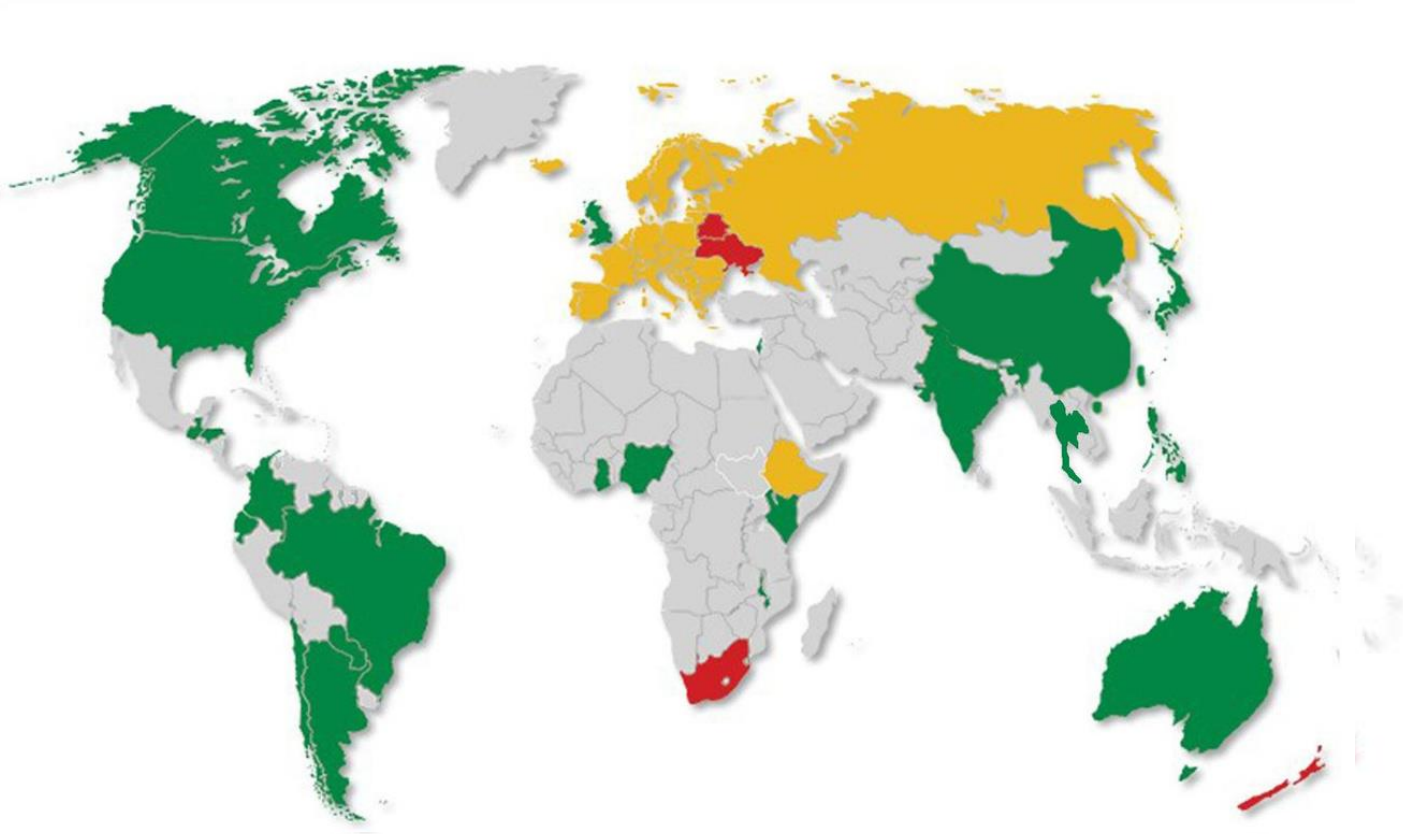
"เจ้าหน้าที่" หมายความว่า ข้าราชการ พนักงานราชการ สังกัดสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร หรือหน่วยงานที่กรมวิชาการเกษตรมอบหมาย

"หนังสือรับรอง" หมายความว่า หนังสือรับรองพืชที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนม

"คณะกรรมการ" หมายความว่า คณะกรรมการความปลอดภัยทางชีวภาพด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

"คณะอนุกรรมการ" หมายความว่า คณะอนุกรรมการประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การกำกับดูแล พิจารณาสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนม



- ประเทศไทย

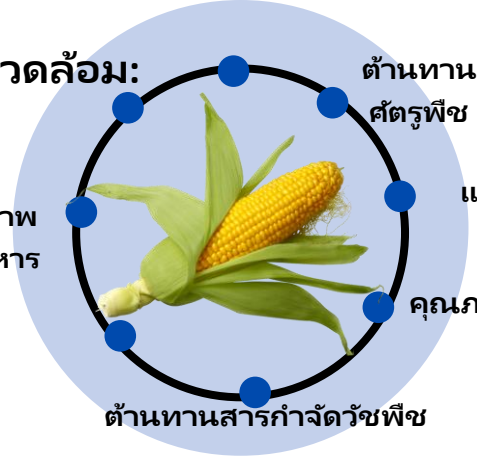
ออกประกาศเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการปรับแต่งจีโนม เมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม 2567

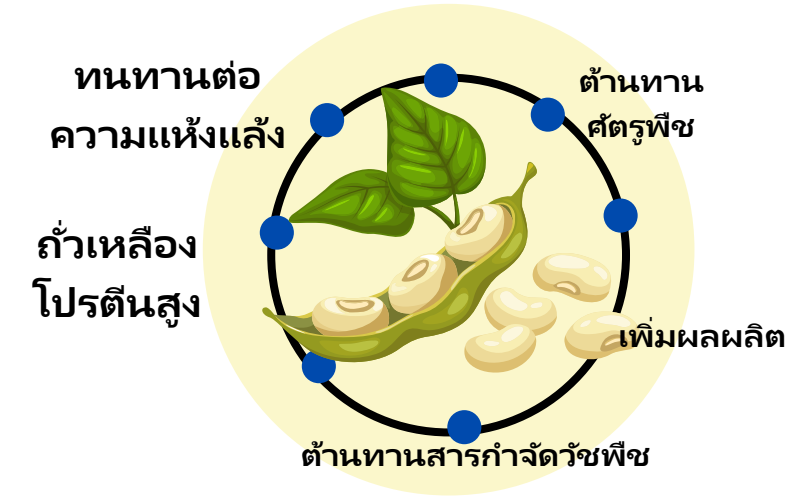
- กลุ่มประเทศที่กำหนด**ให้สิ่งมีชีวิตที่ได้จากเทคโนโลยีการปรับแต่งยีนไม่เป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมโดย**มีขั้นตอนในการพิจารณาแตกต่างกันไป

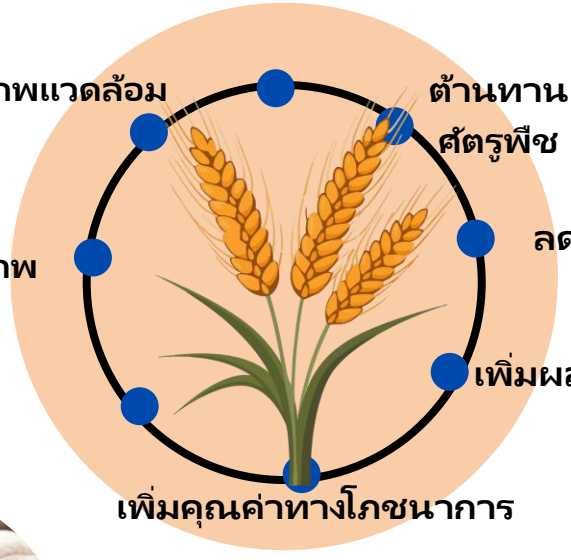
- กลุ่มประเทศที่อยู่ระหว่างกำหนดนโยบายกฎระเบียบสำหรับ**การกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตที่ได้จากเทคโนโลยีการปรับแต่งยีน**

- กลุ่มประเทศที่กำหนดให้**สิ่งมีชีวิตที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีการปรับแต่งยีนทุกแบบเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม**

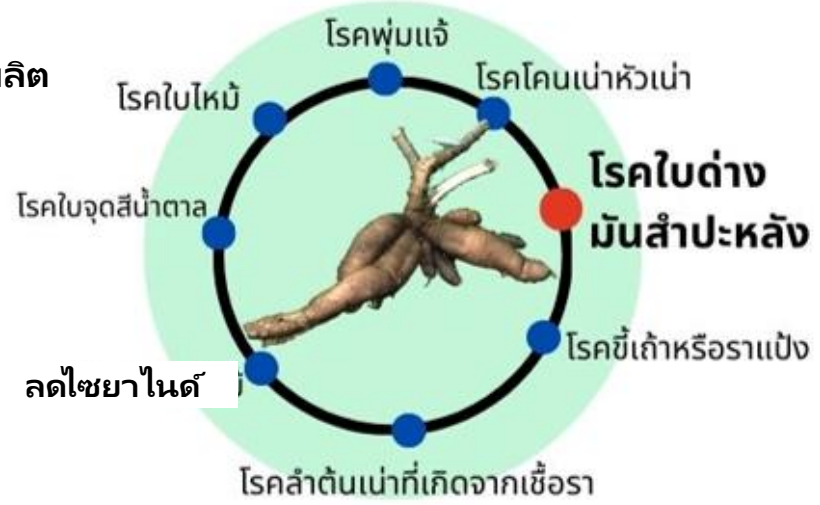
งานวิจัย



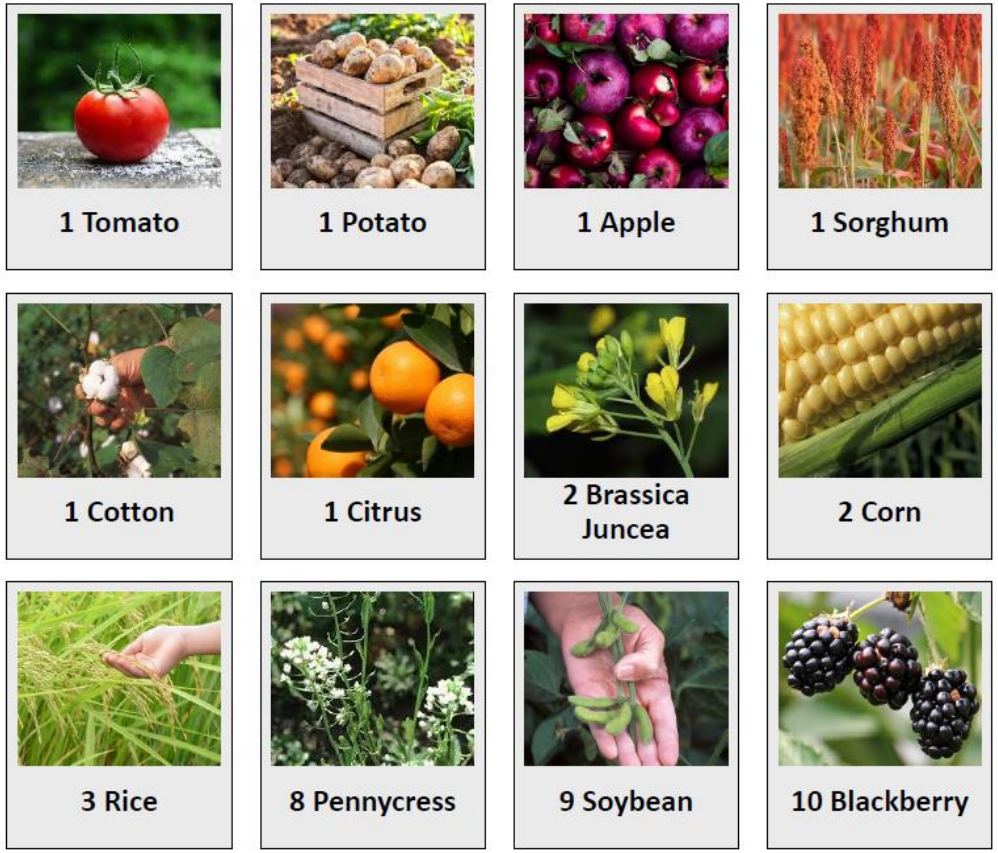




- เห็ดฟางทนเย็น

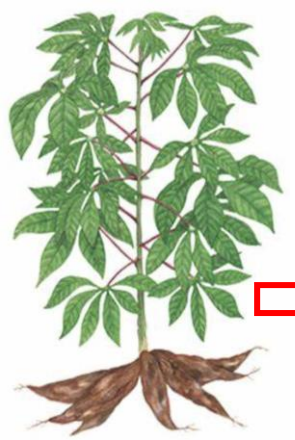


Exemptions in 2023 (USDA-APHIS)

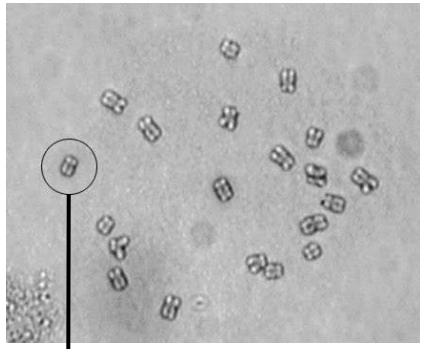


Red seabream
-CRISPR editing myostain gene
->16% flesh

การปรับแต่งจีโนม (GEd)



โครโมโซม



โครโมโซมแท่งที่มีการแก้ไขยีน

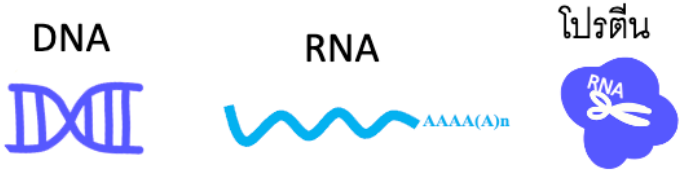
DNA ตั้งต้น NNNNNNCGATAGCCGGTAGAGGGCATNGGNNN

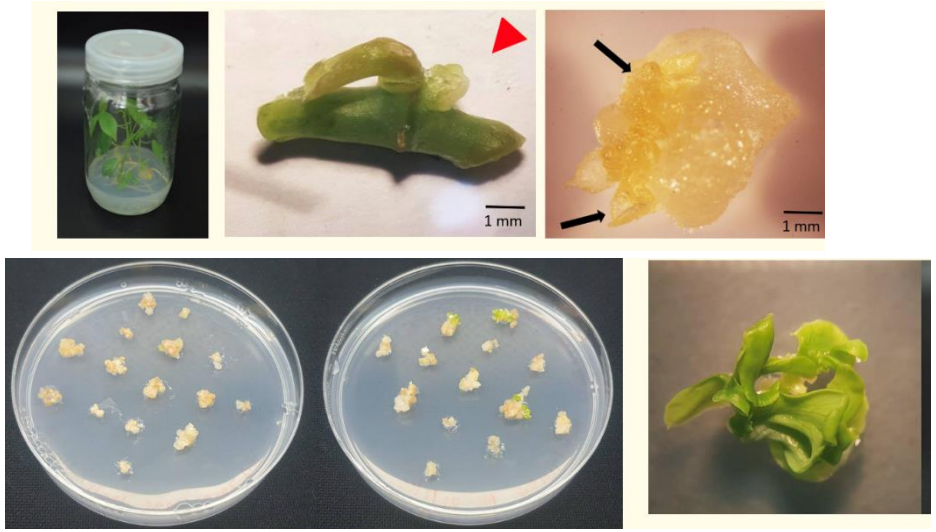
ขาดหาย
NNNNNNCGATAGCCGGTAGA--GCATNGGNNN (-2)
NNNNNNCGATAGCCGGTAG-----ATNGGNNN (-5)
NNNNNNCGATAGC----------CATNGGNNN (-10)

เพิ่มขึ้น
NNNNNNCGATAGCCGGTAGAGGCTGCATNGGNNN (+2)
NNNNCGATAGCCGGTAGAGGCATACGCATNGGNNN (+5)

การกลายของ DNA หรือ mutation

CRISPR





CRISPR

- คุณสมบัติแป้ง
- ผลผลิต ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม โรค แมลง
- รูปร่าง โครงสร้างของพืช การเจริญเติบโต

THAILAND FUTURE FOOD
FOR SUSTAINABILITY

Session 1:

Emerging Technologies for the Future of Food: Opportunities and Challenges

Panaya Kotchaplai, Ph.D.
The Institute of Biotechnology and Genetic Engineering
Chulalongkorn University

Brought to you by:

THAILAND FUTURE FOOD FOR SUSTAINABILITY

Session 1

**Emerging Technologies for the Future of Food
Opportunities and Challenges**

Panaya Kotchaplai, Ph.D.

**Institute of Biotechnology and Genetic Engineering,
Chulalongkorn University**

panaya.k@chula.ac.th

3 December 2024

Institute of Biotechnology and Genetic Engineering (IBGE-CU)

Agricultural Biotechnology

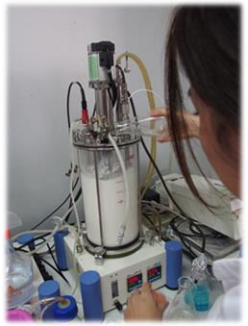
การส่งเสริมการใช้ประโยชน์งานวิจัยและนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีชีวภาพจากเห็ดและฟังไจในประเทศไทยให้เข้าสู่อุตสาหกรรมอาหารมูลค่าสูงระดับสากล

Protein and Genetic Engineering

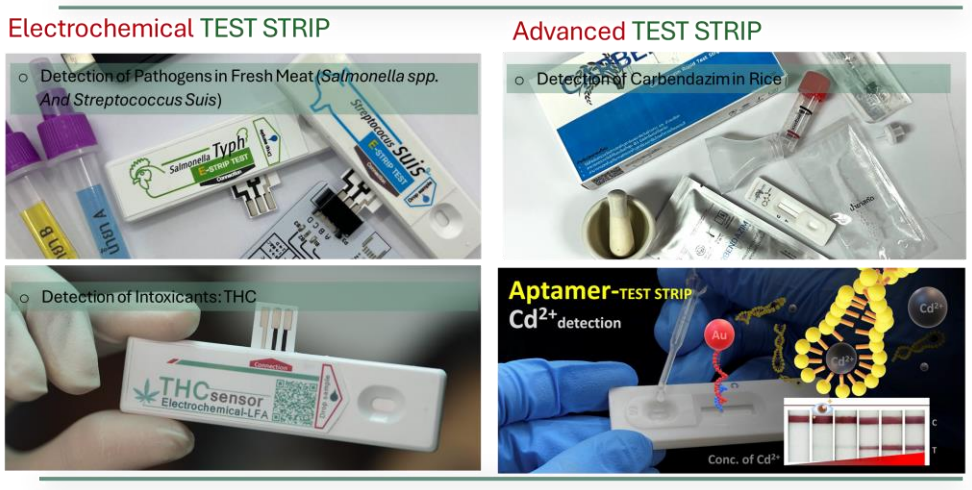
เครื่องดื่มเสริมระบบภูมิคุ้มกันจากผงเพปไทด์เมล็ดแมงลัก

Fermentation Technology

Precision fermentation



Antibody production and applications



Future food and sustainability

3 keys indicators

- **Economic sustainability**
- **Social sustainability**
- **Environmental sustainability**

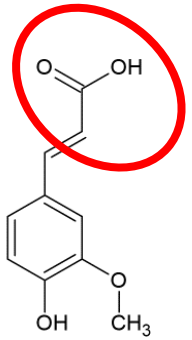
Microbial-based technology: their roles in sustainable food and agriculture

- **Increase crop yield and quality (increasing available nutrient, improving plant stress tolerance)**
- **Restoration/reclamation of degraded land (bioremediation, soil amendments)**
- **Alternatives: allelochemicals, biofertilizer**
- **Agricultural by-products management**
  - **Feedstock for valuable compounds production including food ingredients, additives, flavoring agents, and colorant.**

Research work

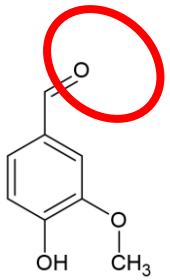
Starting material

Bagasse-derived polyphenol from biofuel company



Ferulic acid

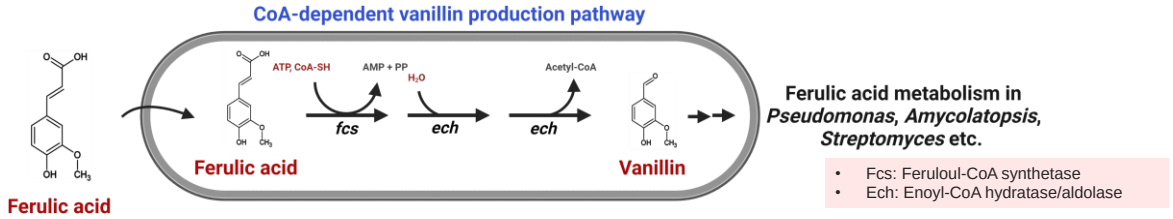
- **Major compound in the obtained polyphenol**



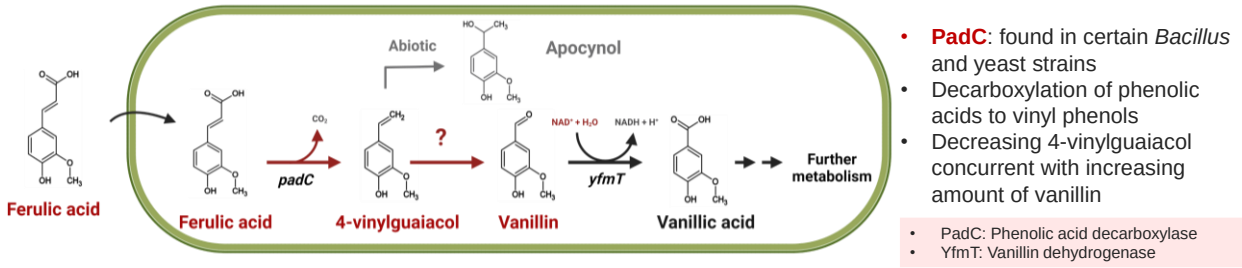
Vanillin

- **Major constituent in vanilla extract**
- **High demand** in food, fragrance and pharmaceutical industries
- Vanillin and its derivatives has been reported as an allelochemicals

Ferulic acid metabolism



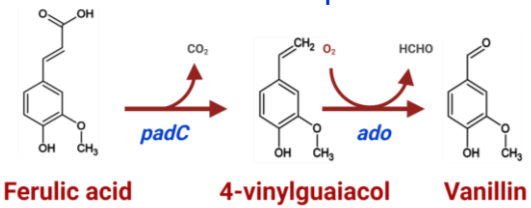
Ferulic acid metabolism in *Bacillus subtilis* GRSW1-B1



- **PadC**: found in certain *Bacillus* and yeast strains
- Decarboxylation of phenolic acids to vinyl phenols
- Decreasing 4-vinylguaiacol concurrent with increasing amount of vanillin

- PadC: Phenolic acid decarboxylase
- YfmT: Vanillin dehydrogenase

PadC-Ado: a coenzyme-free enzyme cascade for vanillin production

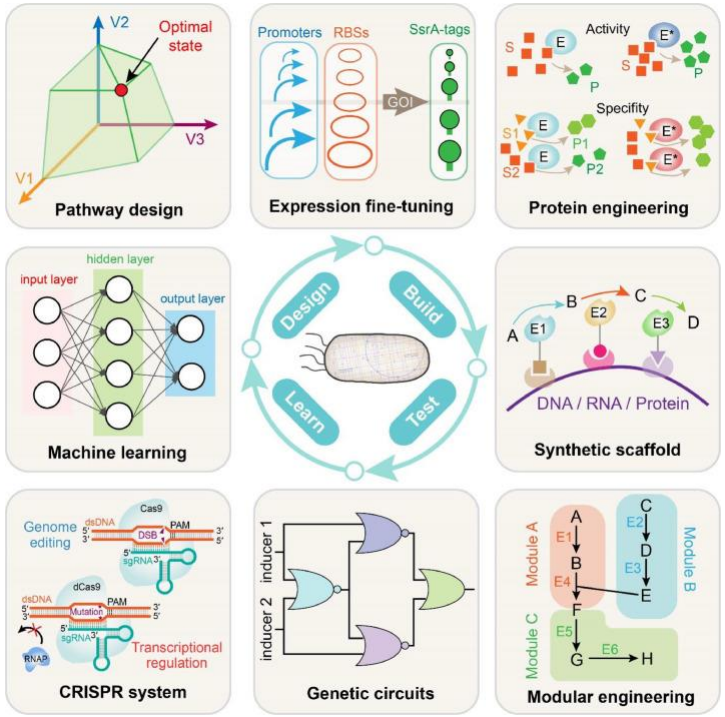


- Aromatic dioxygenase **(Ado)** from *Thermothelomyces thermophila* could catalyze the cleavage of C=C of 4-vinylguaiacol, yielding vanillin (Ni et al., 2018)
- The recombinant cells completely converted ferulic acid to 4VG within 1 h. 4VG was then rapidly converted to vanillin.
- has the **potential to be further developed as a cell-free system**

Involvement of Cytochrome P450 in Organic-Solvent Tolerant *Bacillus subtilis* GRSW1-B1 in Vanillin Production via Ferulic Acid Metabolism (Kotchaplai et al. 2022)
A Coenzyme-Free Biocatalyst for the Value-Added Utilization of Lignin-Derived Aromatics (Ni et al. 2018)

Synthetic biology and future food sustainability

"**Design and construction** of **new biological entities** such as enzymes, genetic circuits, and cells or the **redesign** of **existing biological systems**" (EBRC)



Transforming traditional nutrition paradigms with synthetic biology driven microbial production platforms (Sajid et al. 2021). *Graphic illustration by Adam Fotos.*

https://ebrc.org/what-is-synbio/

Synthetic biology for future food: Research progress and future directions (Lv et al., 2021)