

SYNERGISTIC EFFECT:

นวัตกรรมเสริมพลัง ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ

Presented By:
Wiriyaoporn Sumsakul, PhD.

Senior Researcher
Expert Centre of Innovative Herbal Products (InnoHerb)
Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR)



Outline

- ความหมายของ Synergistic Effect ในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ
- กลไกการเสริมฤทธิ์ของสารสำคัญ ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ
- แนวทางใช้ประโยชน์ด้านการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดจากสมุนไพรไทย
- นวัตกรรมการกักเก็บและปลดปล่อยสารสำคัญประสิทธิภาพสูง



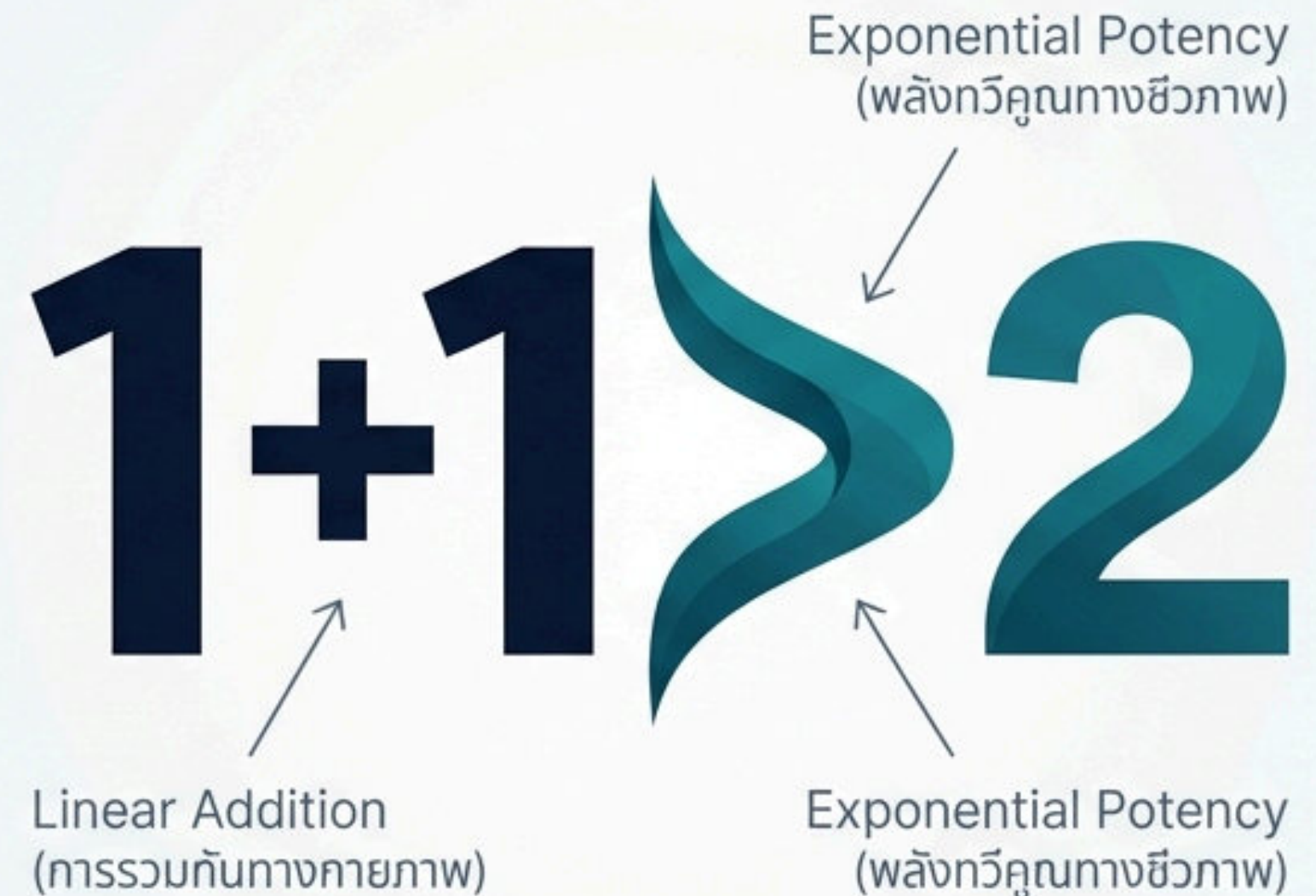
มากกว่าแค่ผลรวม: สมการแห่งประสิทธิภาพ

นวัตกรรมเสริมพลัง (Synergistic Effect)

คือปรากฏการณ์ที่สารออกฤทธิ์ทำงานร่วมกัน
เพื่อสร้างผลลัพธ์ที่เหนือกว่าการแยกใช้สาร
เพียงชนิดเดียว

- เปลี่ยนจากแนวคิด 'Balanced Diet' สู่
'Potentiated Effects' (การเพิ่มศักยภาพสูงสุด)
- การผสมผสานที่ถูกต้องจะนำไปสู่
ประสิทธิภาพสูงสุดในผลิตภัณฑ์อาหาร
ฟังก์ชัน (Functional Foods)

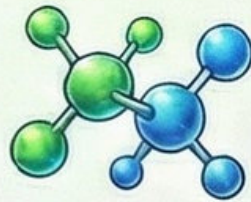
1.Synergistic Effect ในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ???



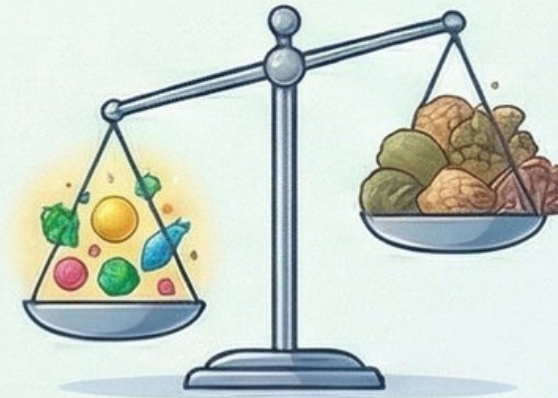
1+1 มากกว่า 2: พลังแห่งนวัตกรรมเสริมฤทธิ์ในอาหาร

การออกแบบที่ทำให้สารออกฤทธิ์ทำงานร่วมกันแล้วให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้สารแต่ละชนิดเพียงอย่างเดียว

นวัตกรรมเสริมพลัง (Synergistic Effect) คืออะไร?



การออกแบบเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด
อาศัยความรู้เชิงกลไกและหลักฐานวิทยาศาสตร์
เพื่อสร้างผลลัพธ์ที่เหนือกว่า



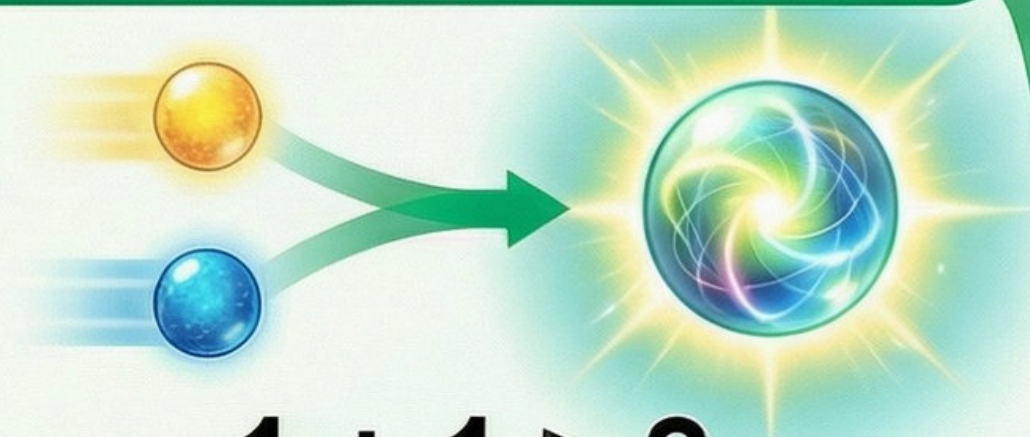
ใช้สารออกฤทธิ์น้อยลง แต่ได้ผลดีขึ้น
เพิ่มประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงผลข้างเคียง
และช่วยประหยัดต้นทุนการผลิต



ปลอดภัยและคงตัวกว่าเดิม
เป็นหนึ่งในเป้าหมายสำคัญของการ
ออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยนวัตกรรมนี้

3 รูปแบบการทำงานร่วมกันของสารออกฤทธิ์

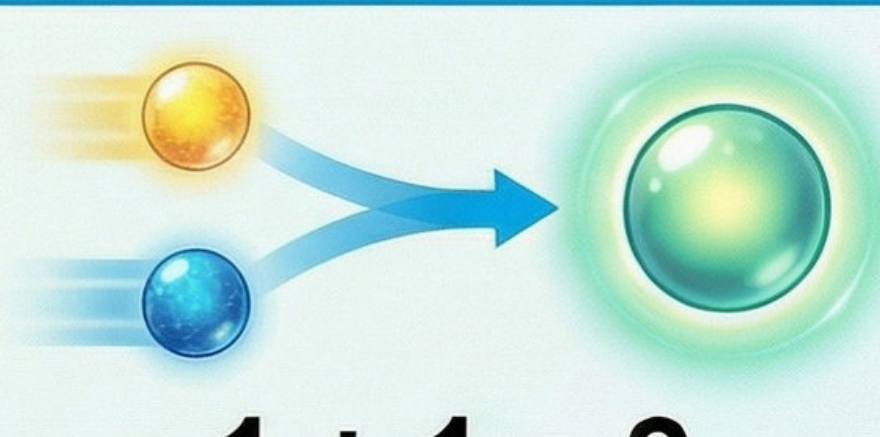
Synergistic Effect
(เสริมฤทธิ์กัน)



$$1 + 1 > 2$$

ผลรวม > ผลของสารแต่ละชนิด

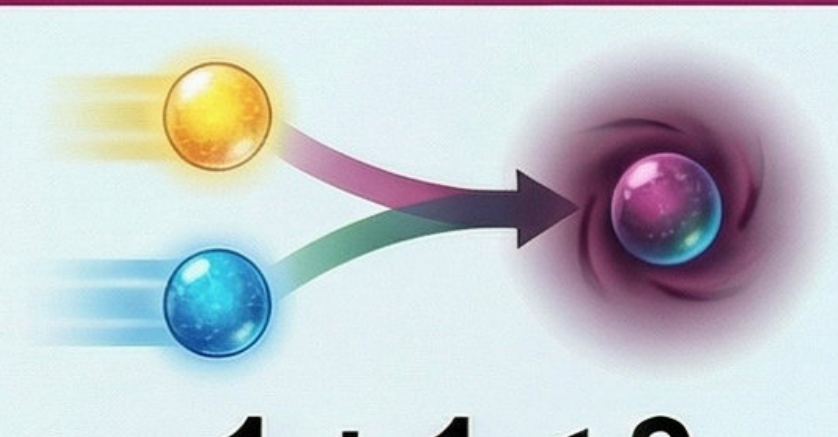
Additive Effect
(ออกฤทธิ์แบบบวก)



$$1 + 1 = 2$$

ผลรวม = ผลของสารแต่ละชนิด

Antagonistic Effect
(ต้านฤทธิ์กัน)



$$1 + 1 < 2$$

ผลรวม < ผลของสารแต่ละชนิด

2.กลไก Synergistic Effect ในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

Synergistic Effect (1+1 > 2)



Biochemical Synergy
(เสริมฤทธิ์ทางชีวเคมี)
วิตามิน C ช่วยฟื้นฟูวิตามิน E
ให้กลับมาต้านอนุมูลอิสระได้อีกครั้ง



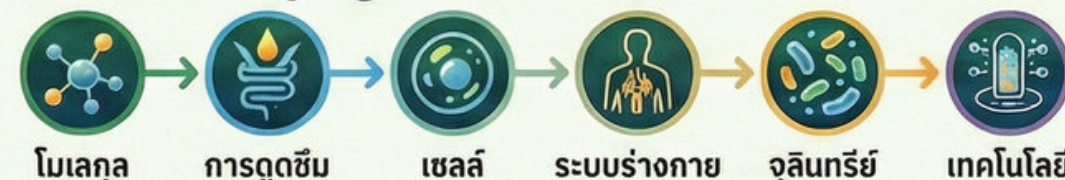
Microbiota-Mediated Synergy
(เสริมฤทธิ์ผ่านจุลินทรีย์)
จุลินทรีย์ในลำไส้ (Gut Flora)
ช่วยย่อยโพลีฟีนอล (Polyphenols)
ให้เกิดสารใหม่ที่เป็นประโยชน์



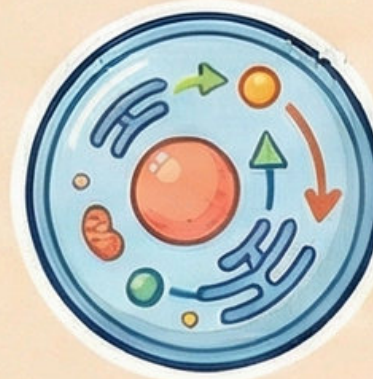
Bioavailability Synergy
(เสริมฤทธิ์การดูดซึม)
ไพเพอรีน (Piperine) จากพริกไทยดำ
ช่วยเพิ่มการดูดซึมเคอร์คูมิน
(Curcumin) จากขมิ้นชัน



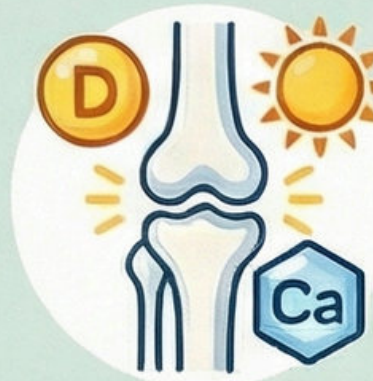
จากโมเลกุลสู่เทคโนโลยี



Technological Synergy
(เสริมฤทธิ์ทางเทคโนโลยี)
ใช้เทคโนโลยี Encapsulation
เพื่อปกป้องและนำส่งสารสำคัญ
หลายชนิดพร้อมกัน



Cellular / Pathway Synergy
(เสริมฤทธิ์ระดับเซลล์)
สารกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols)
ทำงานร่วมกันในกลไกของเซลล์
เช่น NF-κB / Nrf2



Physiological Synergy
(เสริมฤทธิ์ทางสรีรวิทยา)
วิตามิน D และแคลเซียม (Calcium)
ทำงานร่วมกันเพื่อเสริมสร้างกระดูก
ในระบบเดียวกัน

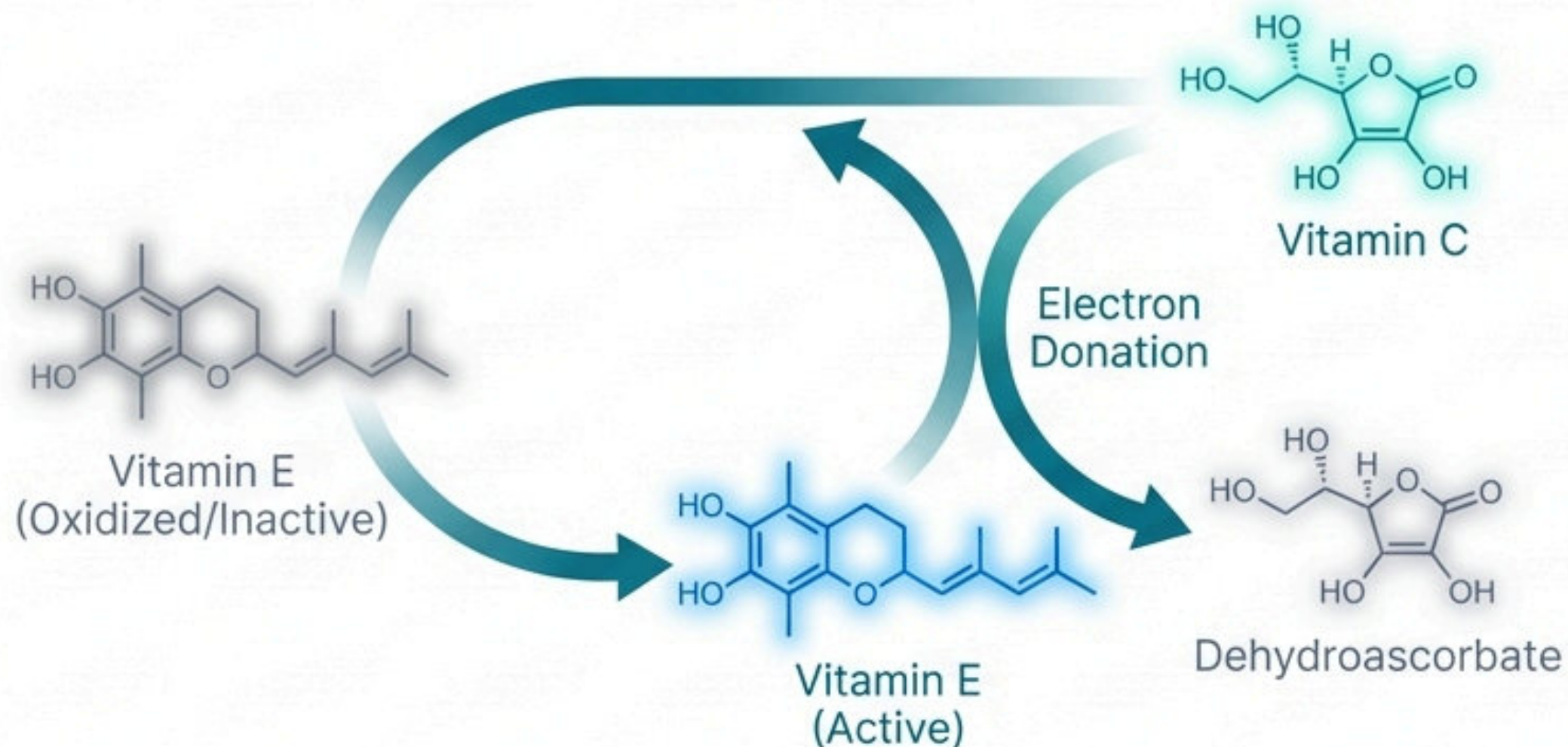
1. Biochemical Synergistic Effect (การเสริมฤทธิ์ทางชีวเคมี)

Level: Molecular

Definition

การเสริมฤทธิ์ในระดับโมเลกุลหรือปฏิกิริยาเคมี เพื่อฟื้นฟูหรือเพิ่มประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์

Antioxidant Regeneration Cycle



Example: วิตามินซีช่วยฟื้นฟูสภาพของวิตามินอีที่ถูกใช้ไปแล้ว ให้กลับมามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ใหม่อีกครั้ง (Recycling effect)

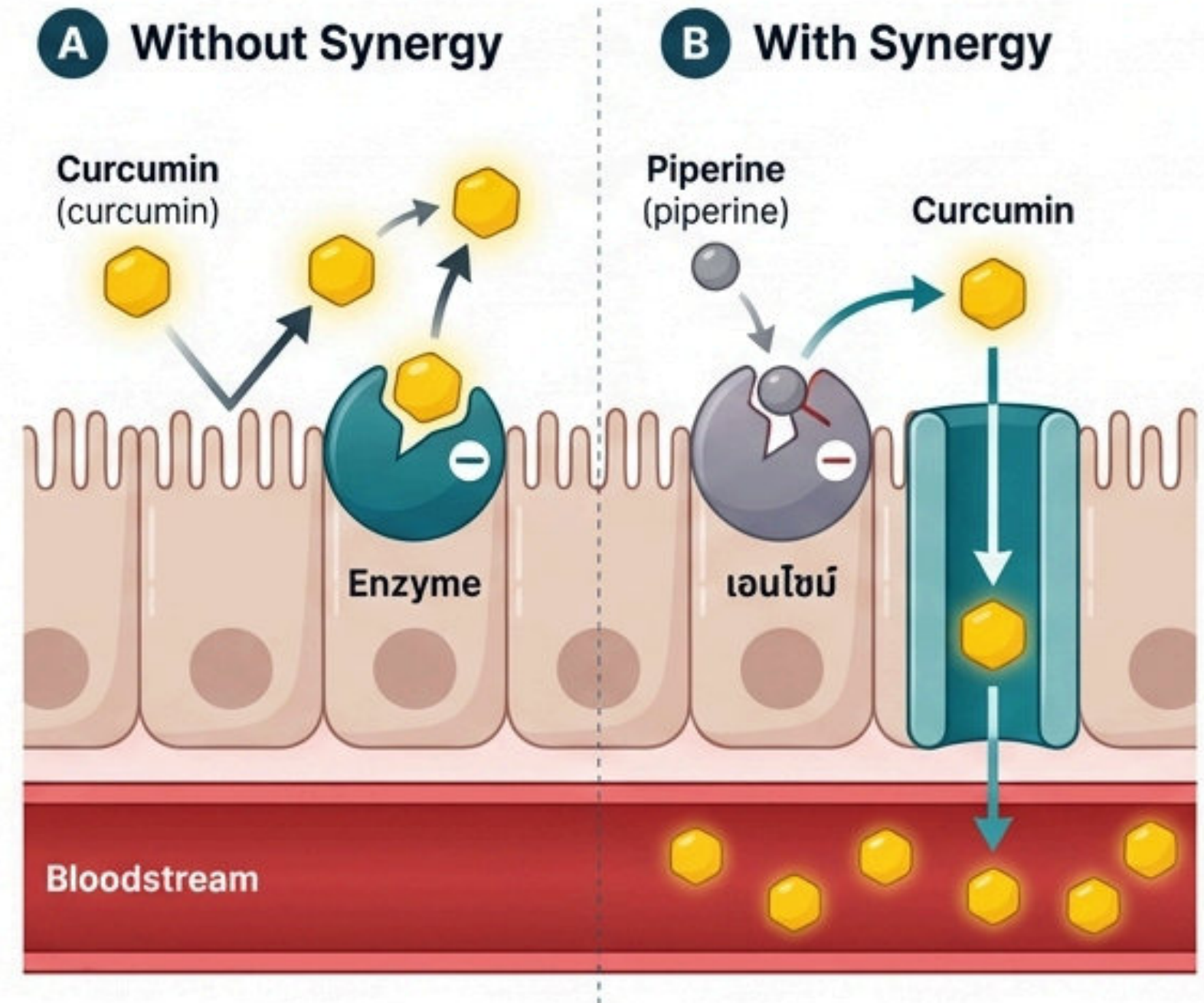
2. Bioavailability Synergistic Effect (การเสริมประสิทธิภาพการดูดซึม)

Definition

การใช้สารชนิดหนึ่งเพื่อปลดล็อกข้อจำกัดด้านการดูดซึม (Absorption) หรือความคงตัว (Stability) ของสารอีกชนิด

Key Examples

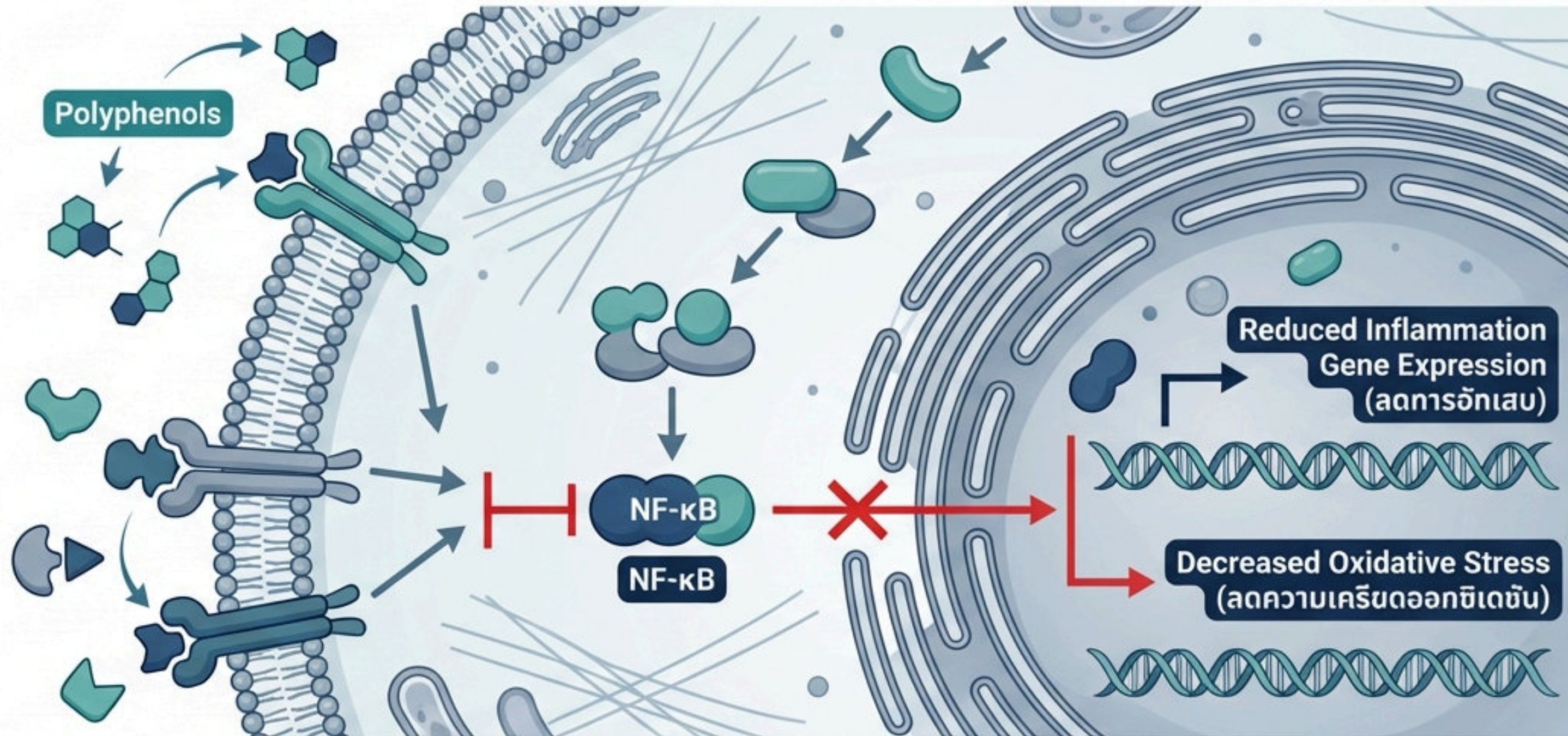
- **Piperine + Curcumin:** สารในพริกไทยดำ ช่วยลดการกำจัดเคอร์คูมินออกจากร่างกาย ทำให้ระดับยาในเลือดสูงขึ้น
- **Fat + Fat-Soluble Vitamins:** การใช้ไขมัน เพื่อนำพาวิตามิน A, D, E, K เข้าสู่กระแสเลือด



The Gatekeeper Mechanism (กลไกผู้เฝ้าประตู)

3. Cellular / Molecular Pathway Synergy (การเสริมพลังในระดับเซลล์)

Definition: การออกฤทธิ์ร่วมกันในเส้นทางการส่งสัญญาณของเซลล์ (Signaling pathway)

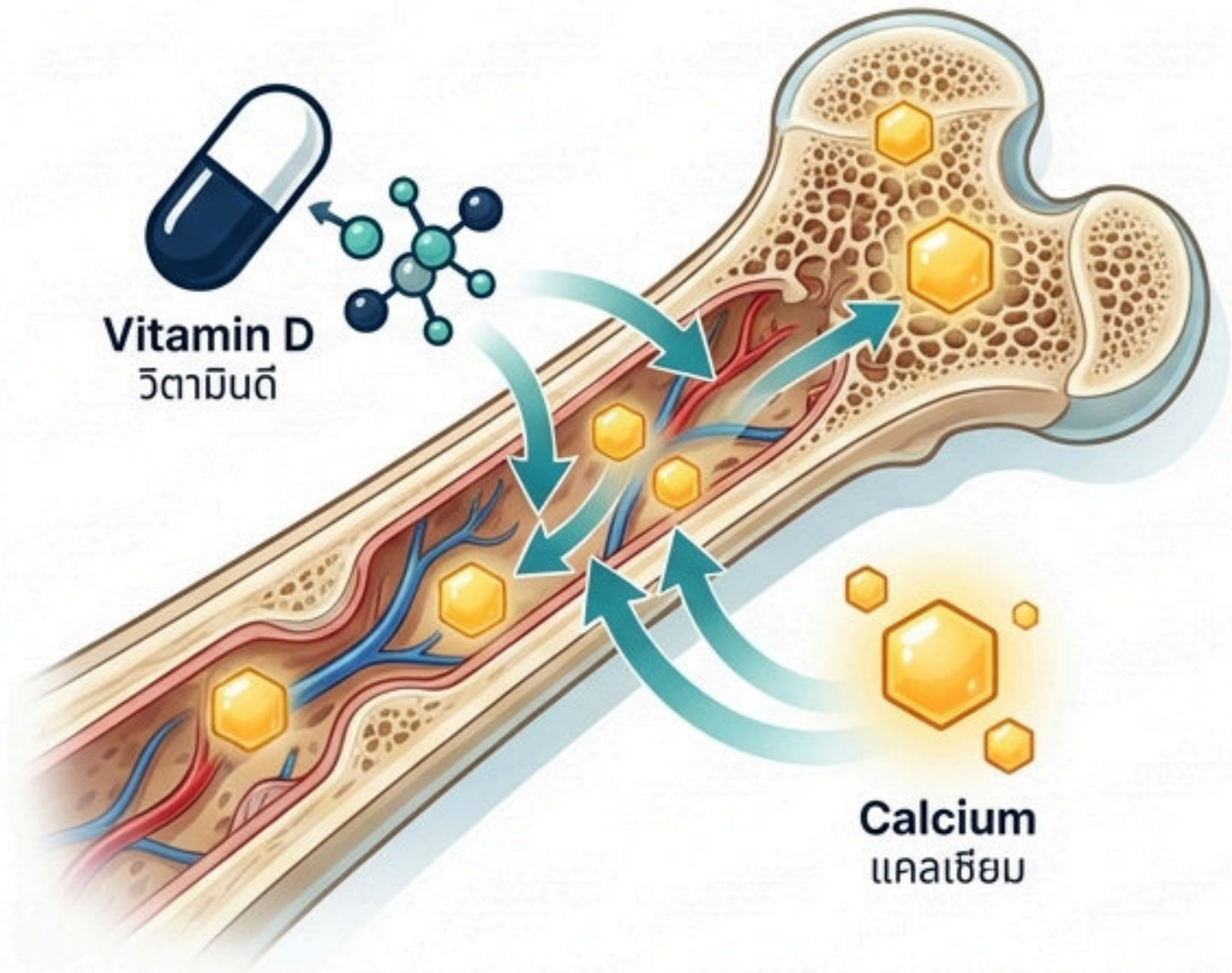


Mechanism: สารกลุ่ม Polyphenols ทำงานร่วมกันเพื่อควบคุมกลไก NF-κB หรือ Nrf2 pathway

4. Physiological Synergistic Effect (การเสริมพลังในระบบร่างกาย)

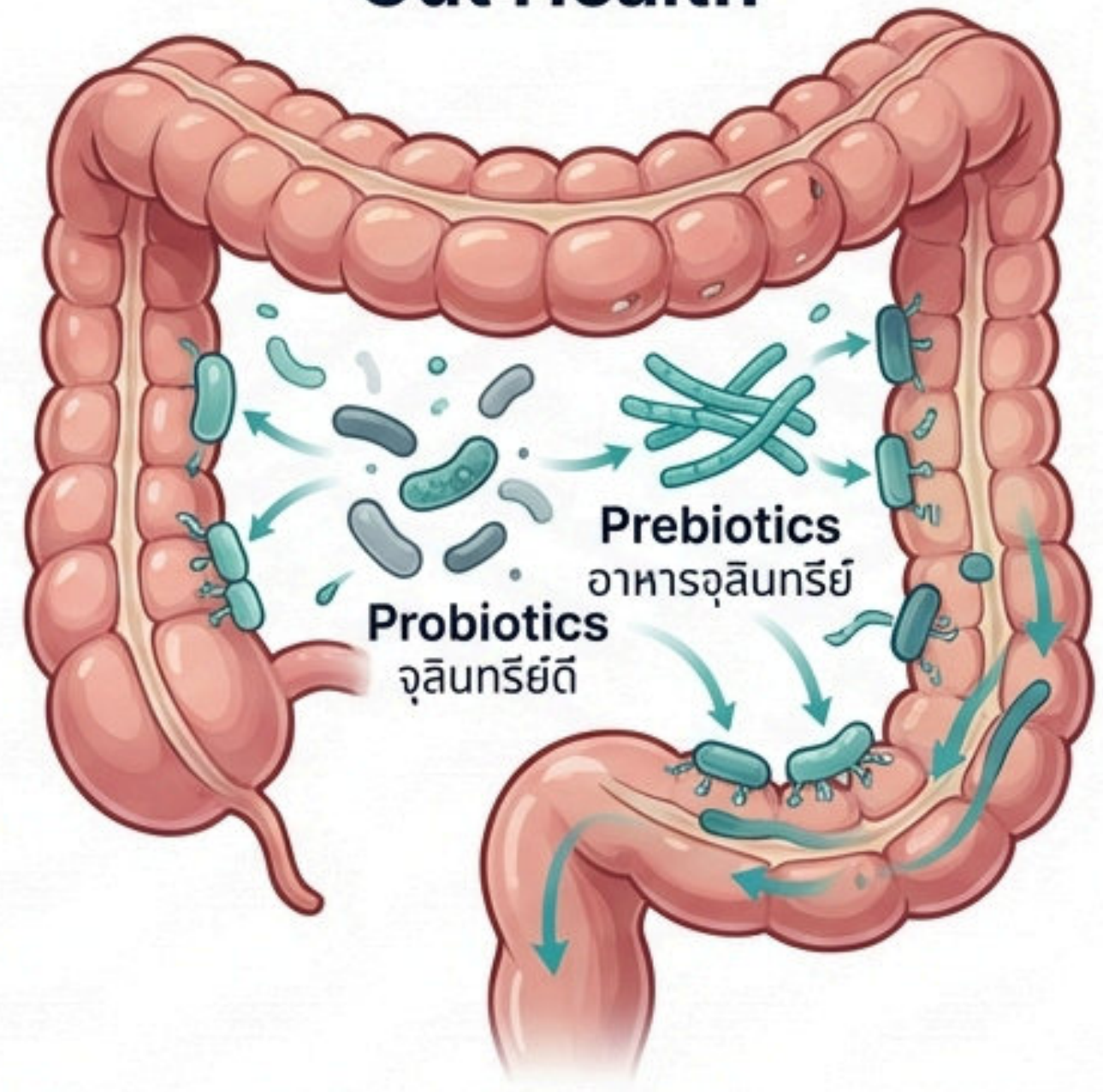
การใช้สารหลายชนิดทำงานสอดประสานกันในระบบอวัยวะเดียวกัน (Functional Partners)

Bone Health



Vitamin D + Calcium: วิตามินดีช่วยให้ร่างกายดูดซึมและนำแคลเซียมไปใช้สร้างกระดูก

Gut Health



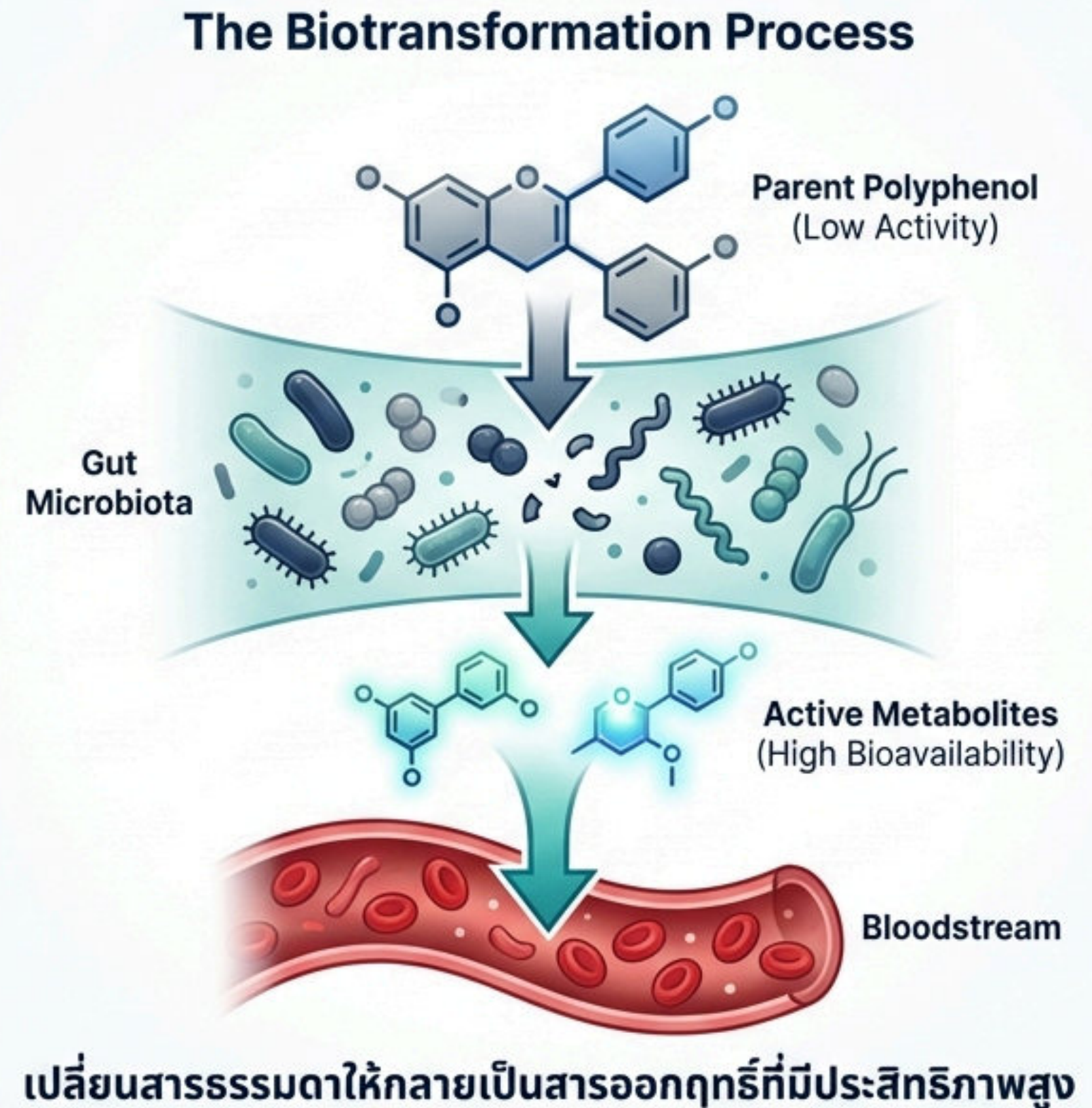
Synbiotics: การใช้ Probiotics (จุลินทรีย์ดี) ร่วมกับ Prebiotics (อาหารจุลินทรีย์) เพื่อความสมดุลของลำไส้

5. Microbiota-Mediated Synergistic Effect (การเสริมพลังผ่านจุลินทรีย์)

Definition: การทำงานร่วมกับจุลินทรีย์ในลำไส้เพื่อ "เปลี่ยนรูป" สารอาหาร (Biotransformation)
(Biotransformation)

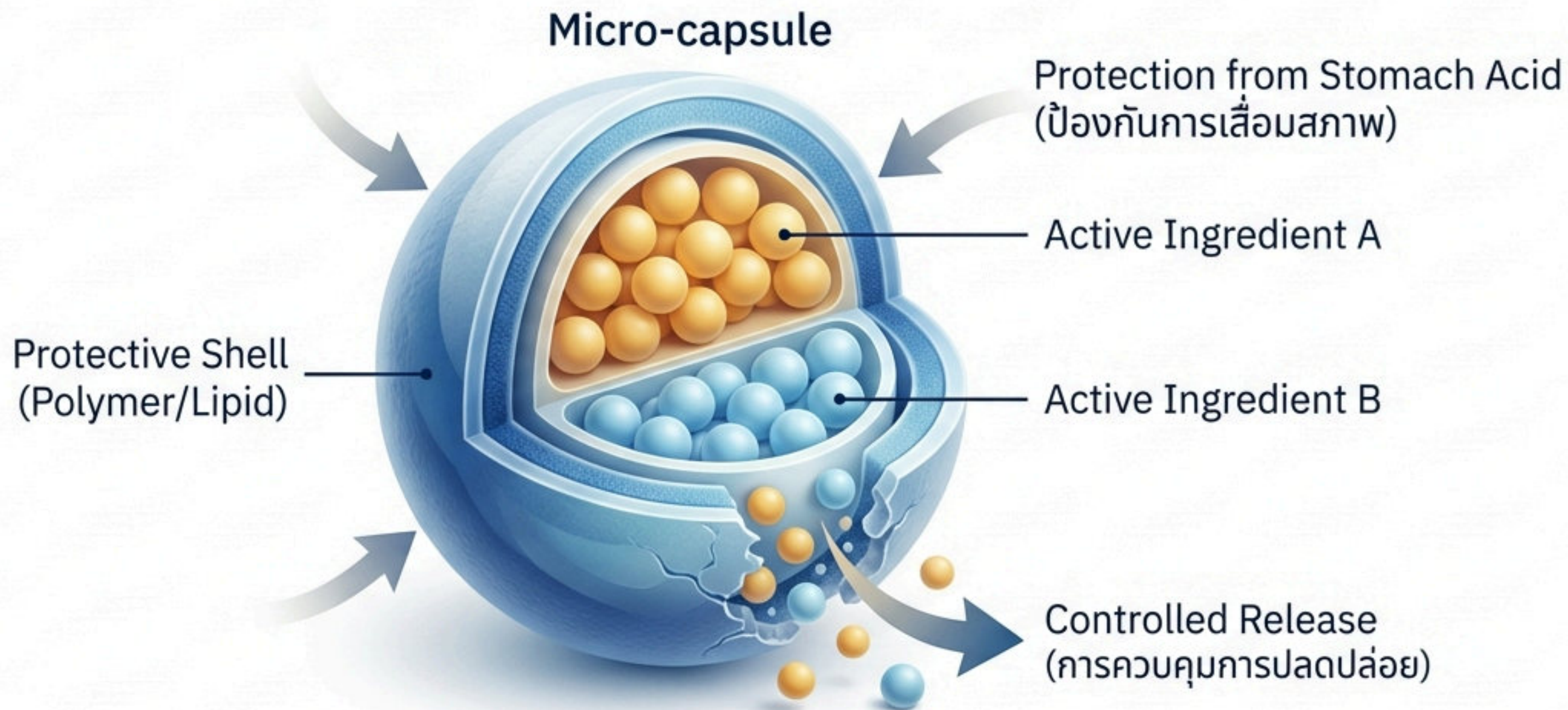
Case Study: Polyphenols + Gut Flora

จุลินทรีย์เปลี่ยนรูป Polyphenols ให้กลายเป็น **สารเมแทบอไลต์** (Metabolite) ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพสูงขึ้น



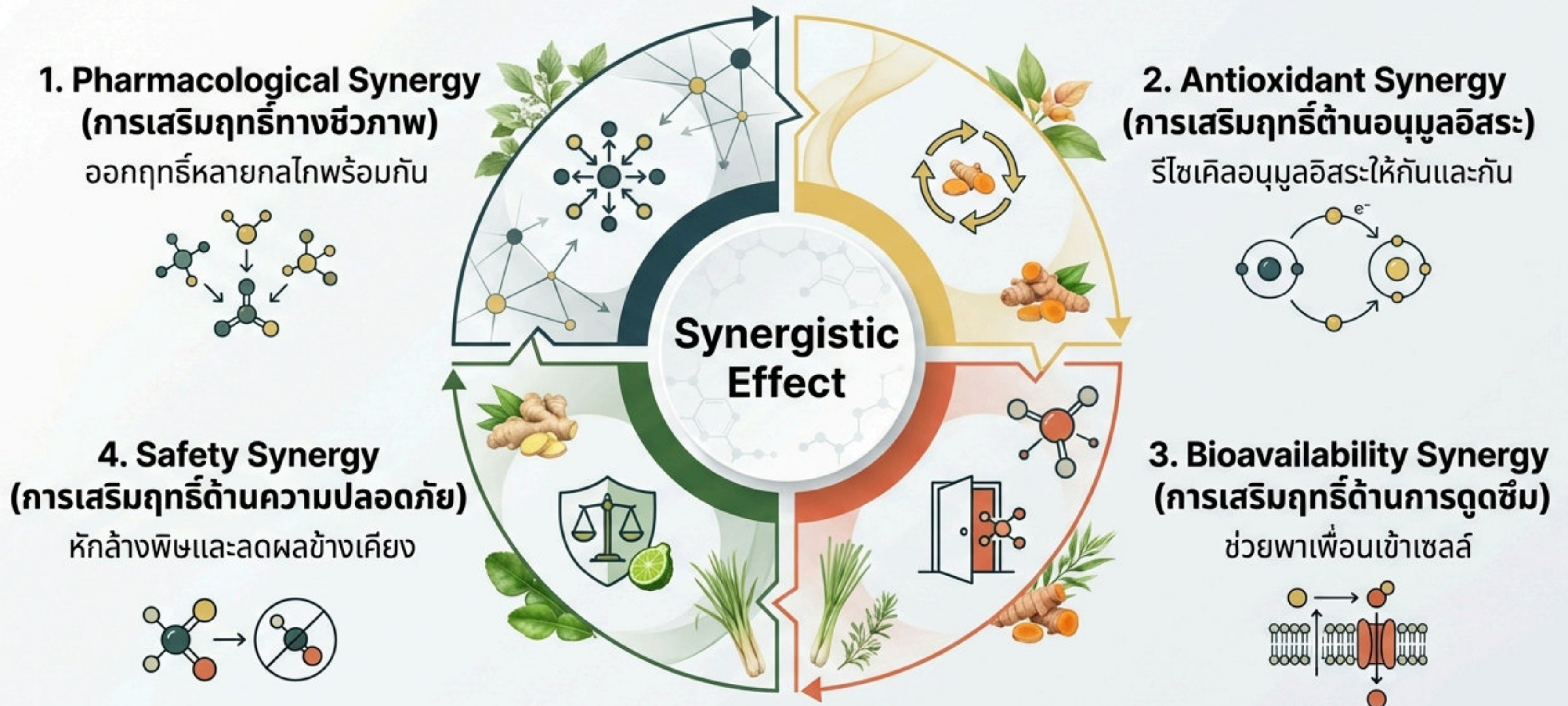
6. Technological Synergistic Effect (การเสริมพลังทางเทคโนโลยี)

การใช้นวัตกรรมทางวิศวกรรมอาหารเพื่อควบคุมและปกป้องสารสำคัญ



Application:: Co-delivery systems (ระบบการส่งมอบสารร่วมกัน) เพื่อคงสัดส่วนที่เหมาะสมจนถึงเป้าหมาย

3.แนวทางใช้ประโยชน์ด้านการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดจากสมุนไพรไทย

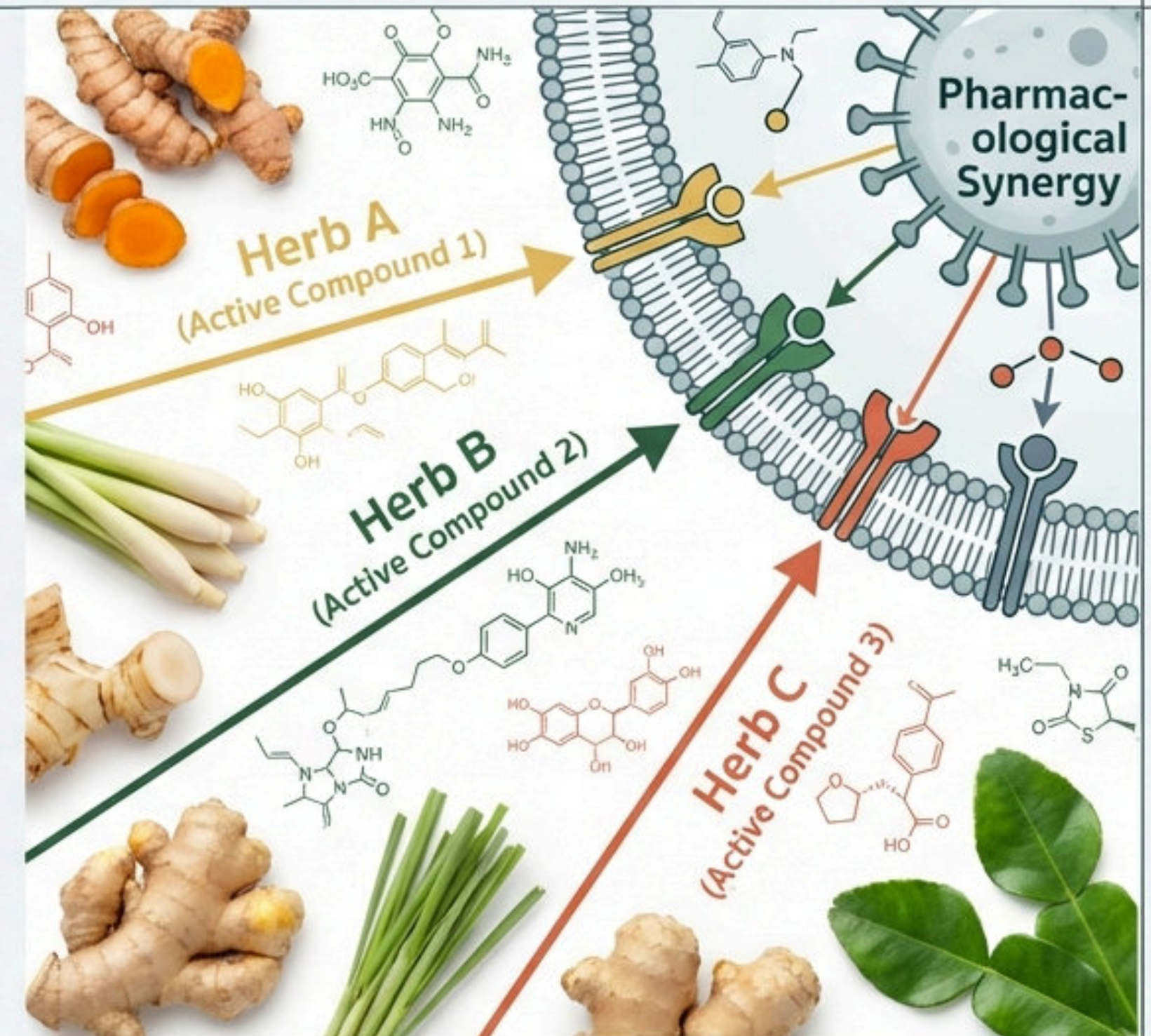


กลไกที่ 1: การเสริมฤทธิ์ทางชีวภาพ (Pharmacological Synergy)

Multi-target Action: โจมตีเป้าหมายจากหลายทิศทาง

สมุนไพรแต่ละชนิดมีสารออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน
เมื่อนำมาใช้ร่วมกันจะสามารถกระตุ้นหรือยับยั้ง
กลไกการเกิดโรคได้หลายช่องทางพร้อมกัน

- ✓ ลดการใช้สารเดี่ยวในปริมาณสูง
- ✓ ลดผลข้างเคียงจากการใช้ยา
- ✓ เพิ่มประสิทธิภาพการรักษา



ตัวอย่างคู่หูทรงพลัง: ผลลัพธ์จากการวิจัย



ขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) + ขิง (*Zingiber officinale*)

ผลลัพธ์: เสริมฤทธิ์ต้านอักเสบ และ ต้านอนุมูลอิสระ



ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata*) + มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*)

ผลลัพธ์: เสริมฤทธิ์ภูมิคุ้มกัน และ ต้านการอักเสบ

ตัวอย่างคู่หูทรงพลัง: ผลลัพธ์จากการวิจัย

Collagen + Vitamin C

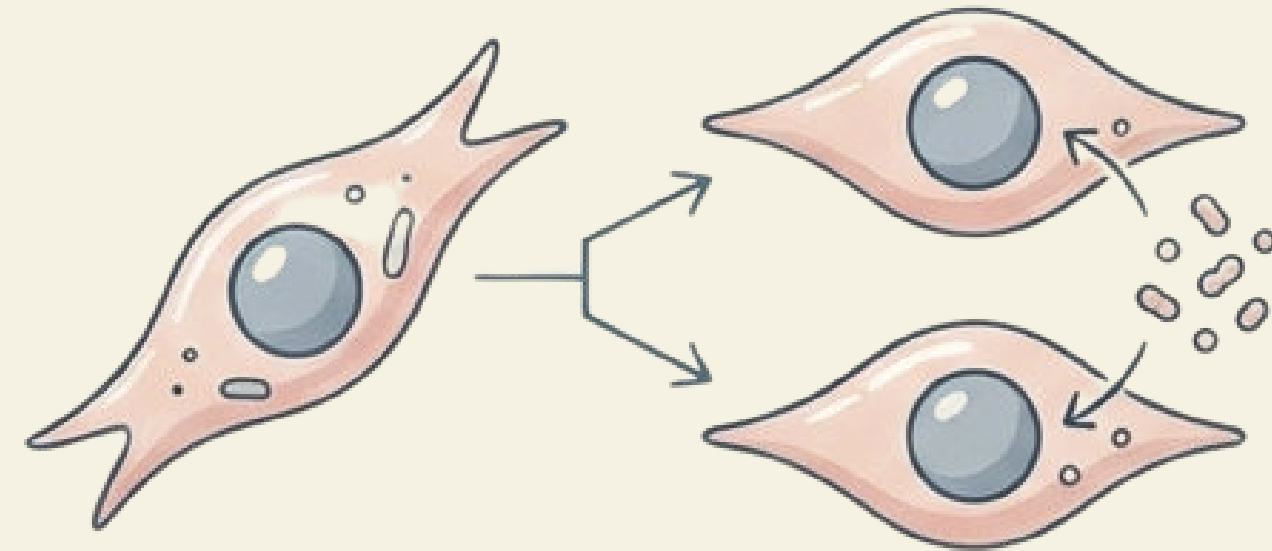


วิตามินซีทำหน้าที่เป็น Co-factor ช่วยไฮดรอกซิเลต (Hydroxylate) กรดอะมิโน Proline และ Lysine เพื่อสร้างความเสถียรให้โมเลกุลคอลลาเจน หากขาดซี คอลลาเจนจะไม่ก่อตัว

Benefit: ผิวมีความยืดหยุ่นและข้อต่อแข็งแรง

Zinc + Collagen Peptides

Cellular Synergy



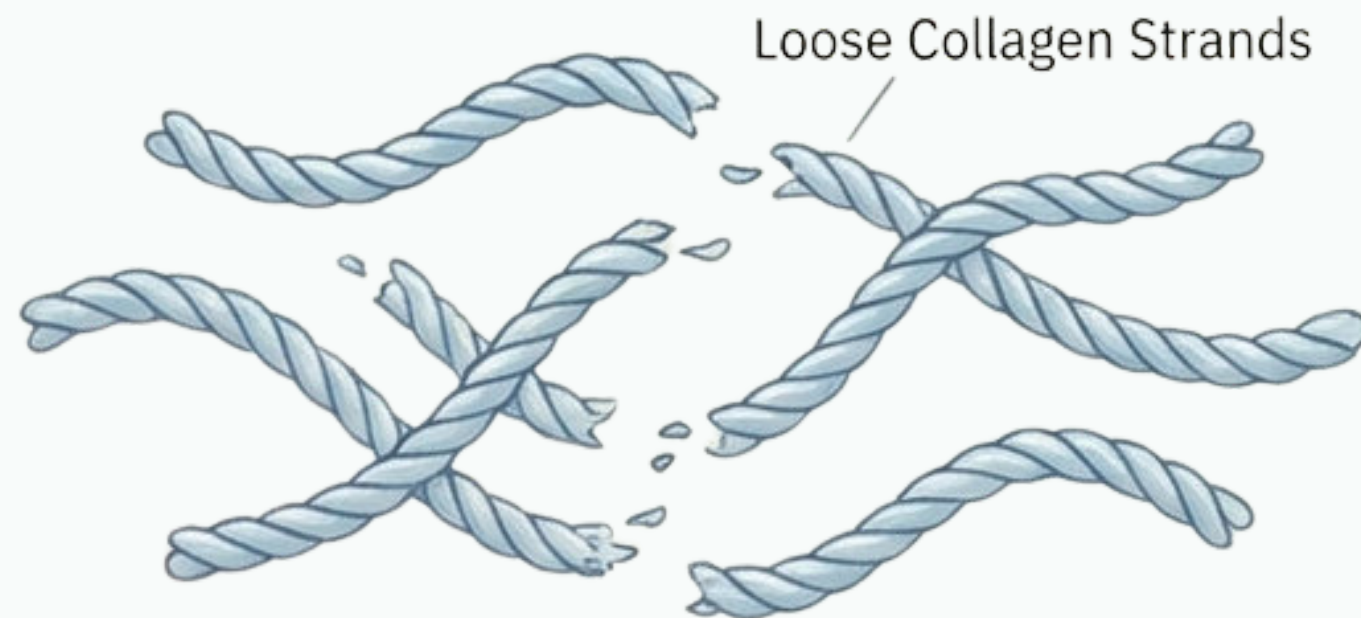
การสร้างคอลลาเจนต้องอาศัย
การแบ่งตัวของเซลล์สร้างเส้นใย

Zinc supports DNA synthesis and drives [fibroblast proliferation] – the factories that produce collagen.

ตัวอย่างคู่หูทรงพลัง: ผลลัพธ์จากการวิจัย

Structural Integrity: Cross-linking and Signaling

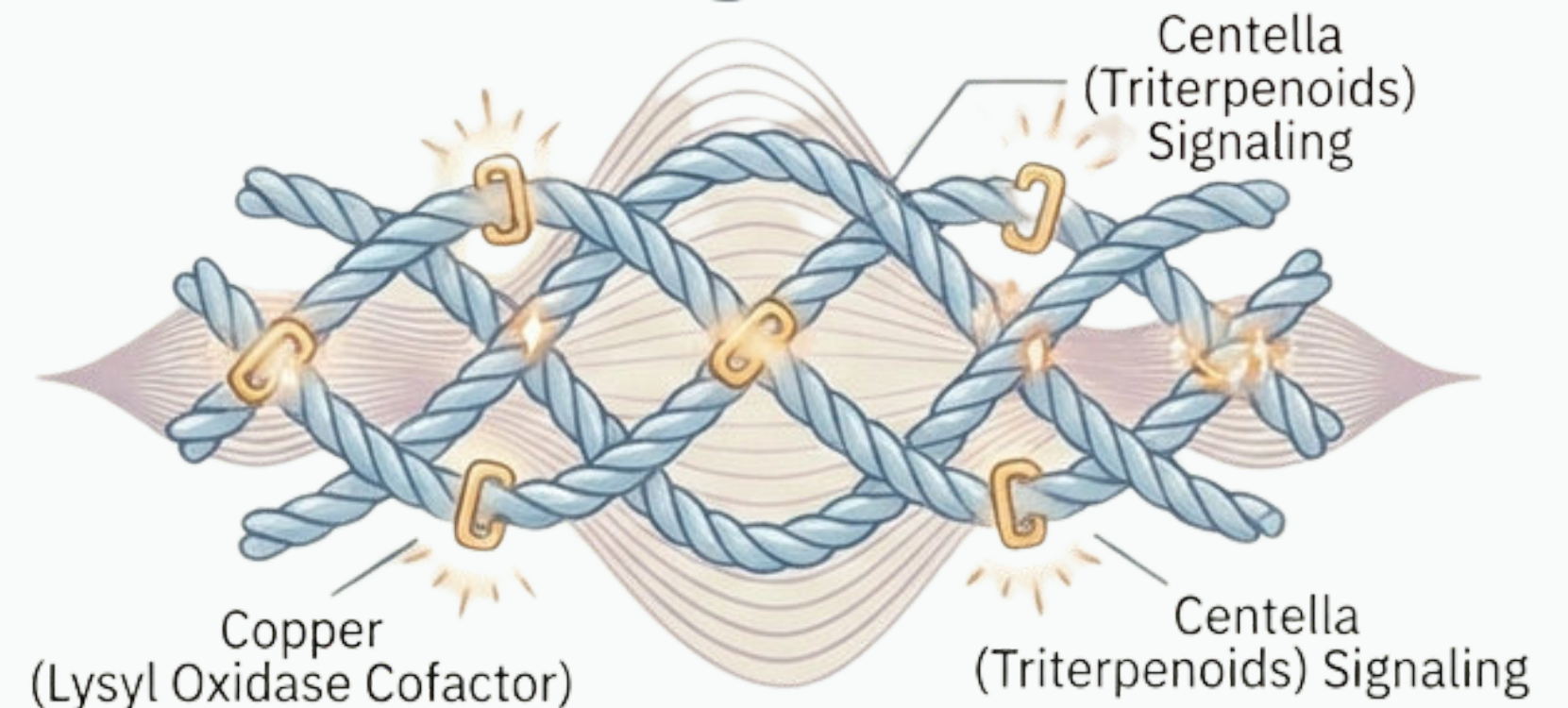
Weak/Loose



Copper + Collagen
(Structural Synergy)

คอลลาเจนที่ขาดการเชื่อมต่อ (Cross-link) จะเปราะและขาดความยืดหยุ่น Copper ช่วยสร้างพันธะให้โครงสร้างเหนียวแน่น

Strong/Mesh



Centella + Collagen
(Cellular Synergy)

การสร้างคอลลาเจนต้องการสัญญาณกระตุ้น Triterpenoids ส่งสัญญาณผ่าน TGF- β เพื่อเร่งกระบวนการซ่อมแซม

ตัวอย่างคู่หูทรงพลัง: ผลลัพธ์จากการวิจัย



B-Complex Chain (B1-B12)

ทำงานเป็นทีมดีกว่าแยกเดี่ยว: B1-B3 สร้างพลังงาน /
B6-B12 สร้างเม็ดเลือด / Biotin ดูแลผม



Allicin (กระเทียม) + Antibiotics

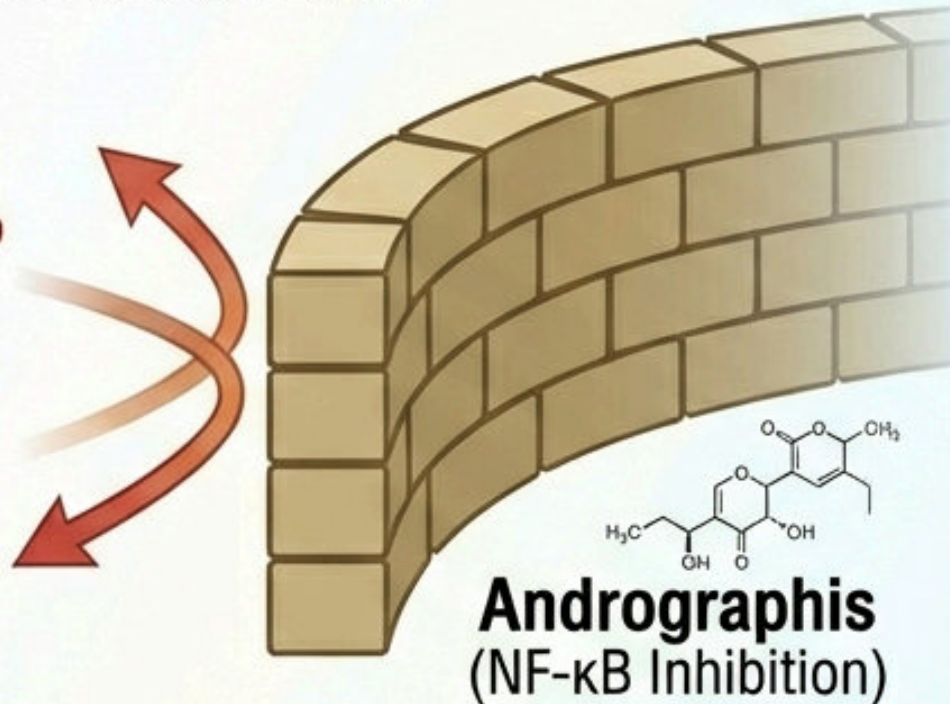
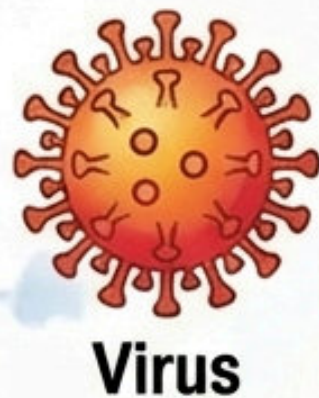
- **กลไก:** ทำลายผนังเซลล์แบคทีเรีย
- **ผลลัพธ์:** ทำลายเชื้อดื้อยา (MDR Bacteria)



ตัวอย่างคู่หูทรงพลัง: ผลลัพธ์จากการวิจัย

ภูมิคุ้มกันหลายมิติ: การป้องกันและการโจมตี

การป้องกัน



Andrographis + Zinc
(Functional Synergy)



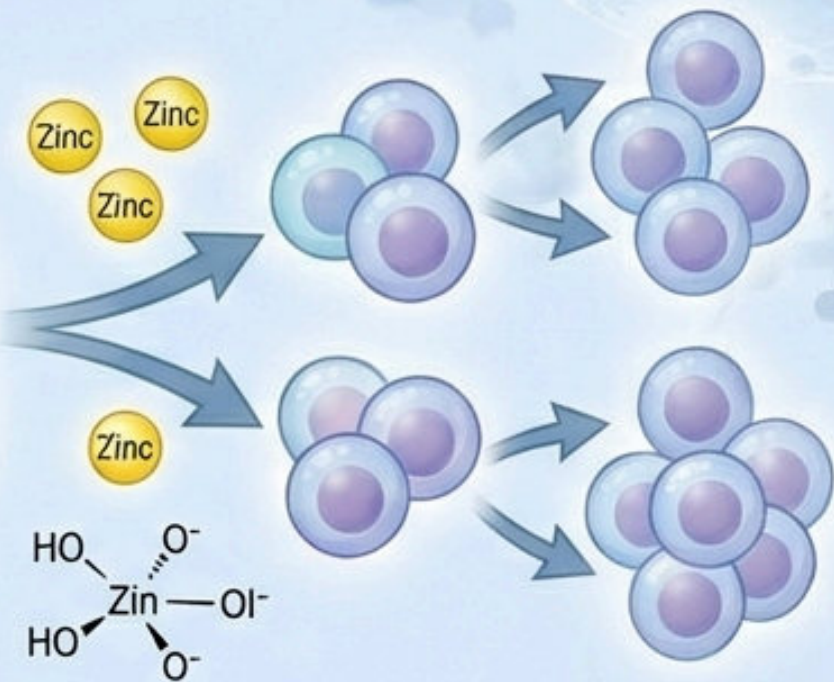
ฟ้าทะลายโจรทำหน้าที่หยุดยั้งไวรัสและลดการอักเสบ
ในขณะที่ Zinc ทำหน้าที่เพิ่มจำนวนกองทัพเซลล์ภูมิคุ้มกัน (T-cells)

การโจมตี

Immune Cells



Immune Cells



Phyllanthus Emblica + Vitamin C
(Protective Synergy)



สารต้านอนุมูลอิสระในมะขามป้อมช่วยปกป้องวิตามิน C
ธรรมชาติให้คงตัวและมีความเข้มข้นสูง

ตัวอย่างคู่หูทรงพลัง: ผลลัพธ์จากการวิจัย

ทีมปกป้องสมองและระบบประสาท: เกราะป้องกันการเสื่อมสภาพ

Omega-3 + Vitamin E

โอเมก้า-3 เสื่อมสลายง่าย
(Oxidation)

วิตามินอีทำหน้าที่เป็นเกราะ
ป้องกันไม่ให้โอเมก้า-3
เหม็นหืนหรือเสื่อมสภาพ
ในร่างกาย
เพิ่มระดับ **Nitric Oxide**



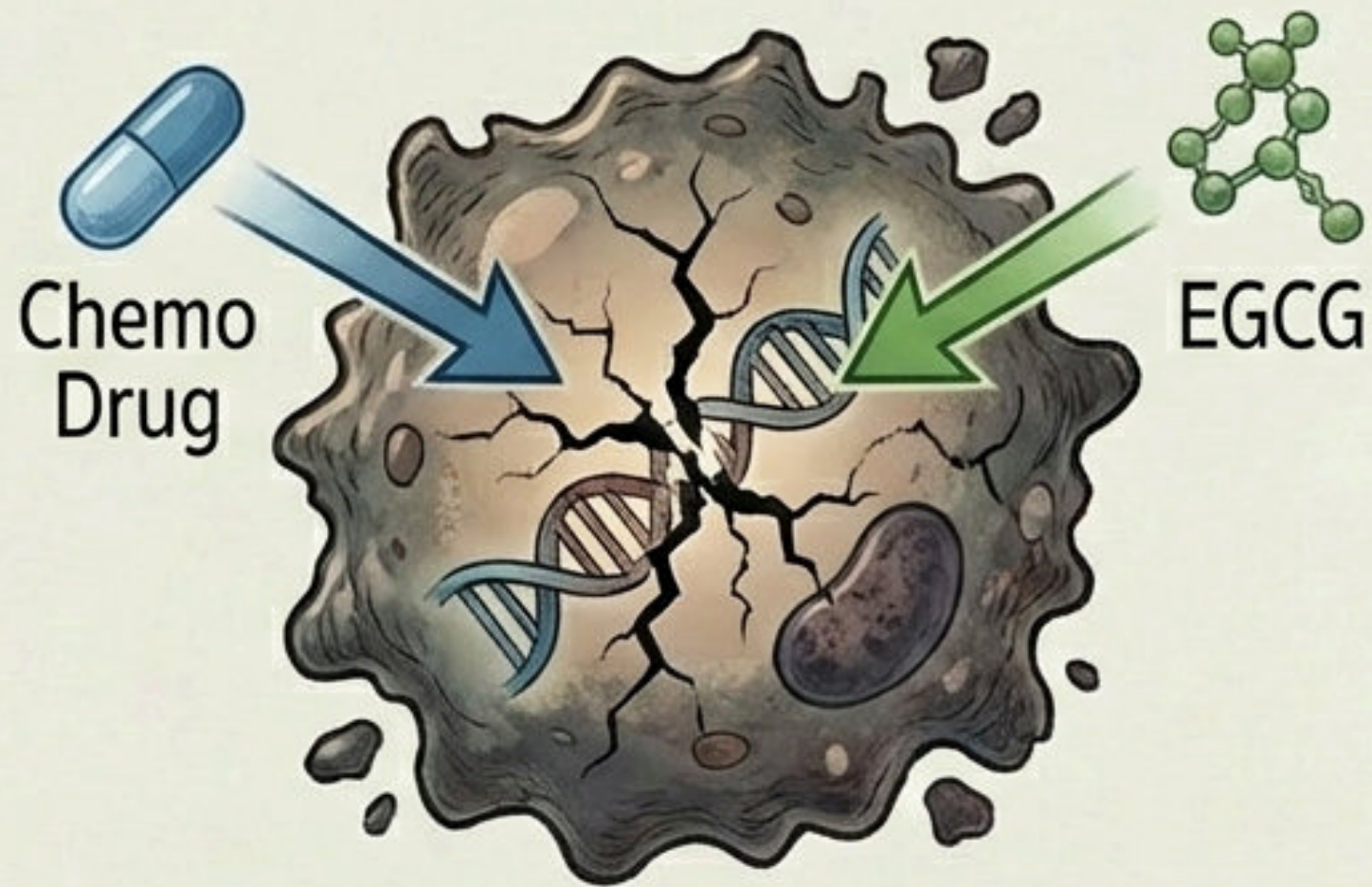
Vitamin B6 + Magnesium

ลดความเครียดและ
ช่วยระบบประสาท

Benefit:
ช่วยเรื่องการนอนหลับ
และลดอาการปวด
ประจำเดือน

ศักยภาพในการรักษามะเร็ง: ชาเขียว (EGCG) & เคมีบำบัด

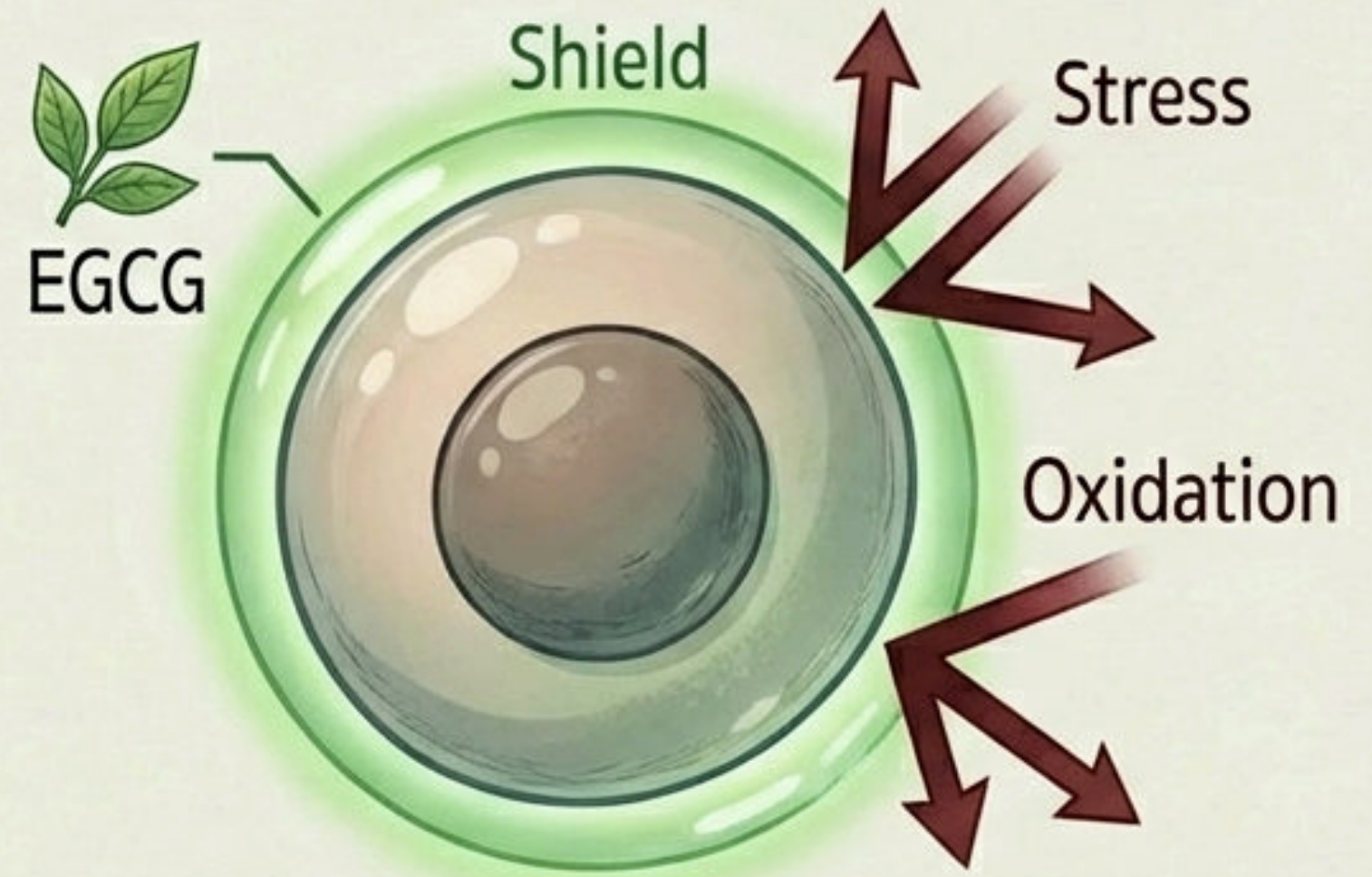
Synergy in Cancer Cell



ยา (Drugs):
Cisplatin, Paclitaxel

การเสริมฤทธิ์: EGCG
เพิ่มความเสียหายของ
DNA ในเซลล์มะเร็ง

Protection in Healthy Cell



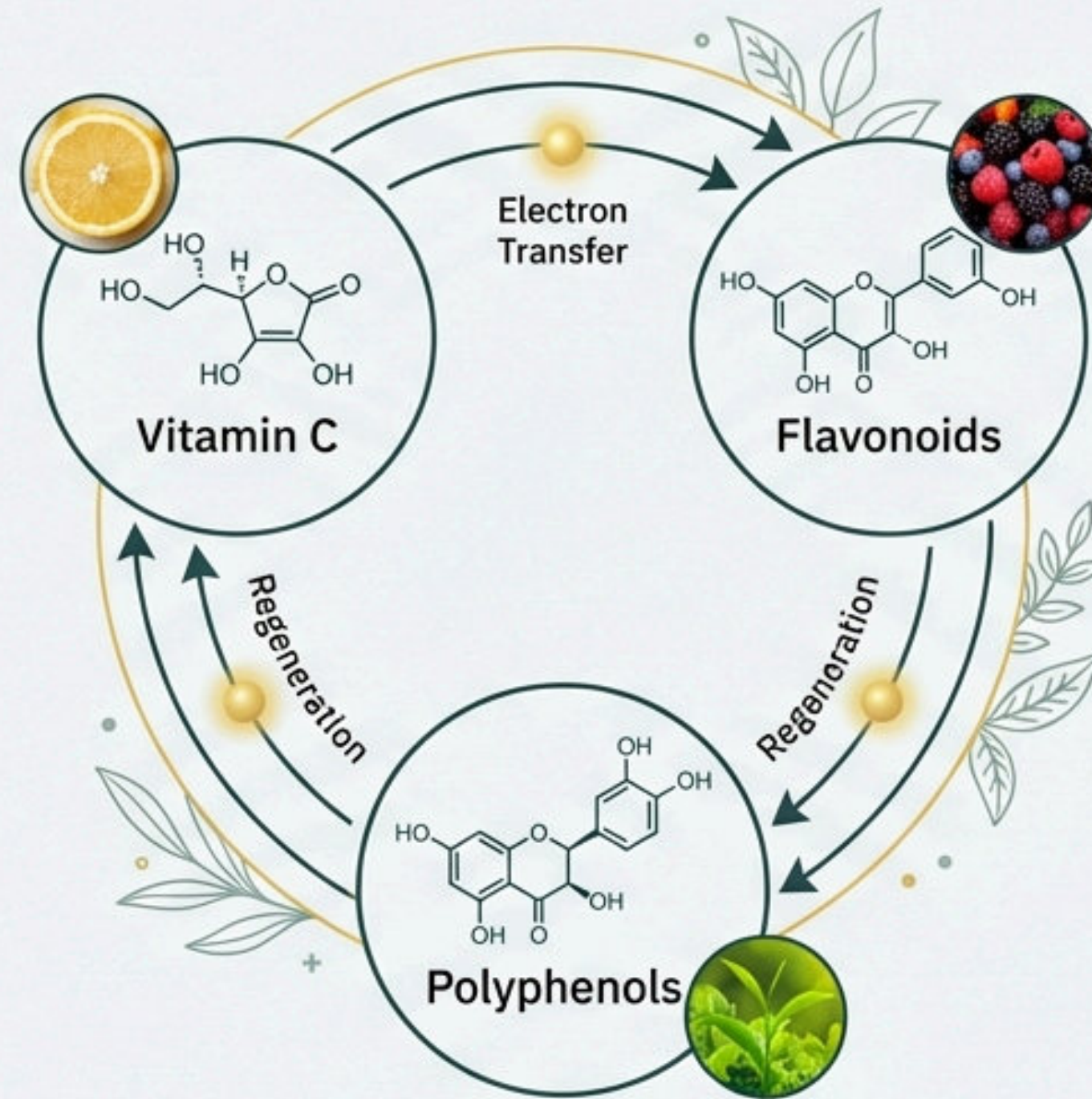
การปกป้อง: EGCG
ช่วยปกป้องเซลล์ดีจาก
ความเครียดออกซิเดชัน

หมายเหตุ: ต้องระวังการจับตัวกันทางเคมีในยาบางชนิด

กลไกที่ 2: การเสริมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Synergy)

ปฏิกิริยาลูกโซ่แห่งการปกป้อง

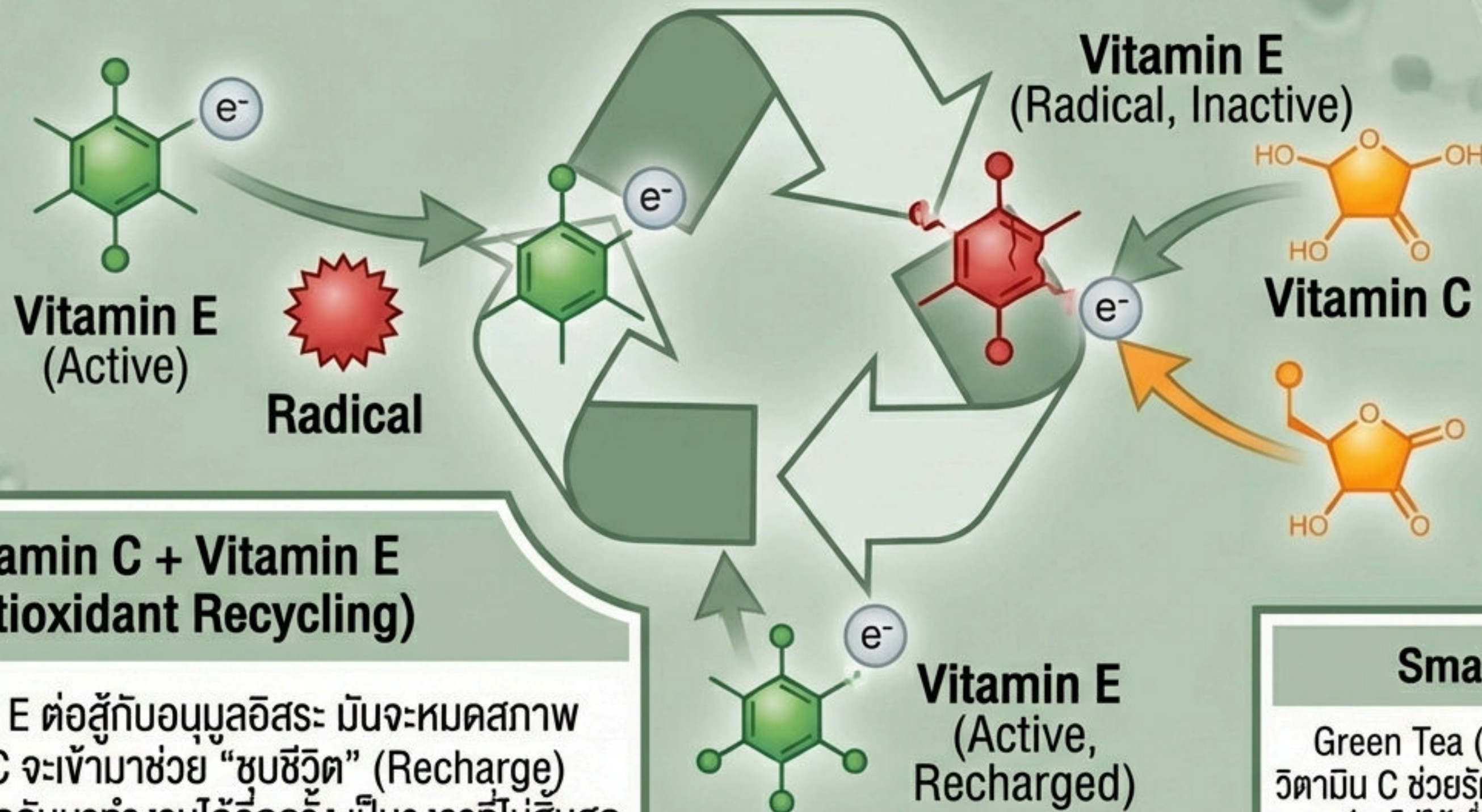
สารโพลีฟีนอล, ฟลาโวนอยด์,
และวิตามิน C จากสมุนไพร
ต่างชนิด
ทำหน้าที่ช่วย “รีไซเคิล”
อนุมูลอิสระให้กันและกัน
ทำให้ประสิทธิภาพการปกป้อง
เซลล์ยาวนานขึ้น



**ค่า DPPH / ABTS / ORAC
สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ**
(เมื่อเทียบกับการใช้สารเดี่ยว)



เครือข่ายต้านอนุมูลอิสระ: การรีไซเคิลโมเลกุล



Vitamin C + Vitamin E (Antioxidant Recycling)

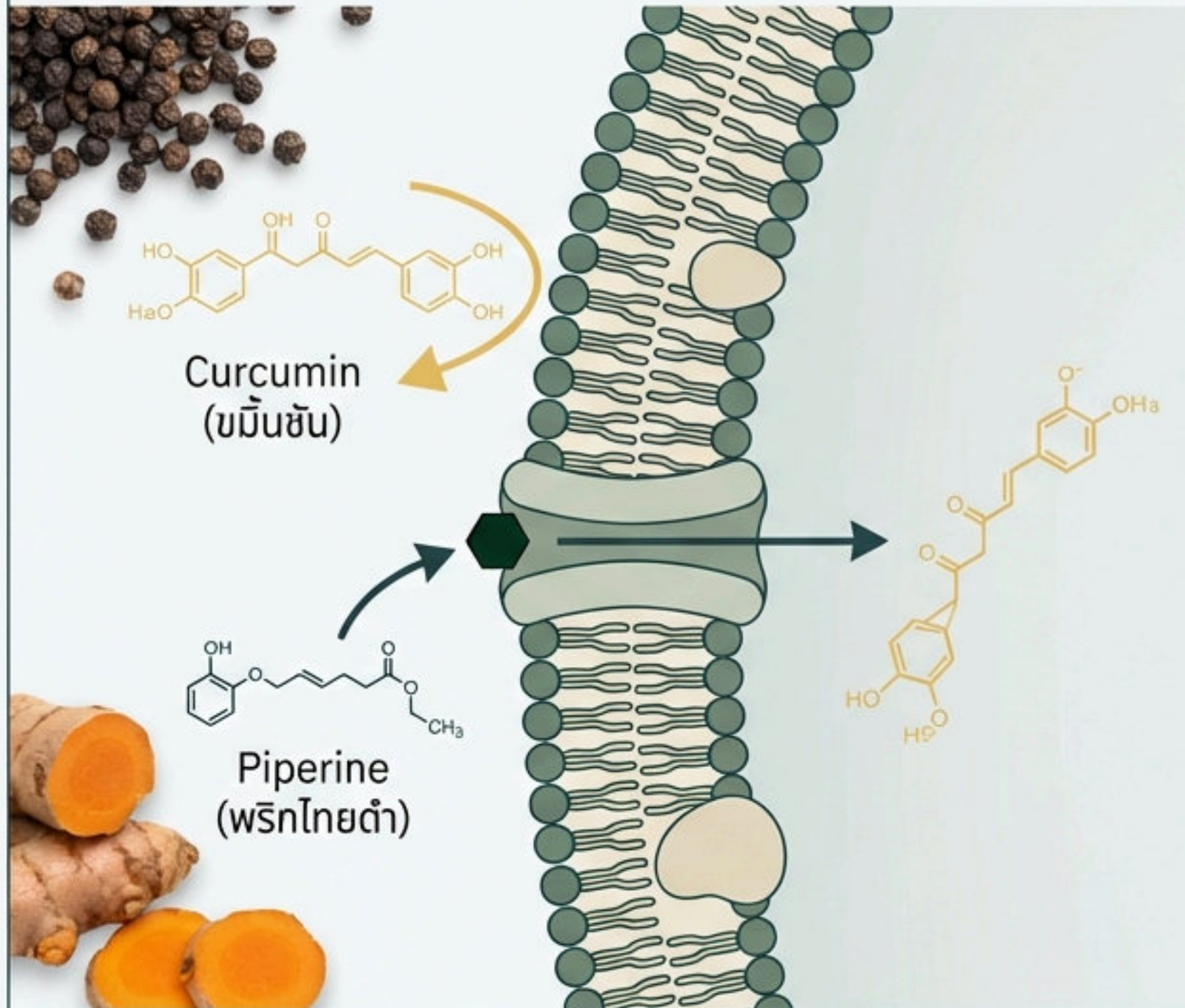
เมื่อวิตามิน E ต่อกับอนุมูลอิสระ มันจะหมดสภาพ
วิตามิน C จะเข้ามาช่วย “ชาร์จชีวิต” (Recharge)
ให้วิตามิน E กลับมาทำงานได้อีกครั้ง เป็นวงจรที่ไม่สิ้นสุด

Small Note:

Green Tea (EGCG) + Vit C:
วิตามิน C ช่วยรักษาความเสถียรของ
ชาเขียวไม่ให้เสื่อมสภาพก่อนเวลา

กลไกที่ 3: การเสริมฤทธิ์ด้านการดูดซึม (Bioavailability Synergy)

ผู้ช่วยพาเข้าเซลล์ (The Cellular Escort)



สมุนไพรบางชนิดอาจไม่ได้มีฤทธิ์รักษาโดยตรงที่รุนแรง แต่ทำหน้าที่สำคัญในการช่วยพาสารออกฤทธิ์หลักเข้าสู่ร่างกาย

พริกไทยดำ (*Piper nigrum*) มีสาร Piperine

- **หน้าที่:** ยับยั้งการสลายตัวของ Curcumin (จากขมิ้น)
- **ผลลัพธ์:** ระดับสารออกฤทธิ์ในเลือดสูงขึ้นโดยใช้ปริมาณน้อยลง



ขิง และ ตีปลี ช่วยกระตุ้นการไหลเวียนเลือด และเอนไซม์ย่อย

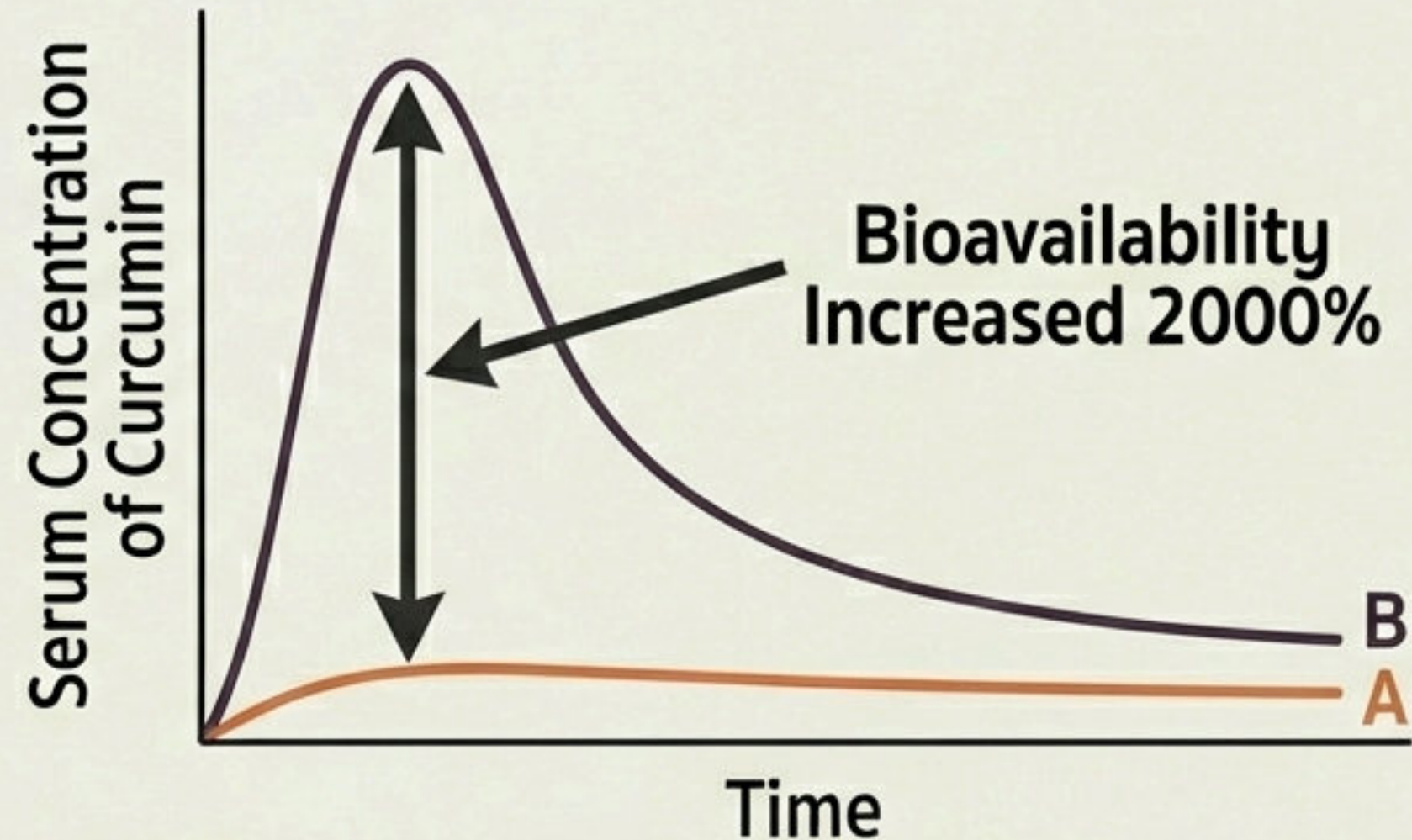
กรณีศึกษา: คู่หูเสริมฤทธิ์ด้านการดูดซึม

ขมิ้นชัน & พริกไทยดำ (Curcumin + Piperine)



Curcumin + Piperine

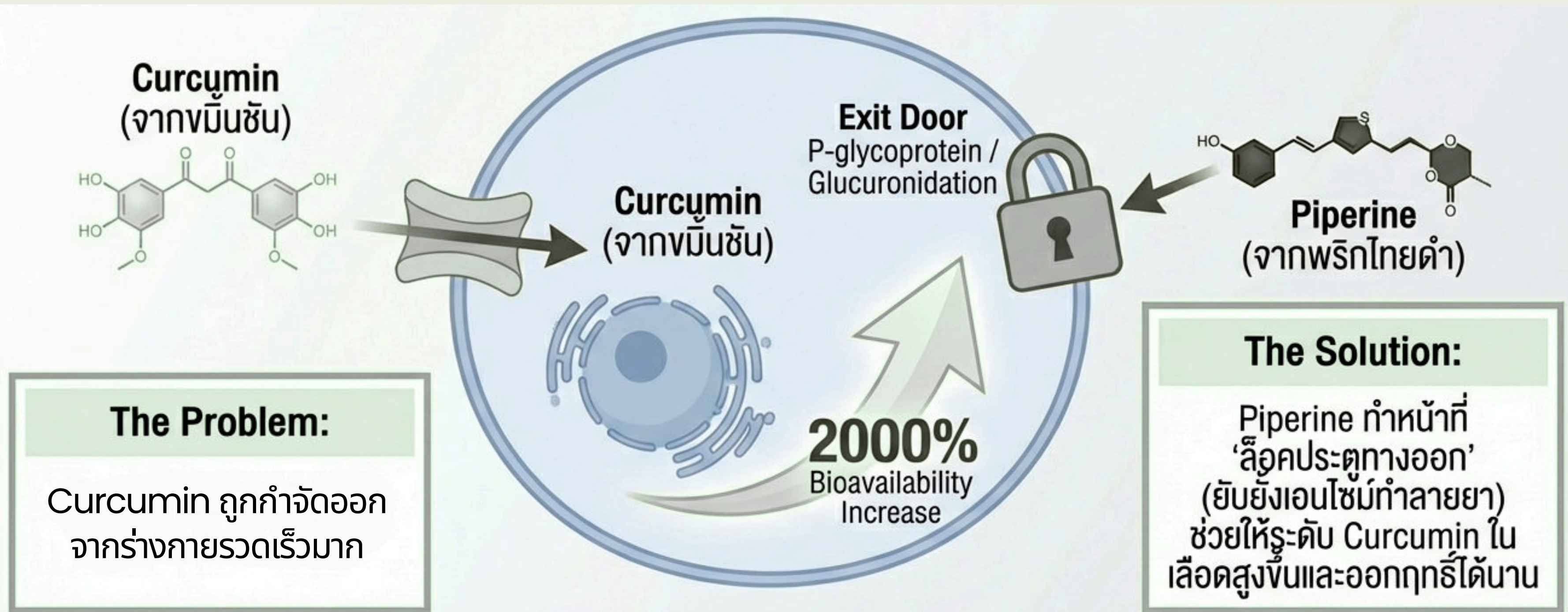
- กลไก: Piperine ยับยั้ง CYP3A4 และ P-gp
- ผลลัพธ์: เพิ่มการดูดซึม (Bioavailability) อย่างมหาศาล



- ปัญหา (The Problem): Curcumin ถูกดูดซึมได้น้อยมากและถูกขับออกเร็ว
- กลไก (The Mechanism): Piperine ยับยั้งกระบวนการ Glucuronidation ในตับและลำไส้

กรณีศึกษา: คู่หูเสริมฤทธิ์ด้านการดูดซึม

ขมิ้นชัน & พริกไทยดำ (Curcumin + Piperine)



กรณีศึกษา: คู่หูเสริมฤทธิ์ด้านการดูดซึม

Lycopene + Fat



ความร้อนและไขมันช่วยเปลี่ยนรูปไลโคปีนให้พร้อมดูดซึมได้ทันที
(มะเขือเทศปิ้งสุกด้วยน้ำมันมะกอก ดีกว่าทานสด)

วิตามิน A, D, E, K + ไขมันดี



วิตามินกลุ่มนี้ต้องใช้ไขมันช่วยในการดูดซึม
ควรกินพร้อมอาหารที่มีไขมันดี

กฎเหล็กของวิตามินที่ละลายในไขมัน

Vitamins A, D, E, K

กฎสำคัญ: วิตามินเหล่านี้ “ไร้ค่า” หากไม่มีไขมันช่วยพาเข้าสู่ร่างกาย

ต้องรับประทานพร้อมมื้ออาหารที่มีไขมันดี

Sources: น้ำมันมะกอก (1 ช้อนโต๊ะ), อะโวคาโด (1/4 ผล), ถั่ว, หรือเมล็ดพืช

กรณีศึกษา: คู่หูเสริมฤทธิ์ด้านการดูดซึม

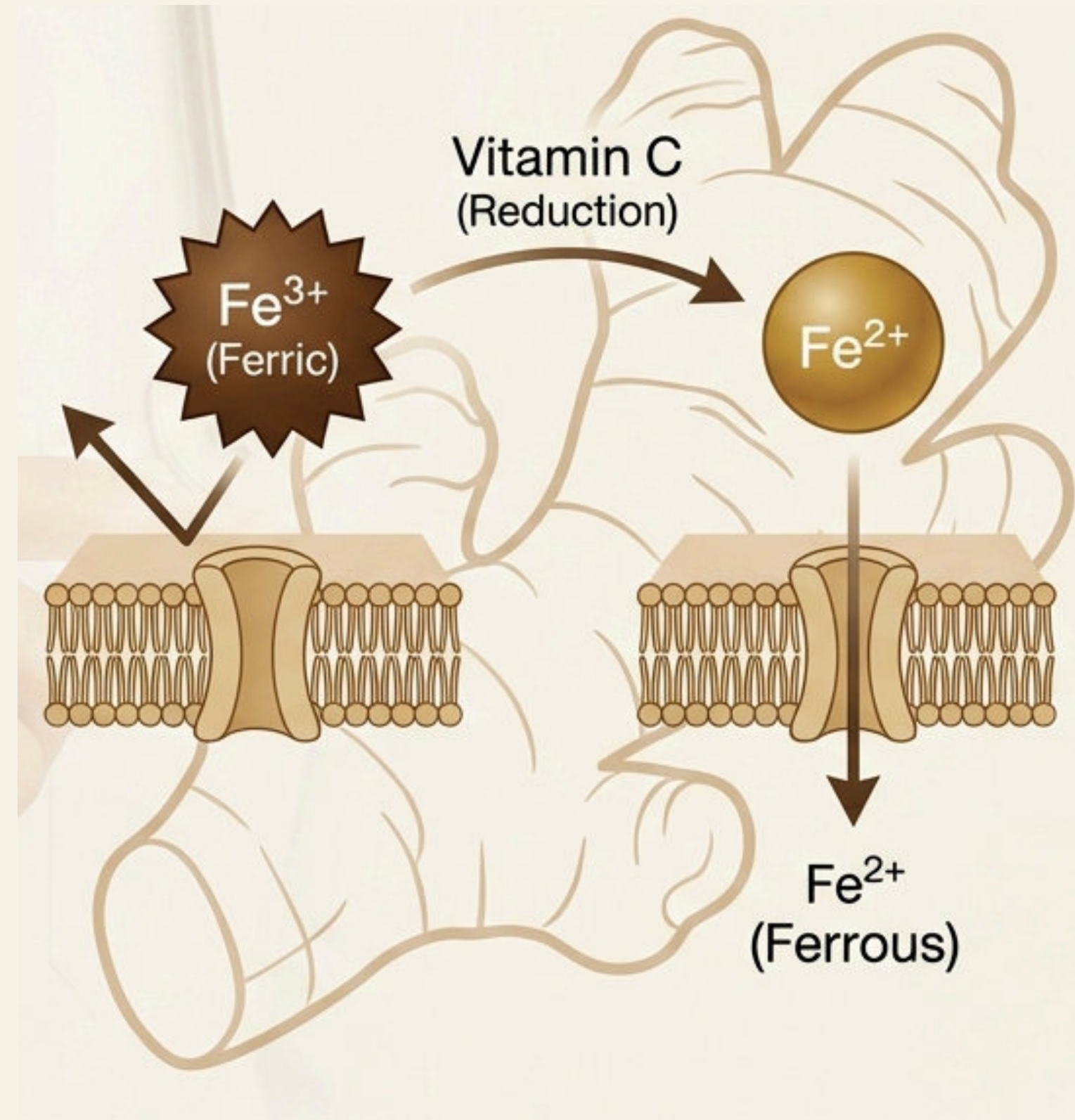


Iron + Vitamin C

วิตามินซีช่วยเปลี่ยนธาตุเหล็กจากพืช (Fe^{3+}) ให้เป็น Fe^{2+} ซึ่งดูดซึมง่ายกว่า

เพิ่มการดูดซึมธาตุเหล็กจากพืชได้ถึง 6 เท่า (6x)

Menu Idea: ผักโขมราดน้ำมันมะนาว หรือ ถั่วเลนทิลคู่กับพริกหยวก



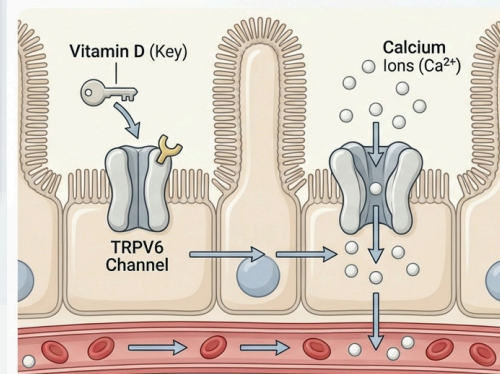
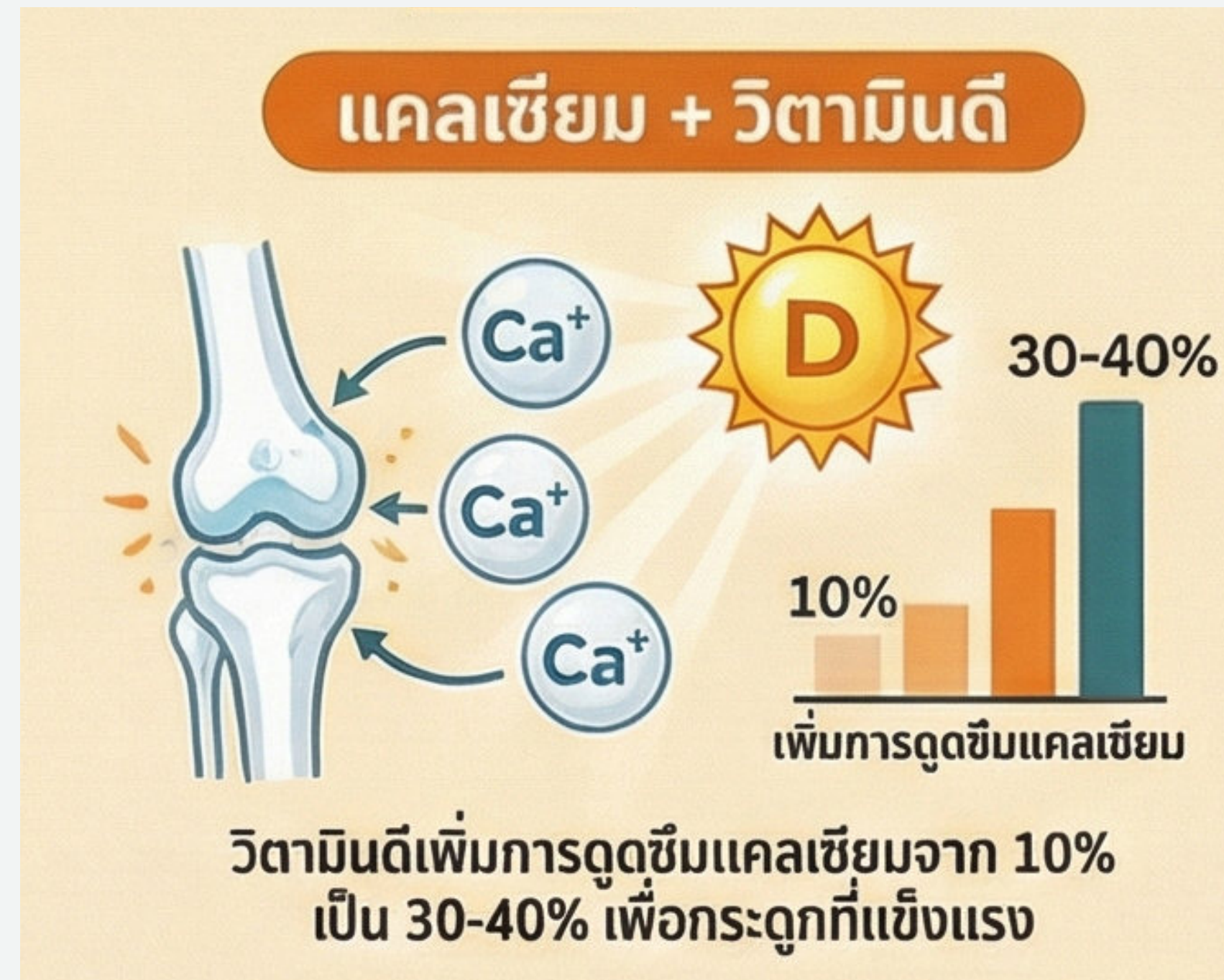
กรณีศึกษา: คู่หูเสริมฤทธิ์ด้านการดูดซึม

Vitamin D + Calcium (Absorption Synergy)

วิตามิน D เปรียบเสมือน 'ผู้เปิดประตู' ที่ผนังลำไส้ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมแคลเซียมเข้าสู่กระแสเลือดอย่างมีนัยสำคัญ



Mechanism Note: Upregulates expression of TRPV6 channels and calbindin transport proteins.



กรณีศึกษา: คู่หูเสริมฤทธิ์ด้านการดูดซึม

ทีมสร้างกระดูก: โครงสร้างที่แข็งแกร่งต้องทำงานเป็นระบบ



Vitamin D: หัวหน้าที่ม

ช่วยเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมจาก
10-15% เป็น 30-40%
กระตุ้นการสร้าง Calbindin

Magnesium: ผู้ช่วย
(เปลี่ยน D ให้เป็น
Active Form)

Calcium: วัตถุดิบหลัก

Vitamin K2: ฝ่ายขนส่ง

นำแคลเซียมเข้าสู่กระดูกและฟัน
ป้องกันแคลเซียมเกาะหลอดเลือด

ผู้ควบคุมการจราจร: การนำส่งแคลเซียมสู่เป้าหมาย

Stat: เพิ่มการดูดซึมได้สูงถึง 40% (จากเดิมเพียง 10-15%)

Dose: Calcium 1,000-1,200 mg | Vit D3 600-2,000 IU | Vit K2 100-200 mcg | Magnesium 310-420 mg

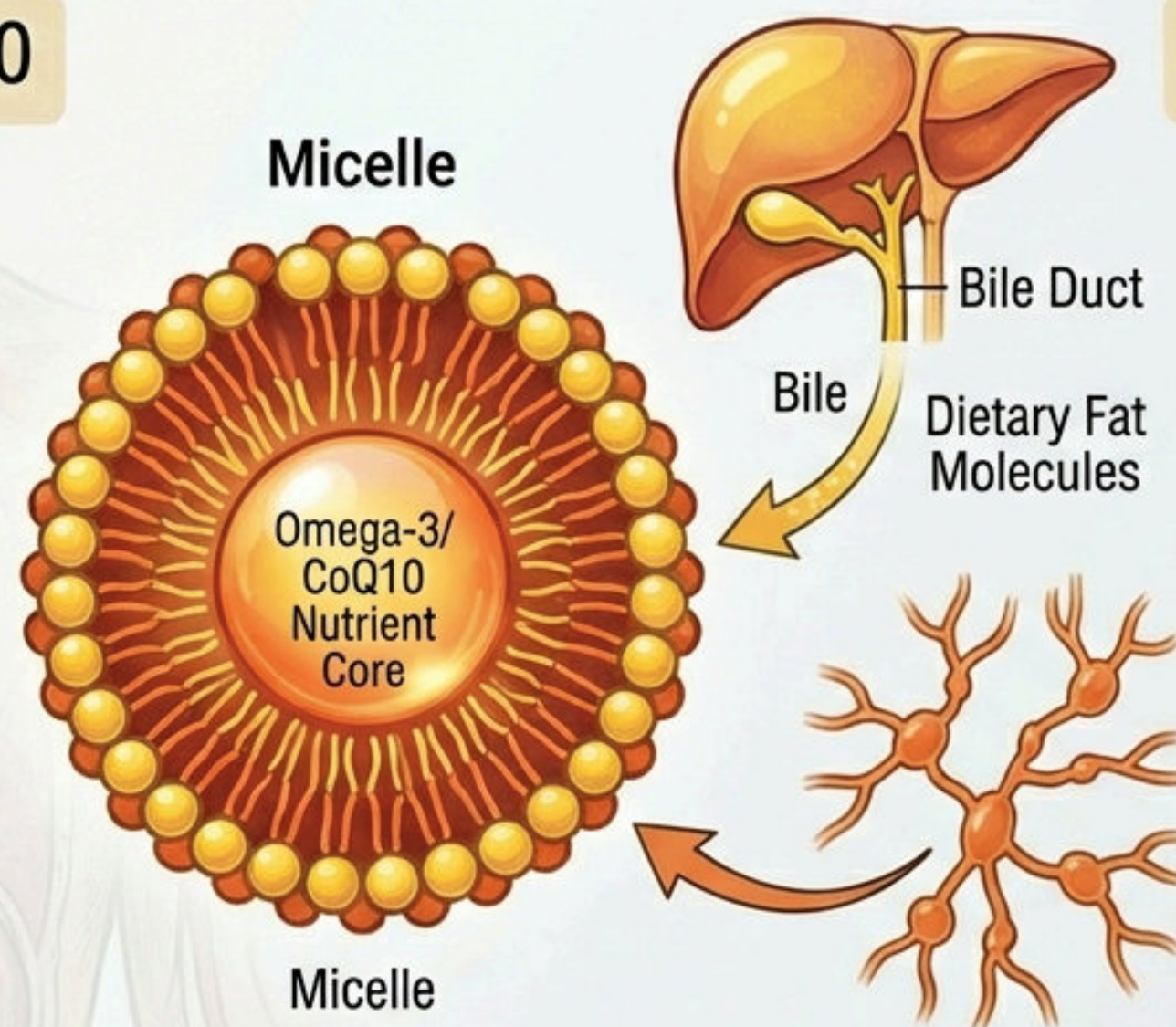
กรณีศึกษา: คู่หูเสริมฤทธิ์ด้านการดูดซึม

การปลดปล่อยสารที่ไม่ละลายน้ำ: กลุ่มไขมัน

Unlocking the Lipophilics (Omega-3, CoQ10, Vit A)

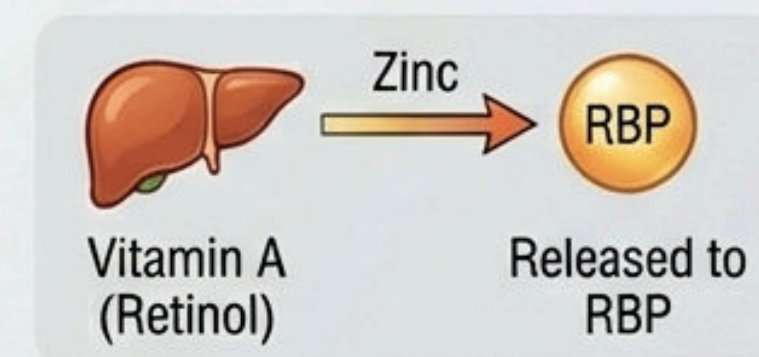
Fat + Omega-3 / CoQ10

- Absorption Synergy: ไขมันช่วยกระตุ้นน้ำดี และสร้าง 'Micelle' เพื่อห่อหุ้มสารอาหาร นำส่งผ่านระบบน้ำเหลือง (Lymphatic System)



Zinc + Vitamin A

- Transport Synergy: วิตามิน A ออกจากตับไม่ได้ ถ้าขาด Zinc ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างโปรตีนขนส่ง (RBP - Retinol Binding Protein)



กลไกที่ 4: การเสริมฤทธิ์ด้านความปลอดภัย (Safety Synergy)

ศิลปะแห่งการสมดุล (The Art of Balance)



Core Logic

การใช้สมุนไพรหลายชนิดร่วมกันช่วย
“หักล้างพิษ” และลดผลข้างเคียงระยะยาว

Traditional Logic List

- สมุนไพรสร้อน + รสเย็น
- สมุนไพรออกฤทธิ์แรง + สมุนไพรบำรุง

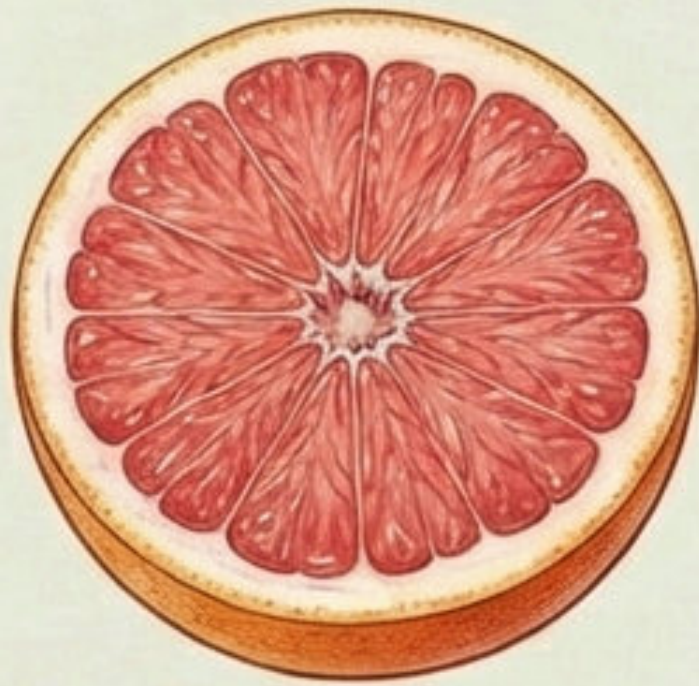
Highlight Box:

ความปลอดภัยไม่ได้เกิดจากการตัดออก
แต่เกิดจากการผสมผสานที่ลงตัว

ข้อควรระวังในด้านการเสริมฤทธิ์ vs ต้านฤทธิ์ของสารสกัดจากสมุนไพรไทย

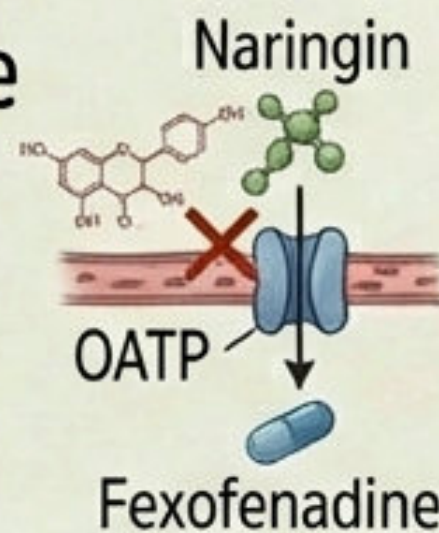
กลุ่มโรค (Disease Class)	 การเสริมฤทธิ์ (Synergy - Green)	 การต้านฤทธิ์ (Antagonism - Red)
มะเร็งวิทยา (Oncology)	 Resveratrol + Doxorubicin (Chemosensitization)	 Curcumin + Doxorubicin (Antioxidant interference)
ระบบประสาท (CNS)	 Ginkgo biloba + SSRIs (Mood enhancement)	 Ginseng + Sedatives (Counteracts sedation)
หัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular)	 Berberine + Statins (Lipid lowering)	 Ginseng + Warfarin (Altered metabolism)
การติดเชื้อ (Infectious)	 Garlic + Amoxicillin (Anti-resistance)	-

ผู้ขัดขวางจากมืออาหาร (Dietary Saboteurs)



Grapefruit Juice (น้ำเกรปฟรุต)

- คู่กับ: ยาแก้แพ้ Fexofenadine
- กลไก: สาร Naringin ยับยั้งตัวขนส่ง OATP
- ผลลัพธ์: ยาเข้าสู่กระแสเลือดได้น้อยลง -> การรักษาไม่ได้ผล



Green Tea (ชาเขียว)

- คู่กับ: ยามะเร็ง Bortezomib
- กลไก: EGCG จับกับโครงสร้าง Boronic acid ของยาโดยตรง
- ผลลัพธ์: ยาถูกทำลายฤทธิ์ทันที



สงครามแร่ธาตุ: เมื่อสารอาหารแย่งกันเข้าประตู



Concept: แร่ธาตุหลายชนิดใช้ “ตัวพา” (Transporter) เดียวกันในการดูดซึมที่ลำไส้ หากกินพร้อมกันปริมาณมาก จะเกิดการแย่งที่กัน

VS

1. **Calcium vs Iron:** แคลเซียมลดการดูดซึมเหล็กอย่างมาก (เสี่ยงโลหิตจาง)
-> แก้โดย: แยกมื้อห่างกัน 2-3 ชม.

VS

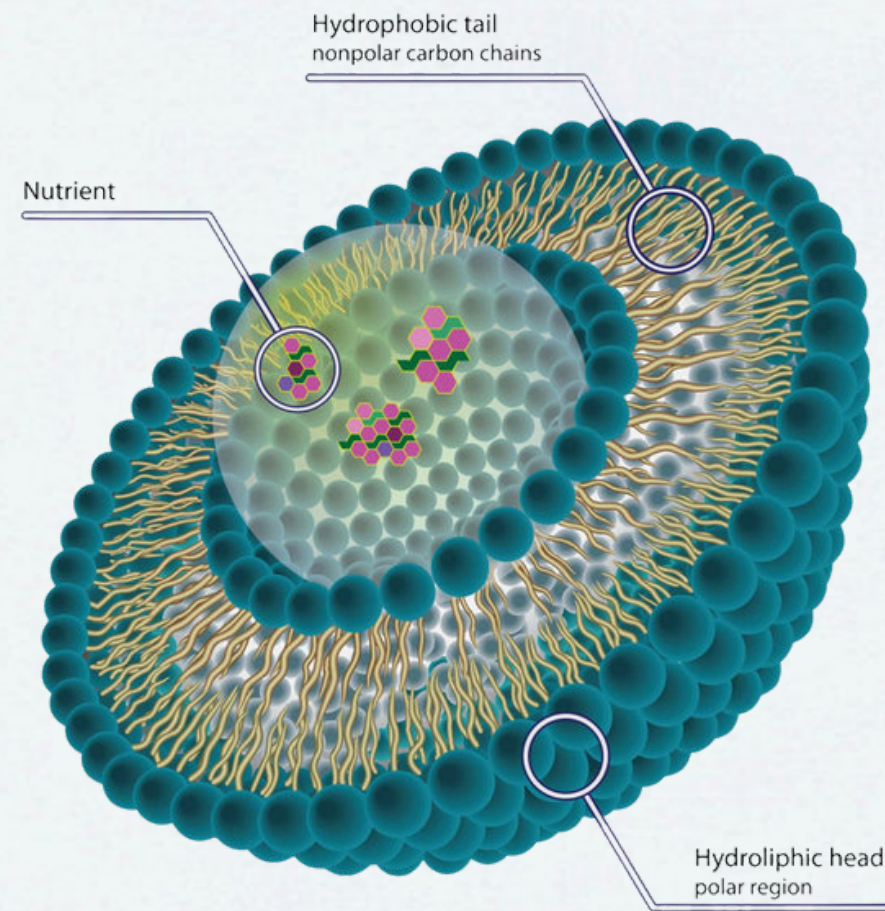
2. **Zinc vs Copper:** สังกะสีปริมาณสูง (>50mg) ขัดขวางการดูดซึมทองแดง
-> แก้โดย: เสริมทองแดง 2mg

VS

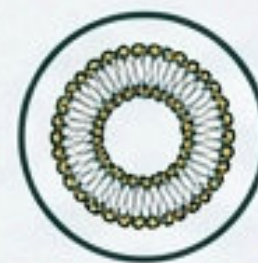
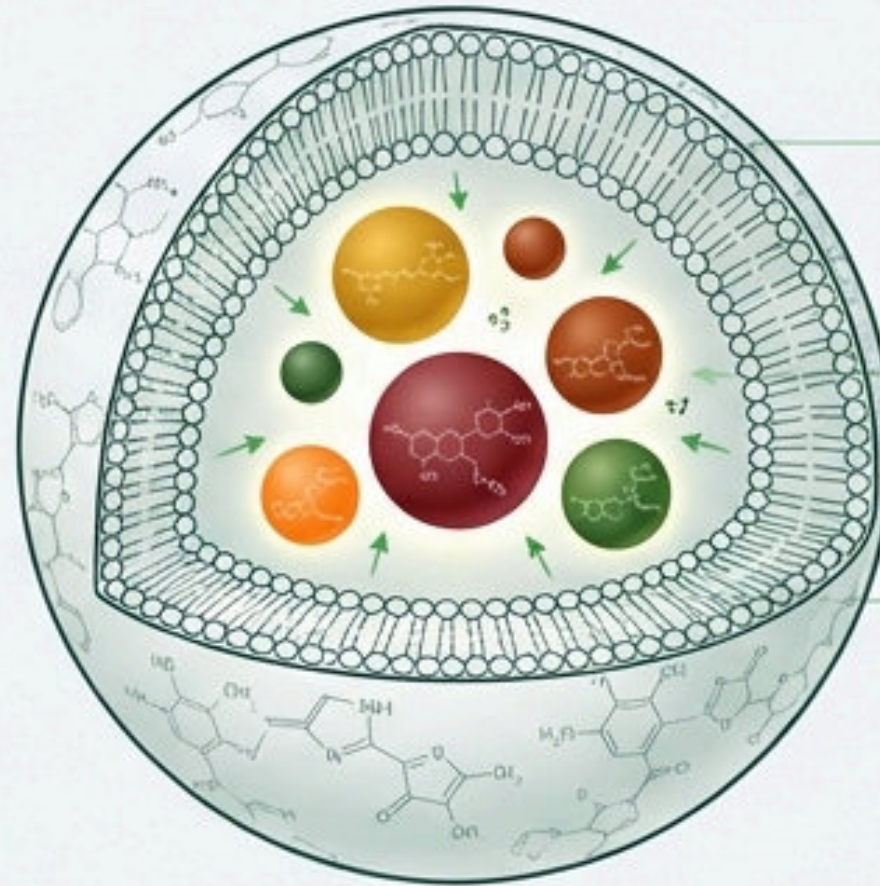
3. **Calcium vs Zinc:** แย่งกันดูดซึมเมื่อปริมาณสูง

4. นวัตกรรมการกักเก็บและปลดปล่อยสารสำคัญประสิทธิภาพสูง

การผสาน Synergistic Effect เข้ากับระบบนำส่ง



Nanoencapsulation
(นาโนเอนแคปซูเลชัน)



Liposomes
(ไลโปโซม)



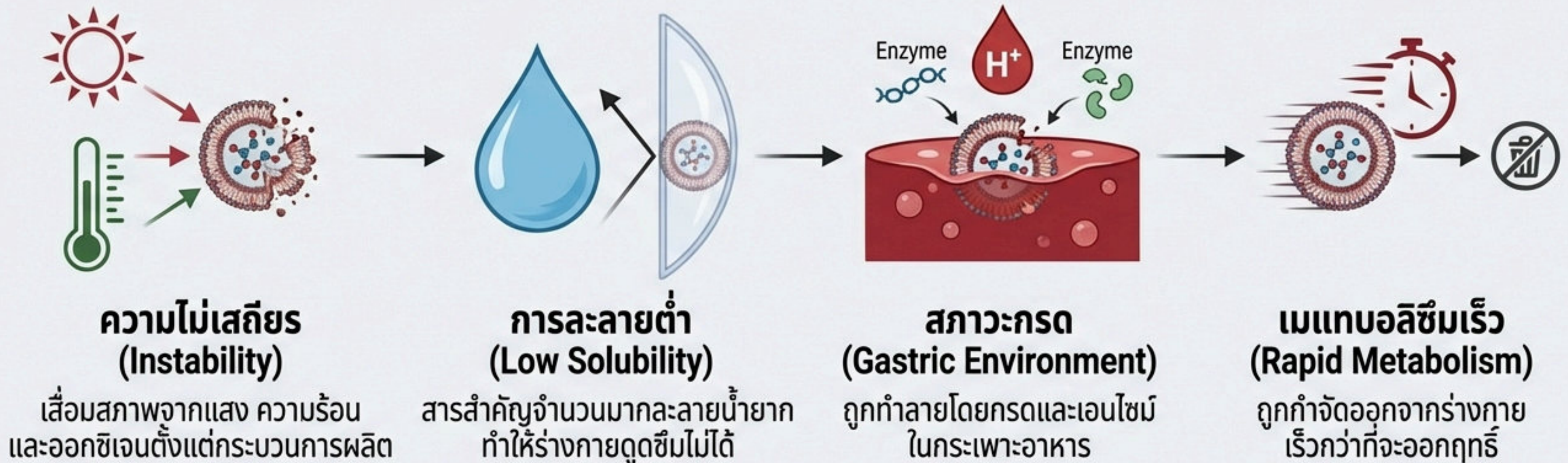
Polymeric
Nanoparticles

เป้าหมาย: เพื่อ “ลือฤทธิ์” และ “เสริมฤทธิ์” ไปพร้อมกัน

ความท้าทายทางชีวภาพ: เมื่อสารสำคัญไปไม่ถึงเป้าหมาย

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) ที่ทรงพลัง เช่น โพลีฟีนอล, วิตามิน หรือโปรไบโอติก มักเผชิญข้อจำกัดทางสรีรวิทยาที่รุนแรงก่อนจะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์

The Valley of Death



หากปราศจากเกราะป้องกัน สารอาหารเหล่านี้อาจสูญเสียประสิทธิภาพไปเกือบทั้งหมดก่อนถึงลำไส้

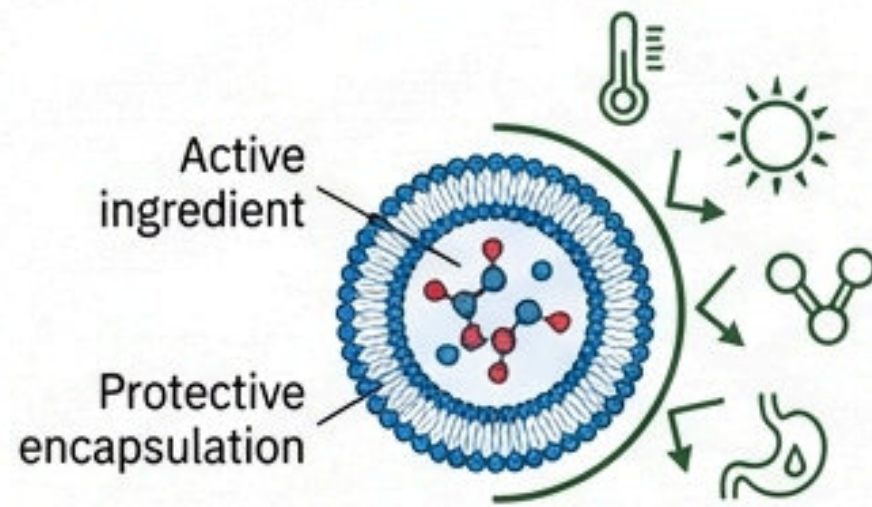
The Solution: Encapsulation & Controlled Release

ทางออก: เทคโนโลยีการกักเก็บและควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญ



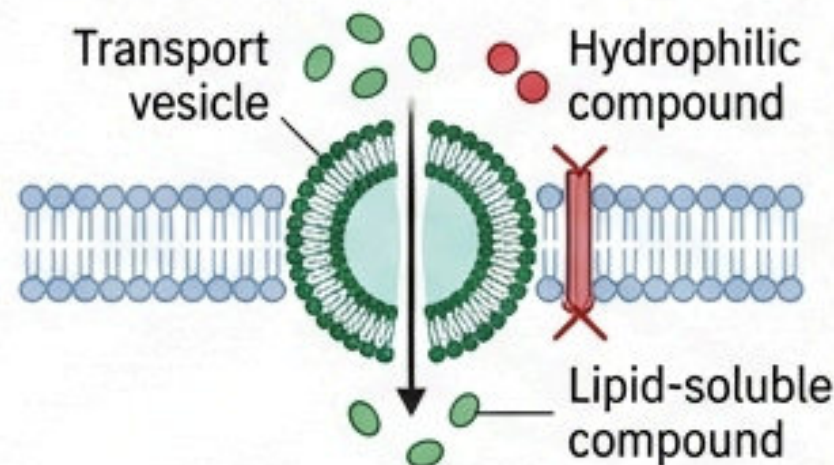
1. Protect (ปกป้อง)

ป้องกันสารออกฤทธิ์จากความร้อน แสง
ออกซิเจน และกรดในกระเพาะอาหาร



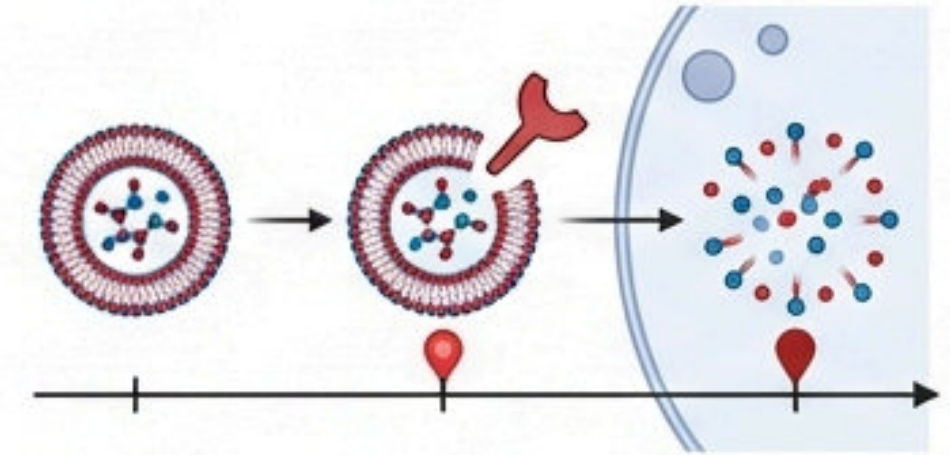
2. Transport (นำส่ง)

เพิ่มการดูดซึม (Bioavailability)
และการละลายของสารที่เข้ากันได้ยาก
(เช่น lipophilic compounds)



3. Release (ปลดปล่อย)

ควบคุมตำแหน่ง (Site-specific)
และเวลา (Time-controlled)
ในการออกฤทธิ์

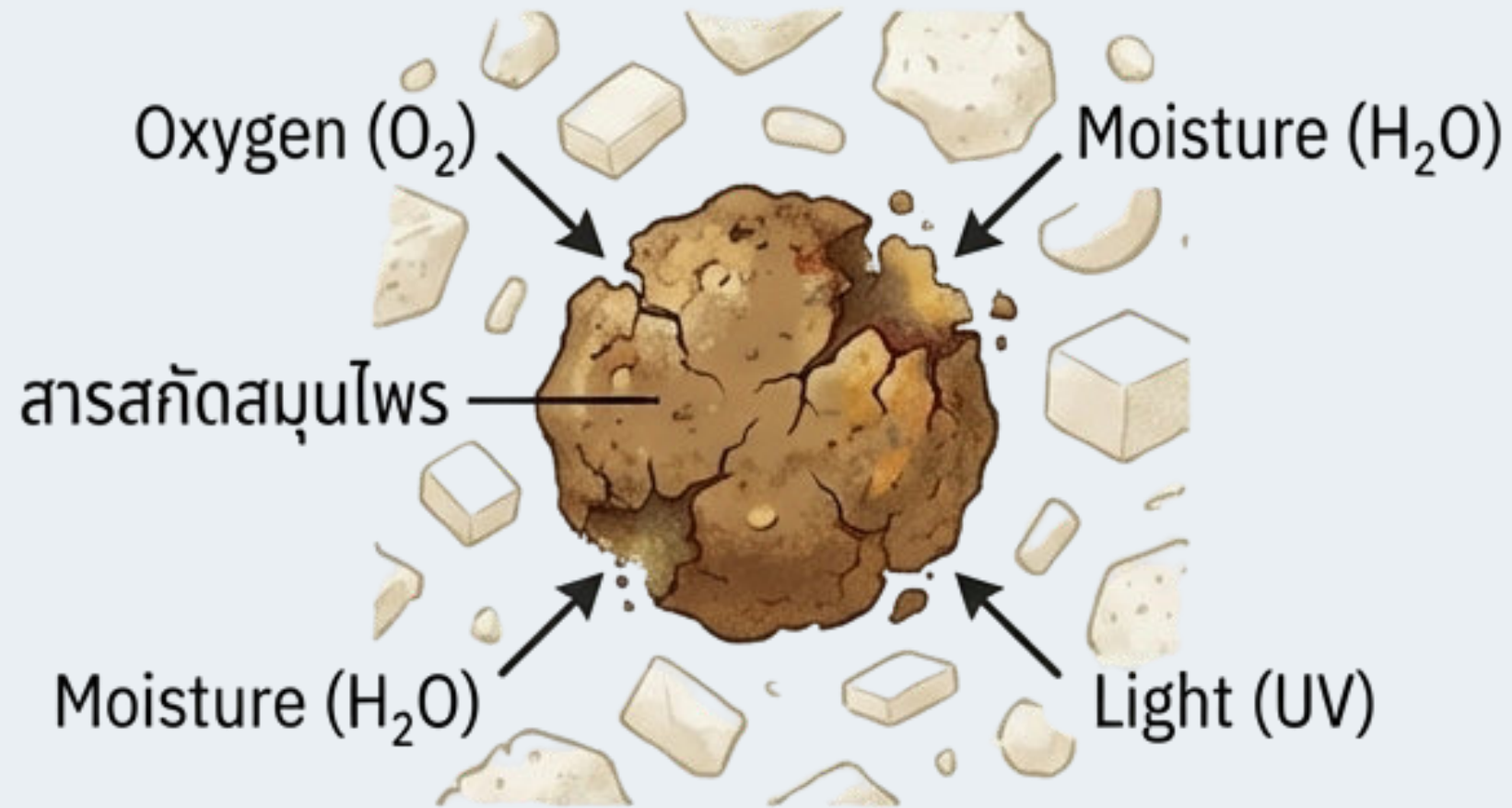


พัฒนาการของเทคโนโลยีการกักเก็บและนำส่งสารสำคัญ



เทคโนโลยีดั้งเดิม: จุดเริ่มต้นและข้อจำกัด

การผสมโดยตรง (Direct Mixing)



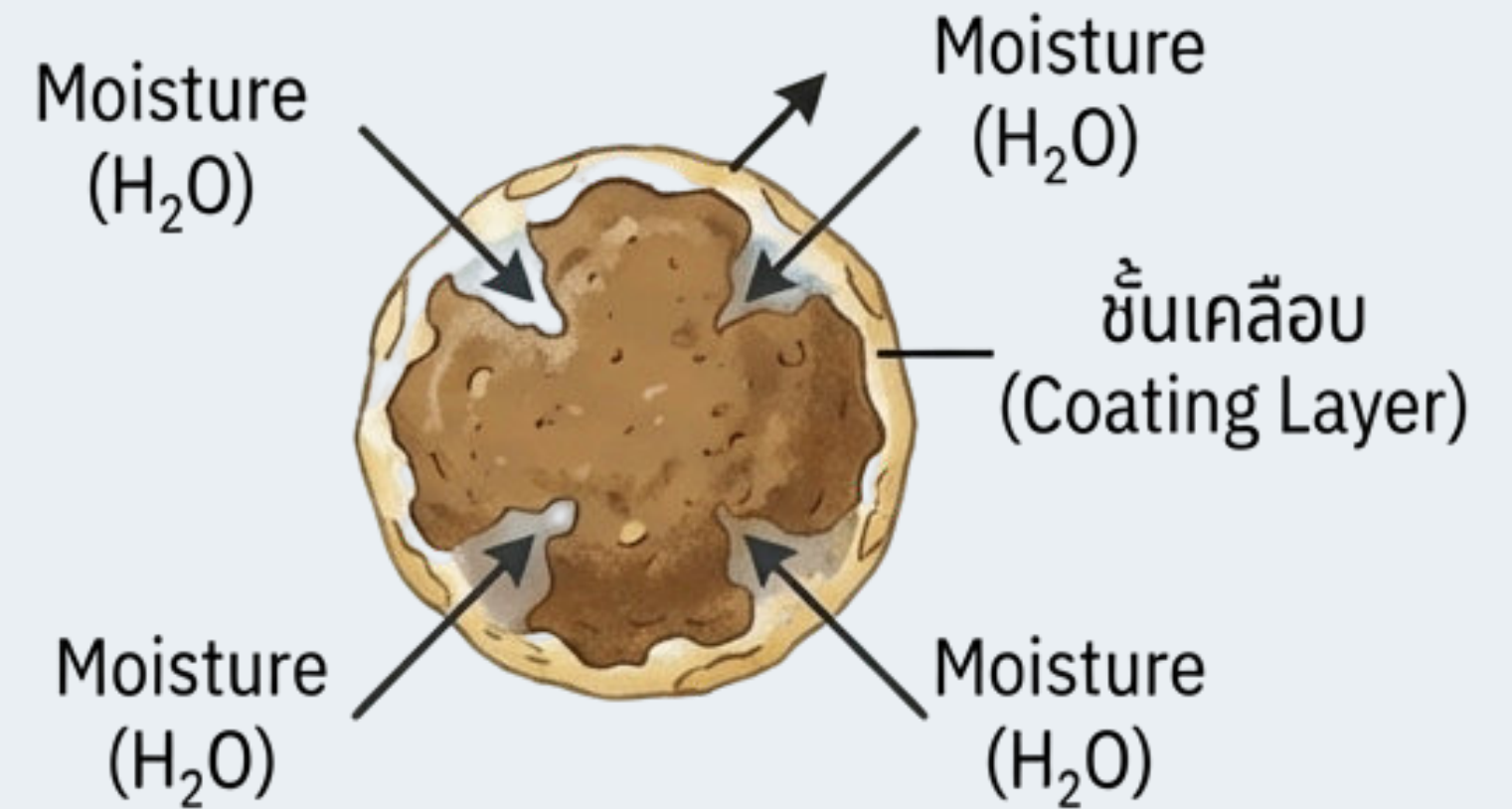
หลักการ: สารผสมรวมในเมทริกซ์อาหาร

ข้อดี: ง่าย, ต้นทุนต่ำ

ข้อจำกัด: สารเสื่อมง่าย, ไม่เพิ่มการดูดซึม

✗ ไม่เหมาะสำหรับสารมูลค่าสูง

การเคลือบผิวอย่างง่าย (Simple Coating)



หลักการ: เคลือบผิวสารด้วยไขมัน/แป้ง

ข้อดี: ป้องกันความชื้นบางส่วน

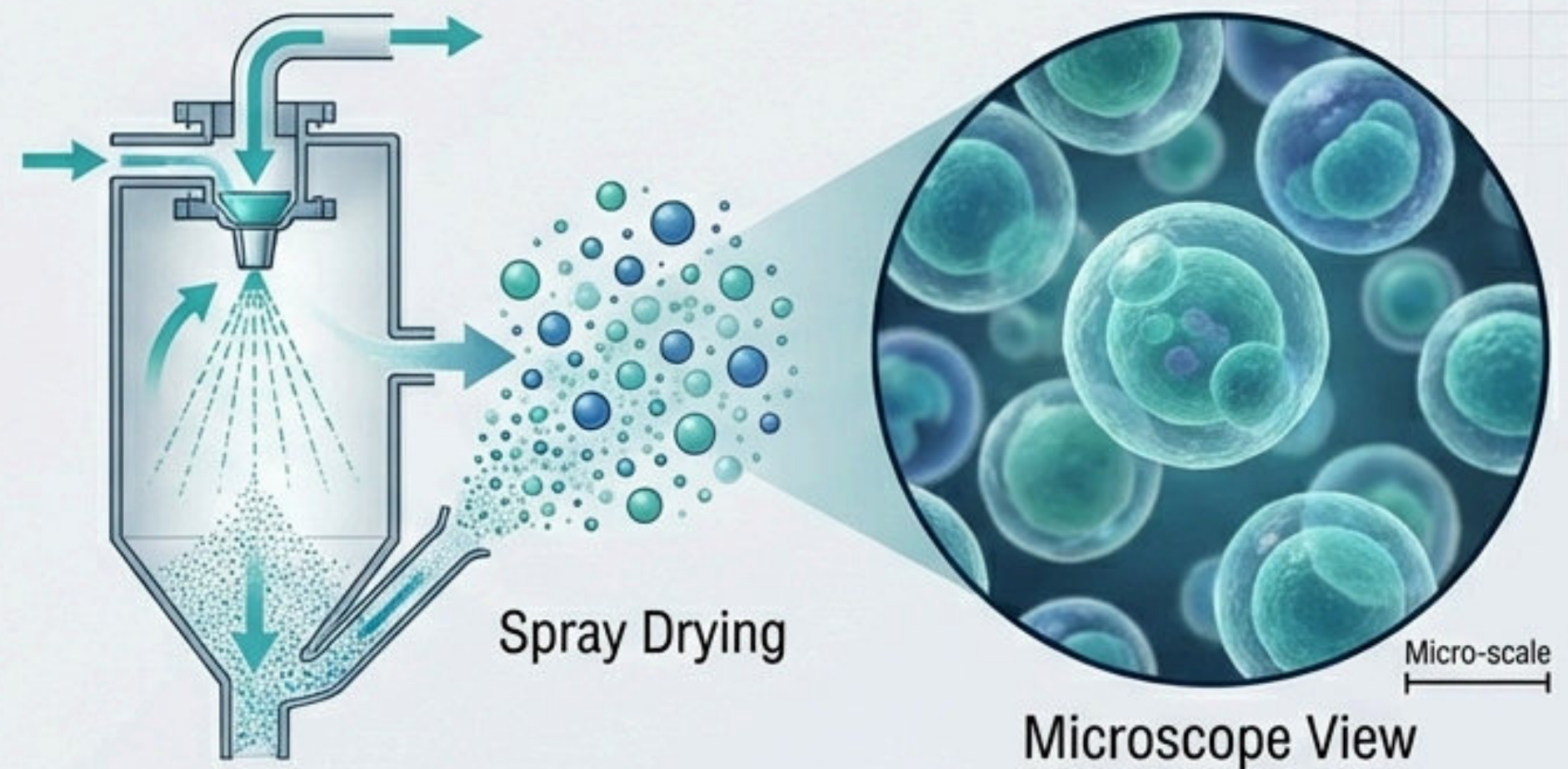
ข้อจำกัด: ควบคุมการปลดปล่อยไม่ได้

⚠ การใช้งานจำกัด

The Microencapsulation Era (1980–2000)

ยุคไมโครแคปซูละชั้น: มาตรฐานอุตสาหกรรม

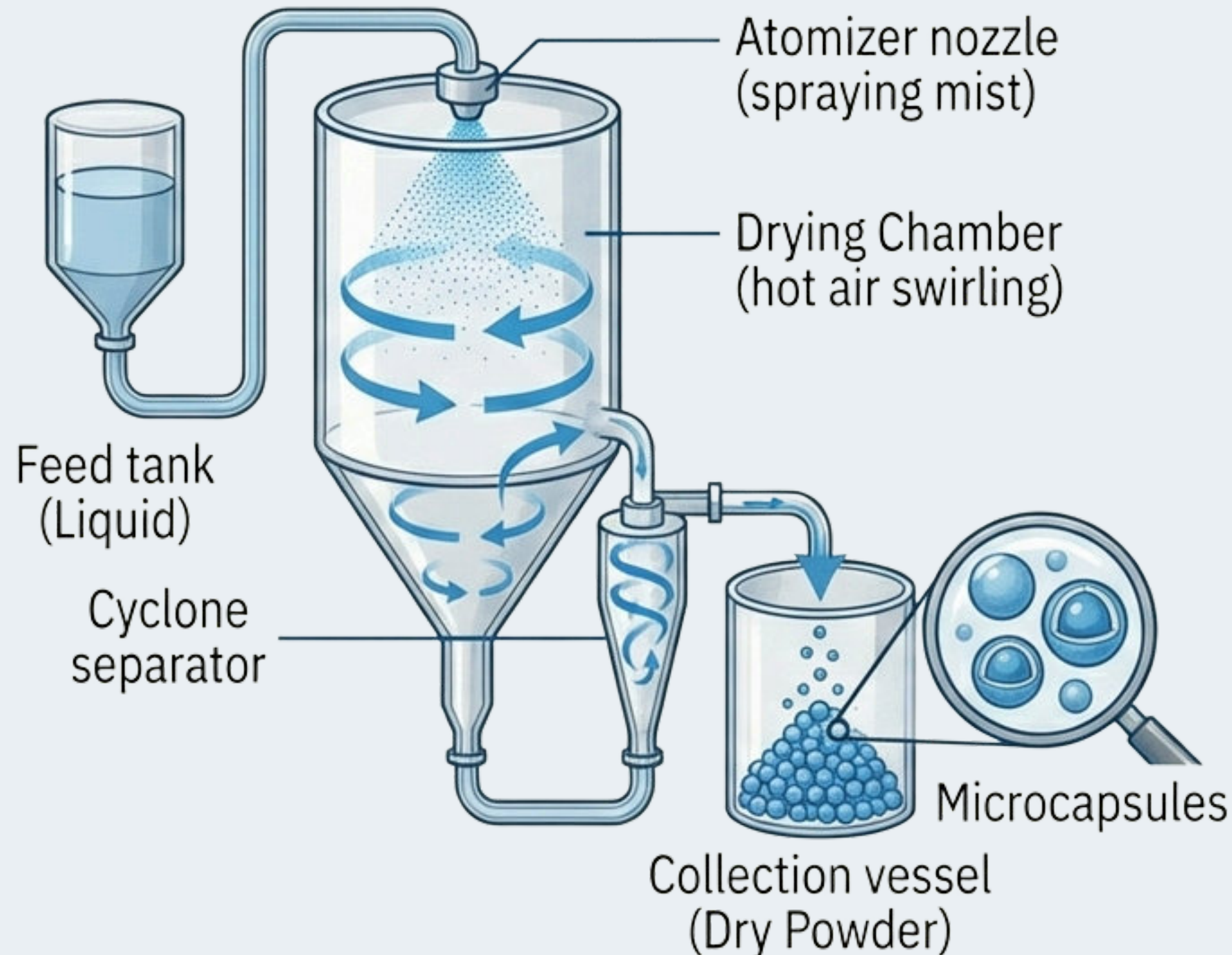
- Spray Drying (การทำแห้งแบบพ่นฝอย)
- Alginate Beads (เม็ดบีดส์อัลจิเนต)
- Fluidized Bed Coating



ข้อดี (Pros):	ข้อจำกัด (Cons):
• เหมาะสำหรับการผลิตระดับอุตสาหกรรม (Mass Production) • ป้องกันความชื้นและออกซิเจนได้ดี	• ขนาดอนุภาคใหญ่ (Micro-scale) ทำให้การดูดซึมยังจำกัด • ความร้อนอาจทำลายสารสำคัญบางชนิด

Microencapsulation I: มาตรฐานอุตสาหกรรม

Featured Tech: Spray Drying



หลักการ: สารถูกห่อหุ้มในผนังพอลิเมอร์ระดับไมโคร

ข้อดี: มาตรฐานพร้อม, ต้นทุนต่ำ, เพิ่มความคงตัว

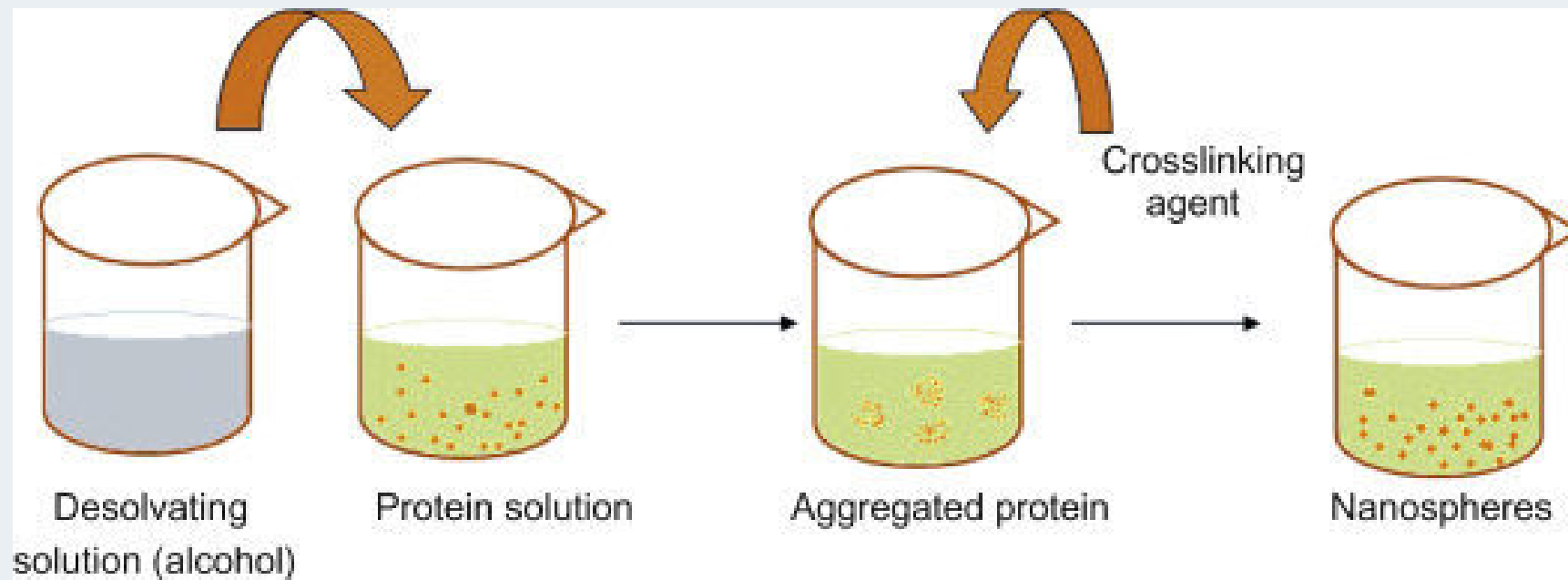
ข้อเสีย: ความร้อนกระทบสาร, ควบคุม release ไม่แม่นยำ



เหมาะสำหรับสมุนไพรผง

Microencapsulation II: การปกป้องชั้นสูง

Simple coacervation



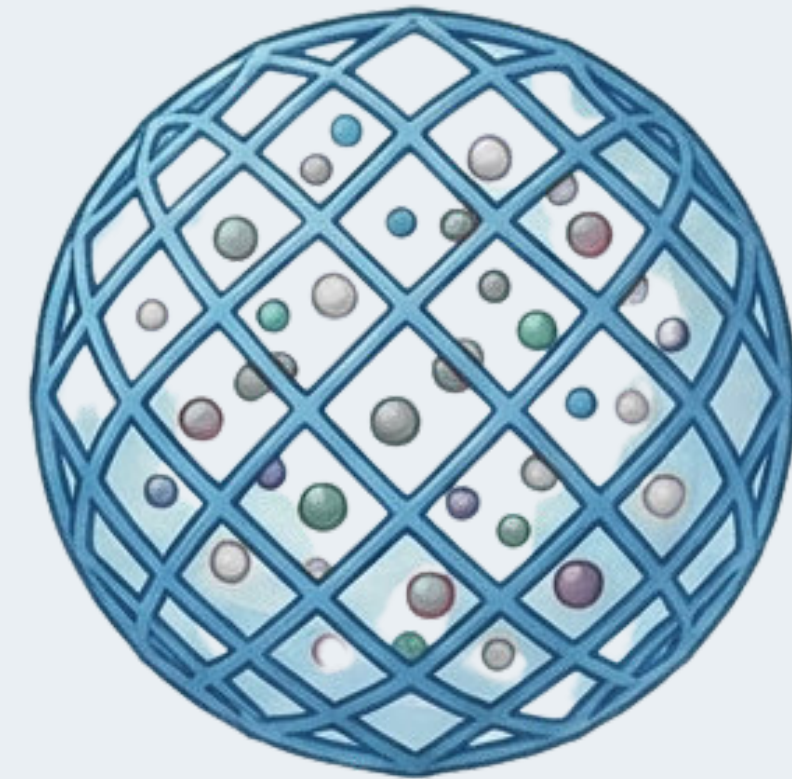
หลักการ: ใช้พอลิเมอร์เพียงชนิดเดียว (เช่น เจลาติน) ละลายในตัวทำละลาย แล้วทำให้เกิดการแยกวัฏภาคด้วยการเติมสารที่ไม่ใช่ตัวทำละลาย หรือสารอิเล็กโทรไลต์

ข้อดี: ทำง่าย ราคาถูก

ข้อจำกัด: ควบคุมขนาดอนุภาคยาก เกาะกลุ่มกัน ความเสถียรต่ำ

เหมาะกับสารที่ต้องการปกป้องรสชาติหรือกลิ่น

Alginate / Hydrogel Beads



หลักการ: พอลิเมอร์บวม/แตกในน้ำ

ข้อดี: ป้องกันกรด, ปลอดภัย

ข้อจำกัด: อนุภาคใหญ่, ดูดซึมต่ำ



เหมาะสำหรับสูตรตำรับผสมที่ต้องการปกป้องจากกรด

The Nanotechnology Revolution (2000–2015)

การปฏิวัติด้วยนาโนเทคโนโลยี: เล็กกว่า... เพื่อผลลัพธ์ที่ใหญ่กว่า

Key Technologies

- Nanoemulsions
- Liposomes
- Solid Lipid
- Solid Lipid Nanoparticles (SLN)

Key Insight:

หัวใจสำคัญคือ 'พื้นที่ผิว' (Surface Area):
การลดขนาดอนุภาคช่วยเพิ่มการละลาย (Solubility)
และการดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้อย่างมหาศาล

Microparticle
($>100\ \mu\text{m}$)

Nanoparticles
($<200\ \text{nm}$)

Nanotechnology I : Nanoemulsion

Before & After

- **หลักการทำงาน:**
ลดขนาดหยดสารเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส
- **Pros:**
 - ✓ เพิ่ม Bioaccessibility สูง, เหมาะสำหรับเครื่องดื่มใส
- **Cons:**
 - ✗ ต้องใช้ Surfactant, ความคงตัวขึ้นกับสูตร



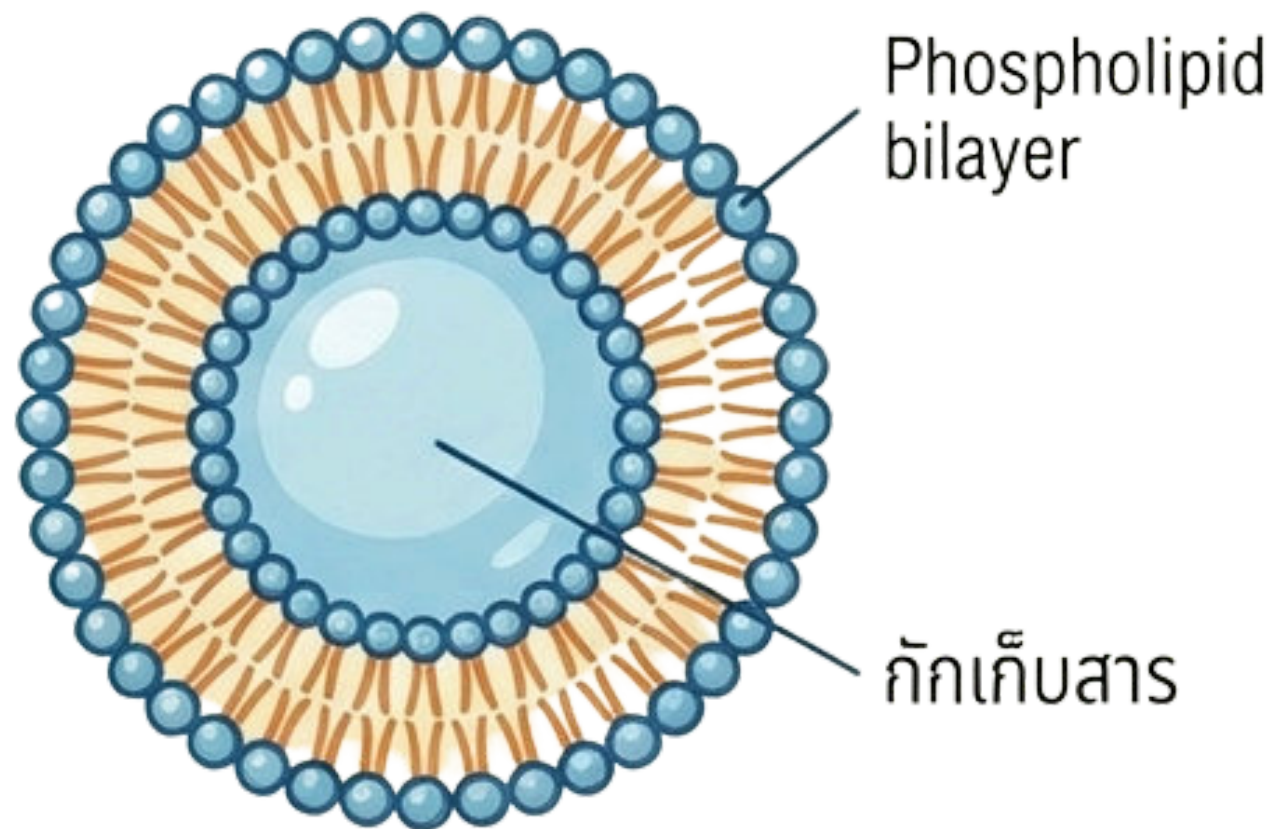
บทสรุป (The Verdict)



- ✓ **เหมาะสำหรับ:**
เครื่องดื่มสมุนไพร (Herbal Beverages) ที่ต้องการความใส

Nanotechnology II : ระบบนำส่งไขมัน

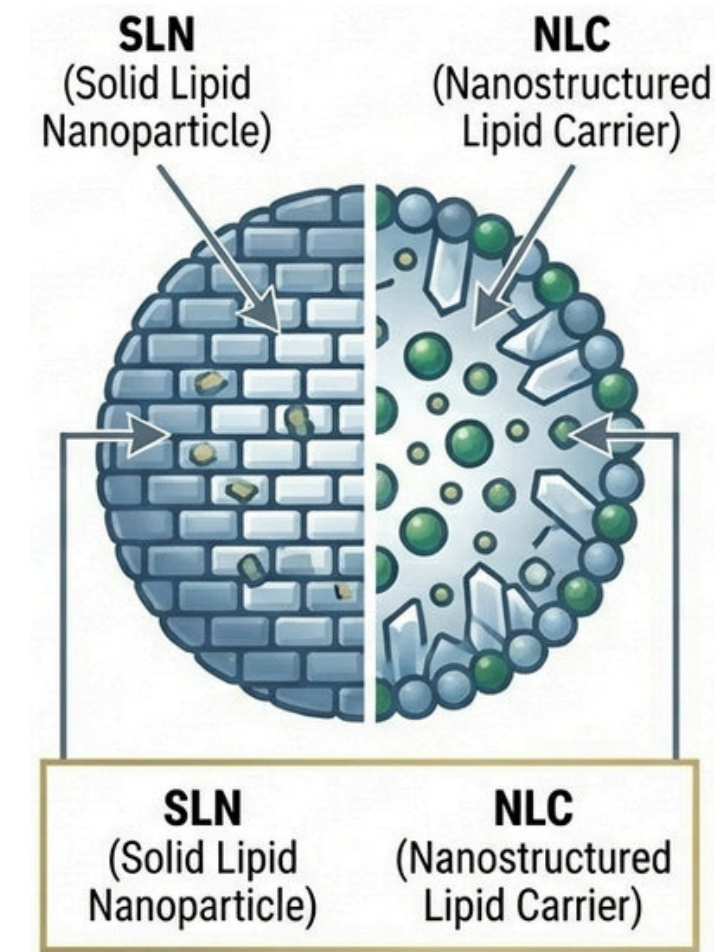
Liposomes (พรีเมียม)



โครงสร้าง: Phospholipid bilayer กักเก็บสาร
ข้อดี: ปกป้องดีเยี่ยม, เลียนแบบเพื่อเพิ่มการดูดซึม
ข้อจำกัด: ต้นทุนสูง, ความคงตัวต่ำ

✓ **เหมาะสำหรับสูตรพรีเมียม**

Solid Lipid Nanoparticles (SLN/NLC)



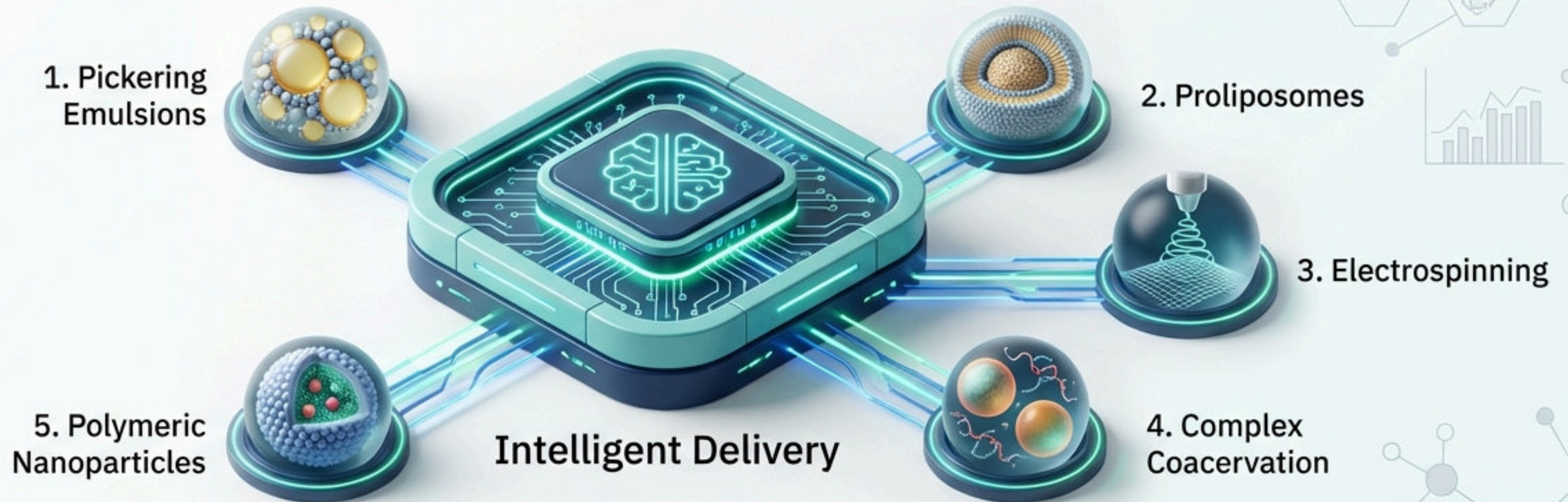
โครงสร้าง: โครงสร้างไขมันแข็ง/ผสม กักเก็บสาร
ข้อดี: ดูดซึมดี, ป้องกันออกซิเดชันได้ดีที่สุด
ข้อจำกัด: กระบวนการซับซ้อน

✓ **เหมาะสำหรับขมื่น/สารไม่ชอบน้ำ**

2015–Present: The Age of Smart & Hybrid Systems

ยุคแห่งระบบอัจฉริยะและไฮบริด (Smart & Hybrid Systems)

เมื่อระบบนำส่งสามารถ ‘คิด’ และ ‘ตอบสนอง’ ได้



ระบบที่ไม่ได้เป็นเพียงแค่ภาชนะบรรจุ แต่มีกลไกอัจฉริยะ:

1. Targeted Release: ปลดปล่อยเฉพาะจุด (เช่น ลำไส้)
2. Triggered Response: ตอบสนองต่อค่า pH หรือเอนไซม์
3. Hybridization: ผสานข้อดีของไมโครและนาโนเข้าด้วยกัน

Innovation Spotlight 1: Pickering Emulsions

Pickering Emulsions: ปฏิวัติฉลากสะอาด (Clean Label)

หลักการทำงาน:

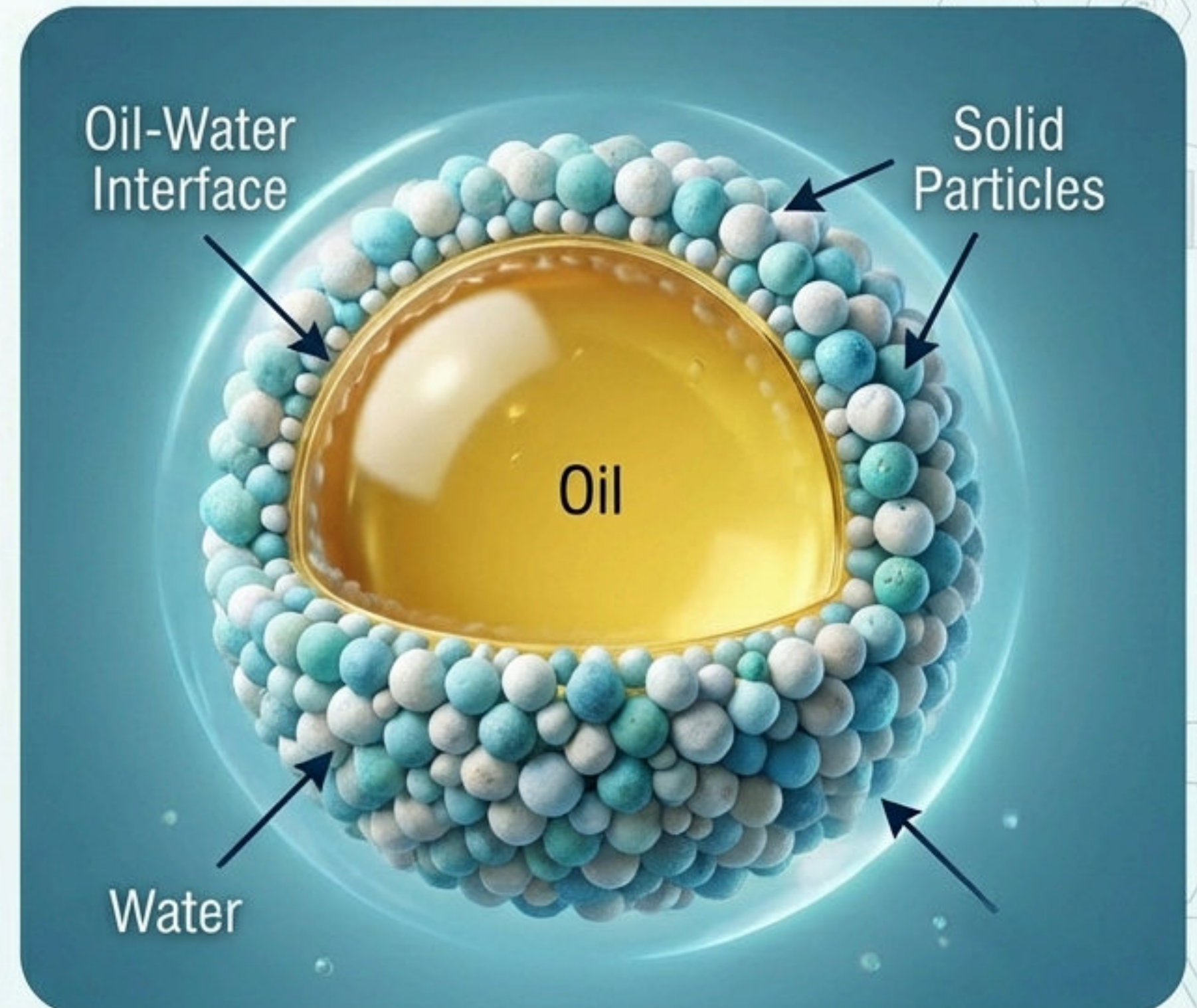
ใช้อนุภาคของแข็ง (Solid Particles) ขนาดเล็ก แทนสารลดแรงตึงผิวเคมี (Surfactant) เพื่อเกาะล้อมรอบหยดน้ำมันเสมือน 'เกราะป้องกัน'

จุดเด่น:

- ปลอดภัยสูง (Natural & Surfactant-Free)
- เสถียรต่ออุณหภูมิและกรดด่าง
- ภาพลักษณ์ Clean Label

การใช้งาน:

- เครื่องดื่มฟังก์ชัน, สารสกัดขมิ้นชัน, น้ำมันหอมระเหย



Innovation Spotlight 2: Proliposomes

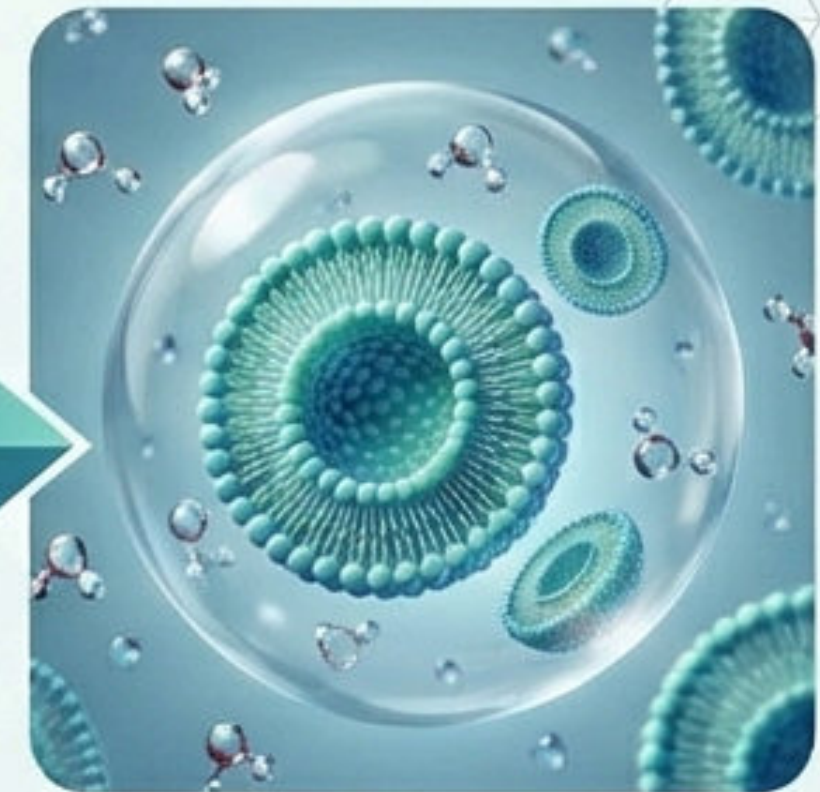
Proliposomes: ผงแห้งสู่ประสิทธิภาพของเหลว



Dry Powder Carrier
+ Phospholipids



เติมน้ำ
(Add Water)



Instant Liposome
Formation

แก้ปัญหาคความไม่เสถียรของไลโปโซมแบบน้ำ
ด้วยรูปแบบ 'ผงแห้ง' ที่พร้อมคืนรูปทันทีเมื่อละลายน้ำ
จุดเด่น:

- อายุการเก็บรักษายาวนาน (High Stability)
- เพิ่มการดูดซึม (High Bioavailability)
- เหมาะสำหรับแคปซูลและผงชงดื่ม

Innovation Spotlight 3: Electrospinning

Electrospinning: เส้นใยนาโนวิศวกรรม

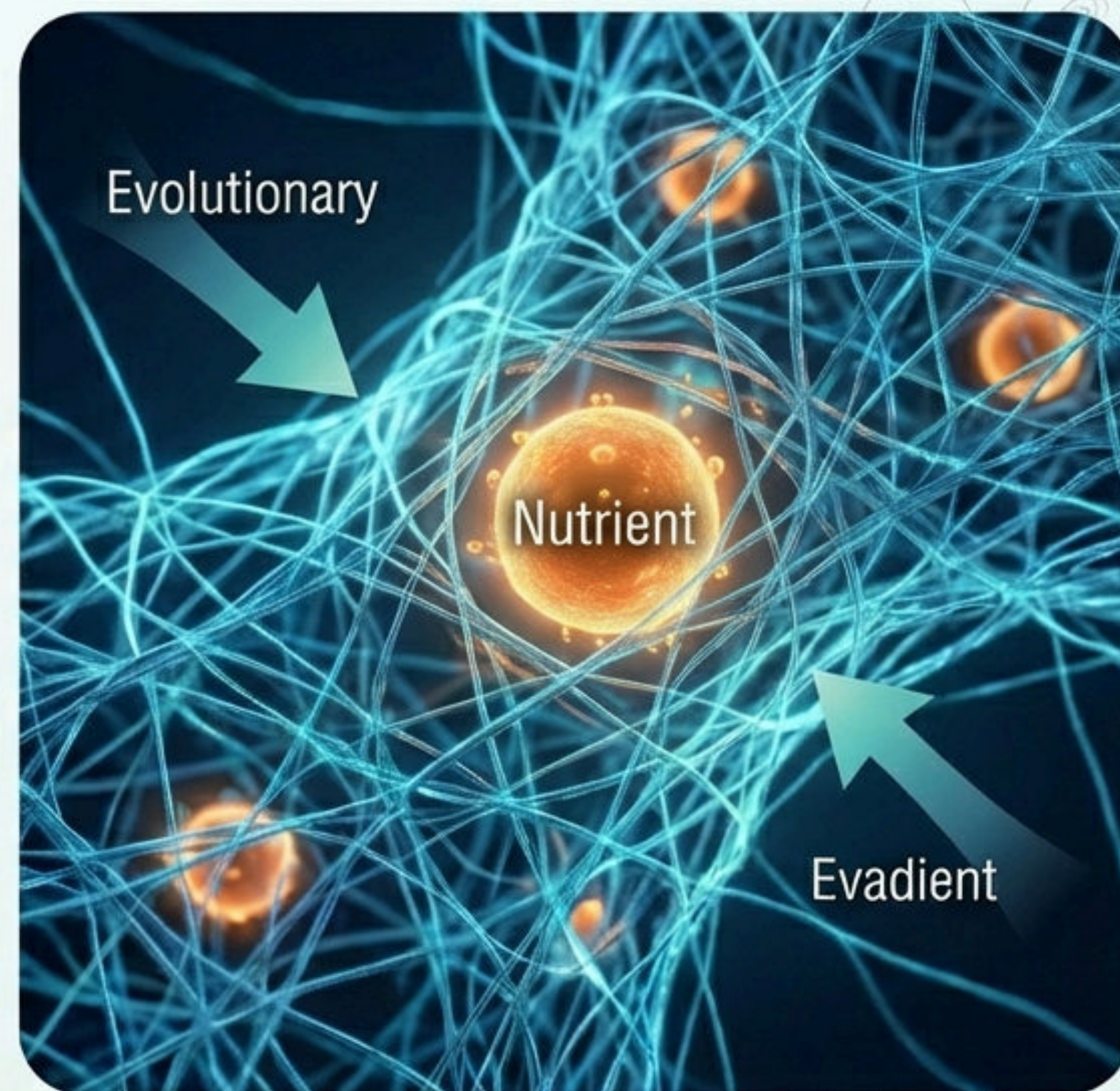
เทคโนโลยีการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าแรงสูง
สร้างโครงสร้างตาข่ายระดับนาโนเพื่อกักเก็บ
สารสำคัญ

จุดเด่น:

- พื้นที่ผิวสูงที่สุด (Massive Surface Area)
- ควบคุมการปลดปล่อยแบบช้าๆ (Sustained Release)
- เหมาะสำหรับแผ่น 마스크 หน้า หรือแผ่นฟิล์มละลายในปาก

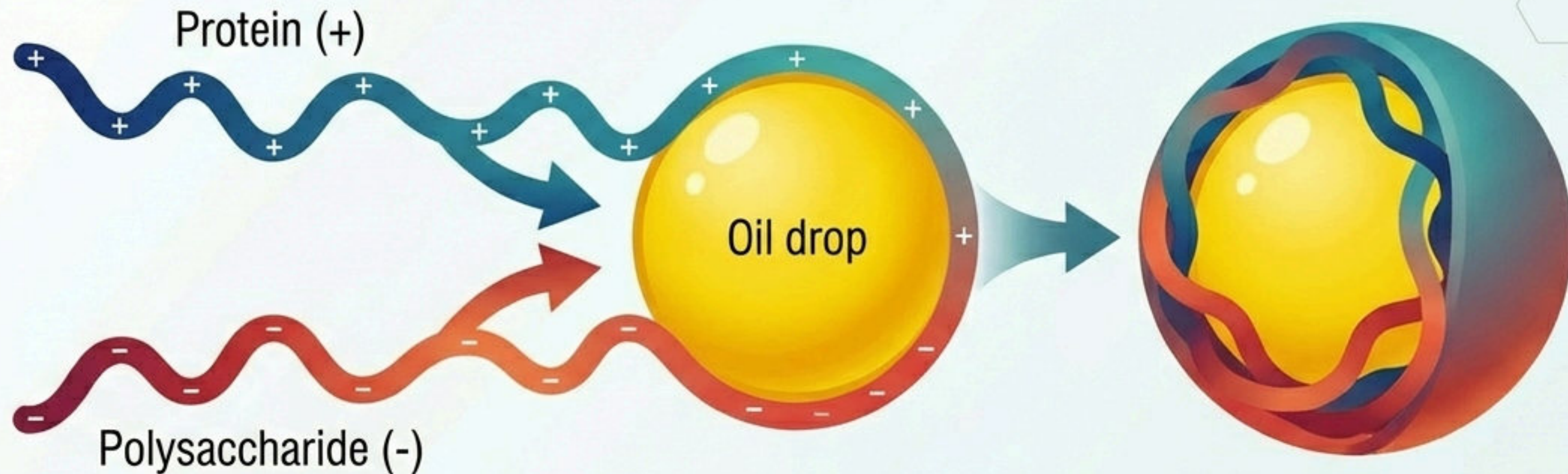
การใช้งาน:

- นวัตกรรม Nutraceutical ที่ต้องการความแม่นยำสูง



Innovation Spotlight 4: Complex Coacervation

Complex Coacervation: เกราะป้องกันกลิ่นและรส



การสร้างผนังแคปซูลจากการจับตัวของโพลีเมอร์ประจุตรงข้าม เพื่อกักเก็บน้ำมันและสารระเหย

จุดเด่น:

- ประสิทธิภาพการกักเก็บสูง (High Encapsulation Efficiency)
- กลบกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ได้ดีเยี่ยม (Taste Masking)

การใช้งาน:

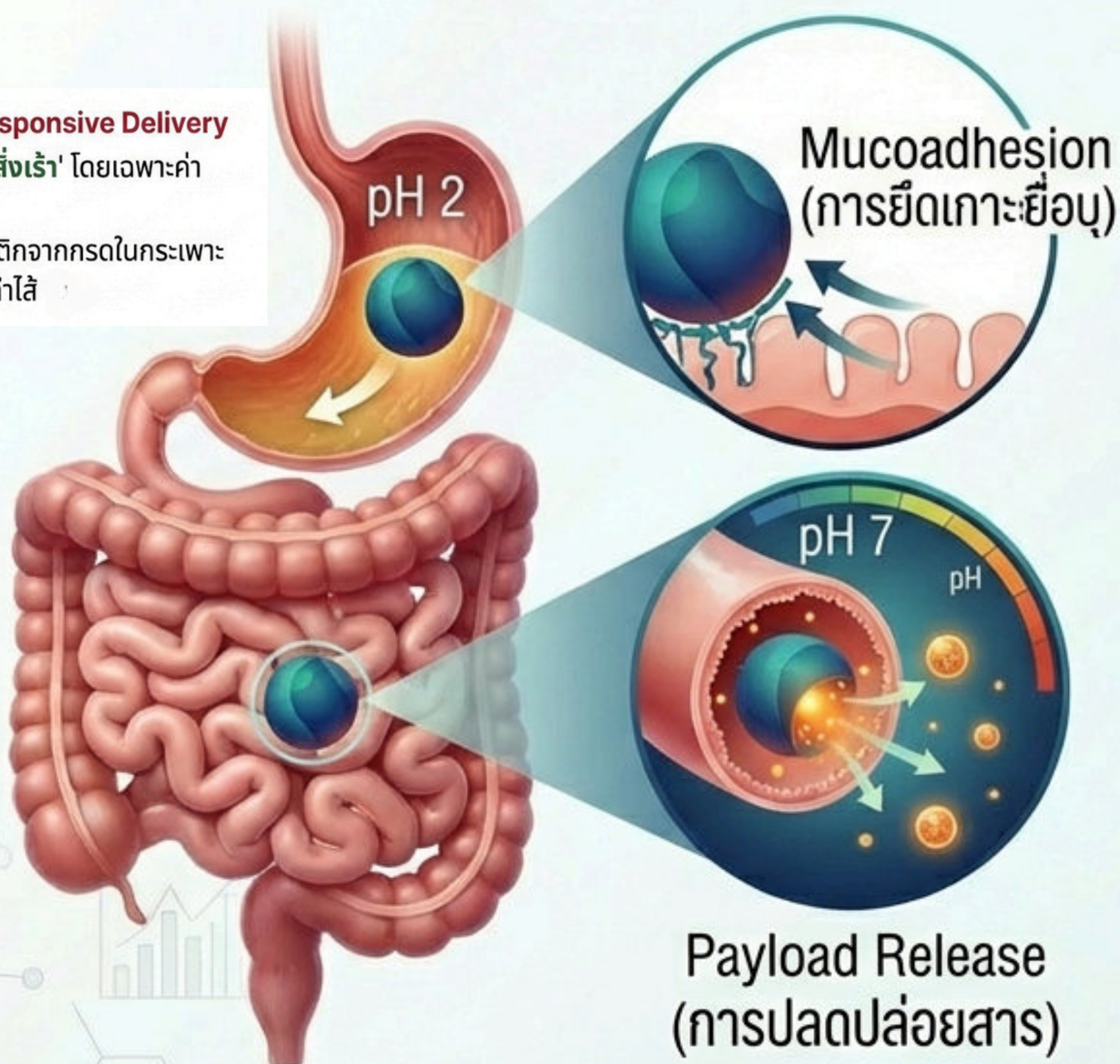
- น้ำมันสมุนไพรที่มีกลิ่นฉุน, น้ำมันปลา

Innovation Spotlight 5: Polymeric Nanoparticles

Polymeric Nanoparticles: ระบบนำส่งแม่นยำจุด GPS

Key Innovation: Stimuli-Responsive Delivery

- ระบบนำส่งที่ 'ตอบสนองต่อสิ่งเร้า' โดยเฉพาะค่า pH ในทางเดินอาหาร
- Use Case: ปกป้องโปรไบโอติกจากกรดในกระเพาะ และปลดปล่อยเฉพาะเมื่อถึงลำไส้



ใช้นุภาคพอลิเมอร์ (เช่น Chitosan) ที่ออกแบบให้ตอบสนองต่อสภาวะแวดล้อมเฉพาะจุด

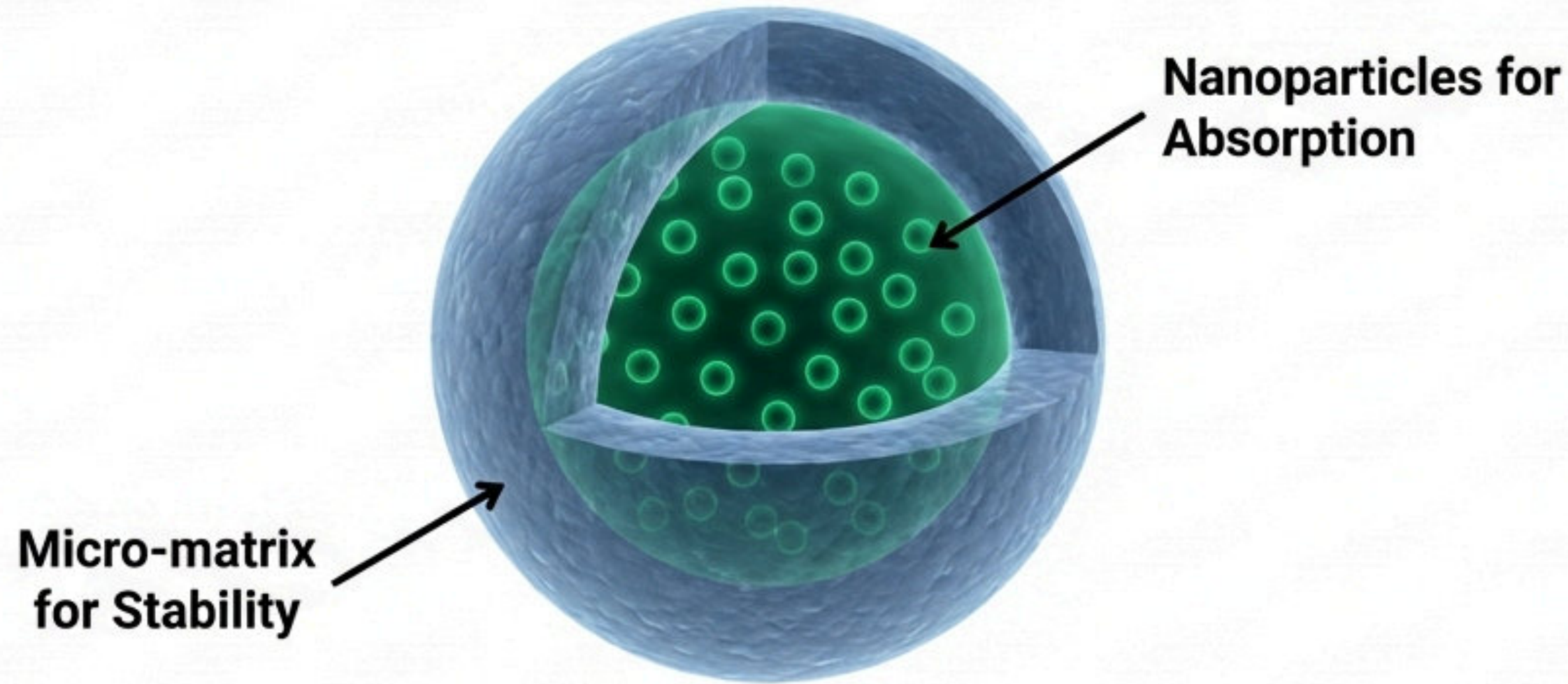
จุดเด่น:

- Precision Targeting: ปลดปล่อยสารเมื่อถึงเป้าหมายเท่านั้น
- ป้องกันสารจากการถูกทำลายโดยกรด

การใช้งาน:

- สารสกัดมูลค่าสูงที่ต้องการการดูดซึมในลำไส้

The Future Frontier: Hybrid Systems



การผสานเทคโนโลยี Nano + Micro

Pros

- ประสิทธิภาพสูงสุด (Maximum Efficiency)
 - ได้ทั้งความคงตัวและการดูดซึม

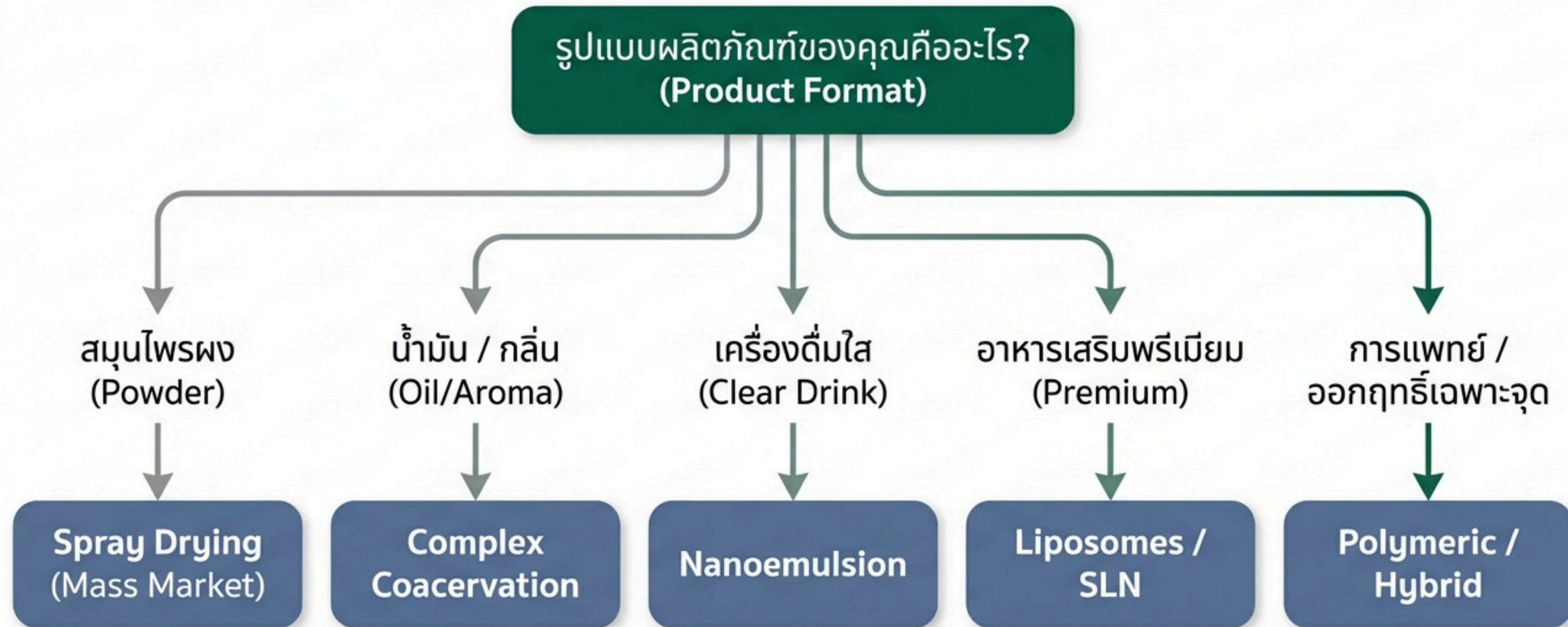
Cons

- ต้นทุนและความซับซ้อนสูง

Verdict

Rating: ★★★★★ อนาคต (Future Star)
Strategy: เป้าหมายสูงสุดสำหรับอาหารทางการแพทย์ (Medical Foods)

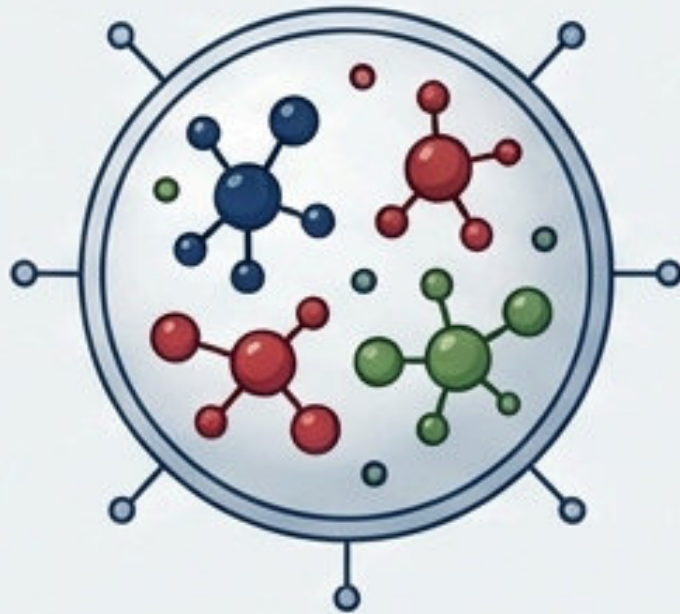
คู่มือการเลือกใช้เทคโนโลยี (Technology Selection Guide)



Insight: การเลือกใช้เทคโนโลยีขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสาร (Solubility) และเป้าหมายการออกฤทธิ์ (Target Release)

แนวโน้มแห่งอนาคต: Synergistic & Intelligent Systems

Multi-active Formulation



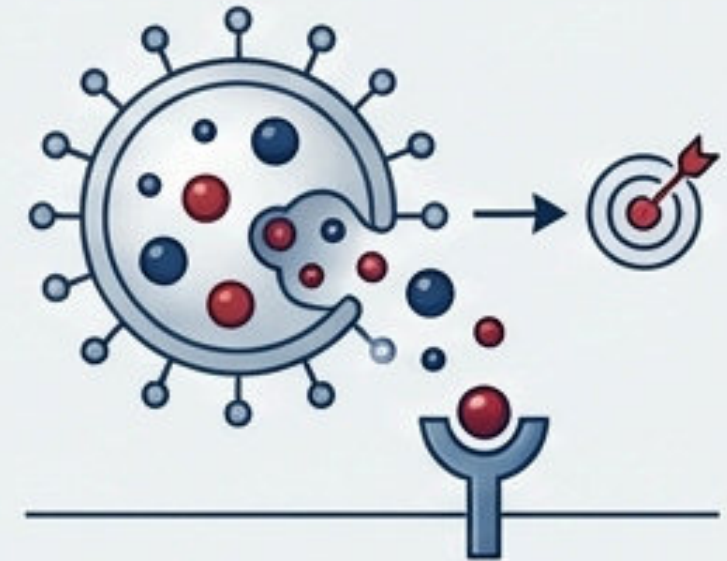
การออกแบบระบบให้กักเก็บสารหลายชนิดร่วมกันเพื่อให้เกิด Synergistic Effect (การเสริมฤทธิ์กัน)

Natural & Sustainable



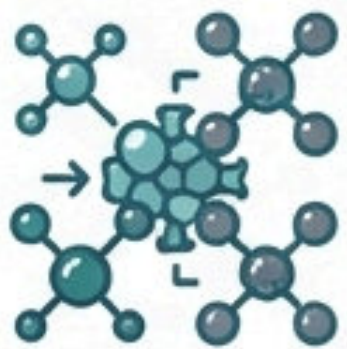
การเปลี่ยนมาใช้วัสดุธรรมชาติ 100% เพื่อความปลอดภัยและความยั่งยืน

Smart Delivery



ระบบนำส่งที่มีความแม่นยำสูงตอบสนองต่อสภาวะร่างกายเฉพาะบุคคลได้ดียิ่งขึ้น

อนาคตของอาหารฟังก์ชัน (The Future of Functional Food)



- ยุคต่อไปของการวิจัยและพัฒนา (R&D) คือการมองข้าม ‘Superfood’ เดี่ยวๆ ไปสู่ **‘Super-Formulations’**



- ความท้าทายคือการค้นหา ‘คู่หู’ (Perfect Pairing) และ ‘ระบบนำส่ง’ (Delivery System) ที่เหมาะสมที่สุด



**“1 + 1 > 2 คือมาตรฐานใหม่ของนวัตกรรมอาหารสุขภาพ”
(1+1 > 2 is the new standard for health food innovation)**

TISTR: Partner to Your Success

Thank you



E-mail: wiriyaporn@tistr.or.th

Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR)