การประยุกต์ฐานข้อมูลกราฟเพื่อระบุวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์สำคัญในเครือข่ายส่วนประกอบผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

พิทักษ์ สูตรอนันต์

ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อีเมล: pitak@go.buu.ac.th

รับเมื่อ 1 กรกฎาคม 2568 **แก้ไขเมื่อ** 5 สิงหาคม 2568 **ตอบรับเมื่อ** 23 มกราคม 2569

จุดเด่น

- วิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารด้วยฐานข้อมูลกราฟ
- ระบุสารสำคัญที่มีศักยภาพด้วยการวิเคราะห์ค่าชี้วัดเชิงโครงข่าย
- สนับสนุนการออกแบบสูตรผลิตภัณฑ์ที่มีหลายสรรพคุณได้อย่างแม่นยำและเป็นระบบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลกราฟ (graph database) ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุดิบ (raw material; RM) และสารออกฤทธิ์ (active ingredient; AI) ที่เชื่อมโยงกับสรรพคุณของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (health claim; HC) โดยพัฒนาฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์จาก 9 เอนทิตีหลักและแปลงเป็นเครือข่ายกราฟ (graph network) จากนั้นใช้โปรแกรม Cytoscape ร่วมกับปลั๊กอิน CytoNCA วิเคราะห์ค่าชี้วัดทางโครงสร้าง ได้แก่ degree, betweenness, closeness และ score เพื่อจัดลำดับความสำคัญของ RM และ AI ในแต่ละกลุ่ม HC ผลการวิเคราะห์พบว่าสารออกฤทธิ์บางชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) โพลีฟีนอล (polyphenols) และใยอาหาร (dietary fiber) ปรากฏในหลายกลุ่ม HC สะท้อนถึงคุณสมบัติทางชีวภาพที่หลากหลาย และศักยภาพในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์แบบหลายสรรพคุณ (multi-benefit formulation) ข้อมูลจากส่วนที่ใช้ของพืช (part used; PU) และวิธีสกัด (extraction process; EX) ยังช่วยสนับสนุนการเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมกับเป้าหมายสุขภาพ แม้จะมีข้อจำกัด เช่น ความครบถ้วนของตัวอย่าง และความน่าเชื่อถือของคำเคลมจากผู้ผลิต ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าฐานข้อมูลกราฟเป็น

เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์เชิงระบบ และช่วยสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารอย่างแม่นยำ

คำสำคัญ: ฐานข้อมูลกราฟ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร สารออกฤทธิ์ วัตถุดิบ การวิเคราะห์เครือข่าย

Application of graph database to identify key raw materials and active ingredients in dietary supplement networks

Pitak Sootanan

Department of Biochemistry, Faculty of Science, Burapha University

E-mail: pitak@go.buu.ac.th

Received 1 July 2025; **Revised** 5 August 2025; **Accepted** 23 January 2025

Highlights

- Network analysis of raw materials and active ingredients using a graph database
- Identify high-potential compounds through network centrality analysis
- Support the precise and systematic formulation of multi-benefit dietary supplements

Abstract

This study aims to apply a graph database to analyze structural relationships between raw materials (RM) and active ingredients (AI) associated with health claims (HC) of dietary supplements. A relational database was developed based on nine core entities and converted into a graph network. Cytoscape and its CytoNCA plugin were used to evaluate key centrality measures—degree, betweenness, closeness, and overall score—to rank the importance of RM and AI within each HC group. The results showed that certain active ingredients, such as flavonoids, polyphenols, and dietary fiber, appeared across multiple HC groups, reflecting their diverse biological functions and potential for multi-benefit formulation. Additional information, including plant part used (PU) and extraction method (EX), helped support the selection of suitable raw materials aligned with specific health outcomes. Although some limitations exist, such as incomplete sample coverage and the reliability of manufacturer claims, the findings demonstrate

that graph databases are effective tools for systematic analysis. They can enhance the precision of dietary supplement development by identifying key bioactive components and their interrelations across health benefits.

Keywords: graph database, dietary supplements, active ingredients, raw materials, network analysis

บทนำ

ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในกลุ่มประชากรหลากหลายช่วงวัย โดยเฉพาะผู้ที่ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมสุขภาพและการป้องกันโรคเรื้อรัง[1] ปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อ ได้เร่งให้ผู้บริโภคหันมาพึ่งพาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีสรรพคุณในการเสริมภูมิคุ้มกันและลดความเสี่ยงของโรค[2] อย่างไรก็ตาม แม้จะมีการนำเสนอผลิตภัณฑ์ในรูปแบบที่หลากหลาย ทั้งในด้านสูตรตำรับ แหล่งวัตถุดิบ และสารออกฤทธิ์ ซึ่งรวมถึงสารสกัดจากพืช สัตว์ แร่ธาตุ และสารสังเคราะห์[3] แต่ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ยังคงขึ้นกับปัจจัยหลายด้าน เช่น ชนิดและปริมาณของสารที่ใช้ ความสม่ำเสมอในการบริโภค และพื้นฐานสุขภาพของแต่ละบุคคล[2,4]

ในเชิงวิชาการ การประเมินคุณภาพและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารยังเผชิญความท้าทาย โดยเฉพาะในบริบทของข้อมูลจากคำเคลมเชิงพาณิชย์ที่อาจเกินจริง หรือขาดการตรวจสอบตามหลักวิชาการ[5] อีกทั้ง ความซับซ้อนของสูตรผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์หลากหลายชนิด อาจก่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์เชิงบวกหรือเชิงลบต่อฤทธิ์ทางชีวภาพของสารแต่ละชนิด[1,3,4] ดังนั้น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระดับโครงสร้างจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งในด้านการพัฒนาและการกำกับดูแลผลิตภัณฑ์อย่างมีระบบ

ฐานข้อมูลกราฟ (graph database) ได้รับความสนใจในฐานะเครื่องมือที่มีศักยภาพในการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงหลายมิติ โดยใช้โหนด (nodes) และเส้นเชื่อม (edges) เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการแทนข้อมูลและความสัมพันธ์[6,7] แนวทางดังกล่าวได้รับการประยุกต์ใช้ในหลากหลายสาขา เช่น ชีววิทยาเชิงระบบ (systems biology)[8] การวิเคราะห์โรคในระดับโมเลกุล[9] ตลอดจนการศึกษาเชิงพฤติกรรมผู้บริโภค[10] ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพของฐานข้อมูลกราฟในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อน

จากแนวโน้มดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลกราฟในการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสรรพคุณ (HC), วัตถุดิบ (RM) และสารออกฤทธิ์ (AI) ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โดยอาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ซึ่งจัดทำขึ้นจากประกาศของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)[11,12] ข้อมูลเลขสารบบผลิตภัณฑ์สุขภาพ[13] และ

คำอธิบายสรรพคุณที่สื่อสารโดยผู้ผลิต[14] ข้อมูลทั้งหมดถูกปรับโครงสร้างให้อยู่ในรูปแบบของเครือข่ายกราฟ และวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Cytoscape[15]

การวิเคราะห์เชิงเครือข่ายที่ได้จะช่วยเปิดเผยโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงระบบขององค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ตลอดจนระบุองค์ประกอบสำคัญที่มีศักยภาพในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และตอบโจทย์สุขภาพแบบองค์รวมได้อย่างแม่นยำในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. แหล่งข้อมูล (data gathering)

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้มาจากฐานข้อมูลการใช้ส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร[11] ซึ่งจัดเก็บในรูปแบบความสัมพันธ์ของประเภทข้อมูล (data types) ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โดยกำหนด รหัสตัวแปร เพื่อใช้ในโปรแกรม ดังนี้: วัตถุดิบหรือส่วนประกอบสำคัญ (RM – raw material) ชื่ออื่น (ON – other name) กลุ่มวัตถุดิบ (MG – material group) สารสำคัญ (AI – active ingredient) ส่วนที่ใช้ (PU – part used) กรรมวิธีการผลิต (EX – extraction process) เงื่อนไข (CO – condition) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (EP – example product) และสรรพคุณของผลิตภัณฑ์ (HC – health claim) โดยข้อมูลเหล่านี้ถูกออกแบบให้มีความสัมพันธ์ในลักษณะโครงสร้างเชิงเครือข่าย (graph structure) เพื่อให้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้ฐานข้อมูลดังกล่าว[11] ได้รวบรวมข้อมูลมาจากหลายแหล่งข้อมูล ได้แก่ ประกาศคำแนะนำการใช้ส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา[12] ฐานข้อมูลเลขสารบบผลิตภัณฑ์สุขภาพ[13] การจำแนกกลุ่มผลิตภัณฑ์เสริมอาหารตามวัตถุประสงค์ด้านสุขภาพ[14] และแหล่งข้อมูลออนไลน์อื่นที่เกี่ยวข้อง

2. การจัดการข้อมูล (data cleansing)

ก่อนการสร้างชุดข้อมูล (dataset) และนำเข้าสู่การวิเคราะห์ ได้มีการตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล เช่น การลบข้อมูลซ้ำ การแก้ไขชื่อที่สะกดผิด การทำให้รูปแบบการบันทึกข้อมูลมีความสอดคล้องกัน และการแทนค่าที่ขาดหายไป ด้วยค่าที่เหมาะสมตามหลักการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ชุดข้อมูล ที่ได้มีคุณภาพเพียงพอสำหรับการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป

3. การสร้างแบบจำลองข้อมูล (data modeling)

จากข้อมูลที่ผ่านการจัดการเรียบร้อยแล้ว ได้ดำเนินการออกแบบโครงสร้างข้อมูลในรูปแบบกราฟ (graph schema) โดยใช้ประเภทข้อมูลและรหัสตัวแปรที่ได้ระบุไว้ในหัวข้อ 1. แหล่งข้อมูล เป็น โหนด (node) ของเครือข่าย และสร้าง เส้นเชื่อม (edge) สำหรับเชื่อมโยงความสัมพันธ์ตามที่ปรากฏในฐานข้อมูล ตัวอย่าง เช่น

RawMaterial_ActiveIngredient→ contains_active_ingredient RawMaterial_PartUsed→ uses_part.Example Product_HealthClaim→ provides_health_claim

เป็นต้น เพื่อแสดงภาพรวมความสัมพันธ์ของระบบผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ ได้สร้าง ความสัมพันธ์เสมือน (virtual relationship) ระหว่าง HC ⟶ RM และ HC ⟶ AI เพื่อระบุความเชื่อมโยงที่ไม่ได้ปรากฏโดยตรงในฐานข้อมูลเดิม

คุณลักษณะ (attribute) ของ node และ edge เช่น ชื่อวิทยาศาสตร์ วิธีการสกัด และส่วนที่ใช้ ถูกบันทึกไว้เพื่อเพิ่มมิติในการวิเคราะห์ ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บเป็นไฟล์ CSV หรือ Excel และประมวลผลเบื้องต้นด้วย Python โดยใช้ไลบรารี pandas และ NetworkX เพื่อสร้างไฟล์ node และ edge ตาม graph schema ที่ออกแบบไว้ โดยแนวทางการใช้ NetworkX อ้างอิงจากงานของ Hagberg et al.[16]

4. การสร้างเครือข่ายและการรายงานผล (network construction & data report)

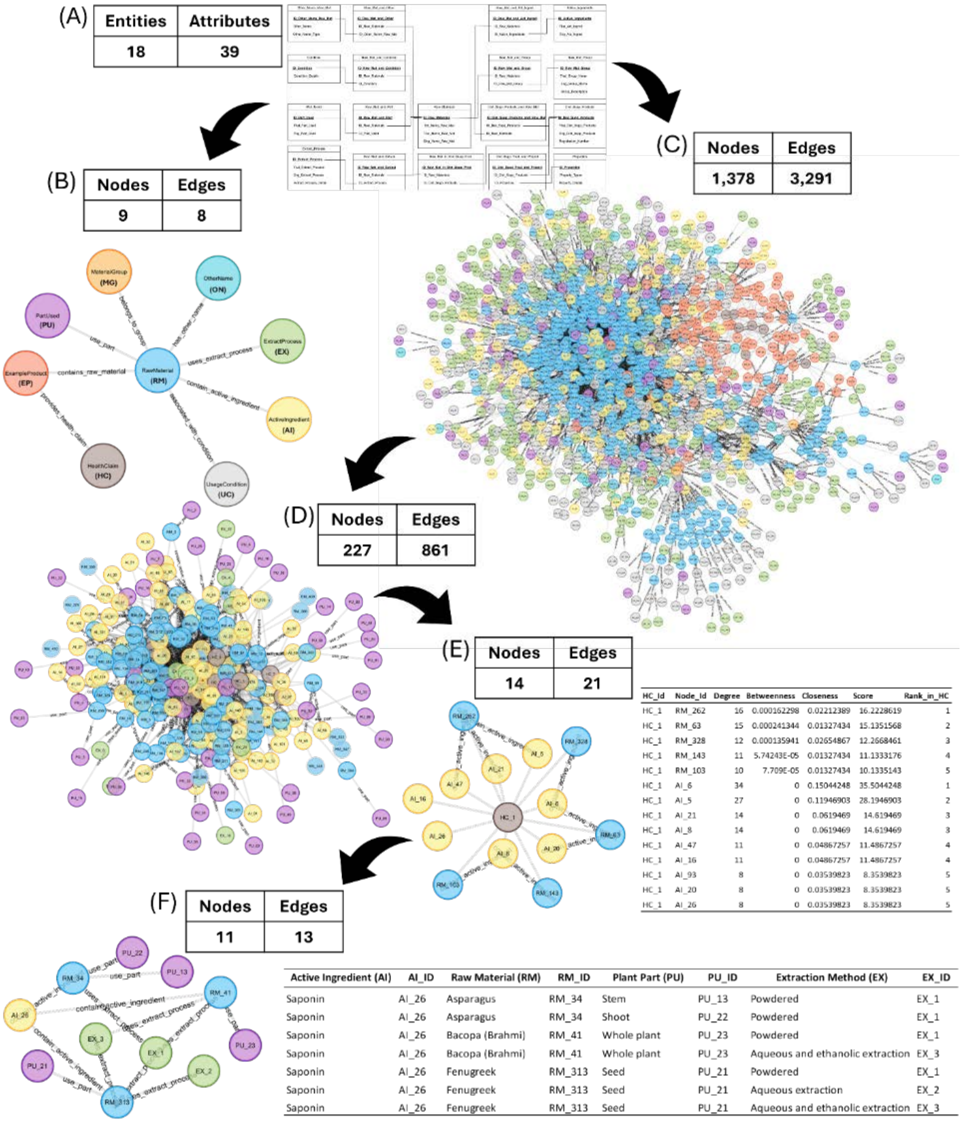
ไฟล์ node และ edge ที่ได้ถูกนำเข้าสู่โปรแกรม Cytoscape v3.10.3 เพื่อแสดงผลและวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่าย โดยทำการกำหนด mapping ของ ID, source–target และชนิดของความสัมพันธ์ (interaction) จากนั้นปรับแต่งการแสดงผล (style) (ดูรายละเอียดใน Supplementary S1) ให้ node แต่ละประเภทมีสีแตกต่างกันตามความหมายของข้อมูล (ดูรายละเอียดใน Supplementary S2) ขนาดของ node ในทุกเครือข่ายถูกกำหนดให้เท่ากันทั้งหมด จึงไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ ส่วน edge ทั้งหมดเป็นแบบ indirect ซึ่งไม่ได้ระบุค่าระดับความสัมพันธ์ และใช้ layout algorithm เช่น Prefuse Force Directed หรือ Organic Layout เพื่อจัดระเบียบเครือข่ายให้อ่านง่ายและไม่ซ้อนทับกัน[15]

การวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่ายใช้ Network Analyzer และปลั๊กอิน CytoNCA[17] เพื่อคำนวณค่า degree, betweenness และ closeness centrality แล้วนำมาสร้างคะแนนรวม (score = degree + (10

× betweenness) + (10 × closeness)) ผลลัพธ์ถูก cross-validate กับการวิเคราะห์ใน NetworkX เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเส้นทางสำคัญ (เช่น HC ⟶ RM ⟶ AI) และความสมเหตุสมผลของโครงสร้าง[16]

ผลการทดลอง

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงระบบระหว่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร สรรพคุณทางสุขภาพ (health claim – HC) วัตถุดิบ (raw material – RM) และสารออกฤทธิ์ (active ingredient - AI) ได้มีการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database) โดยใช้แผนภาพ ER (entity-relationship diagram) เพื่อกำหนดโครงสร้างข้อมูล ประกอบด้วย 9 ตารางหลัก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (EP) สรรพคุณ (HC) วัตถุดิบ (RM) สารออกฤทธิ์ (AI) ส่วนที่ใช้ของพืช (PU) กระบวนการสกัด (EX) ชื่ออื่น (ON) กลุ่มวัตถุดิบ (MG) และประเภทการใช้งาน (UC) (Figure 1A)[11] จากนั้นได้แปลงฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ไปเป็นฐานข้อมูลกราฟ (graph database) โดยแต่ละเอนทิตีทำหน้าที่เป็นโหนด (node) และความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีเป็นเส้นเชื่อม (edge) ตามโครงสร้างความสัมพันธ์เดิม (Figure 1B) เพื่อแสดงภาพรวมความสัมพันธ์ของระบบผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (Figure 1C) และเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ ได้สร้างความสัมพันธ์เสมือน (virtual relationship) ระหว่าง HC ⟶ RM และ HC ⟶ AI เพื่อระบุความเชื่อมโยงที่ไม่แสดงตรงในฐานข้อมูลเดิม (Figure 1D) เพื่อแสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน ได้สร้างเครือข่ายย่อยของกลุ่ม HC ด้านการบำรุงสมองและความจำ โดยเลือก RM และ AI ที่มีค่า degree สูงสุด 5 อันดับ (Figure 1E) และแสดงเครือข่ายของ AI_26 (saponin) ที่เชื่อมโยงกับ RM, PU และ EX ที่เกี่ยวข้อง (Figure 1F)



HC_Id	Node_Id	Degree	Betweenness	Closeness	Score	Rank_in_HC
HC_1	RM_262	16	0.000162298	0.02212389	16.2228619	1
HC_1	RM_63	15	0.000241344	0.01327434	15.1351568	2
HC_1	RM_328	12	0.000135941	0.02654867	12.2668461	3
HC_1	RM_143	11	5.74243E-05	0.01327434	11.1333176	4
HC_1	RM_103	10	7.709E-05	0.01327434	10.1335143	5
HC_1	AI_6	34	0	0.15044248	35.5044248	1
HC_1	AI_5	27	0	0.11946903	28.1946903	2
HC_1	AI_21	14	0	0.0619469	14.619469	3
HC_1	AI_8	14	0	0.0619469	14.619469	3
HC_1	AI_47	11	0	0.04867257	11.4867257	4
HC_1	AI_16	11	0	0.04867257	11.4867257	4
HC_1	AI_93	8	0	0.03539823	8.3539823	5
HC_1	AI_20	8	0	0.03539823	8.3539823	5
HC_1	AI_26	8	0	0.03539823	8.3539823	5

Active Ingredient (AI)	AI_ID	Raw Material (RM)	RM_ID	Plant Part (PU)	PU_ID	Extraction Method (EX)	EX_ID
Saponin	AI_26	Asparagus	RM_34	Stem	PU_13	Powdered	EX_1
Saponin	AI_26	Asparagus	RM_34	Shoot	PU_22	Powdered	EX_1
Saponin	AI_26	Bacopa (Brahmi)	RM_41	Whole plant	PU_23	Powdered	EX_1
Saponin	AI_26	Bacopa (Brahmi)	RM_41	Whole plant	PU_23	Aqueous and ethanolic extraction	EX_3
Saponin	AI_26	Fenugreek	RM_313	Seed	PU_21	Powdered	EX_1
Saponin	AI_26	Fenugreek	RM_313	Seed	PU_21	Aqueous extraction	EX_2
Saponin	AI_26	Fenugreek	RM_313	Seed	PU_21	Aqueous and ethanolic extraction	EX_3

Figure 1 Transformation from relational schema to graph-based network. (A) Entity-Relationship (ER) diagram representing the relational structure of dietary supplement data. (B) Graph schema illustrating node and edge types after data conversion. (C) Complete graph network displaying all nodes and relationships. (D) Subnetwork incorporating inferred relationships between health claims (HC), raw materials (RM), and active ingredients (AI). (E) Subgraph showing the top five RM and AI nodes most strongly associated with HC 1 (supporting brain and memory). (F) Subnetwork centered on AI 26 (saponin), showing linked RM, PU, and EX nodes relevant to memory-related formulations

การวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่ายด้วยโปรแกรม Cytoscape ร่วมกับปลั๊กอิน CytoNCA ทำให้สามารถประเมินความสำคัญเชิงโครงสร้างของโหนด RM และ AI ได้ โดยใช้ค่าชี้วัด degree, betweenness, closeness และ score ซึ่งแสดงใน Table 1 โดยรวบรวม RM และ AI ที่มีค่า score สูงสุดในแต่ละกลุ่ม HC (รวม 9 กลุ่ม) จากผลิตภัณฑ์ 100 รายการ พบว่าวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์บางรายการปรากฏในหลายกลุ่ม HC อย่างสม่ำเสมอ สะท้อนถึงฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย (multi-functional bioactivity) และศักยภาพในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ การใช้ค่าชี้วัดโครงสร้างร่วมกันช่วยจัดลำดับความสำคัญของวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 1 Degree, betweenness, closeness, and score of the top 5 RM and AI nodes for each of 9 health claims based on 100 dietary supplement products

HC_Id	HC_Label	Node_Type	Node_Id	Node_Label	Degree	Betweenness	Closeness	Score	Rank_in_HC
HC_1	Support brain function and enhance memory	RawMaterial	RM_262	Pomegranate	16	0.000162	0.022124	16.222862	1
			RM_63	Green tea White tea	15	0.000241	0.013274	15.135157	2
			RM_328	Ginger	12	0.000136	0.026549	12.266846	3
			RM_143	Reishi mushroom	11	0.000057	0.013274	11.133318	4
			RM_103	Cordyceps	10	0.000077	0.013274	10.133514	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	3
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	3
			AI_47	Ascorbic acid	11	0.000000	0.048673	11.486726	4
			AI_16	Fatty acids	11	0.000000	0.048673	11.486726	4
			AI_93	Anthocyanidins	8	0.000000	0.035398	8.353982	5
			AI_20	Polyphenols	8	0.000000	0.035398	8.353982	5
			AI_26	Saponins	8	0.000000	0.035398	8.353982	5
HC_2	Support women's health and beauty	RawMaterial	RM_262	Pomegranate	16	0.000162	0.022124	16.222862	1
			RM_142	Strawberry	13	0.000059	0.022124	13.221826	2
			RM_318	cranberry	13	0.000021	0.013274	13.132953	3
			RM_323	Grape	13	0.000136	0.008850	13.089854	4
			RM_328	Ginger	12	0.000136	0.026549	12.266846	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	5
HC_3	Support overall/basic health	RawMaterial	RM_262	Pomegranate	16	0.000162	0.022124	16.222862	1
			RM_142	Strawberry	13	0.000059	0.022124	13.221826	2
			RM_318	cranberry	13	0.000021	0.013274	13.132953	3
			RM_317	Blueberry	11	0.000019	0.013274	11.132933	4
			RM_319	Bilberry	11	0.000019	0.013274	11.132933	4
			RM_240	Indian gooseberry	11	0.000035	0.008850	11.088841	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	5
HC_4	Support digestive health	RawMaterial	RM_63	Green tea White tea	15	0.000241	0.013274	15.135157	1
			RM_314	Wheat	14	0.000163	0.008850	14.090126	2
			RM_142	Strawberry	13	0.000059	0.022124	13.221826	3
			RM_115	Pumpkin	13	0.000163	0.013274	13.134371	4
			RM_318	cranberry	13	0.000021	0.013274	13.132953	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	5
HC_5	Support eye health	RawMaterial	RM_314	Wheat	14	0.000163	0.008850	14.090126	1
			RM_142	Strawberry	13	0.000059	0.022124	13.221826	2
			RM_115	Pumpkin	13	0.000163	0.013274	13.134371	3
			RM_56	Broccoli	13	0.000021	0.008850	13.088709	4
			RM_328	Ginger	12	0.000136	0.026549	12.266846	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	5

Table 1 (continued)

HC_Id	HC_Label	Node_Type	Node_Id	Node_Label	Degree	Betweenness	Closeness	Score	Rank_in_HC
HC_6	Support bone and joint health	RawMaterial	RM_200	Peppermint	10	0.000157	0.022124	10.222806	1
			RM_342	Collagen	9	0.000393	0.022124	9.225172	2
			RM_374	Fish oil	8	0.000079	0.017699	8.177778	3
			RM_93	Orange sweet	8	0.000079	0.008850	8.089283	4
			RM_311	White jelly mushroom	6	0.000048	0.008850	6.088977	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	3
			AI_16	Fatty acids	11	0.000000	0.048673	11.486726	4
			AI_174	Eicosapentaenoic acid (EPA)	5	0.000000	0.022124	5.221239	5
			AI_175	docosahexaenoic acid (DHA)	5	0.000000	0.022124	5.221239	5
HC_7	Support heart health	RawMaterial	RM_323	Grape	13	0.000136	0.008850	13.089854	1
			RM_328	Ginger	12	0.000136	0.026549	12.266846	2
			RM_200	Peppermint	10	0.000157	0.022124	10.222806	3
			RM_12	Garlic	10	0.000090	0.008850	10.089391	4
			RM_342	Collagen	9	0.000393	0.022124	9.225172	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	3
			AI_16	Fatty acids	11	0.000000	0.048673	11.486726	4
			AI_172	Gingerols	7	0.000000	0.030973	7.309735	5
HC_8	Strengthen the immune system	RawMaterial	RM_262	Pomegranate	16	0.000162	0.022124	16.222862	1
			RM_328	Ginger	12	0.000136	0.026549	12.266846	2
			RM_143	Reishi mushroom	11	0.000057	0.013274	11.133318	3
			RM_240	Indian gooseberry	11	0.000035	0.008850	11.088841	4
			RM_200	Peppermint	10	0.000157	0.022124	10.222806	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	5
HC_9	Assist in weight gain or weight management	RawMaterial	RM_262	Pomegranate	16	0.000162	0.022124	16.222862	1
			RM_63	Green tea White tea	15	0.000241	0.013274	15.135157	2
			RM_142	Strawberry	13	0.000059	0.022124	13.221826	3
			RM_115	Pumpkin	13	0.000163	0.013274	13.134371	4
			RM_30	Spirulina	10	0.000085	0.017699	10.177839	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_47	Ascorbic acid	11	0.000000	0.048673	11.486726	5
			AI_24	Protein	11	0.000000	0.048673	11.486726	5
			AI_16	Fatty acids	11	0.000000	0.048673	11.486726	5

เพื่อเสริมการประเมิน ได้รวบรวมข้อมูล PU และ EX ที่เกี่ยวข้องกับ RM และ AI ที่มี score สูงสุดในแต่ละกลุ่ม HC (Table 2) พบว่าสารสำคัญ เช่น flavonoids, anthocyanins, phenolic compounds และ dietary fiber มักได้จากพืชหลายชนิด เช่น ผลไม้ ผัก สมุนไพร เห็ด และพืชน้ำ โดยใช้ส่วนต่าง ๆ เช่น ผล ใบ ราก ลำต้น และเมล็ด ผ่านกระบวนการสกัดหลายรูปแบบ ได้แก่ การบดแห้ง การสกัดด้วยน้ำ การสกัดด้วยน้ำและเอทานอล การสกัดเย็น และการแปรรูป โดยเฉพาะในกลุ่มน้ำมันปลา (เช่น DHA และ EPA) ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับ PU และ EX เหล่านี้ช่วยเสริมแนวทางการเลือกวัตถุดิบและวิธีสกัดให้สอดคล้องกับเป้าหมายด้านสุขภาพ และส่งเสริมการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีความแม่นยำตามคุณสมบัติเฉพาะที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น

วิจารณ์

การวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่ายของวัตถุดิบ (raw material – RM) และสารออกฤทธิ์ (active ingredient – AI) ที่เชื่อมโยงกับสรรพคุณของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (health claim - HC) (Table 1) พบว่าวัตถุดิบและสารสำคัญหลายชนิดปรากฏในหลายกลุ่ม HC สะท้อนถึงบทบาททางชีวภาพที่หลากหลายและครอบคลุม ตัวอย่างเช่น ทับทิม (*Punica granatum*) ซึ่งพบในหลายกลุ่ม HC เช่น บำรุงสมอง เสริมความจำ เสริมภูมิคุ้มกัน และบำรุงหัวใจ มีค่า score สูงสุดในกลุ่ม RM (16.22) และชาเขียว/ชาขาว (*Camellia sinensis*) ขิง (*Zingiber officinale*) และ เห็ดหลินจือ (*Ganoderma-lucidum*) ก็เป็น RM ที่ปรากฏในหลายสรรพคุณเช่นกัน ส่วนในกลุ่ม AI พบว่า ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) มีค่า score สูงสุด (35.50) ตามด้วย สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) โพลีฟีนอล (polyphenols) และใยอาหาร (dietary fiber) ซึ่งมีคุณสมบัติสำคัญ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และช่วยปรับสมดุลระบบภายในร่างกาย ข้อมูลเชิงโครงสร้างร่วมกับค่า score เหล่านี้ จึงเป็นหลักฐานเชิงปริมาณที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเลือกวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์หลักในการออกแบบสูตรผลิตภัณฑ์อย่างมีเหตุผลและแม่นยำ

จากค่าชี้วัดเชิงโครงสร้าง (centrality measures) พบว่าโหนดที่มีค่า degree, betweenness และ score สูง มักเป็นโหนดที่เกี่ยวข้องกับสรรพคุณมากกว่าหนึ่งประเภท ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากวรรณกรรมที่สนับสนุนคุณสมบัติของสารสำคัญดังกล่าวในการป้องกันโรคเรื้อรัง และส่งเสริมสุขภาพแบบองค์รวม เช่น ฟลาโวนอยด์และโพลีฟีนอลจากทับทิมและชาเขียว มีบทบาทในการปกป้องเซลล์ประสาท ลดความเสื่อมของระบบประสาทส่วนกลาง[18,19] ขิงและเห็ดหลินจือมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ช่วยเพิ่มการไหลเวียนโลหิต และกระตุ้นการสร้างสารสื่อประสาท[20,21] ส่วนในกลุ่มสรรพคุณที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพผู้หญิงและความงาม พบว่าวัตถุดิบของกลุ่มเบอร์รี เช่น สตรอว์เบอร์รี แครนเบอร์รี และทับทิมมีศักยภาพสูงในการเสริมสร้างคอลลาเจน และชะลอการเกิดริ้วรอย[22,23] สำหรับสุขภาพทางเดินอาหารและสุขภาพพื้นฐาน สารสำคัญจากฟักทอง ข้าวสาลี และชาเขียว มีบทบาทในการช่วยปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ และลดการอักเสบในระบบทางเดินอาหาร[24] ขณะที่การบริโภค ลูทีนจากฟักทองและบล็อกโคลี ช่วยปกป้องจอประสาทตา[25] และคอลลาเจนเปปไทด์รวมถึงโอเมก้า-3 จากน้ำมันปลาช่วยบำรุงข้อต่อและกระดูก[26]

นอกจากนี้ พบการซ้อนทับของ RM และ AI ในหลายกลุ่ม HC โดยเฉพาะกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับ

ระบบประสาท หัวใจ การเผาผลาญ และภูมิคุ้มกัน ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ร่วม เช่น ฟลาโวนอยด์ และโพลีฟีนอล ที่มีฤทธิ์หลากหลาย เช่น ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบ[27,28] ความเชื่อมโยงนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกวัตถุดิบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีเหตุผล ตัวอย่างเช่น หากต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ดูแลหัวใจและระบบประสาทไปพร้อมกัน ข้อมูลจากกราฟชี้ให้เห็นว่าฟลาโวนอยด์ปรากฏร่วมกันในทั้งสองกลุ่ม HC จึงเหมาะสำหรับการใช้เป็นสารออกฤทธิ์หลัก หรือหากมุ่งพัฒนาสูตรเสริมภูมิคุ้มกันและควบคุมการอักเสบ โพลีฟีนอลก็เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจ วิธีการนี้ช่วยให้การวางแผนสูตรผลิตภัณฑ์แบบหลายสรรพคุณ (multi-benefit formulation) มีความแม่นยำและมีศักยภาพต่อยอดสู่การศึกษาทางคลินิกได้ในอนาคต

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง RM, AI, ส่วนที่ใช้ของพืช (part used – PU) และกระบวนการสกัด (extraction process – EX) (Table 2) พบว่า RM ที่มี centrality สูง เช่น ทับทิม ชาเขียว ขิง เห็ดหลินจือ และมากีเบอร์รี มีความเชื่อมโยงกับสารออกฤทธิ์หลัก เช่น ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และกรดแอสคอร์บิก โดยเฉพาะฟลาโวนอยด์ ซึ่งพบใน RM หลากชนิด เช่น ทับทิม ชาเขียว และขึ้นฉ่าย ซึ่งใช้ส่วนของเมล็ด ใบ หรือยอดอ่อน สกัดด้วยน้ำหรือเอทานอล ซึ่งมีประสิทธิภาพในการคงฤทธิ์ทางชีวภาพ[19,29] สำหรับ แอนโทไซยานิน ซึ่งพบในสตรอว์เบอร์รี ทับทิม และมากีเบอร์รี นิยมใช้เนื้อหุ้มเมล็ดหรือผลทั้งผลร่วมกับการสกัดด้วยน้ำ[30] ส่วนกรดแอสคอร์บิกในกะหล่ำปลีและบล็อกโคลีมักพบในใบและต้นอ่อน โดยการบดผงหรือสกัดด้วยน้ำช่วยคงสารสำคัญได้ดี[31] ความสัมพันธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าฐานข้อมูลกราฟสามารถสนับสนุนการเลือก RM, PU และ EX ให้เหมาะกับเป้าหมายสุขภาพ และเป็นฐานข้อมูลสำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 2 Part used and extraction process of top 5 active ingredients and raw materials

Active Ingredients (AI)	Raw Materials (RM)	Plant Parts Used (PU)	Extraction Methods (EX)
Anthocyanidins	Blueberry, Bilberry, Elderberry	Fruit	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract
Anthocyanins	Pomegranate, Blueberry, Bilberry, Maqui berry, Strawberry, Elderberry, Cranberry	Fruit, Aril, Seed	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract
Ascorbic acid	Cabbage, Pomegranate, Broccoli, Strawberry	Flower, Fruit, Stem, Aril, Seed, Leaf	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract
Dietary fiber	Okra, Wheat, Broccoli, Beetroot, Pumpkin, Tamarind, Bael, Fenugreek, Asparagus, Psyllium, Shiitake	Germ, Flower, Mushroom cap, Fruit, Root, Stem, Shoot, Flesh, Ripe flesh, Seed, Seed (no peel), Seed coat, Leaf, Young leaf	Powdered, Pressed (Oil), Pressed (Seed oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract
Docosahexaenoic acid (DHA)	Fish oil		Processed
Eicosapentaenoic acid (EPA)	Fish oil		Processed
Fatty acids	Wheat, Fish oil, Pumpkin, Grape	Germ, Fruit, Flesh, Peel, Seed, Seed (no peel), Young leaf	Powdered, Pressed (Oil), Pressed (Seed oil), Processed, Water Extract, Water + Ethanol Extract
Flavonoid	Fingerroot, Black ginger, Cabbage, Holy basil, Ginger, Celery, Kale, Green tea, White tea, Lemongrass, Blueberry, Broccoli, Bilberry, Indian gooseberry, Maqui berry,	Flower, Flower bud, Fruit, Shoot, Root, Stem, Flesh (no seed), Peel, Seed, Rhizome, Leaf	Powdered, Pressed (Oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract, Ethanol Extract, Ethyl acetate Extract
Gingerol	Ginger	Rhizome	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract
Phenolic compounds	Cabbage, Holy basil, Celery, Kale, Lemongrass, Pomegranate, Broccoli, Pumpkin, Indian gooseberry, Bael, Lychee, Fenugreek, Pine, Cinnamon, Horsetail, Peppermint, Carrot, Basil	Flower, Fruit, Stem, Flesh, Ripe flesh, Aril, Peel, Seed, Leaf	Powdered, Pressed (Seed oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract, Ethanol Extract
Polyphenol	Green tea, White tea, Lychee, Cinnamon	Flower bud, Shoot, Aril, Peel, Leaf	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract, Ethanol Extract
Polysaccharide	Wheat, Cordyceps, Beetroot, Aloe vera, Lingzhi, Shiitake, White fungus, Maitake	Germ, Mushroom cap, Root, Leaf gel, Seed (no peel), Young leaf, Mycelium	Powdered, Pressed (Oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract
Proanthocyanidins	Blueberry, Bilberry, Pine, Maritime pine, Grape, Cranberry	Fruit, Peel, Seed	Powdered, Pressed (Oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract, Ethanol Extract, Ethyl acetate Extract
Protein	Wheat, Chlorella, Spirulina, Shiitake, Maitake, Water mimosa	Germ, Mushroom cap, Algae, Seed (no peel), Leaf, Young leaf	Powdered, Pressed (Oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract
Saponin	Brahmi, Fenugreek, Asparagus	Whole plant, Stem, Shoot, Seed	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract

โดยสรุป การวิเคราะห์เชิงโครงสร้างจากฐานข้อมูลกราฟในครั้งนี้ ไม่เพียงเผยให้เห็นความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลแบบตาราง แต่ยังชี้แนวทางใหม่ในการเลือกใช้วัตถุดิบ สารออกฤทธิ์ ส่วนที่ใช้ และวิธีการสกัดอย่างมีเหตุผล ข้อมูลเชิงโครงสร้างและค่าชี้วัดเชิงปริมาณช่วยสนับสนุนการคัดเลือกวัตถุดิบหลักที่มีบทบาทในหลายกลุ่ม HC เช่น ทับทิม และฟลาโวนอยด์ เพื่อนำมาพัฒนาสูตรหลายสรรพคุณ ที่ตอบโจทย์สุขภาพแบบองค์รวม ลดความซ้ำซ้อนในการพัฒนาสูตร และเพิ่ม

ศักยภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมสุขภาพได้ในระยะยาว

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ในครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณาเพื่อการตีความผลลัพธ์และการวางแผนวิจัยในอนาคต ข้อมูลที่ใช้สร้างเครือข่ายมาจากผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร 100 รายการ โดยอ้างอิงจากข้อความเคลมของผู้ผลิต ซึ่งอาจคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริงหรือมาตรฐานทางกฎหมาย อีกทั้ง รายการวัตถุดิบยังไม่ครอบคลุมทั้งหมดตามบัญชีของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)[11,12] ส่งผลให้ความเชื่อมโยงระหว่างวัตถุดิบ (RM) กับองค์ประกอบอื่น เช่น ชื่ออื่น (ON) ส่วนที่ใช้ (PU) วิธีสกัด (EX) สารออกฤทธิ์ (AI) และประเภทการใช้งาน (UC) อาจไม่สมบูรณ์ และกระทบต่อค่าชี้วัดโครงสร้าง (centrality) นอกจากนี้ การแปลงข้อมูลจากฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นฐานข้อมูลกราฟอาจทำให้ข้อมูลบางส่วนหายไป หากไม่มีรายการวัตถุดิบหรือความสัมพันธ์ปรากฏในตัวอย่าง ส่งผลต่อความครบถ้วนของโครงสร้างเครือข่าย และอาจทำให้โหนดหรือเส้นเชื่อมสำคัญบางรายการไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ ดังนั้น ในการพัฒนาเครือข่ายในอนาคต ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างผลิตภัณฑ์ให้ครอบคลุมมากขึ้น และนำข้อมูลจากแหล่งทางการ เช่น ประกาศ อย. มาใช้เป็นฐานข้อมูลต้นทาง เพื่อเพิ่มความถูกต้องและความครบถ้วนของโครงสร้าง นอกจากนี้ ควรพิจารณาให้ค่าน้ำหนักกับเส้นเชื่อม (edge) ตามระดับหลักฐาน (evidence-based weighting) เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความแม่นยำ และสะท้อนโครงสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

บทสรุป

การพัฒนาฐานข้อมูลกราฟจากข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ช่วยเปิดเผยความเชื่อมโยงเชิงโครงสร้างระหว่างสรรพคุณ (HC) วัตถุดิบ (RM) และสารออกฤทธิ์ (AI) ได้อย่างเป็นระบบ การแปลงข้อมูลเป็นเครือข่ายกราฟร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยค่าชี้วัดโครงสร้าง (degree, betweenness, closeness และ score) ช่วยจัดลำดับความสำคัญขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสรรพคุณแต่ละประเภท ผลการวิเคราะห์พบว่าวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์บางชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอล และใยอาหาร มีบทบาทหลากหลายและปรากฏในหลายกลุ่มสรรพคุณ โดยได้จากพืชหลายชนิดผ่านส่วนที่ใช้และกระบวนการสกัดที่หลากหลาย ข้อมูลเหล่านี้สามารถสนับสนุนการออกแบบสูตรผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีความแม่นยำและตอบโจทย์สุขภาพแบบหลายมิติ นอกจากนี้ การสร้างความสัมพันธ์เสมือนในเครือข่ายกราฟช่วยเชื่อมโยงข้อมูลที่ไม่ปรากฏโดยตรงใน

โครงสร้างเดิม เพิ่มมิติการวิเคราะห์และเสริมศักยภาพในการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนวัตกรรม ทั้งด้านประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความครบถ้วนขององค์ความรู้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ประจำปี 2567 โดยได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา สัญญาเลขที่ อพ.สธ.02/2567 ทั้งนี้ มีการใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ (AI) โดยเฉพาะ ChatGPT เพื่อช่วยในการเขียนและตรวจทานเนื้อหา

เอกสารอ้างอิง

1. Pattarabovornwut K, Phonngam P. Dietary supplements for health. J MCU Nakhondhat. 2023;10(10):244–252. Available from: https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/273022.
2. Wierzejska RE. Dietary Supplements—For whom? The current state of knowledge about the health effects of selected supplement use. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(17):8897. doi:10.3390/ijerph18178897.
3. Abubakar AA, Singh K, Abdurrahman MI, Tsoho AU. A review on dietary supplements: health benefits, market trends, and challenges. Int J Sci Dev Res. 2020;5(11):26–35. Available from: https://ijsdr.org/papers/IJSDR2011007.pdf.
4. Coates PM, Bailey RL, Blumberg JB, El-Sohemy A, Floyd E, Goldenberg JZ, et al. The evolution of science and regulation of dietary supplements: past, present, and future. J Nutr. 2024;154(8):2335–2345. doi:10.1016/j.tjnut.2024.06.017.
5. Kungsung APT. Consumer protection from online dietary supplement advertising and sales. Public Health Policy and Laws Journal. 2023;9(1):97–107. Available from: https://so05.tci-thaijo.org/index.php/journal_law/article/view/262433.
6. Romsaayhud W. Neo4j: A graph database for analysis. Bangkok: SE-EDUCATION Public Company Limited; 2020. 206 p. ISBN: 978-616-08-3907-0.
7. Đukić M, Pantelić O, Pajić Simović A, Krstović S, Jejić O. A systematic approach for converting relational to graph databases. IPSI Trans Internet Res. 2024;20(1):17–28. doi:10.58245/ipsi.tir.2401.03.
8. Mazein I, Rougny A, Mazein A, Henkel R, Gütebier L, Michaelis L, et al. Graph databases in systems biology: a systematic review. Brief Bioinform. 2024;25(6):bbae561. doi:10.1093/bib/bbae561.
9. Zagare A, Balaur I, Rougny A, Saraiva C, Gobin M, Monzel AS, et al. Deciphering shared molecular dysregulation across Parkinson’s disease variants using a multi-modal network-based data integration and analysis. NPJ Parkinsons Dis. 2025;11:63. doi:10.1038/s41531-025-00914-3.
10. Sriphromting N, Luenam P. Identifying movies influencers using social network analysis. J Appl Stat Inf Technol. 2019;4(1):49–64. Available from: https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/asit-journal/article/view/173022.

11. Sootanan P, Petchlert C. Database of key ingredients used in dietary supplements [Internet]. 2025 [cited 2025 Jun 11]. Available from: https://nutrasource.rspgburapha.com/.
12. Thai Food and Drug Administration, Ministry of Public Health. Notification of the Thai Food and Drug Administration: Guidelines on the use of key ingredients in dietary supplements [Internet]. 2024 Jul 9 [cited 2025 Jun 11]. Available from: https://food.fda.moph.go.th/.
13. Thai Food and Drug Administration, Ministry of Public Health. Check product registration number for health products [Internet]. 2022b [cited 2025 Jun 11]. Available from: https://oryor.com/check-product-serial.
14. Zawistowski J. Health foods and foods with health claims in the Asian subcontinent: countries of the association of Southeast Asian nations. In: Bagchi D, editor. Developing New Functional Food and Nutraceutical Products. Cambridge (MA): Academic Press; 2017. p. 315–330. doi:10.1016/B978-0-12-802780-6.00018-3.
15. Shannon P, Markiel A, Ozier O, Baliga NS, Wang JT, Ramage D, et al. Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks. Genome Res. 2003 Nov;13(11):2498–504. doi:10.1101/gr.1239303.
16. Hagberg AA, Schult DA, Swart PJ. Exploring network structure, dynamics, and function using NetworkX. Proc 7th Python Sci Conf. 2008;11-5. doi: 10.25080/TCWV9851.
17. Tang Y, Li M, Wang J, Pan Y, Wu FX. CytoNCA: a cytoscape plugin for centrality analysis and evaluation of protein interaction networks. Biosystems. 2015;127:67-72. doi:10.1016/j.biosystems.2014.11.005.
18. Vauzour D, Vafeiadou K, Rodriguez-Mateos A, Rendeiro C, Spencer JP. The neuroprotective potential of flavonoids: a multiplicity of effects. Genes Nutr. 2008;3(3-4):115-126. doi:10.1007/s12263-008-0091-4.
19. Aviram M, Dornfeld L. Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress, atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation: studies in humans and in atherosclerotic apolipoprotein E–deficient mice. Am J Clin Nutr. 2000;71(5):1062-1076. doi:10.1093/ajcn/71.5.1062.
20. Mashhadi NS, Ghiasvand R, Askari G, Hariri M, Darvishi L, Mofid MR. Anti-oxidative and anti-inflammatory effects of ginger in health and physical activity: review of current evidence. Int J Prev Med. 2013;4(Suppl 1):S36-S42. PMID: 23717767; PMCID: PMC3665023.
21. Wasser SP. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. Appl Microbiol Biotechnol. 2002;60(3):258-274. doi:10.1007/s00253-002-1076-7.
22. Giampieri F, Alvarez-Suarez JM, Battino M. Strawberry and human health: effects beyond antioxidant activity. J Agric Food Chem. 2014;62(18):3867-3876. doi:10.1021/jf405455n.
23. Basu A, Rhone M, Lyons TJ. Berries: emerging impact on cardiovascular health. Nutr Rev. 2010;68(3):168-177. doi:10.1111/j.1753-4887.2010.00273.x.
24. Slavin JL. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. Nutrients. 2013;5(4):1417-1435. doi:10.3390/nu5041417.
25. Bernstein PS, Zhao DY, Wintch SW, Ermakov IV, McClane RW, Gellermann W. Resonance Raman measurement of macular carotenoids in normal subjects and in age-related macular degeneration patients. Ophthalmology. 2002;109(10):1780-1787. doi: 10.1016/s0161-6420(02)01173-9.

26. Zague V. A new view concerning the effects of collagen hydrolysate intake on skin properties. Arch Dermatol Res. 2008 Oct;300(9):479–483. doi:10.1007/s00403-008-0888-4.
27. Pérez-Vizcaíno F, Duarte J. Flavonols and cardiovascular disease. Mol Aspects Med. 2010;31(6):478-494. doi:10.1016/j.mam.2010.09.002.
28. Hursel R, Westerterp-Plantenga MS. Thermogenic ingredients and body weight regulation. Int J Obes (Lond). 2010;34(4):659-669. doi:10.1038/ijo.2009.299.
29. Basu A, Penugonda K. Pomegranate juice: a heart-healthy fruit juice. Nutr Rev. 2009;67(1):49-56. doi:10.1111/j.1753-4887.2008.00133.x.
30. Wu X, Beecher GR, Holden JM, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Prior RL. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. J Agric Food Chem. 2006;54(11):4069-4075. doi:10.1021/jf060300l.
31. Howard LA, Wong AD, Perry AK, Klein BP. β-Carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. J Food Sci. 1999;64(5):929-936. doi:10.1111/j.1365-2621.1999.tb15943.x.