

Thông tin khoa học

HOẠT CHẤT SINH HỌC TỪ CÂY ĐẬU RỒNG TRONG VIỆC KIỂM SOÁT ĐƯỜNG HUYẾT TRONG NGHIÊN CỨU *IN VITRO* VÀ *IN VIVO*

Hoàng Gia Viễn, Phạm Thanh Bảo Long, Phan Thị Ngọc Hân,
Trần Ngọc Bửu, Lâm Khắc Kỳ✉

Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Đậu rồng (*Psophocarpus tetragonolobus*) là nguồn thực phẩm giàu hoạt chất sinh học như protein ức chế α -amylase, chất ức chế α -Glucosidase, isoflavone, flavonoid và các hợp chất chống oxy hóa. Những hoạt chất này đã được chứng minh trong các nghiên cứu *in vitro* và *in vitro* trên động vật có khả năng làm chậm quá trình tiêu hóa và hấp thu carbohydrate, cải thiện độ nhạy insulin và giảm stress oxy hóa. Các bằng chứng ban đầu cho thấy đậu rồng có tiềm năng trở thành nguồn nguyên liệu tự nhiên hỗ trợ phòng ngừa và quản lý tiền đái tháo đường. Tuy nhiên, các nghiên cứu lâm sàng quy mô lớn trên người vẫn còn hạn chế, do đó cần được tiếp tục triển khai nhằm khẳng định hiệu quả và xác định liều lượng sử dụng tối ưu. Bài tổng quan này tập trung phân tích tiềm năng và các bằng chứng hiện có thay vì báo cáo kết quả thực nghiệm lâm sàng trên người, nhằm cung cấp cơ sở khoa học cho việc ứng dụng đậu rồng trong hỗ trợ kiểm soát đường huyết.

Với tính an toàn, hàm lượng dinh dưỡng phong phú và khả năng hỗ trợ điều hòa đường huyết, đậu rồng có tiềm năng trở thành một lựa chọn thực phẩm hữu ích trong chiến lược phòng ngừa và kiểm soát tiền đái tháo đường.

Từ khóa: đậu rồng, hoạt chất sinh học, kiểm soát đường huyết, chất ức chế α -amylase, flavonoid, α -Glucosidase.

BIOACTIVE COMPOUNDS FROM *Psophocarpus tetragonolobus* IN BLOOD GLUCOSE CONTROL *in vitro* AND *in vivo* STUDIES

ABSTRACT

Psophocarpus tetragonolobus is a bioactive food source such as α -amylase inhibitor, α -glucosidase inhibitor, isoflavones, flavonoids, and antioxidants. These activities have been demonstrated in *in vitro* and *in vitro* studies in animals with the ability to slow digestion and carbohydrate absorption, improve insulin sensitivity, and reduce oxidative stress - important mechanisms in controlling blood sugar. Early evidence suggests that winged bean have the potential to become a natural resource for the prevention and management of diabetes mellitus. However, large-scale clinical studies on humans are still limited, and therefore continue to be implemented in order to assert the efficiency and optimal dosage of use. This review focused on analyzing the potential and existing evidence rather than reporting the results of clinical trials on humans, to provide a scientific basis for dragon beans application in household blood control.

✉ Tác giả liên hệ: Lâm Khắc Kỳ
Email: lamkhacky@iuh.edu.vn
Doi: 10.56283/1859-0381/980

Nhận bài: 23/11/2025 Chỉnh sửa: 3/12/2025
Chấp nhận đăng: 18/12/2025
Công bố online: 20/12/2025

With its safety and the abundance of nutrition nutrient content, ability to support the regulation of blood sugar, dragon beans have the potential to become a useful food choice in a diabetes prediabetes prevention and control strategy.

Key words: *Psophocarpus tetragonolobus*, bioactive, controlling blood sugar, α -amylase inhibitors, flavonoid, α -glucosidase.

I. GIỚI THIỆU

Tăng đường huyết là tình trạng được đặc trưng bởi nồng độ glucose trong máu cao bất thường, thường được xem là yếu tố khởi phát của tiền đái tháo đường (ĐTĐ) và là dấu hiệu sớm của bệnh ĐTĐ. Trong bối cảnh rối loạn đường huyết ngày càng phổ biến và trở thành vấn đề sức khỏe cộng đồng đáng lo ngại, việc tìm kiếm các biện pháp hỗ trợ kiểm soát đường huyết từ nguồn thực phẩm tự nhiên đã và đang thu hút nhiều sự quan tâm của giới nghiên cứu và cộng đồng.

Tiền đái tháo đường là tình trạng nồng độ glucose trong máu cao hơn mức bình thường nhưng chưa đạt ngưỡng chẩn đoán ĐTĐ. Tình trạng này bao gồm rối loạn dung nạp glucose và rối loạn glucose máu lúc đói [1]. Đây được xem là giai đoạn trung gian giữa người khỏe mạnh và người mắc ĐTĐ, có tiền triển âm thầm nhưng nguy cơ biến chứng cao. Ngay giai đoạn này, nhiều cơ quan bắt đầu bị tổn thương, tăng nguy cơ tiến triển thành ĐTĐ xuất hiện các biến chứng nặng nề như bệnh lý võng mạc, thận, mạch máu não, tăng huyết áp, loét bàn chân và cắt cụt chi [2]. Tại Trung Quốc, khảo sát trên 98.658 người trưởng thành năm 2010 cho thấy tỷ lệ tiền đái tháo đường đạt 50,1% [3]. Tại Anh, nghiên cứu giai đoạn 2003-2011 ghi nhận tỷ lệ tiền ĐTĐ tăng từ 11,6% lên 35,3%, đặc biệt ở nhóm người béo phì ≥ 40 tuổi, tỷ lệ mắc lên đến 50,6% [4]. Theo Liên đoàn Đái tháo đường Quốc tế (IDF, 2021), khoảng 541 triệu người trưởng thành trên thế giới mắc rối loạn

dung nạp glucose và 319 triệu người bị rối loạn glucose máu lúc đói, con số này dự báo sẽ tiếp tục gia tăng đến năm 2045 [5].

Tại Việt Nam, tỷ lệ tiền ĐTĐ có xu hướng gia tăng nhanh. Điều tra quốc gia năm 2020 của Bệnh viện Nội tiết Trung ương trên 5.244 người trưởng thành cho thấy tỉ lệ tiền đái tháo đường là 17,9% và tỉ lệ ĐTĐ là 7,3% [6]. Khảo sát tại Thừa Thiên Huế trên 2.530 người trưởng thành ghi nhận tỷ lệ mắc là 18,5%. Nghiên cứu trên 101 người ≥ 40 tuổi có cha/mẹ mắc ĐTĐ type 2 cho thấy tỷ lệ tiền đái tháo đường là 17,82% [7]. Tại Bình Dương, khảo sát trên 1.920 người trưởng thành ghi nhận tỷ lệ 21,9%, trong đó nữ cao hơn nam và tăng dần theo độ tuổi [8]. Đáng chú ý, nghiên cứu tại Bệnh viện Trường Đại học Y Dược Cần Thơ (2022-2024) trên 262 người ≥ 45 tuổi thừa cân hoặc tăng huyết áp cho thấy tỷ lệ tiền đái tháo đường lên tới 55,7%, được xác định chủ yếu qua HbA1c (50%) và đường huyết lúc đói (32,1%) [9]. Những số liệu này cho thấy tiền đái tháo đường đã trở thành vấn đề sức khỏe cộng đồng đáng lo ngại, đặc biệt tại các quốc gia đang phát triển.

Cây đậu rồng (*Psophocarpus tetragonolobus*), một loài cây họ đậu quen thuộc tại Việt Nam, không chỉ có giá trị dinh dưỡng cao mà còn thể hiện tiềm năng trong kiểm soát đường huyết. Hạt đậu rồng chứa hàm lượng protein (27,8-36,6%) và chất béo (14,8-17,9%) tương đối cao, đồng thời cung cấp chất xơ và nhiều khoáng chất thiết yếu như photpho,

canxi và magiê, cùng các hợp chất sinh học có hoạt tính sinh lý đáng chú ý [10]. Đặc biệt, các nghiên cứu đã chỉ ra rằng hoạt chất chiết xuất từ đậu rồng có khả năng ức chế enzyme α -Glucosidase và α -amylase, từ đó làm chậm quá trình phân giải tinh bột và góp phần làm giảm đường huyết sau ăn [11]. Quả non chứa nhiều

nước (90%) cùng hàm lượng dinh dưỡng đáng kể, gồm protein (1,9 g/100 g), chất xơ (1,6 g), vitamin C (22 mg), canxi (63 mg) và photpho (60 mg) [12]. Hạt trưởng thành giàu axit béo không bão hòa (75,5%) và phytosterol, trong đó chủ yếu là stigmasterol (66,4%) và β -sitosterol (25,1%) [13].



Ngoài giá trị dinh dưỡng, đậu rồng còn chứa nhiều hợp chất sinh học như flavonoid, tanin và saponin, flavonoid, alkaloid, hợp chất phenolic, saponin, carotenoid, terpenoid, axit béo omega-3 và anthocyanin với các hoạt tính sinh học đa dạng: chống oxy hóa, kháng viêm, kháng khuẩn, chống ung thư, bảo vệ mạch máu và ức chế enzyme tiêu hóa carbohydrate [15–18]. Nhờ vậy, đậu rồng không chỉ là nguồn thực phẩm giàu dưỡng chất mà còn thể hiện tiềm năng trong phòng ngừa và kiểm soát rối loạn đường huyết.

Hình 1. Cây *Psophocarpus tetragonolobus* [14].

Bảng 1. Một số chất có hoạt tính sinh học và khả năng ức chế enzyme [19].

Chất có hoạt tính	Hàm lượng	Hoạt tính ức chế enzyme	% ức chế
Saponin (%)	0,60	α -Amylase	10,51 $\pm$ 0,96
Tannin (%)	0,77 – 0,97	α -Glucosidase	64,03 $\pm$ 1,30
Oxalate (%)	0,50	-	
Acid phytic (%)	4,09 – 9,96	-	

Bảng 2. Một số thành phần dinh dưỡng của cây đậu rồng [20].

Các chỉ số	Hoa	Lá	Quả non	Hạt phơi khô	Củ
Đa lượng, g					
Protein	2,8-5,6	5,0-7,6	1,9-4,3	27,2-54,02	3,0-15
Lipid	0,5-0,9	0,5-2,5	0,1-3,4	15,2-23,35	0,4-1,1
Carbohydrate	3,0-8,4	3,0-8,5	1,1-7,9	14,2-35,66	27,2-30,5
Xơ	-	3,0-4,2	0,9-3,1	1,55-26,15	1,6-17
Tro	0,8	1,0-2,9	0,4-1,9	3,52-4,9	0,9-1,7
Độ ẩm	84,2-87,5	64,2-85	76-93	5,3-12,85	54,9-65,2

Các chỉ số	Hoa	Lá	Quả non	Hạt phơi khô	Củ
Chất khoáng, mg					
Can-xi	300	113-260	53-330	102-850	25-40
Sắt	10	2,0-6,2	0,2-2,3	4,9-16	0,5-3
Magie	-	54	58	178-372	23
Phot pho	500	52-98	26-60	310-637	30-64
Kali	-	80-460	205-381	100-1090	550
Vitamin					
Vitamin C, mg	127	14,5-128	21-37	Rất ít	26,2
Vitamin E, mg	-	5240-20.800	300-900	-	1,3
Vitamin A, UI	-	3,5	0,5	22,8	-

II. PHƯƠNG PHÁP

Bài báo nghiên cứu, tạp chí khoa học và tổng quan từ các cơ sở dữ liệu PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>), Google Scholar

(<https://scholar.google.com.vn>), các số liệu từ nghiên cứu thử nghiệm lâm sàng và dữ liệu khảo sát.

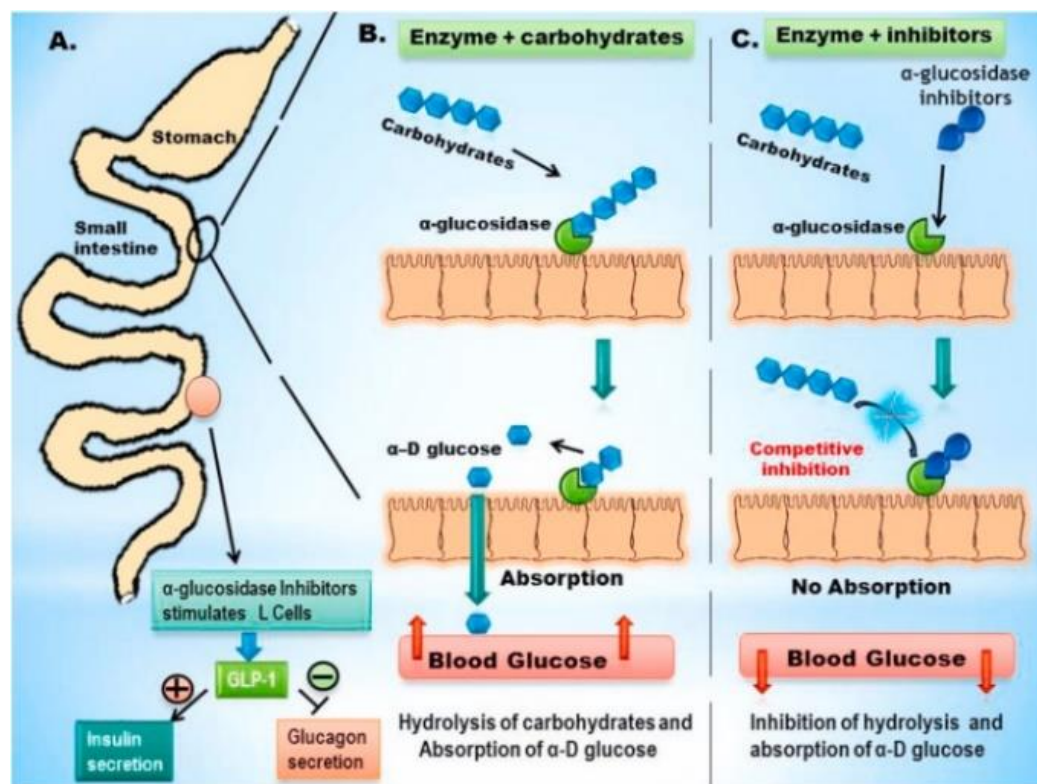
III. CÁC HỢP CHẤT SINH HỌC HỖ TRỢ KIỂM SOÁT ĐƯỜNG HUYẾT TỪ ĐẬU RỒNG

3.1. α -Glucosidase inhibitors (AGIs): giới thiệu và cơ chế hoạt động

α -Glucosidase là enzyme phân bố chủ yếu ở màng viền bàn chải ruột non, xúc tác quá trình phân giải disaccharid thành monosaccharid bằng cách cắt đứt liên kết α -D-1,4 glucose để giải phóng α -D-glucose, từ đó gây tăng đường huyết sau ăn [21]. Việc ức chế enzyme này giúp làm chậm quá trình hấp thu glucose, góp phần kiểm soát đường huyết [22]. Các chất ức chế α -Glucosidase (α -Glucosidase inhibitors - AGIs) là những hợp chất sinh học có khả năng ức chế hoạt động của enzyme α -Glucosidase. Nguồn thực vật được xem là kho dự trữ phong phú các AGIs [17], với nhiều nhóm cấu trúc đa dạng như flavonoid, tannin và saponin.

Cơ chế tác động của AGIs chủ yếu thông qua cạnh tranh tại vị trí hoạt động của enzyme nhờ có cấu trúc tương đồng với các disaccharide. Khi AGIs gắn vào

trung tâm hoạt động, chúng hình thành phức hợp bền vững với enzyme, làm giảm ái lực giữa enzyme và cơ chất thật (đường đôi). Kết quả là quá trình thủy phân carbohydrate bị chậm lại, giúp hạn chế tình trạng tăng đường huyết sau ăn ở bệnh nhân ĐTĐ [18]. Một điểm đáng chú ý khác của AGIs là khả năng kích thích tiết peptide giống glucagon (GLP-1), một hormon đường ruột đóng vai trò trong kiểm soát đường huyết sau ăn thông qua việc kích thích tiết insulin đồng thời ức chế tiết glucagon [23]. GLP1 được tiết ra từ các tế bào L của ruột trong vài phút sau ăn. AGI làm chậm quá trình tiêu hóa polysaccharide nên carbohydrate được giữ lại lâu hơn trong ruột non, từ đó gia tăng kích thích lên tế bào L và thúc đẩy sự tiết GLP-1. Cơ chế này giúp AGI gián tiếp hỗ trợ tăng insulin và cải thiện khả năng kiểm soát đường huyết [24].



Hình 2. Vai trò của α -Glucosidase trong kiểm soát tăng đường huyết sau ăn.

(A) sơ đồ ruột non, kích thích tế bào L bởi chất ức chế α -Glucosidase và tiết glucagon giống peptide-1 (GLP-1) từ phần dưới ruột non.

(B) thủy phân carbohydrate bởi α -Glucosidase dọc theo viền bàn chải của ruột non, giải phóng α -D glucose và sự hấp thụ của nó dẫn đến tăng mức đường huyết.

(C) Ức chế cạnh tranh α -Glucosidase bởi chất ức chế của nó và hạn chế quá trình thủy phân carbohydrate và sự hấp thụ α -D glucose, dẫn đến giảm mức đường huyết sau ăn [18].

3.2. Polyphenol từ đậu rồng

3.2.1. Flavonoid

Flavonoid (từ Latin *flavus* - màu vàng) là nhóm hợp chất polyphenol phổ biến trong thực vật, chiếm tỷ lệ lớn trong khẩu phần ăn của con người [25, 26]. Các flavonoid điển hình như quercetin, kaempferol và rutin đã được chứng minh có vai trò trong kiểm soát đường huyết thông qua nhiều cơ chế: ức chế enzyme tiêu hóa carbohydrate, giảm hấp thu glucose, và điều hòa tiết insulin qua các con đường tín hiệu khác nhau [27, 28].

Quercetin là một flavonoid phong phú trong tự nhiên, có tác dụng hạ đường

huyết nhờ ức chế tiêu hóa carbohydrate tại ruột, giảm vận chuyển glucose ở gan, tăng sử dụng tại mô ngoại vi, đồng thời bảo vệ tế bào β tuyến tụy [29]. Quercetin từ *Vaccinium vitis-idaea* làm hạ đường huyết thông qua kích hoạt AMPK, tăng hấp thu glucose tại cơ xương [30], trong khi chiết xuất từ vỏ hành tây cải thiện kháng insulin và giảm đường huyết ở chuột nhờ tăng hấp thu glucose và ức chế các gen gây viêm tại gan [31].

Kaempferol có đặc tính chống oxy hóa, kháng viêm và kiểm soát đường

huyết rõ rệt [32]. Trên mô hình chuột đái tháo đường do streptozotocin, kaempferol (50-200 mg/kg) làm giảm đường huyết và tăng nồng độ insulin, với hiệu quả mạnh hơn ở liều 200 mg/kg sau 45 ngày [33]. Ngoài ra, nghiên cứu năm 2016 cho thấy kaempferol có thể gắn với α -Glucosidase với ái lực cao, gây biến đổi cấu trúc và ức chế hoạt tính enzyme [34].

Rutin, một flavonoid glycoside, kiểm soát đường huyết nhờ ức chế α -Glucosidase và α -amylase [35]. Trên chuột đái tháo đường, rutin giúp giảm glucose máu, tăng insulin, cải thiện lipid máu, đồng thời thể hiện tác dụng chống oxy hóa và kháng viêm [36]. Trong thử nghiệm lâm sàng ngẫu nhiên, mù đôi, có đối chứng giả dược, bổ sung rutin (500 mg/ngày, 3 tháng) đã cải thiện đáng kể glucose máu lúc đói, HbA1c và insulin ở bệnh nhân ĐTĐ týp 2 [37].

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng đậu cánh (*Psophocarpus tetragonolobus*) là nguồn giàu các hợp chất hoạt tính sinh học, đặc biệt là các hợp chất phenolic và flavonoid, với hàm lượng thay đổi tùy theo khu vực trồng trọt, bộ phận mẫu và phương pháp chiết xuất. Tại Indonesia, hàm lượng flavonoid tổng và polyphenol tổng trong đậu cánh được xác định chủ yếu bằng phương pháp chiết ethanol 80%, cho thấy hàm lượng flavonoid tổng dao động khoảng 105,2–112,4 mg tương đương quercetin trên mỗi gram mẫu khô,

trong khi hàm lượng polyphenol tổng đạt khoảng 154-161,5 mg tương đương acid gallic trên mỗi gram mẫu khô. Tại Ấn Độ, các nghiên cứu sử dụng phương pháp chiết ethanol cũng ghi nhận hàm lượng polyphenol tổng trong khoảng 48,4-143,5 mg GAE/100 g mẫu tươi, đồng thời hàm lượng flavonoid tổng được xác định bằng phương pháp so màu với catechin làm chất chuẩn, dao động từ 9,1 đến 37,0 mg CE/100 g mẫu. Trong khi đó, các nghiên cứu tại Nigeria sử dụng dung môi nước cho thấy hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng thấp hơn so với dung môi hữu cơ, với polyphenol tổng đạt khoảng 0,853–0,941 mg GAE/g và flavonoid tổng trong khoảng 0,678–1,169 mg QE/g. Tổng hoạt tính chống oxy hóa, xác định theo phương pháp tương đương acid ascorbic, được ghi nhận trong khoảng 1,278-1,806 mg AsA/g [38–40].

Dù các nghiên cứu trực tiếp về tác dụng hạ đường huyết của đậu rồng còn hạn chế, sự hiện diện của các flavonoid đã được chứng minh hiệu quả trong nhiều nghiên cứu trước đó cho thấy tiềm năng của đậu rồng trong phòng ngừa và kiểm soát ĐTĐ. Tuy nhiên, cần thêm các nghiên cứu hệ thống nhằm xác định rõ cơ chế, độ an toàn và hiệu quả lâm sàng, qua đó khẳng định vai trò của đậu rồng như một nguồn nguyên liệu tự nhiên hỗ trợ kiểm soát đường huyết.

3.2.2. Saponin

Saponin là một nhóm hợp chất phân bố rộng rãi trong giới thực vật và một số động vật biển như sao biển, hải sâm và bọt biển. Chúng bao gồm triterpene ưa béo hoặc aglycone steroid liên kết với một hoặc nhiều nhóm đường ưa nước [41, 42]. Saponin được phân loại thành hai nhóm chính dựa trên cấu trúc của aglycone được gọi là saponin triterpenoid và saponin steroid. Saponin là chất ức chế tự nhiên của enzyme α -amylase và α -

Glucosidase. Việc sử dụng các chất ức chế tự nhiên đã được chứng minh là có hiệu quả trong việc làm chậm quá trình tiêu hóa carbohydrate, từ đó giảm hấp thu glucose và hạn chế tình trạng tăng đường huyết sau ăn. Nhờ những đặc tính sinh học này, saponin đã nhận được nhiều sự quan tâm trong lĩnh vực dinh dưỡng và công nghệ thực phẩm. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng hàm lượng saponin trong đậu rồng tương đối thấp so với đậu nành. Cụ

thể, đậu rồng chỉ chứa khoảng 0,6% saponin, trong khi hàm lượng này ở đậu nành lên tới khoảng 4,3%. Ngoài ra, hàm lượng saponin trong hạt đậu rồng còn chịu ảnh hưởng rõ rệt bởi các phương pháp chế biến. Đậu rồng chưa qua chế biến có hàm lượng saponin cao nhất, đạt khoảng 2700 mg/100 g. Khi nướng và luộc, hàm lượng saponin giảm đáng kể, lần lượt còn khoảng 2102,3 mg/100 g và 1898,12 mg/100 g. Điều này cho thấy quá trình chế biến, đặc biệt là luộc, có vai trò quan trọng trong việc làm giảm hàm lượng saponin trong đậu rồng, góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng và mức độ an toàn khi sử dụng trong thực phẩm [43–46]. Saponin từ hải sâm, được xác định là hợp chất hoạt tính sinh học chính thuộc nhóm holothurians, thể hiện nhiều hoạt động sinh học đa dạng và có tiềm năng điều trị rộng rãi [47]. Các saponin này chủ yếu là glycoside triterpenoid của aglycone loại lanosterol, được phân bố trong thành cơ thể, cơ quan nội tạng và các tuyến của hải sâm - một loài động vật không xương sống biển [48, 49]. Saponin từ hải sâm không chỉ có khả năng ức chế enzym tiêu hóa carbohydrate mà còn được ghi nhận có tác dụng tương tự insulin và ức chế quá trình tân tạo glucose trong máu. Những tác động này cho thấy saponin từ hải sâm có tiềm năng hạ đường huyết hiệu quả [50].

3.2.3. Tannin

Tanin là nhóm hợp chất polyphenol có mặt phổ biến trong nhiều loài thực vật, đóng vai trò sinh học như cơ chế phòng vệ và điều hòa tăng trưởng cây. Chúng gồm hai nhóm chính là tanin thủy phân (gồm gallotannin và ellagitannin) và tanin ngưng tụ (proanthocyanidin). Tanin thường có đặc tính chống oxy hóa mạnh và các nghiên cứu cho thấy chúng có khả năng ức chế các enzym tiêu hóa tinh bột

Trong một ví dụ khác về thực vật, chiết xuất nước từ lá *Juglans regia* (óc chó) giàu saponin, thử nghiệm cho thấy nồng độ saponin cao tương quan với khả năng ức chế α -Glucosidase và hoạt tính chống oxy hóa mạnh. Các chiết xuất chứa saponin của *J. regia* cho hiệu quả ức chế α -Glucosidase *in vitro* tương đương hoặc tốt hơn thuốc chuẩn, đồng thời thể hiện khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH và ABTS rất cao [51]. Trên *Momordica charantia* (mướp đắng), hợp chất saponin tiêu biểu là charantin (một triterpenoid) đã được chứng minh có khả năng hạ đường huyết rõ rệt. Lá và quả mướp đắng có hoạt tính sinh học khác nhau, lá chứa nhiều polyphenol và flavonoid hơn (nhờ đó hoạt tính chống oxy hóa cao hơn, mạnh gấp 5-6 lần so với quả khi thử DPPH), còn quả chứa hàm lượng charantin và các saponin khác nhiều hơn nên ức chế α -Glucosidase hiệu quả hơn. Tổng hợp lại, saponin trong quả mướp đắng liên kết với α -Glucosidase làm giảm hoạt tính thủy phân tinh bột, trong khi các thành phần phenolic trong lá tăng cường khả năng bắt gốc tự do, tất cả cùng góp phần điều hòa nồng độ glucose máu. Kết quả nghiên cứu *in vitro* cho thấy chiết xuất quả mướp đắng có tác dụng ức chế α -Glucosidase mạnh (tương tự acarbose) và đồng thời thể hiện khả năng khử gốc DPPH, chứng tỏ cơ chế vừa enzyme-hóa vừa chống oxy hóa có lợi cho điều trị ĐTĐ [52].

và chống viêm, chống oxy hóa [53]. Đậu và các loại đỗ, thực phẩm chính ở nhiều quốc gia, chứa một lượng lớn tannin ngưng tụ. Cao lương, chứa từ 0,13 đến 7,2% tannin ngưng tụ, là thực phẩm chính phổ biến ở châu Á, châu Phi và các quốc gia ở Đông và Trung Đông. Chế độ ăn uống ở Bắc Mỹ, tương đối nghèo về ngũ cốc, đậu và trái cây, chứa rất ít tanin. Tanin cô đặc phổ biến hơn trong giới thực

vật so với tanin thủy phân, tannin cô đặc có chủ yếu ở cà phê, trà, rượu vang, nho, cây cần tây còn tanin thủy phân có nhiều ở lựu, dâu tây, quả mâm xôi [54].

Chiết xuất *ellagitannin* từ vỏ quả lựu (punicalagin, punicalin) và catechin cũng cho thấy ức chế trên α -Glucosidase, làm giảm tốc độ thủy phân tinh bột [55]. Tương tự ở tannin từ lá *Camellia sinensis* ức chế cạnh tranh cả α -Glucosidase và α -amylase, đồng thời điều hòa phân bố thụ thể đường ruột và hấp thu glucose [56]. Proanthocyanidin trong hạt nho (*Vitis vinifera*) vừa kìm hãm α -Glucosidase và lipase ruột, vừa tăng nhạy insulin, dù độ hấp thu thấp, chúng tập trung tác dụng tại lòng ruột để hạn chế tiêu hóa tinh bột [57]. Cuối cùng, tannin thủy phân từ hạt dẻ (*Castanea sativa/mollissima*) ức chế α -Glucosidase đồng thời điều chỉnh biểu hiện GLUT2 ở mô hình tế bào ruột, góp phần giảm hấp thu glucose và ổn định đường huyết [58]. Tóm lại, tannin từ nhiều nguồn thực vật khác nhau hoạt động đồng thời trên enzyme tiêu hóa và quá trình vận chuyển

glucose qua thành ruột, mang lại tiềm năng ứng dụng cao trong kiểm soát đường huyết sau ăn.

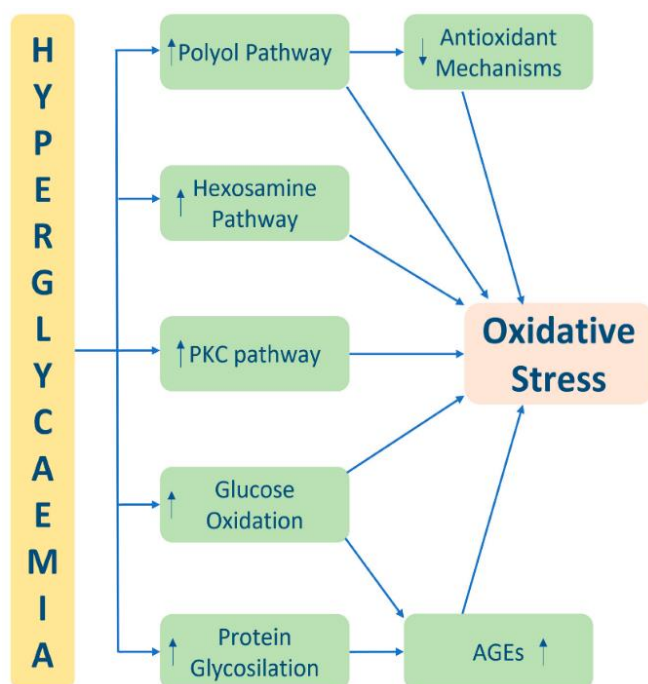
Mặc dù chưa có nghiên cứu trực tiếp xác nhận hiệu quả này trên tannin chiết xuất từ đậu rồng, song sự hiện diện của tannin và các hợp chất phenolic khác trong hạt đậu rồng cũng đã được ghi nhận với hàm lượng từ 0.03 đến 7.5 mg/g hạt hoặc trong một nghiên cứu khác từ $0.70 \pm 0.15\text{g}/100\text{g}$, thấp hơn lượng tannin trong các loại đậu khác [59, 60]. Nghiên cứu của Hussein Bassal (2021) đã chứng minh rằng chiết xuất lá đậu rồng bằng phương pháp ngâm dương tính với saponin trong kiểm định định tính, trong khi chiết xuất siêu âm không chứa hợp chất này [15]. Dựa trên các bằng chứng từ những loài thực vật khác, tannin trong đậu rồng được cho là cũng có tiềm năng hỗ trợ kiểm soát đường huyết thông qua các cơ chế như ức chế enzyme tiêu hóa carbohydrate. Cuối cùng, tanin và các polyphenol đi kèm cũng thể hiện tính chất chống oxy hóa, kháng viêm, bảo vệ tế bào β tuyến tụy và cải thiện đề kháng insulin.

3.4. Khả năng chống oxy hóa của cây đậu rồng đối với kiểm soát đường huyết

Stress oxy hóa xảy ra khi mất cân bằng giữa việc sản xuất các gốc oxy phản ứng (ROS) và khả năng trung hòa chúng của cơ thể. ROS bao gồm các gốc tự do và các phân tử phản ứng mạnh khác, là sản phẩm của quá trình trao đổi chất tế bào bình thường. Ngoài ra, khi việc sản xuất chúng vượt quá khả năng chống lại chúng của các chất chống oxy hóa trong cơ thể, stress oxy hóa sẽ xảy ra [61, 62]. ROS tích tụ quá mức sẽ gây tổn thương nhiều thành phần tế bào (protein, lipid và DNA), dẫn đến rối loạn chức năng tế bào và phá vỡ các quá trình sinh lý bình thường. Tổn thương này sẽ gây viêm và làm suy yếu chức năng của các cấu trúc tế bào, cuối cùng góp phần vào sự phát triển

và tiến triển của nhiều bệnh, bao gồm cả bệnh ĐTD [63].

Đường huyết tăng cao sẽ thúc đẩy sản xuất ROS thông qua các cơ chế như tự oxy hóa, kích hoạt con đường polyol và phát triển các sản phẩm cuối cùng của quá trình glycation nâng cao (AGE). Trong bệnh ĐTD, rối loạn chức năng ty thể phổ biến dẫn đến giải phóng thêm ROS [64]. Hậu quả của stress oxy hóa trong bệnh ĐTD rất đa dạng, phức tạp. Rối loạn chức năng tế bào beta và apoptosis xảy ra do tác động gây hại của ROS, làm suy yếu thêm quá trình sản xuất và tiết insulin. Stress oxy hóa cũng góp phần gây kháng insulin, làm suy yếu khả năng insulin tạo điều kiện cho glucose vào tế bào [65].



Hình 3. Cơ chế bệnh sinh chính của stress oxy hóa do đường huyết [66].

Mỗi chất chống oxy hóa có đặc tính và hiệu lực khác nhau đối với từng loại gốc tự do, không có một hợp chất nào có thể bảo vệ hoàn toàn tế bào khỏi stress oxy hóa. Do đó, việc tìm kiếm và sử dụng các hợp chất tự nhiên có khả năng chống oxy hóa mạnh như flavonoid và polyphenol từ cây đậu rồng (*Psophocarpus tetragonolobus*) đang được xem là hướng đi triển vọng trong việc bảo vệ tế bào β và cải thiện kiểm soát đường huyết ở bệnh nhân ĐTĐ. Đậu rồng cung cấp nhiều chất chống oxy hóa, bao gồm vitamin C, polyphenol và flavonoid. Các hợp chất phenolic có vai trò quan trọng nhờ đặc tính chống oxy hóa, chống viêm, chống ung thư, kháng khuẩn, chống đột biến, chống kết tập, chống thiếu máu cục bộ và chống dị ứng, đồng thời làm giảm nguy cơ bệnh tim mạch [67, 68]. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc tiêu thụ thực phẩm giàu flavonoid có tác dụng bảo vệ chống lại các bệnh liên quan đến stress oxy hóa [69, 70]. Trong hạt đậu

rồng, hàm lượng phenolic dao động từ 0,8-0,9 mg GAE/g, tổng flavonoid từ 0,7-1,2 mg quercetin/g, và tổng khả năng chống oxy hóa từ 1,3-1,8 mg AAE/g, cho thấy chúng có thể là nguồn dinh dưỡng và hợp chất thực vật tăng cường sức khỏe. Nhiều nghiên cứu cũng đã đánh giá hoạt tính chống oxy hóa của các chiết xuất và phân đoạn khác nhau của đậu rồng bằng nhiều phương pháp khác nhau [40]. Nghiên cứu của Charles O Olaiya (2018) trên sáu mẫu đậu rồng cho thấy TPC, TFC và TAC đều ở mức cao, đồng thời các mẫu thể hiện khả năng dọn gốc tự do đáng kể thông qua phép thử DPPH, khẳng định đậu rồng là nguồn chất chống oxy hóa tự nhiên có lợi cho sức khỏe [71].

Nhờ chứa hàm lượng cao các hợp chất chống oxy hóa hoạt tính, đậu rồng có thể giúp giảm stress oxy hóa - một yếu tố then chốt gây rối loạn tiết insulin và kháng insulin - từ đó hỗ trợ kiểm soát đường huyết ở bệnh nhân tiền ĐTĐ và ĐTĐ.

3.5. Phương pháp chế biến thực phẩm từ cây đậu rồng

Các bộ phận của cây đậu rồng được ứng dụng đa dạng trong chế biến thực phẩm. Quả non thường được tiêu thụ ở dạng tươi trong salad hoặc qua các phương pháp nhiệt như luộc, xào, nấu canh, chế biến cà ri hay muối dưa, nhờ đặc tính giòn và vị ngọt tự nhiên. Lá non có thể được sử dụng như một loại rau xanh, phổ biến là luộc, xào hoặc nấu canh, góp phần cung cấp vi chất và dinh dưỡng thiết yếu. Hoa đậu rồng được ghi nhận có thể dùng trực tiếp trong salad, chiên giòn với hương vị tương tự nấm, hoặc được khai thác làm chất tạo màu tự nhiên [72].

Hạt đậu rồng, sau khi phơi khô, có thể rang tương tự đậu phộng, nấu chín, lên men thành tempeh hoặc nghiền thành bột để sản xuất sữa và bánh giàu protein. Ở Nam Á, hạt non thường được bổ sung vào các món súp, trong khi ở châu Phi, hạt già chủ yếu được rang hoặc xay thành bột [73]. Thời gian chế biến hạt phụ thuộc đáng kể vào độ chín và đặc tính cấu trúc: hạt non mềm dễ xử lý, trong khi hạt già khô và cứng đòi hỏi quá trình ngâm và nấu kéo dài hơn, đặc biệt trong các món ăn truyền thống của tiểu lục địa Ấn Độ [74].

IV. BÀN LUẬN

Các bằng chứng hiện có cho thấy đậu rồng (*Psophocarpus tetragonolobus*) là một nguồn giàu hoạt chất sinh học có khả năng tác động đến nhiều cơ chế sinh lý liên quan đến kiểm soát đường huyết. Tuy nhiên, mức độ mạnh - yếu của các bằng chứng còn khác nhau tùy theo nhóm hợp chất và mô hình nghiên cứu.

Thứ nhất, nhóm protein ức chế α -amylase và α -Glucosidase trong đậu rồng thể hiện tiềm năng đáng kể trong việc làm chậm quá trình phân giải tinh bột thành đường đơn. Điều này giúp giảm tốc độ tăng glucose sau ăn - yếu tố quan trọng trong kiểm soát đường huyết ở người tiền ĐTĐ. Nhiều nghiên cứu in vitro ghi nhận khả năng ức chế men của đậu rồng tương đương hoặc cao hơn một số cây họ đậu khác. Tuy nhiên, hầu hết các công trình mới dừng ở mức thí nghiệm ống nghiệm hoặc mô hình động vật, vì vậy, khả năng ứng dụng thực tế trên người vẫn cần được xác nhận qua thử nghiệm lâm sàng có đối chứng.

Thứ hai, các polyphenol, flavonoid và isoflavone trong đậu rồng mang lại giá trị sinh học quan trọng nhờ tác dụng chống

oxy hóa và cải thiện độ nhạy insulin. Cơ chế này đặc biệt có ý nghĩa trong giai đoạn tiền ĐTĐ, khi tình trạng đề kháng insulin và stress oxy hóa đều tăng cao. Một số nghiên cứu dịch tễ học cho thấy lượng polyphenol cao trong khẩu phần có liên quan đến giảm nguy cơ rối loạn đường huyết, tuy nhiên chưa có nghiên cứu nào xác định riêng lẻ hiệu quả của polyphenol từ đậu rồng trên quần thể người. Điều này đặt ra nhu cầu khảo sát sâu hơn về dạng hoạt chất, sinh khả dụng, và liều lượng tối ưu.

Ngoài ra, khả năng chống oxy hóa mạnh của đậu rồng góp phần bảo vệ tế bào β tuyến tụy và hạn chế tổn thương chuyển hóa. Tuy nhiên, mức độ hấp thu và chuyển hóa các chất chống oxy hóa này sau khi ăn còn phụ thuộc vào cách chế biến. Một số bằng chứng cho thấy nhiệt độ cao có thể làm giảm hoạt tính polyphenol, trong khi các phương pháp như hấp, luộc nhanh hoặc lên men có thể bảo toàn tốt hơn hoạt chất sinh học. Điều này gợi ý rằng cách chế biến đậu rồng ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả kiểm soát đường huyết, và đây là lĩnh vực còn thiếu dữ liệu thực nghiệm rõ ràng.

Mặc dù đậu rồng thể hiện tiềm năng đa cơ chế, nhưng khoảng trống nghiên cứu vẫn còn lớn. Trong số ít các nghiên cứu in vivo được công bố, một nghiên cứu trên mô hình chuột mắc ĐTĐ được gây bởi STZ cho thấy chiết xuất hydroalcoholic toàn phần từ đậu rồng, với liều 200mg/kg dùng trong 3 tuần, có khả năng làm giảm đáng kể nồng độ glucose, đồng thời cũng cải thiện tình trạng sụt cân ở động vật thí nghiệm. Phân tích hóa thực vật trong nghiên cứu này cho thấy chiết xuất chứa nhiều nhóm hợp chất sinh học như protein, flavonoid, tannin và các hợp chất phenolic. Tuy nhiên, nghiên cứu chưa thực hiện phân lập hoặc phân đoạn sinh học, do đó chưa thể xác định hợp chất hoặc cơ chế cụ thể chịu trách nhiệm cho tác dụng hạ đường huyết quan sát được [75]. Kết quả này được xem là bằng chứng tiền lâm sàng bước đầu, góp phần củng cố các dữ liệu in vitro đã có, nhưng vẫn cần được xác nhận thêm bằng các nghiên cứu cơ chế và lâm sàng.

Hiện nay, bằng chứng này vẫn còn hạn chế, chỉ một số ít nghiên cứu trên động vật chứng minh sự cải thiện đường huyết, giảm HbA1c hoặc tăng đáp ứng insulin. Dữ liệu lâm sàng trên người gần

như chưa có, và chưa xác định được liều dùng khuyến nghị, độ an toàn lâu dài, hay sự tương tác với thuốc hạ đường huyết hiện có. Ngoài ra, sự khác biệt về giống cây, điều kiện canh tác và phương pháp chế biến có thể làm thay đổi hàm lượng hoạt chất, khiến kết quả giữa các nghiên cứu còn không đồng nhất.

Tóm lại, đậu rồng là một nguồn thực phẩm - dược liệu giàu hoạt chất sinh học với tiềm năng hỗ trợ kiểm soát đường huyết thông qua nhiều cơ chế: ức chế enzyme tiêu hóa carbohydrate, cải thiện độ nhạy insulin và giảm stress oxy hóa. Các bằng chứng tiền lâm sàng hiện có chủ yếu đến từ các nghiên cứu sử dụng chiết xuất thực vật, trong khi dữ liệu in vivo từ sản phẩm đậu rồng ở dạng tiêu thụ trực tiếp vẫn còn thiếu. Tuy nhiên, để chuyển hóa tiềm năng này thành ứng dụng dinh dưỡng - y học cụ thể, cần có thêm các nghiên cứu lâm sàng quy mô lớn, phân tích sinh khả dụng, chuẩn hóa dạng chiết xuất và đánh giá hiệu quả theo liều. Việc tối ưu hóa phương pháp chế biến và khai thác đậu rồng trong khẩu phần ăn cũng là hướng tiếp cận đầy hứa hẹn nhằm hỗ trợ phòng ngừa tiến triển từ tiền ĐTĐ sang ĐTĐ týp 2.

Khuyến nghị thực hành

Dựa trên tổng quan bằng chứng hiện có, có thể đưa ra một số khuyến nghị sau:

(1) Bổ sung đậu rồng vào khẩu phần ăn hàng ngày

- Đậu rồng non, hạt đậu rồng và lá đều có thể sử dụng trong bữa ăn.
- Nên dùng đậu rồng ở các món ít dầu, ít tinh bột để tối ưu tác dụng kiểm soát đường huyết.

(2) Ưu tiên các phương pháp chế biến bảo toàn hoạt chất sinh học

- Ưu tiên: hấp, luộc nhanh, áp chảo nhẹ, hoặc lên men.

- Hạn chế: chiên rán, nấu quá lâu ở nhiệt độ cao vì làm giảm hoạt tính polyphenol và protein ức chế enzyme.

(3) Kết hợp đậu rồng với chế độ ăn lành mạnh

- Kết hợp cùng nguồn chất xơ hòa tan (yến mạch, đậu xanh, rau củ), protein thực vật và chất béo tốt để làm chậm hấp thu carbohydrate.
- Giảm thức ăn nhiều đường đơn và tinh bột tinh chế.

(4) Thích hợp cho người tiền ĐTĐ hoặc có nguy cơ cao

- Người có đường huyết đói 100-125 mg/dL, hoặc HbA1c 5,7%-6,4% có thể dùng đậu rồng như một lựa chọn hỗ trợ.
 - Đặc biệt hữu ích cho người thừa cân, kháng insulin hoặc có hội chứng chuyển hóa.
- (5) Lưu ý khi sử dụng dạng chiết xuất
- Hiện chưa có liệu chuẩn hóa cho chiết xuất đậu rồng. Không nên tự ý dùng chiết xuất liều cao khi chưa có hướng dẫn của chuyên gia dinh dưỡng hoặc bác sĩ.
- (6) Hướng nghiên cứu tiếp theo
- Cần các thử nghiệm lâm sàng có đối chứng trên người để xác định hiệu quả thật sự.
 - Nghiên cứu tối ưu hóa cách chế biến để giữ nguyên hoạt tính sinh học.
 - Phân lập và chuẩn hóa từng hợp chất để đánh giá liều - đáp ứng.

V. KẾT LUẬN

Đậu rồng là nguồn thực phẩm có giá trị dinh dưỡng cao, giàu chất xơ và protein thực vật. Bên cạnh thành phần dinh dưỡng, các bộ phận của cây (lá, hoa, quả non và hạt trưởng thành) còn chứa nhiều hợp chất sinh học như flavonoid, saponin và tannin. Các hoạt chất này đã được chứng minh có khả năng làm chậm quá trình tiêu hóa carbohydrate thông qua cơ chế ức chế enzym α -Glucosidase, góp phần hạn chế sự gia tăng nhanh của

đường huyết sau bữa ăn. Đồng thời, chúng còn có tác dụng tăng cường hệ thống chống oxy hóa nội sinh và bảo vệ tế bào β tuyến tụy trước tổn thương do stress oxy hóa. Với tính an toàn, hàm lượng dinh dưỡng phong phú và khả năng hỗ trợ điều hòa đường huyết, đậu rồng có tiềm năng trở thành một lựa chọn thực phẩm hữu ích trong chiến lược phòng ngừa và kiểm soát tiền đái tháo đường cũng như đái tháo đường type 2.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Hữu Dàng. Tiền đái tháo đường. *báo cáo tổng quan sau đại học, Hội nghị nội tiết miền trung*. Published online 2010.
2. Tạ Văn Bình. Dịch tễ học bệnh đái tháo đường ở Việt Nam các phương pháp điều trị và biện pháp dự phòng. *Nhà xuất bản Y học, Hà Nội*. Published online 2006.
3. Xu Y, Wang L, He J, et al. Prevalence and control of diabetes in Chinese adults. *JAMA*. 2013;310(9):948-959.
4. Mainous AG, Tanner RJ, Baker R, Zayas CE, Harle CA. Prevalence of prediabetes in England from 2003 to 2011: population-based, cross-sectional study. *BMJ Open*. 2014;4(6):e005002.
5. International Diabetes Federation. *IDF Diabetes Atlas 10th Edition*. 10th ed. International Diabetes Federation; 2021.
6. Phan DH, Vu TT, Doan VT, Le TQ, Nguyen TD, Van Hoang M. Assessment of the risk factors associated with type 2 diabetes and prediabetes mellitus: A national survey in Vietnam. *Medicine*. 2022;101(41):e31149.
7. Nguyễn Hải Thủy. Cập nhật chẩn đoán và điều trị tiền đái tháo đường. *Tạp chí Đái tháo đường và Nội tiết*. 2021;(46):9-25.
8. Nguyễn Bình Phương, Lương Thị Hồng Lê. Tỷ lệ hiện mắc tiền đái tháo đường và các yếu tố liên quan tại tỉnh Bình Dương. *Tạp chí Y học Dự phòng*. 2022;32(8):36-42.
9. Nguyễn Ngọc Thiên Phú, Lê Tân Tổ Anh. Nghiên cứu tình hình tiền đái tháo đường ở đối tượng nguy cơ tại Bệnh viện Trường Đại học Y Dược Cần Thơ năm 2022–2024. *Tạp chí Y Dược học Cần Thơ*. 2024;(77):432-438.
10. Ibuki F, Kotaru M, Kan KK, Ikeuchi T, Kanamori M. Chemical composition of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) varieties. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 1983;29(5):621-629.

11. Suttisansanee U, Thiyajai P, Chalermchaiwat P, et al. Phytochemicals and in vitro bioactivities of aqueous ethanolic extracts from common vegetables in Thai food. *Plants*. 2021;10(8):1563.
12. Nguyễn Công Khẩn, Hà Thị Anh Đào. Bảng thành phần thực phẩm Việt Nam. *Nhà xuất bản Y học*. Preprint posted online 2007.
13. Mohanty CS, Pradhan RC, Singh V, et al. Physicochemical analysis of *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC seeds with fatty acids and total lipids compositions. *J Food Sci Technol*. 2015;52:3660-3670.
14. Bassal H, Merah O, Ali AM, Hijazi A, El Omar F. *Psophocarpus tetragonolobus*: An underused species with multiple potential uses. *Plants*. 2020;9(12):1730.
15. Bassal H, Hijazi A, Farhan H, et al. Study of the antioxidant and anti-inflammatory properties of the biological extracts of *Psophocarpus tetragonolobus* using two extraction methods. *Molecules*. 2021;26(15):4435.
16. Khalili RMA, Shafekh SE, Norhayati AH, et al. Total phenolic content and in vitro antioxidant activity of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*). *Pakistan Journal of Nutrition*. 2013;12(5):416.
17. Yin Z, Zhang W, Feng F, Zhang Y, Kang W. α -Glucosidase inhibitors isolated from medicinal plants. *Food Science and Human Wellness*. 2014;3(3-4):136-174.
18. Hossain U, Das AK, Ghosh S, Sil PC. An overview on the role of bioactive α -glucosidase inhibitors in ameliorating diabetic complications. *Food and chemical toxicology*. 2020;145:111738.
19. Suttisansanee U, Thiyajai P, Chalermchaiwat P, et al. Phytochemicals and in vitro bioactivities of aqueous ethanolic extracts from common vegetables in Thai food. *Plants*. 2021;10(8):1563.
20. Bepary RH, Roy A, Pathak K, Deka SC. Biochemical composition, bioactivity, processing, and food applications of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*): A review. *Legume Science*, 2023, 5 (3), 1–20.
21. Lee BH, Rose DR, Lin AHM, Quezada-Calvillo R, Nichols BL, Hamaker BR. Contribution of the individual small intestinal α -glucosidases to digestion of unusual α -linked glycemic disaccharides. *J Agric Food Chem*. 2016;64(33):6487-6494.
22. Lebovitz HE. Alpha-glucosidase inhibitors. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 1997;26(3):539-551.
23. Drucker DJ, Nauck MA. The incretin system: glucagon-like peptide-1 receptor agonists and dipeptidyl peptidase-4 inhibitors in type 2 diabetes. *The Lancet*. 2006;368(9548):1696-1705.
24. Patil P, Mandal S, Tomar SK, Anand S. Food protein-derived bioactive peptides in management of type 2 diabetes. *Eur J Nutr*. 2015;54(6):863-880.
25. Castellarin SD, Di Gaspero G. Transcriptional control of anthocyanin biosynthetic genes in extreme phenotypes for berry pigmentation of naturally occurring grapevines. *BMC Plant Biol*. 2007;7:1-10.
26. Mareshvaran UR, Murugan L, Salvamani S, Sharma M, Okechukwu PN, Gunasekaran B. In vitro inhibitory potential of *Amaranthus viridis* against alpha-amylase for diabetes and the antioxidant activity. *Malays J Biochem Mol Biol*. 2020;23(2):127-134.
27. Sok Yen F, Shu Qin C, Tan Shi Xuan S, et al. Hypoglycemic effects of plant flavonoids: a review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2021;2021(1):2057333.
28. Hanhineva K, Törrönen R, Bondia-Pons I, et al. Impact of dietary polyphenols on carbohydrate metabolism. *Int J Mol Sci*. 2010;11(4):1365-1402.
29. Eid HM, Martineau LC, Saleem A, et al. Stimulation of AMP-activated protein kinase and enhancement of basal glucose uptake in muscle cells by quercetin and quercetin glycosides, active principles of the antidiabetic medicinal plant *Vaccinium vitis-idaea*. *Mol Nutr Food Res*. 2010;54(7):991-1003.
30. Dhanya R, Arya AD, Nisha P, Jayamurthy P. Quercetin, a lead compound against type 2 diabetes ameliorates glucose uptake via AMPK pathway in skeletal muscle cell line. *Front Pharmacol*. 2017;8:336.
31. Jung JY, Lim Y, Moon MS, Kim JY, Kwon O. Onion peel extracts ameliorate hyperglycemia and insulin resistance in high fat diet/streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutr Metab (Lond)*. 2011;8:1-8.
32. M Calderon-Montano J, Burgos-Morón E, Pérez-Guerrero C, López-Lázaro M. A review on the dietary flavonoid kaempferol. *Mini Rev Med Chem*. 2011;11(4):298-344.
33. Al-Numair KS, Chandramohan G, Veeramani C, Alsaif MA. Ameliorative effect of kaempferol, a flavonoid, on oxidative stress in streptozotocin-induced diabetic rats. *Redox Report*. 2015;20(5):198-209.

34. Peng X, Zhang G, Liao Y, Gong D. Inhibitory kinetics and mechanism of kaempferol on α -glucosidase. *Food Chem.* 2016;190:207-215.
35. Ghorbani A. Mechanisms of antidiabetic effects of flavonoid rutin. *Biomedicine & Pharmacotherapy.* 2017;96:305-312.
36. Prince PSM, Kamalakkannan N. Rutin improves glucose homeostasis in streptozotocin diabetic tissues by altering glycolytic and gluconeogenic enzymes. *J Biochem Mol Toxicol.* 2006;20(2):96-102.
37. Bazyar H, Moradi L, Zaman F, Zare Javid A. The effects of rutin flavonoid supplement on glycemic status, lipid profile, atherogenic index of plasma, brain-derived neurotrophic factor (BDNF), some serum inflammatory, and oxidative stress factors in patients with type 2 diabetes mellitus: A double-blind, placebo-controlled trial. *Phytotherapy Research.* 2023;37(1):271-284.
38. Calvindi J, Syukur M, Nurcholis W. Investigation of biochemical characters and antioxidant properties of different winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) genotypes grown in Indonesia. *Biodiversitas.* 2020;21(6).
39. Singh M, Dubey RK, Koley TK, et al. Valorization of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) by evaluation of its antioxidant activity through chemometric analysis. *South African Journal of Botany.* 2019;121:114-120.
40. Olaiya CO, Soetan KO, Karigidi KO. Evaluation of in vitro antioxidant capacities of six accessions of winged beans (*Psophocarpus tetragonolobus*). *EC Nutr.* 2018;13(8):589-595.
41. Timilsena YP, Phosanam A, Stockmann R. Perspectives on saponins: food functionality and applications. *Int J Mol Sci.* 2023;24(17):13538.
42. Decroo C, Colson E, Demeyer M, et al. Tackling saponin diversity in marine animals by mass spectrometry: Data acquisition and integration. *Anal Bioanal Chem.* 2017;409(12):3115-3126.
43. Mukherjee PK, Maiti K, Mukherjee K, Houghton PJ. Leads from Indian medicinal plants with hypoglycemic potentials. *J Ethnopharmacol.* 2006;106(1):1-28.
44. Zhang J, Zhao S, Yin P, et al. α -Glucosidase inhibitory activity of polyphenols from the burs of *Castanea mollissima* Blume. *Molecules.* 2014;19(6):8373-8386.
45. Kaur S, Mudgil D, Mudgil S, et al. Winged Bean: From Underutilized Legume to Multi-Utility Crop-Nutritional, Phytochemical, Industrial, and Functional Perspectives for Global Food Security and Sustainability. *Applied Food Research.* Published online 2025:101417.
46. Zinjarde SS, Bhargava SY, Kumar AR. Potent α -amylase inhibitory activity of Indian Ayurvedic medicinal plants. *BMC Complement Altern Med.* 2011;11(1):1-10.
47. Sottorff I, Aballay A, Hernández V, et al. Characterization of bioactive molecules isolated from sea cucumber *Athyonidium chilensis*. *Rev Biol Mar Oceanogr.* 2013;48(1):23-35.
48. Fu X, Wen M, Han X, et al. Effect and potential mechanism of action of sea cucumber saponins on postprandial blood glucose in mice. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2016;80(6):1081-1087.
49. Van Dyck S, Gerbaux P, Flammang P. Elucidation of molecular diversity and body distribution of saponins in the sea cucumber *Holothuria forskali* (Echinodermata) by mass spectrometry. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol.* 2009;152(2):124-134.
50. El Barky AR, Ali EMM, Mohamed TM. Marine sea cucumber saponins and diabetes. *Austin Pancreat Disord.* 2017;1(1):1-7.
51. Elouafy Y, El Yadini A, Mortada S, et al. Antioxidant, antimicrobial, and α -glucosidase inhibitory activities of saponin extracts from walnut (*Juglans regia* L.) leaves. *Asian Pac J Trop Biomed.* 2023;13(2):60-69.
52. Perumal V, Khatib A, Ahmed QU, et al. Antioxidants profile of *Momordica charantia* fruit extract analyzed using LC-MS-QTOF-based metabolomics. *Food Chemistry: Molecular Sciences.* 2021;2:100012.
53. Fabbrini M, D'Amico F, Barone M, et al. Polyphenol and tannin nutraceuticals and their metabolites: How the human gut microbiota influences their properties. *Biomolecules.* 2022;12(7):875.
54. Kumari M, Jain S. Tannins: An antinutrient with positive effect to manage diabetes. *Research Journal of Recent Sciences ISSN.* 2012;2277:2502.
55. Laaraj N, Bouhrim M, Kharchoufa L, et al. Phytochemical analysis, α -Glucosidase and α -Amylase inhibitory activities and acute toxicity studies of extracts from pomegranate (*Punica granatum*) bark, a valuable agro-industrial by-product. *Foods.* 2022;11(9):1353.
56. Srimathi B, Priyadharshini R. In Vitro Analysis of *Camellia sinensis* Leaf Extract

- Against Diabetes Mellitus. *Cureus*. 2024;16(6).
57. Unusan N. Proanthocyanidins in grape seeds: An updated review of their health benefits and potential uses in the food industry. *J Funct Foods*. 2020;67:103861.
 58. Zhang J, Zhao S, Yin P, et al. α -Glucosidase inhibitory activity of polyphenols from the burs of *Castanea mollissima* Blume. *Molecules*. 2014;19(6):8373-8386.
 59. Tan NH, Rahim ZHA, Khor HT, Wong KC. Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) tannin level, phytate content and hemagglutinating activity. *J Agric Food Chem*. 1983;31(4):916-917.
 60. Igene FU, Aletor VA. Nutrient and anti-nutrient components of raw and processed winged bean seeds (*Psophocarpus tetragonolobus*). *Indian J Anim Sci*. 2006;76(6).
 61. Badawi A, Klip A, Haddad P, et al. Type 2 diabetes mellitus and inflammation: Prospects for biomarkers of risk and nutritional intervention. *Diabetes Metab Syndr Obes*. Published online 2010:173-186.
 62. Forman HJ, Zhang H. Targeting oxidative stress in disease: promise and limitations of antioxidant therapy. *Nat Rev Drug Discov*. 2021;20(9):689-709.
 63. Evans JL, Goldfine ID, Maddux BA, et al. Oxidative stress and stress-activated signaling pathways: a unifying hypothesis of type 2 diabetes. *Endocr Rev*. 2002;23(5):599-622.
 64. Zhao M, Wang S, Zuo A, et al. HIF-1 α /JMJD1A signaling regulates inflammation and oxidative stress following hyperglycemia and hypoxia-induced vascular cell injury. *Cell Mol Biol Lett*. 2021;26(1):40.
 65. Darenskaya MA, Kolesnikova LI and, Kolesnikov SI. Oxidative stress: pathogenetic role in diabetes mellitus and its complications and therapeutic approaches to correction. *Bull Exp Biol Med*. 2021;171(2):179-189.
 66. Oguntibeju OO. Type 2 diabetes mellitus, oxidative stress and inflammation: examining the links. *Int J Physiol Pathophysiol Pharmacol*. 2019;11(3):45.
 67. de Rigal D, Gauillard F, Richard-Forget F. Changes in the carotenoid content of apricot (*Prunus armeniaca*, var Bergeron) during enzymatic browning: β -carotene inhibition of chlorogenic acid degradation. *J Sci Food Agric*. 2000;80(6):763-768.
 68. Kim DO, Jeong SW, Lee CY. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem*. 2003;81(3):321-326.
 69. Olaiya CO, Soetan KO, Esan AM. The role of nutraceuticals, functional foods and value added food products in the prevention and treatment of chronic diseases. *African Journal of food science*. 2016;10(10):185-193.
 70. Ren W, Qiao Z, Wang H, Zhu L, Zhang L. Flavonoids: promising anticancer agents. *Med Res Rev*. 2003;23(4):519-534.
 71. Olaiya CO, Soetan KO, Karigidi KO. *Cronicon Evaluation of In Vitro Antioxidant Capacities of Six Accessions of Winged Beans (Psophocarpus Tetragonolobus).*; 2018.
 72. Claydon A. Winged bean-a food with many uses. *Plant foods for man*. 1978;2(3-4):203-223.
 73. Bepary RH, Roy A, Pathak K, Deka SC. Biochemical composition, bioactivity, processing, and food applications of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*): A review. *Legume Science*. 2023;5(3):e187.
 74. Henry CJK, Donachie PA, Rivers JPW. The winged bean. Will the wonder crop be another flop? *Ecol Food Nutr*. 1985;16(4):331-338.
 75. Rajan DEP, Jatt RK, Nair SS, Sreena K. Screening of *Psophocarpus tetragonolobus* hydroalcoholic extract for antidiabetic activity on STZ-induced diabetic rat model. *J Pharmacogn Phytochem*. 2022;11(4):80-88.