

Diabetes mellitus tipo 2 y alimentación sostenible

Diabetes mellitus type 2 and food sustainability

María Elena Maldonado-Celis^{1*} 

 * maria.maldonado@udea.edu.co

¹Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Recibido: 31/03/2025. Aprobado 12/06/2025

Resumen

Introducción: la Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) es un problema global de salud pública. **Objetivo:** Analizar la relación entre DM2, alimentos con propiedades antidiabéticas y nutrición sustentable, destacando el papel de la educación en la prevención y control de la enfermedad. **Metodología:** Se revisaron 99 estudios en PubMed sobre alimentos vegetales hipoglicemiantes, dieta planetaria y educación en diabetes. **Resultados:** Se identificaron alimentos de uso común con propiedades antidiabéticas, sus mecanismos de acción y dosis efectivas. Además, se evidenció que la dieta de salud planetaria reduce el riesgo de DM2 y que la educación alimentaria es clave para adoptar hábitos saludables y sostenibles, considerando factores culturales y económicos. **Conclusiones:** La combinación de alimentos funcionales, sostenibilidad nutricional y educación puede mitigar la carga de la DM2, beneficia la salud humana y el medio ambiente.

Palabras clave: Diabetes Mellitus; Plantas Comestibles; Dieta; Educación.

Abstract

Introduction: Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) is a global public health issue. **Objective:** To analyze the relationship between T2DM, foods with antidiabetic properties, and sustainable nutrition, highlighting the role of education in the prevention and management of the disease. **Methodology:** A review of 99 studies indexed in PubMed was conducted on hypoglycemic plant-based foods, planetary health diet, and diabetes education. **Results:** commonly consumed foods with antidiabetic properties, their mechanisms of action, and effective doses were identified. Additionally, evidence showed that the planetary health diet reduces the risk of T2DM and that nutrition education is key to adopting healthy and sustainable habits, considering cultural and economic factors. **Conclusions:** The combination of functional foods, nutritional sustainability, and education can help reduce the burden of T2DM, benefiting both human health and the environment.

Key words: Diabetes Mellitus; Food Plants; Diet; Education.

Forma de citar: Maldonado-Celis ME. Diabetes mellitus tipo 2 y alimentación sostenible. Salud UIS. 2025; 57: e25v57r02. doi: <https://doi.org/10.18273/saluduis.57.e:25v57r02>



Introducción

La *Diabetes mellitus*, es una enfermedad crónica no transmisible con alta prevalencia y mortalidad a nivel mundial. Se estima que afecta a 537 millones de personas (10,5%) entre los 20 y 79 años, con proyecciones de aumento a 643 millones en 2040 y 783 millones en 2045^{1,2}. Además, 240 millones de personas no han sido diagnosticadas, y aproximadamente el 50% de los adultos con diabetes desconocen su condición².

La alimentación desempeña un papel fundamental en la prevención y el control de la enfermedad; sin embargo, su manejo nutricional es complejo y, en ocasiones, controvertido. La adherencia a las recomendaciones dietéticas puede verse limitada por factores culturales, socioeconómicos y preferencias personales. En este sentido, una estrategia clave para superar estas barreras consiste en implementar programas educativos accesibles y sostenibles, que se adapten a las realidades locales y respeten la soberanía alimentaria.

En este contexto, la Comisión EAT-Lancet propuso en 2022 la dieta de salud planetaria^{3,4}, un modelo alimentario que promueve el consumo de alimentos locales y de bajo impacto ambiental. Esta propuesta se alinea con la necesidad de estrategias nutricionales que no solo contribuyan a la prevención y el control de enfermedades crónicas no transmisibles, sino que también resulten sostenibles a nivel global. Para ello, es esencial fomentar habilidades prácticas para la planificación y preparación de comidas accesibles, fortalecer redes de apoyo y promover cambios de comportamiento sostenibles. Así, la alimentación deja de ser percibida como una restricción y se convierte en una herramienta clave para mejorar la salud y calidad de vida de las personas con DM2.

Desde esta perspectiva, la presente revisión explora la relación entre la DM2 y la alimentación sustentable, destacando el papel de alimentos vegetales de uso común con propiedades antidiabéticas como base para el diseño de intervenciones educativas que promuevan dietas saludables y sostenibles, mediante un enfoque integral que responda a los desafíos sociales, económicos y ambientales actuales.

Metodología

Se realizó una revisión sistemática de la literatura con el propósito de integrar el conocimiento disponible sobre alimentos de origen vegetal con propiedades antidiabéticas, sus mecanismos de acción, la influencia de la dieta de salud planetaria en la reducción del riesgo de DM2 y la inclusión de un programa de educación alimentaria basado en estos principios. Las búsquedas se llevaron a cabo en las bases de datos PubMed y Google Scholar, priorizando artículos originales de investigación, metaanálisis, revisiones sistemáticas y documentos de organismos reconocidos, publicados entre enero de 2000 y diciembre de 2024, en inglés y español.

Se seleccionó PubMed porque es una base de datos ampliamente reconocida en el ámbito de las ciencias de la salud, que ofrece acceso a literatura científica de alta calidad, revisada por pares, e indexada en bases como MEDLINE. Esta fuente permite identificar estudios originales y revisiones sistemáticas sobre la actividad antidiabética de alimentos vegetales con rigurosidad metodológica y validez científica. Por su parte, Google Scholar amplía el espectro de búsqueda al incluir literatura científica que no siempre se encuentra indexada en bases de datos tradicionales como PubMed, Web of Science o ScienceDirect. Esta plataforma permite acceder a estudios publicados en revistas de acceso restringido, documentos académicos, informes técnicos y trabajos de investigación que abordan la actividad antidiabética de alimentos vegetales de uso común. Aunque muchos de estos documentos no figuran en búsquedas más convencionales, poseen valor académico y han sido revisados por pares. Por tanto, la combinación de ambas fuentes permite una búsqueda más amplia, diversa y representativa de la evidencia científica disponible.

Los términos de búsqueda utilizados incluyeron “Antidiabetic”, “Type 2 diabetes”, “bioactive compounds”, “antidiabetic medicinal plants”, “vegetables”, “fruits”, “EAT-Lancet diet”, “type 2 diabetes education program”. Los criterios de inclusión contemplaron publicaciones de acceso abierto, estudios originales y revisiones que evaluaran las propiedades antidiabéticas de alimentos vegetales de uso común y sus mecanismos de acción, el impacto de la dieta de salud planetaria en la reducción del riesgo de diabetes, y programas de educación alimentaria basados en principios de sostenibilidad y alimentación saludable. Se incluyeron además capítulos

de libro y reportes institucionales, con el fin de proporcionar una visión más amplia y detallada al lector. Se excluyeron artículos con información insuficiente o con deficiencias metodológicas, revisiones narrativas sin descripción clara de la metodología y *preprints*.

La información fue organizada a través de una matriz de sistematización que incluyó: tipo de estudio, población, alimentos evaluados, mecanismos de acción propuestos, principales hallazgos y limitaciones. Para los estudios sobre la dieta de salud planetaria y su relación con la diabetes, se seleccionaron cinco investigaciones que cumplían con los criterios de inclusión, y que evaluaban variables como adherencia dietaria, impacto metabólico y reducción del riesgo de DM2. En relación con los programas de educación alimentaria, se revisaron intervenciones que integraran los principios de la dieta de salud planetaria, analizando su efecto en el control glicémico y el cambio de hábitos alimentarios en personas con diabetes. Se consideraron elementos clave de diseño, estrategias de implementación y resultados obtenidos. Finalmente, la información fue integrada en una síntesis narrativa que articula la evidencia científica disponible con sus implicaciones prácticas para la salud pública y la educación alimentaria en diabetes.

Resultados

Se identificaron 2.461 artículos a través de la base de datos consultadas, lo que evidencia la amplia producción científica en torno a esta temática. La combinación de palabras clave permitió recuperar estudios con la siguiente distribución: “Antidiabetic and bioactive compounds” (617 artículos), “Antidiabetic and medicinal plants” (424), “Diabetes type 2 and fruits and vegetables” (4), “Diabetes type 2 and bioactive compounds” (142), “Diabetes and EAT-Lancet” (7) y “Type 2 Diabetes education program” (1,267). Estos resultados reflejan el creciente interés de la comunidad científica por comprender las interacciones entre la DM2, los compuestos bioactivos de origen vegetal, las dietas sostenibles y los programas educativos.

Tras aplicar los criterios de exclusión, que contemplaron la eliminación de estudios irrelevantes, de baja calidad metodológica o sin pertinencia temática, se seleccionaron 99 artículos para la redacción de la revisión. De estos, 92 abordaban la relación entre alimentos vegetales de uso común y la DM2; cinco correspondían a la dieta de salud planetaria; y dos en intervenciones educativas en DM2 relacionadas con la alimentación. Estos estudios constituyen la base para la síntesis final del presente trabajo, que ofrece un análisis estructurado sobre los vínculos entre alimentación sostenible, salud metabólica y estrategias educativas, como se desarrolla a continuación.

Propiedades antidiabéticas de alimentos vegetales de uso común

Los alimentos de origen vegetal contienen compuestos bioactivos antidiabéticos con potencial antidiabético, entre ellos catequina, miricetina, queracetina, delfinidina, cianidina, ácido gálico, elágico, cafeico⁵. Su uso resulta atractivo por su bajo costo, fácil acceso y baja toxicidad⁶ (**Tabla 1**).

Tabla 1. Alimentos vegetales antidiabéticos de uso común

Fuente	Nombre común	Concentración efectiva	Efectos en salud	Referencias
<i>Allium cepa</i>	Cebolla	Extracto acuoso 100 y 300 mg/kg por 30 días	Los niveles de glucosa sérica en conejos diabéticos disminuyeron 53,3% y 73,3%, respectivamente, de forma dosis-dependiente.	6
		Extracto acuoso 200, 250 y 300 mg/kg por 6 semanas	Se redujo la glucosa en sangre entre 62,9 a 75,4%; los lípidos disminuyeron entre 27,7 a 44,4% y colesterol sérico total disminuyó 20,4 a 27,5% en ratas diabéticas	7
		Jugo 1 mL/100 g por 4 semanas	Los niveles en glucosa plasmática disminuyeron 70%. Mejoró 10% función renal con aumento de creatinina en plasma e inhibió daño hepático (redujo 47% Aspartato Aminotransferasa, 38% Alanina Transferasa, 41% Lactato Deshidrogenasa, 35% Fosfatasa Alcalina y 36% Fosfatasa ácida) en ratas diabéticas comparado con el grupo control	8
<i>Allium sativum L.</i>	Ajo	Extracto acuoso 200, 250 y 300 mg/kg por 6 semanas	Disminuyó 62,9%, 69,7% y 75,4%, respectivamente los niveles de glucosa sérica en sangre de forma dosis-dependiente en ratas diabéticas	9
		Aceite 100 mg/kg por 3 semanas	Producio respuesta retardada de la insulina a la carga de glucosa en ratas diabéticas; la concentración plasmáticas máxima de insulina se produjeron a los 10 min (5 µg/mL) vs grupo control (15 µg/mL).	10
<i>Aloe vera L.</i>	Aloe	Extracto acuoso 500 mg/kg por 7 días	Redujo 57% glucosa, 40% colesterol y 35% triglicéridos séricos, eficaz reversión de proteinuria.	11
		Gel 300 mg/kg por 21 días	Redujo 70,9% glucosa en ayunas y mejoró 2,75 veces los niveles de insulina plasmática en ratas diabéticas	12
<i>Basella rubra L.</i>	Espinaca	Extracto acuoso 400 mg/100 g por 30 días	Redujo 56,3% glucosa sérica en ayunas y aumentó 1,35 veces el contenido de glucógeno hepático	13
		12 mL concentrado de jugo, dos veces/día por 12 semanas	Redujo 2,3%, 25,1% y 7,1% niveles de IL-6, TNF α , NF-KB, respectivamente, en pacientes con DM2	14
<i>Beta vulgaris</i>	Remolacha	24 mL concentrado de jugo, una vez/día por 12 semanas	Redujo 21,4% insulina plasmática, HOMA-IR 37,1% y aumento en 5,5% HOMA-B en pacientes con DM2, pero no fue estadísticamente significativo.	15
		100 g polvo, una/día por 8 semanas	Redujo significativamente 8,6% glucosa sérica en ayunas, 5 % hemoglobina glucosilada, 8,2% apolipoproteína B, 8,6% aspartato y 20,7% alanina aminotransferasa, 28,4% homocisteína, y aumentó 2,2 veces la capacidad antioxidante sérica en pacientes con DM2	16
<i>Brassica oleracea var. Capitata</i>	Repollo	Hojas 160 mg/kg por 168 días	Mejoró metabolismo lipídico en suero, aumentó 19,4% HDL; redujo 7,9% LDL y 23% triacilglicéridos, 13,2% resistencia a insulina y 8,5% glucosa postprandial en pacientes con DM2.	17

Fuente	Nombre común	Concentración efectiva	Efectos en salud	Referencias
<i>Capsicum annuum</i>	Pimiento rojo	Fresco picado 30 g por 4 semanas		18
		Píldoras de pasta de pimiento rojo 32 g por 12 semanas	Disminuyó 2 a 4,6% glucosa sérica, 0,2 a 1,5% grasa corporal, 1,2 a 1,7% colesterol total y 2,1 a 3,7% LDL, en hombres aumentó 3,3% el índice de viabilidad subendocárdica y disminuyó 3,2% la frecuencia cardíaca en pacientes con DM2.	19
		Cápsulas 1g por 4 semanas		20
<i>Carica papaya</i>	Papaya	Extracto acuoso de semillas 100 mg/kg, 200 mg/kg por 14 días	Disminuyó 11,6% y 12,3% glucosa sérica en ratas diabéticas, respectivamente.	21
		Polvo 1, 3 o 6 g/día por 40 días	Disminuyó 18 a 29% glucosa sérica, 23 – 30% triglicéridos, LDL 7 a 27% y colesterol 12 a 26% en pacientes con DM2.	22,23
	Canela	3 g extracto acuoso por 4 meses	Redujo 10,3% glucosa en ayunas de pacientes DM2	23,24
		1 g cápsula por 90 días	Disminuyó 0,83% HbA1C en pacientes DM2	23,25
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Canela	2 g canela por 12 semanas	Redujo 61,4% glucosa en ayunas 4,4% HbA1C, también la presión sistólica 2,6% y diastólica 5,9%, en pacientes DM2	26
		Extracto corteza 50, 100, 150 y 200 mg/kg por 6 semanas	Disminuyó 50,5 – 68,8% glucosa sérica en forma dosis-dependiente; a la mayor concentración de tratamiento redujo 45,2% triglicéridos y 16,1% colesterol total; aumentó hasta 3 veces insulina sérica y 1,6 veces HDL en ratones diabéticos.	27
<i>Citrus medica</i>	Cidra	60 mg pulpa liofilizada/kg	Efecto secretagogo de insulina, nivel de glucosa en plasma alcanzó se redujo de 228 mg/dL a 162 mg/dL a los 120 minutos tras el tratamiento y efecto adelgazante (45,8% - 57,6%) en ratas diabéticas.	28
<i>Cuminum cyminum L.</i>	Comino	50, 100 mg/kg por 56 días	Disminuyó: 3,7 - 32,8% glucosa sérica, hasta 21,1% hemoglobina glucosilada, insulina 5,3 – 31,1% en pacientes con DM2.	29-32
<i>Cucurbita maxima</i>	Calabaza, Auyama	Polvo liofilizado (5g) cada 12 horas por 3 días.	Disminuyó 17% glucosa sérica y 17,8% dosis de insulina en pacientes diabéticos críticos.	33
<i>Curcuma longa</i> L.	Turmerico	Polvo 250 mg/kg por 9 meses	Aumentó 1,3 veces valor HOMA-β, 1,2 veces adiponectina, redujo 20,3% valor HOMA-IR en pacientes prediabéticos.	34
		Extracto de hojas licuadas y hervidas a 3.4 g/kg una dosis	Redujo 27,1%, 31,5% y 15,7%, al cabo de 1 h, 2h y 3h tras carga de glucosa en ratas Wistar con DM2.	35
<i>Ipomoea aquatica</i>	Espinaca de agua	Extracto acuoso de hojas 3.3 g /kg peso	Redujo 47,5% glucosa sérica en ratas Wistar con DM2 con carga de glucosa tras 1,5 horas	36
		Hojas molidas 3.4 g/kg por una semana en ratas diabéticas o una sola dosis en pacientes DM2.	Disminuyó 48,6% glucosa sérica en ratas Wistar diabéticas y 29,4% pacientes con DM2 tras 2 horas de carga de glucosa.	37

Fuente	Nombre común	Concentración efectiva	Efectos en salud	Referencias
<i>Manihot esculenta</i>	Yuca	Hojas jóvenes (de 3 a 15 meses después de la siembra) deshidratadas para ensayo <i>in vitro</i> de 5 a 100 µg/mL.	Polifenoles de las hojas inhiben lipasa > α -amilasa $\geq \alpha$ modelo gastrointestinal <i>in vitro</i> comparadas entre diferentes variedades de la planta.	38
<i>Matricaria chamomilla</i>	Manzanilla	3 tazas diarias 150 mL de infusión (3g) 3 veces/día después de cada comida por 8 semanas	Redujo nivel de 5,4% HbA1c, 33,1% insulina, 39,9% HOMA-IR, 9,5% colesterol, 19% triacilglicéridos, 8,9% LDL en pacientes DM2.	39,40
<i>Mentha spicata</i>	Menta	Infusión 10 g/100 mL por 4 semanas	Disminuyó 8,9% glucosa en ayunas y 7% posprandial en pacientes DM2	41
		3 tazas de infusión / d a 2,5 g/ 100 mL	Disminuyó 9,5% HbA1c en pacientes DM2	42
<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	Extracto acuoso 300 mg/kg peso corporal por 21 días.	Disminuyó 25% glucosa en sangre y 10% peso corporal; 47% reducción de colesterol, 42% triglicéridos totales y 75,2% LDL; aumentó 1,2 veces HDL plasmático; y redujo 26% malondialdehído en ratas hiperglucémicas	43
<i>Musa sapientum</i>	Banana	Infusión de hojas en polvo 150 y 300 mg/kg peso.	Redujo 18,3% y 37,9%, respectivamente, el nivel de glucosa sérica en ratas Wistar diabéticas	44
<i>Ocimum basilicum</i>	Albahaca	Extracto acuoso de tallos de infrutescencia 25, 50, 75 g/L por 20 días	La mayor concentración redujo 33,3% glucosa sérica, 50% inhibición de ATPasa Na^+/K^+ de los enterocitos, redujo 46% y 53% absorción de glucosa por SGLT1 y GLUT2, respectivamente, en ratas diabéticas	45
<i>Origanum vulgare</i>	Orégano	Jugo de tallo liofilizado 50, mg/kg por 4 semanas	Disminuyó 23,5% glucosa sérica en ayunas, 48,5% posprandial, 40% HbA1c, mejoró perfil lipídico, aumentó 1,2 y 1,7 veces glucógeno muscular y hepático, respectivamente en ratas diabéticas	46
<i>Petroselinum crispum</i>	Perejil	Extracto acuoso de partes aéreas de la planta 14,5 – 20 mg/mL	Inhibió 20 – 55% actividad de α -amilasa y 13 – 22% α -glucosidasa posterior a digestión gastrointestinal <i>in vitro</i> .	47
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frijol	Extracto acuoso 25,50, 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$	Aumentó actividad antioxidante 85 – 97,9% celular e inhibición de α -glucosidasa 5,77 – 9,47%, α -amilasa 36,26 – 52,53% y lipasa intestinal 47,37 – 54,54%.	48
<i>Pimpinella anisum</i>	Anís	Extracto acuoso 200 mg/kg por 28 días	Disminuyó 46% - 89% glucosa sérica y 13,2% insulina sérica en ratas diabéticas	49
		2 g/kg por 28 días	Redujo 82,7% glucosa sérica, pero no regeneró células β -pancreáticas en ratas diabéticas	50
		Extracto acuoso 200 mg/kg por 28 días	Aumentó 50% expresión de GLUT4 en músculo esquelético y redujo 15 - 30% glucemia en ratas diabéticas, y aumentó 80% e uso de glucosa en tejidos periféricos	51
		5g/día por 60 días	Redujo 35,9% glucosa sérica, 7,6% colesterol total, 14,9% triglicéridos, 6,4% LDL, 21,4% peroxidación lipídica, 38,2% oxidación de proteínas y aumentó 1,3 % HDL en pacientes con DM2	52

Fuente	Nombre común	Concentración efectiva	Efectos en salud	Referencias
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Extracto acuoso cáscara 400 mg/kg por 21 días	El extracto disminuyó hasta 26,9% y 20,8% glucosa sérica en ratas con diabetes leve y severa, respectivamente; 250 mg/kg de pulpa en polvo redujo 75% glucosa en sangre, aumentó 90% insulina en plasma de ratas diabéticas	53
		Pulpa en polvo sin semillas oral 125 y 250 mg/kg por 4 semanas		54
<i>Pisum sativum</i>	Arveja	Fibra dietaria de arvejas molida ultrafine 0,45 – 40 g/kg dieta por 4 semanas	Redujo 15,4 – 64,9% glucosa y 6,2 - 32% hemoglobina glucosilada, 8,3 – 44,1% colesterol y 29,1 – 49,9% triacilglicéridos, mejoró 1,3 – 1,8 veces tolerancia a glucosa, restauró gradualmente la morfología pancreática normal en ratas diabéticas.	55
		Proteína de arveja 50 g + glucosa 50 g por 3 días	Redujo 31 – 53% glucemia posprandial y estimuló 28 – 40% liberación de insulina en adultos sanos en forma dosis-dependiente	56
<i>Solanum lycopersicum</i>	Tomate	200 g de tomate /día por 60 días	Aumentó 1,4 – 1,6 veces SOD, 2 – 2,2 veces glutatión peroxidasa y 1,6 – 1,9 veces glutatión reductasa, y redujo 3,4 - 26% peroxidación lipídica en pacientes con DM2.	57
		200 g/día tomate cocido tomate por 30 días		58
<i>Zea mays</i>	Maíz	1 taza 3 veces/d por 8 semanas	Disminuyó glucosa sérica, colesterol, triacilglicéridos totales y proteína en orina en ratas diabéticas	59
<i>Zingiber officinale</i>	Jengibre	Extracto acuoso 500 mg/kg por 7 semanas	Redujo 52% glucosa sérica, 44% colesterol, 41% triacilglicéridos totales y 60% proteína en orina en ratas diabéticas	23,60

DM2: Diabetes mellitus 2; GLUT2: Glucose Transporter 2; GLUT4: Glucose Transporter 4; HbA1c: Hemoglobina glicosilada; HDL: High Density Lipoprotein; HOMA-IR: Homeostatic Model Assessment for Insulin Resistance; HOMA-B: Homeostasis Model Assessment - Beta cell; IL-6: Interleukin-6; LDL: Low Density Lipoprotein; NF-KB: Nuclear Factor Kappa B; SGLT1: Sodium-Glucose Linked Transporter 1; SOD: Superoxide Dismutase Enzyme; TNF- α : Tumor Necrosis Factor Alpha.

Inhibidores de enzimas digestivas

El control de la hiperglucemia postprandial depende, en parte, por la acción de las enzimas α -amilasa pancreática y α -glucosidasa intestinal⁶¹. La α -amilasa hidroliza el almidón en disacáridos y oligosacáridos, los cuales son posteriormente convertidos en monosacáridos de glucosa por la α -glucosidasa⁶². Extractos ricos en compuestos fenólicos provenientes de té, frijoles, soja, col, brócoli, mora y arándano han demostrado capacidad inhibitoria sobre estas enzimas, con valores de IC50 entre $1,12 \pm 0,05$ y $4,64 \pm 0,21$ mg/mL para α -amilasa y entre $13,81 \pm 0,08$ y $391,21 \pm 21,50$ μ g/mL para α -glucosidasa⁶³.

Inhibidores de dipeptidil-peptidasa IV (DPP-IV)

La enzima DPP-IV, presente en hígado, pulmón, intestino y riñón, inactiva las incretinas GLP-1 y GIP, las cuales estimulan la secreción de insulina, regulan la liberación de glucagón, reducen el apetito, retrasan el vaciado gástrico y modulan el metabolismo de los ácidos grasos^{64,65}. Kalhotra et al (2020) demostraron que catequina, ácido cafeico 4-O-glucósido, malonilgenisteína y calendulósido E, presentes en extractos de ajo, presentan actividad inhibitoria sobre DPP-IV. El análisis de acoplamiento molecular mostró valores de energía libre de unión entre -7,436 y -10,172 kcal/mol. Catequina y genisteína, compuestos estructuralmente relacionados con malonilgenisteína, han sido previamente reportados como inhibidores de esta enzima, lo que sugiere que sus derivados en el ajo podrían compartir este mecanismo. Asimismo, calendulósido E, derivado del ácido oleanólico con propiedades antidiabéticas, mostró interacciones favorables con la DPP-IV⁶⁶. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que los compuestos del ajo pueden contribuir a su inhibición, aunque se requieren estudios adicionales, incluyendo ensayos enzimáticos y modelos *in vivo* biológicos, para confirmar su efectividad.

Efecto antioxidante y antiinflamatorio

La hiperglucemia sostenida induce estrés oxidativo, disminuyendo la actividad de antioxidantes endógenos como el glutatión, la superóxido dismutasa (SOD) y la catalasa⁶⁷. Esto favorece la autooxidación de la glucosa, el daño al ADN y la peroxidación lipídica en membranas celulares^{68,69}. Además, se incrementa la expresión de citocinas proinflamatorias (TNF- α , IL-6), promoviendo inflamación crónica de bajo grado⁷⁰. Debido a su capacidad antioxidante, los compuestos fenólicos presentes en alimentos vegetales contribuyen al mantenimiento del equilibrio redox celular⁷¹.

Potencial antiglicación

La acumulación de productos finales de glicación avanzada (AGEs) altera la conformación de proteínas, favorece el estrés oxidativo, la inflamación y la muerte celular^{72,73}. Los compuestos fenólicos pueden prevenir la formación del aducto de Amadori, la oxidación de la glucosa y la activación del receptor de AGEs⁷²⁻⁷⁵. Por ejemplo, glucopiranósidos flavonoides de hojas de espinaca redujeron la formación de AGEs (1,24%) y de hemoglobina glicosilada (1,28%), superando levemente el efecto de metformina (1,22%)⁷⁶.

Protección y mejora de las funciones de las células β -pancreáticas

Li et al⁷⁷, demostraron que un extracto rico en polifenoles de manzana (1% p/p ácido clorogénico), administrado durante ocho semanas a ratones C57BL/6J, aumentó la expresión de genes relacionados con la proliferación de células β -pancreáticas y la señalización de insulina, además de reducir la expresión de proteínas proapoptóticas, mejorando así la función pancreática.

Efecto insulinotrópico

El resveratrol (2.5 a 12.5 μ mol/L)⁷⁸ y el extracto de salvado de arroz rico en compuestos fenólicos (25–250 μ g/mL)⁷⁹ mejoró la disfunción de células de insulinoma INS-1 inducida por etanol. Este efecto se relaciona con la inhibición de la proteína desacoplante-2 (UCP-2), que reduce la producción de ATP y afecta la secreción de insulina; y con la regulación positiva de sirtuina 1 (SIRT1) y del transportador GLUT2, lo que favorece la síntesis de ATP y la liberación de insulina⁷⁸.

Asimismo, antociáninas (50 μ M de equivalentes de cianidina-3-glucósido) presentes en bebidas fermentadas de arándano y mora (1:1) o en jugo puro mora (100%), aumentaron la secreción de insulina en células INS-1 en presencia de glucosa, incluso después de la absorción simulada en células intestinales CaCo-2⁸⁰.

Mejora de la resistencia a la insulina

En ratones C57BL/6J diabéticos expuestos durante ocho semanas a compuestos fenólicos de hoja de arándano (ácido clorogénico y glucósidos de flavonol, 1% p/p), se observó la activación de la vía de IRS/PI3K/AKT, reducción en la expresión de genes lipogénicos como estearoil-CoA-desaturasa-1 (SCD1), factor de transcripción que regula los esteroles (SREBP1) y ácido graso sintasa, incremento en la expresión del receptor de insulina y disminución de la enzima glucógeno-sintasa-3-beta (GSK3 β)⁷⁷.

Adicionalmente, compuestos fitoquímicos activan la proteína quinasa activada por AMP (AMPK), promoviendo la expresión de GLUT4 en músculo esquelético y tejido adiposo, favoreciendo la oxidación de ácidos grasos, inhibiendo la glucogenolisis, modulando la vía PI3K/AKT y controlando procesos inflamatorios^{81,82}.

Dieta de salud Planetaria en el control de la diabetes

Los alimentos de origen vegetal aportan compuestos bioactivos con propiedades antidiabéticas y promueven patrones alimentarios más saludables y sostenibles. Las dietas basadas en alimentos vegetales no solo contribuyen a la prevención y el control de la DM2, sino que también favorecen a la sostenibilidad ambiental. Un ejemplo

destacado es la dieta de salud planetaria propuesta por la Comisión EAT-Lancet, la cual integra recomendaciones nutricionales y ambientales con el objetivo de reducir la incidencia de enfermedades crónicas, como la DM2³.

Esta dieta, diseñada para la población general, sugiere una distribución de macronutrientes de 50-55% de carbohidratos, 29-35% de grasas y 15-25% de proteínas, con una ingesta calórica diaria de 2.500 kcal en hombres y 2.000 kcal en mujeres³. La adherencia a este patrón se ha asociado con un menor riesgo de desarrollar DM2^{3,4}.

Langmann et al⁸³., analizaron la relación entre la adherencia a la dieta EAT-Lancet y el riesgo de DM2 en 542.323 participantes del estudio *Danish Diet, Cancer and Health.*, encontrando que una mayor adherencia se relaciona con una menor incidencia de DM2 en adultos de mediana edad. De forma similar, Zhang et al⁸⁴., en una cohorte con 24.494 adultos del estudio *Malmö Diet and Cancer (MDC)*, identificaron una relación dosis-respuesta entre la puntuación de adherencia y el riesgo de DM2; un puntaje ≥ 23 puntos sobre una escala de 0 a 42, se asoció con la prevención del 12,9% de los casos, incluso en personas con susceptibilidad genética.

En otro estudio, Xu et al⁸⁵., demostraron que, por cada aumento en la puntuación de adherencia a la dieta, el riesgo de DM2 se reduce en un 6%, tras 10 años de seguimiento en 59.849 adultos del Biobanco del Reino Unido. De manera consistente, Knuppel et al⁸⁶., en el estudio del *EPIC-Oxford* (46.069 participantes), y López et al⁸⁷., en la *Cohorte de Maestras Mexicanas* (74.671 mujeres), confirmaron el potencial preventivo de esta dieta^{4,88}.

Una reciente revisión narrativa realizada por Muszalska et al⁸⁸., destaca que la adopción de la dieta planetaria, caracterizada por su énfasis en alimentos vegetales, consumo moderado de grasas insaturadas y alto contenido de fibra, ha demostrado beneficios no solo en el control glucémico, sino también en la reducción del síndrome metabólico y en la prevención de enfermedades cardiovasculares. Esta revisión resalta que los componentes de esta dieta (alta densidad de micronutrientes, fitoquímicos y perfiles lipídicos favorables) están asociados con mejoras en la resistencia a la insulina, dislipidemia, hipertensión y marcadores de inflamación sistémica. Además, destaca que las poblaciones occidentales presentan prevalencias de síndrome metabólico entre 13% y 31%, por lo tanto, este patrón alimentario es relevante para abordar condiciones relacionadas con la DM2.

Esta evidencia refuerza la propuesta que la dieta de salud planetaria puede ser una estrategia nutricional efectiva y sostenible para el control de la DM2, al actuar sobre varios factores metabólicos simultáneamente. Las mejoras en marcadores como HOMA-IR, perfil lipídico, presión arterial y parámetros inflamatorios, no solo beneficia a personas con alteraciones en el metabolismo de la glucosa, sino que también mitigan los riesgos de complicaciones cardiovasculares⁸⁸. Este enfoque integral, basado en la densidad nutricional y los componentes funcionales de los alimentos, fortalece la validez e importancia de promover este patrón alimentario desde políticas públicas, intervenciones comunitarias y programas de educación nutricional.

Los beneficios se atribuyen a una mejor regulación de la glucosa postprandial, un aumento en la sensibilidad a la insulina y una reducción de la inflamación crónica. En conclusión, la dieta EAT-Lancet representa una estrategia prometedora para la prevención de la DM2; sin embargo, se requiere mayor evidencia para comprender su impacto específico en personas que ya presentan esta enfermedad.

La educación en alimentación saludable para pacientes con diabetes tipo 2

La evidencia respalda la efectividad de la dieta de salud planetaria en la prevención y el control de la DM2. No obstante, su adopción sostenida requiere estrategias complementarias, como la educación nutricional y la promoción de hábitos de vida saludables y sostenibles. La incorporación de alimentos locales con propiedades antidiabéticas no solo favorece la salud, sino que también impulsa la economía local y reduce el impacto ambiental. Sin embargo, para lograr cambios significativos, es crucial implementar programas educativos eficaces y sostenibles.

La Asociación Americana de Diabetes destaca la importancia de educar al paciente para que tome decisiones alimentarias informadas, considerando sus preferencias, contexto cultural y objetivos metabólicos. Esta educación puede ser individual, clave desde del diagnóstico y durante el seguimiento clínico⁸⁹, o grupal, involucrando a familiares y cuidadores para facilitar el aprendizaje y el intercambio de experiencias.

En 2024, nuestro grupo de investigación desarrolló un programa de educación en salud y alimentación dirigido a Promotores de Salud, pacientes con DM2, familiares y cuidadores del Municipio de El Peñol (Antioquia, Colombia). El programa se basó en el modelo de salud planetaria, abordando no solo el control metabólico, sino también aspectos como la aceptabilidad cultural, el acceso a los alimentos y la sostenibilidad ambiental. Se ejecutó en tres etapas: valoración, planificación e implementación mediante sesiones grupales semanales durante tres meses.

En la etapa de valoración, se recolectaron datos demográficos de pacientes del programa de riesgo cardiovascular del Hospital San Juan de Dios del municipio. Se identificó una prevalencia de diabetes del 2,89%, superior al promedio de Antioquia (1,75%)⁹⁰, posiblemente asociada a un índice de envejecimiento de 83,4. Se registraron 488 pacientes diabéticos, de los cuales 68,2% tenía más de 60 años, el 28% estaba entre 40 y 59 años, y el 3,1% entre 18 y 39 años. El 73% eran mujeres y el 59,8% residía en zona urbana. En cuanto al nivel educativo, el 59,8% tenía primaria incompleta, el 30,8% había completado secundaria, y solo el 9,4% contaba con formación técnica y/o universitaria.

Durante la etapa de planificación, se definieron objetivos y estrategias educativas adaptadas a la población. Se diseñaron cinco módulos temáticos: desafíos psicosociales, comprensión de la diabetes, alimentación saludable, tratamiento farmacológico y actividad física, y prevención y cuidado de complicaciones. En el módulo de alimentación, se brindaron consejos prácticos para mantener niveles óptimos de glucosa en sangre.

Aunque el programa no incluyó una fase de evaluación, es fundamental medir, a corto y mediano plazo, los avances en salud, alimentación y bienestar psicosocial. Esto permite ajustar estrategias, consolidar beneficios y demostrar que la educación alimentaria contribuye a mejorar el conocimiento, el autocuidado y el control de la enfermedad.

En esta línea, Gortzi et al⁹¹., implementaron un programa de educación nutricional de tres meses en pacientes con DM2, basado en la dieta mediterránea, utilizando folletos informativos, planes dietéticos y pautas de estilo de vida saludable. Los resultados mostraron mejoras significativas en el índice de masa corporal, la composición corporal, la glucosa en ayunas y postprandial, así como de triacilglicéridos y colesterol total.

La dieta mediterránea es un modelo ampliamente utilizado en intervenciones nutricionales para el manejo de la DM2. Sin embargo, debe complementarse con un enfoque más integral y sostenible, como el propuesto por la dieta de salud planetaria. Nuestro grupo ha implementado un programa basado en este modelo, el cual incorpora elementos clave como la aceptabilidad cultural, el acceso a los alimentos y la sostenibilidad ambiental. No obstante, no existen estudios que evalúen formalmente su efectividad en población diabética, por lo que se requieren investigaciones adicionales que permitan validar su impacto dentro de programas educativos.

Discusión

Los alimentos de origen vegetal han demostrado desempeñar un papel clave en la prevención y control de la (DM2), debido su contenido de compuestos bioactivos con efectos antidiabéticos. Entre ellos, destacan los polifenoles, flavonoides y otros fitoquímicos que modulan mecanismos metabólicos relacionados con la homeostasis de la glucosa y la función pancreática. Compuestos como catequina, miricetina, queracetina, delfinidina, cianidina, y los ácidos gálico, elágico y cafeico han evidenciado actividad hipoglucemante^{92,93}. Su efecto se atribuye a la modulación de la microbiota intestinal, su capacidad antioxidante, la inhibición de procesos inflamatorios y de glicación de proteínas, así como la inhibición de enzimas y a la mejora de la captación y utilización de la glucosa⁹⁴. Mucha de esta información se deriva de la evidencia generada a partir de estudios preclínicos, tanto *in vitro* como *in vivo* en modelos animales.

Los ensayos *in vitro*, debido a su carácter reduccionista, no reflejan la complejidad fisiológica de un organismo completo y, por tanto, sus resultados no pueden extrapolarse a condiciones *in vivo*. Por otra parte, los estudios *in vivo*, por ejemplo, ratas con diabetes inducida mediante agentes químicos proporciona una representación más precisa de las respuestas e interacciones fisiológicas en comparación con los ensayos *in vitro*. Los estudios *in vivo*

permiten evaluar su eficacia y seguridad, así como aspectos clave como la bioaccesibilidad, biodisponibilidad, metabolismo y posibles efectos terapéuticos. Aunque, sus hallazgos no pueden extrapolarse directamente a humanos sin la realización de ensayos clínicos adicionales, estos modelos son fundamentales para la comprensión inicial de los efectos fisiológicos de compuestos bioactivo en un organismo completo, y permiten sustentar el diseño de ensayos clínicos en humanos, ya que proporcionan evidencia preliminar que justifica su aplicación, orientan la selección de biomarcadores y ayudan a definir hipótesis e intervenciones realistas y éticamente viables.

En este contexto, uno de los mecanismos más estudiados es la inhibición enzimática como estrategia para controlar la hiperglucemia posprandial. Esta depende en gran medida de la hidrólisis del almidón por la α -amilasa pancreática y la absorción de glucosa mediada por la α -glucosidasa intestinal⁶¹. La inhibición de estas enzimas retarda la absorción de glucosa, lo que reduce el pico glucémico postprandial. Extractos de alimentos como té, frijoles, col y arándanos han mostrado efectos inhibidores significativos en estudios *in vitro*, lo cual sugiere su potencial como alternativas naturales a los inhibidores sintéticos. No obstante, se requiere más investigación clínica para validar su eficacia en humanos y establecer dosis seguras y efectivas.

Otro blanco terapéutico relevante en la DM2 es la enzima DPP-IV. Su inhibición incrementa la actividad de las incretinas, mejorando la secreción de insulina y reduciendo la glucosa plasmática^{65,66}. Fitoquímicos presentes en alimentos como el ajo, han demostrado una acción comparable a los fármacos inhibidores de DPP-IV⁶⁶, lo que abre la posibilidad de su uso en terapias combinadas o como suplementos dietarios. Además, los polifenoles ejercen efectos antioxidantes y antiinflamatorios que ayudan a reducir el estrés oxidativo y la inflamación crónica de bajo grado, factores clave en el desarrollo de la resistencia a la insulina. En condiciones de hiperglucemia, el estrés oxidativo inhibe procesos dependientes de ATP, afectando la secreción y acción de la insulina. Esto genera un círculo vicioso que contribuye al desarrollo de DM2⁹⁵⁻⁹⁷. En este contexto, el consumo de alimentos ricos en antioxidantes podría prevenir o retrasar complicaciones relacionadas con la DM2, incluyendo la formación de productos finales de glicación avanzada (AGEs), responsables de daño tisular.

Respecto a la función pancreática, estudios en modelos animales han demostrado que extractos ricos en polifenoles, como los de la manzana, estimulan la proliferación y reducen la apoptosis de células β -pancreáticas, mejorando así la secreción endógena de insulina. Mecanismos como la inhibición de NF- κ B, la activación de fosfatidilinositol 3-quinasa (PI3K)/proteína quinasa B (Akt), y de otras vías como fosfolipasa C (PLC)/proteína quinasa C (PKC) y 3',5'-adenosina monofosfato cíclico (AMPc)/proteína quinasa A (PKA), son clave en este efecto⁹⁸.

Los compuestos fenólicos también presentan un efecto insulinotrópico, es decir, tienen la capacidad de estimular la producción o liberación de insulina desde las células β . Este efecto se produce cuando la glucosa entra a través de GLUT-2, se generando ATP por glicólisis, que cierra los canales de potasio dependientes de ATP (ATP-K+), provocando la despolarización de la membrana celular, la apertura de los canales de calcio, y la subsecuente liberación de insulina^{99,100}. A diferencia de las sulfonilureas, los compuestos naturales con efecto insulinotrópico podrían evitar efectos adversos como la hipoglucemia¹⁰⁰.

La resistencia a la insulina se asocia con alteraciones en la fosforilación de serina/treonina en las proteínas sustrato del receptor de insulina 1 y 2 (IRS1/2), desfosforilación de tirosina y la internalización del receptor de insulina^{81,94,101}, dislipidemia e inflamación por TNF- α , que disminuye la expresión de GLUT4. En este contexto, algunos compuestos fenólicos como los de hoja de arándano activan vías como IRS/PI3K/AKT y AMPK, mejorando la expresión de genes involucrados en la captación y metabolismo de la glucosa⁹⁴.

Diversos alimentos de origen vegetal de uso común en la culinaria han mostrado efectos hipoglucemiantes en modelos experimentales y clínicos. La cebolla (*Allium cepa*)⁶⁻⁸ y el ajo (*Allium sativum L.*)⁹⁻¹¹ reducen la glucemia en modelos animales de manera dosis-dependiente, además de mejorar el perfil lipídico y la función hepática. Otros alimentos como el Aloe vera, la canela (*Cinnamomum zeylanicum*)²²⁻²⁷, la manzanilla (*Matricaria chamomilla*)⁴¹, la moringa (*Moringa oleifera*)⁴⁴ y la remolacha (*Beta vulgaris*)^{14,16} también han mostrado beneficios en la regulación glucémica y de la sensibilidad a la insulina. Estos efectos se relacionan con la diversidad de compuestos bioactivos presentes, lo que refuerza su valor como parte de estrategias dietéticas funcionales y sostenibles para la prevención y el manejo de la DM2.

En esta línea, la dieta de salud planetaria propuesta por la Comisión EAT-Lancet representa un modelo alimentario que no solo contribuye a la prevención de la diabetes, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental. Su alta proporción de alimentos de origen vegetal favorece el control metabólico, y los estudios observacionales sugieren que su adopción puede reducir el riesgo de diabetes. Sin embargo, se requieren ensayos clínicos controlados que validen su eficacia en pacientes diabéticos y permitan establecer recomendaciones precisas.

A pesar del creciente número de investigaciones y estrategias educativas, la DM2 continúa siendo un problema de salud pública mundial. Afecta actualmente a 537 millones de personas entre 20 y 79 años (10,5% de la población), con proyecciones de 643 millones en 2040 y 783 millones en 2045^{1,2}. Además, 240 millones de personas no están diagnosticadas y el 50% de los adultos con diabetes desconocen su condición². La Organización Mundial de la Salud (OMS) atribuye su creciente prevalencia al envejecimiento de la población, cambios en el estilo de vida y factores de riesgo como el sedentarismo y la obesidad, responsables del 60% de los casos de DM2. La enfermedad deteriora la calidad de vida y sobrecarga los sistemas de salud debido a sus complicaciones, incluyendo enfermedades cardiovasculares, insuficiencia renal y amputaciones. Se estima que el gasto sanitario por diabetes superará los 1,045 billones de USD en 2045, afectando particularmente a los países de ingresos bajos y medios, donde el acceso a tratamiento y educación en salud es limitado.

La limitada adherencia a las dietas recomendadas y a los cambios en el estilo de vida sugiere que la educación, por sí sola, no es suficiente para revertir la tendencia ascendente de la enfermedad. Se hace necesario replantear los enfoques, incorporando acciones que aborden no solo la educación y cambios dietarios, sino también cambios estructurales en los sistemas de salud, las políticas alimentarias y el acceso equitativo a recursos para la prevención y el tratamiento de esta enfermedad.

En poblaciones vulnerables, la implementación práctica de estrategias dietéticas que incluyan estos alimentos en la dieta diaria, puede verse limitada por barreras como la disponibilidad restringida de alimentos funcionales, su escasa asequibilidad, la falta de información nutricional accesible, y la posible baja aceptabilidad cultural de ciertos ingredientes. Estas limitaciones resaltan la necesidad de considerar no solo la eficacia biológica de los alimentos que pueden contribuir al control glucémico, sino también factores socioeconómicos, culturales y ambientales que determinan su uso sostenible.

Para facilitar su acceso y consumo sostenido, se requiere implementar estrategias integradas que incluyan el fortalecimiento de cadenas productivas locales, la formulación de productos accesibles y culturalmente pertinentes, y la promoción de educación alimentaria con enfoque territorial. La incorporación de estos aspectos amplía la aplicabilidad del estudio, fortalece su dimensión traslacional y aporta evidencia relevante para el diseño de políticas públicas orientadas a mejorar la salud nutricional desde un enfoque de equidad y sostenibilidad.

Conclusión

La DM2 representa un desafío creciente para la salud pública que requiere enfoques integrales, basados en evidencia científica y en principios de sostenibilidad. El presente trabajo cumplió con los objetivos planteados al identificar alimentos de origen vegetal con propiedades antidiabéticas, describir sus mecanismos de acción, analizar el papel de la dieta de salud planetaria en la prevención y control de la enfermedad, y resaltar la relevancia de la educación alimentaria en este contexto.

El uso de alimentos vegetales funcionales constituye una estrategia prometedora para el manejo de la DM2, mediante la inhibición de enzimas digestivas, la modulación de vías metabólicas, la mejora de la sensibilidad a la insulina y la protección de la función pancreática. Si bien, la evidencia preclínica es consistente, se requieren ensayos clínicos que permitan traducir estos hallazgos en recomendaciones dietéticas específicas y culturalmente apropiadas para personas con diabetes o en riesgo de desarrollarla.

Adicionalmente, se propone una resignificación del papel de la alimentación, no como un conjunto de restricciones, sino como un recurso que favorece la autonomía alimentaria, la sostenibilidad ambiental y el bienestar integral. Esta perspectiva contrasta con abordajes reduccionistas que excluyen alimentos sin una justificación científica

suficiente, centrados únicamente en su composición nutricional macro. Reconocer la complejidad bioquímica y el potencial terapéutico de los alimentos permite diseñar intervenciones educativas más eficaces, pertinentes y sostenibles. Así, la integración de alimentos funcionales, sostenibilidad nutricional y educación alimentaria se consolida como una estrategia viable y necesaria para enfrentar los retos que impone la DM2 a nivel individual, comunitario y global.

Contribución de autores

MEM: autora intelectual, identificación, selección e inclusión de estudios. Análisis de resultados, redacción y correcciones del manuscrito.

Consideraciones éticas

Este manuscrito se elaboró en el marco del proyecto *Programa de educación para la salud y alimentación en diabetes en El Peñol* (Convocatoria Regionalización 2021, Acta 2021-42020), y fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia (Concepto N° 98-2022, Acta 01-2022). Se contó con el consentimiento escrito y verbal de los participantes del Programa de Educación y se realizó conforme a la Declaración de Helsinki.

Conflicto de interés

La autora declara no presentar conflicto de interés personal que influya en la preparación y publicación del presente manuscrito.

Financiación

Este manuscrito se elaboró en el marco del proyecto *Programa de educación para la salud y alimentación en diabetes en El Peñol*, financiado por la Vicerrectoría de Investigación (Convocatoria Regionalización 2021, Acta 2021-42020).

Apoyo tecnológico de IA

La autora informa que no usaron Inteligencia Artificial, modelo de lenguaje, aprendizaje automático o tecnologías similares para crear o ayudar con la elaboración o edición de cualquiera de los contenidos de este documento.

Referencias

1. Magliano D, Boyko EJ. IDF Diabetes Atlas. 10th ed. Bruselas: International Diabetes Federation; 2021. [Internet] [Consultado 22 de octubre de 2024] Disponible en: <https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition/>
2. GBD 2021 Diabetes Collaborators. Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. Lancet. 2023; 402(10397): 203-4. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01301-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01301-6) Erratum in: Lancet. 2023; 402(10408): 1132. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)02044-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)02044-5)
3. EAT Summary Report of the EAT-Lancet Commission. Healthy Diets from Sustainable Food Systems. Food Planet Health. 2022.[Internet] [Consultado 15 de noviembre 2024]. Disponible en: <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/eat-lancet-commission-summary-report/>
4. Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. Lancet. 2019; 393(10170): 447-92. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)

5. Salehi B, Ata A, V Anil Kumar N, Sharopov F, Ramírez-Alarcón K, Ruiz-Ortega A, et al. Antidiabetic Potential of Medicinal Plants and Their Active Components. *Biomolecules*. 2019; 9(10): 551. doi: <https://doi.org/10.3390/biom9100551>
6. Ogunmodele OS, Saalu LC, Ogundale B, Akunna GG, Oyewopo AO. An Evaluation of the Hypoglycemic, Antioxidant and Hepatoprotective Potentials of Onion (*Allium cepa* L.) on Alloxan-induced Diabetic Rabbits. *Int J Pharmacol*. 2012; 8: 21-29. doi: <https://doi.org/10.3923/ijp.2012.21.29>
7. Ozougwu JC. Anti-diabetic effects of *Allium cepa* (onions) aqueous extracts on alloxan-induced diabetic *Rattus norvegicus*. *J Med Plants Res*. 2011; 5(7): 1134-39. https://academicjournals.org/article/article1380531959_Ozougwu.pdf
8. El-Demerdash FM, Yousef MI, El-Naga NI. Biochemical study on the hypoglycemic effects of onion and garlic in alloxan-induced diabetic rats. *Food Chem Toxicol*. 2005; 43(1): 57-63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2004.08.012>
9. Eyo JE, Ozougwu JC, Echi PC. Hypoglycaemic effects of *Allium cepa*, *Allium sativum* and *Zingiber officinale* aqueous extracts on alloxan-induced diabetic *Rattus norvegicus*. *Med J Islamic World Acad Sci*. 2011; 19(3): 121-26. <https://medicaljournal-ias.org/jvi.aspx?pdid=ias&plng=eng&un=IAS-66588>
10. Liu CT, Hse H, Lii CK, Chen PS, Sheen LY. Effects of garlic oil and diallyl trisulfide on glycemic control in diabetic rats. *Eur J Pharmacol*. 2005; 516(2): 165-73. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2005.04.031>
11. Thomson M, Al-Amin ZM, Al-Qattan KK, Shaban LH, Ali M. Anti-diabetic and hypolipidaemic properties of garlic (*Allium sativum*) in streptozotocin-induced diabetic rats. *In J Diabetes Metabolism*. 2007; 15: 108-15. doi: <https://doi.org/10.1159/000497643>
12. Rajasekaran S, Ravi K, Sivagnanam K, Subramanian S. Beneficial effects of aloe vera leaf gel extract on lipid profile status in rats with streptozotocin diabetes. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2006; 33(3): 232-7. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2006.04351.x>
13. Nirmala A, Saroja S, Vasanthi HR, Lalitha G. Hypoglycemic effect of *Basella rubra* in streptozotocin induced diabetic albino rats. *J Pharmacognosy Phytother*. 2009; 1(2): 025-030. <https://www.internationalscholarsjournals.com/articles/hypoglycemic-effect-of-basella-rubra-in-streptozotocin--induced-diabetic-albino-rats.pdf>
14. Karimzadeh L, Behrouz V, Sohrab G, Hedayati M, Emami G. A randomized clinical trial of beetroot juice consumption on inflammatory markers and oxidative stress in patients with type 2 diabetes. *J Food Sci*. 2022; 87(12): 5430-5441. doi: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16365>
15. Karimzadeh L, Sohrab G, Hedayati M, Ebrahimof S, Emami G, Razavion T. Effects of concentrated beetroot juice consumption on glycemic control, blood pressure, and lipid profile in type 2 diabetes patients: randomized clinical trial study. *Ir J Med Sci*. 2023; 192(3): 1143-53. doi: <https://doi.org/10.1007/s11845-022-03090-y>
16. Aliahmadi M, Amiri F, Bahrami LS, Hosseini AF, Abiri B, Vafa M. Effects of raw red beetroot consumption on metabolic markers and cognitive function in type 2 diabetes patients. *J Diabetes Metab Disord*. 2021; 20(1): 673-82. doi: <https://doi.org/10.1007/s40200-021-00798-z>
17. Dan L, Yuhua Z, Yan L, Ruifang S, Min X. Purified anthocyanin supplementation reduces dyslipidemia, enhances antioxidant capacity, and prevents insulin resistance in diabetic patients. *J Nutr*. 2015; 145(4): 742-8. doi: <https://doi.org/10.3945/jn.114.205674>
18. Ahuja KD, Robertson IK, Geraghty DP, Ball MJ. The effect of 4-week chilli supplementation on metabolic and arterial function in humans. *Eur J Clin Nutr*. 2007; 61(3): 326-33. doi: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602517>

19. Cha YS, Kim SR, Yang JA, Back HI, Kim MG, Jung SJ, et al. Kochujang, fermented soybean-based red pepper paste, decreases visceral fat and improves blood lipid profiles in overweight adults. *Nutr Metab (Lond)*. 2013; 10(1): 24. doi: <https://doi.org/10.1186/1743-7075-10-24>
20. Nieman DC, Cialdella-Kam L, Knab AM, Shanely RA. Influence of red pepper spice and turmeric on inflammation and oxidative stress biomarkers in overweight females: a metabolomics approach. *Plant Foods Hum Nutr*. 2012; 67(4): 415-21. doi: <https://doi.org/10.1007/s11130-012-0325-x>
21. Venkateshwarlu E, Dileep P, Reddy RK, Sandhya P. Evaluation of anti-diabetic activity of *Carica papaya* sedes on streptozotocin-induced type II diabetic rats. *J Advanced Sci Res*. 2013; 4(2): 38-41. <https://sciensage.info/index.php/JASR/article/view/157>
22. Khan A, Safdar M, Ali Khan MM, Khattak KN, Anderson RA. Cinnamon improves glucose and lipids of people with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2003; 26(12): 3215-8. doi: <https://doi.org/10.2337/diacare.26.12.3215>
23. Zapata Londoño MB, Uribe Yunda DF, Aguilón Osma J, Maldonado-Celis ME. Coffee, Ginger and Cinnamon. In: Campos-Vega R, Oomah BD, editors. *Molecular Mechanisms of Functional Food*. London: John Wiley & Sons Ltd; 2022. p.404-30. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119804055.ch12>
24. Mang B, Wolters M, Schmitt B, Kelb K, Lichtinghagen R, Stichtenoth DO, et al. Effects of a cinnamon extract on plasma glucose, HbA, and serum lipids in diabetes mellitus type 2. *Eur J Clin Invest*. 2006; 36(5): 340-4. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.2006.01629.x>
25. Crawford P. Effectiveness of cinnamon for lowering hemoglobin A1C in patients with type 2 diabetes: a randomized, controlled trial. *J Am Board Fam Med*. 2009; 22(5): 507-12. doi: <https://doi.org/10.3122/jabfm.2009.05.080093>
26. Akilen R, Tsiami A, Devendra D, Robinson N. Glycated haemoglobin and blood pressure-lowering effect of cinnamon in multi-ethnic Type 2 diabetic patients in the UK: a randomized, placebo-controlled, double-blind clinical trial. *Diabet Med*. 2010; 27(10): 1159-67. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2010.03079.x>
27. Kim SH, Hyun SH, Choung SY. Anti-diabetic effect of cinnamon extract on blood glucose in db/db mice. *J Ethnopharmacol*. 2006; 104(1-2): 119-23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.08.059>
28. Peng CH, Ker YB, Weng CF, Peng CC, Huang CN, Lin LY, et al. Insulin secretagogue bioactivity of finger citron fruit (*Citrus medica* L. var. *Sarcodactylis* Hort, Rutaceae). *J Agric Food Chem*. 2009; 57(19): 8812-9. doi: <https://doi.org/10.1021/f902143x>
29. Jafari S, Sattari R, Ghavamzadeh S. Evaluation the effect of 50 and 100 mg doses of *Cuminum cyminum* essential oil on glycemic indices, insulin resistance and serum inflammatory factors on patients with diabetes type II: A double-blind randomized placebo-controlled clinical trial. *J Tradit Complement Med*. 2016; 7(3): 332-38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.08.004>
30. Siow H-L, Gan C-Y. Functional protein from cumin seed (*Cuminum cyminum*): Optimization and characterization studies. *Food Hydrocoll*. 2014; 41: 178-87. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.04.017>
31. Singh N, Yadav SS, Kumar S, Narashiman B. A review on traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and clinical research of dietary spice *Cuminum cyminum* L. *Phytother Res*. 2021; 35(9): 5007-30. doi: <https://doi.org/10.1002/ptr.7133>
32. Ebada ME. Cuminaldehyde: A Potential Drug Candidate. *J Pharmacol Clin Res*. 2017; 2: 555585. doi: <https://doi.org/10.19080/JPCR.2017.02.555585>

33. Mahmoodpoor A, Medghalchi M, Nazemiyyeh H, Asgharian P, Shadvar K, Hamishehkar H. Effect of *Cucurbita Maxima* on Control of Blood Glucose in Diabetic Critically Ill Patients. *Adv Pharm Bull.* 2018; 8(2): 347-51. doi: <https://doi.org/10.15171/apb.2018.040>
34. Chuengsamarn S, Rattanamongkolgul S, Luechapudiporn R, Phisalaphong C, Jirawatnotai S. Curcumin extract for prevention of type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2012; 35(11): 2121-7. doi: <https://doi.org/10.2337/dc12-0116>
35. Malalavidhane TS, Wickramasinghe SM, Jansz ER. Oral hypoglycaemic activity of *Ipomoea aquatica*. *J Ethnopharmacol.* 2000; 72(1-2): 293-8. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00217-8](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00217-8)
36. Malalavidhane S, Wickramasinghe SM, Jansz ER. An aqueous extract of the green leafy vegetable *Ipomoea aquatica* is as effective as the oral hypoglycaemic drug tolbutamide in reducing the blood sugar levels of Wistar rats. *Phytother Res.* 2001; 15(7): 635-7. doi: <https://doi.org/10.1002/ptr.851>
37. Malalavidhane TS, Wickramasinghe SM, Perera MS, Jansz ER. Oral hypoglycaemic activity of *Ipomoea aquatica* in streptozotocin-induced, diabetic wistar rats and Type II diabetics. *Phytother Res.* 2003; 17(9): 1098-100. doi: <https://doi.org/10.1002/ptr.1345>
38. Laya A, Koubala BB, Negi PS. Antidiabetic (α -amylase and α -glucosidase) and anti-obesity (lipase) inhibitory activities of edible cassava (*Manihot esculenta* Crantz) as measured by in vitro gastrointestinal digestion: effects of phenolics and harvested time. *Int J Food Prop.* 2022; 25(1): 492-508. doi: <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2050256>
39. Rafrat M, Zemestani M, Asghari-Jafarabadi M. Effectiveness of chamomile tea on glycemic control and serum lipid profile in patients with type 2 diabetes. *J Endocrinol Invest* 2015; 38(2): 163-170. doi: <https://doi.org/10.1007/s40618-014-0170-x>
40. Zemestani M, Rafrat M, Asghari-Jafarabadi M. Chamomile tea improves glycemic indices and antioxidant status in patients with type 2 diabetes mellitus. *Nutrition* 2016; 32(1): 66-72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.07.011>
41. Kaseb F, Yazdanpanah Z, Naghdipour Biregani A, Barkhordari Yazdi N, Yazdanpanah Z. The effect of chamomile (*Matricaria recutita* L.) infusion on blood glucose, lipid profile and kidney function in type 2 diabetic patients: a randomized clinical trial. *Progr Nutr.* 2018; 20(1-S): 110-8. <https://www.mattioli1885journals.com/index.php/progressinnutrition/article/view/5884>
42. Kermanian S, Mozaffari-Khosravi H, Dastgerdi Gh, Zavar-Reza J, Rahamanian M. The Effect of Chamomile Tea versus Black Tea on Glycemic Control and Blood Lipid Profiles in Depressed Patients with Type 2 Diabetes: A Randomized Clinical Trial. *J Nutr Food Secur.* 2018; 3(3): 157-66. <http://jnfs.ssu.ac.ir/article-1-197-en.html>
43. Bayani M, Ahmadi-Hamedani M, Jebelli Javan A. Study of Hypoglycemic, Hypocholesterolemic and Antioxidant Activities of Iranian *Mentha Spicata* Leaves Aqueous Extract in Diabetic Rats. *Iran J Pharm Res.* 2017; 16(Suppl): 75-82. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29844778/>
44. Gupta R, Mathur M, Bajaj VK, Katariya P, Yadav S, Kamal R, et al. Evaluation of antidiabetic and antioxidant activity of *Moringa oleifera* in experimental diabetes. *J Diabetes.* 2012; 4(2): 164-71. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1753-0407.2011.00173.x>
45. Jaber H, Baydoun E, EL-Zein O, Kreydiyyeh SI. Anti-hyperglycemic effect of the aqueous extract of banana infructescence stalks in streptozotocin-induced diabetic rats. *Plant Foods Hum Nutr.* 2013; 68(1): 83-9. doi: <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0341-5>
46. Dikshit P, Shukla K, Tyagi MK, Garg P, Gambhir JK, Shukla R. Antidiabetic and antihyperlipidemic effects of the stem of *Musa sapientum* Linn. in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Diabetes.* 2012; 4(4): 378-85. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1753-0407.2012.00198.x>

47. El-Beshbishi H, Bahashwan S. Hypoglycemic effect of basil (*Ocimum basilicum*) aqueous extract is mediated through inhibition of α -glucosidase and α -amylase activities: an in vitro study. *Toxicol Ind Health*. 2012; 28(1): 42-50. doi: <https://doi.org/10.1177/0748233711403193>
48. Gutiérrez-Grijalva EP, Antunes-Ricardo M, Acosta-Estrada BA, Gutiérrez-Uribe JA, Basilio Heredia J. Cellular antioxidant activity and in vitro inhibition of α -glucosidase, α -amylase and pancreatic lipase of oregano polyphenols under simulated gastrointestinal digestion. *Food Res Int*. 2019; 116: 676-686. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.096>
49. Lemhadri A, Zeggwagh NA, Maghrani M, Jouad H, Eddouks M. Anti-hyperglycaemic activity of the aqueous extract of *Origanum vulgare* growing wild in Tafilalet region. *J Ethnopharmacol*. 2004; 92(2-3): 251-6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.02.026>
50. Yanardağ R, Bolkent S, Tabakoğlu-Oğuz A, Ozsoy-Saçan O. Effects of *Petroselinum crispum* extract on pancreatic B cells and blood glucose of streptozotocin-induced diabetic rats. *Biol Pharm Bull*. 2003; 26(8): 1206-10. doi: <https://doi.org/10.1248/bpb.26.1206>
51. Halenova T, Raksha N, Kravchenko O, Vovk T, Yurchenko A, Varenik I, et al. Hypoglycemic activity of *Phaseolus vulgaris* (L.) aqueous extract in type I diabetic rats. *Curr Issues Pharm Mol Sci*. 2019; 32(4): 201-18. doi: <https://doi.org/10.2478/cipms-2019-0036>
52. Shobha R, Andallu B. Antioxidant, Anti-Diabetic and Hypolipidemic Effects of Aniseeds (*Pimpinella anisum* L.): In vitro and in vivo Studies. *J Complement Med Alt Healthcare*. 2018; 5(2): 555656. doi: <https://doi.org/10.19080/JCMAH.2018.05.555656>
53. Rai PK, Jaiswal D, Mehta S, Watal G. Anti-hyperglycaemic potential of *Psidium guajava* raw fruit peel. *Indian J Med Res*. 2009; 129(5): 561-5. PMID: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19675385/>
54. Huang CS, Yin MC, Chiu LC. Antihyperglycemic and antioxidative potential of *Psidium guajava* fruit in streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Chem Toxicol*. 2011; 49: 2189-95. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.05.032>
55. Wang M, Chen X, Dong L, Nan X, Ji W, Wang S, et al. Modification of pea dietary fiber by ultrafine grinding and hypoglycemic effect in diabetes mellitus mice. *J Food Sci*. 2021; 86(4): 1273-82. doi: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15669>
56. Thondre PS, Achebe I, Sampson A, Maher T, Guérin-Deremaux L, Lefranc-Millot C, et al. Co-ingestion of NUTRALYS® pea protein and a high-carbohydrate beverage influences the glycaemic, insulinaemic, glucose-dependent insulinotropic polypeptide (GIP) and glucagon-like peptide-1 (GLP-1) responses: preliminary results of a randomised controlled trial. *Eur J Nutr*. 2021; 60(6): 3085-93. doi: <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02481-8>
57. Bose KS, Agrawal BK. Effect of long term supplementation of tomatoes (cooked) on levels of antioxidant enzymes, lipid peroxidation rate, lipid profile and glycated haemoglobin in Type 2 diabetes mellitus. *West Indian Med J*. 2006; 55(4): 274-8. PMID: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17249316/>
58. Subhash K, Bose C, Agrawal BK. Effect of short term supplementation of tomatoes on antioxidant enzymes and lipid peroxidation in type-II diabetes. *Indian J Clin Biochem*. 2007; 22(1): 95-8. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02912889>
59. Gómez CE. Efectos del maíz (*Zea mays*) en el manejo dietético de pacientes con diabetes mellitus tipo 2. *BMJ Open* 2015; 5: bmjopen-2015-forum2015abstracts.113. doi: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-forum2015abstracts.113>

60. Al-Amin ZM, Thomson M, Al-Qattan KK, Peltonen-Shalaby R, Ali M. Anti-diabetic and hypolipidaemic properties of ginger (*Zingiber officinale*) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Br J Nutr.* 2006; 96(4): 660-6. doi: <https://doi.org/10.1079/BJN20061849>
61. Roheem FO, Ahmed QU, Mat So'ad SZ, Shah SAA, Latip J, Alhassan AM, et al. Assessment of free radical scavenging and digestive enzyme inhibitory activities of extract, fractions and isolated compounds from *Tetracera macrophylla* leaves. *J Herbal Med.* 2020; 22: 100351. doi: <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2020.100351>
62. Ahmed D, Ashiq N. In vitro analysis of anti-diabetic and anti-oxidative potential of pedicles of fruit-vegetable bottle gourd. *Pak J Pharm Sci.* 2018; 31(6): 2497-2501. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30473523/>
63. Jhaumeer Lauloo SB, Bhowon MG, Jalloo Y. Literature review: antidiabetic potential of some selected edible vegetables in tropical region. *Longhua Chin Med.* 2021; 4: 33. doi: <https://doi.org/10.21037/lcm-21-16>
64. Huang PK, Lin SR, Chang CH, Tsai MJ, Lee DN, Weng CF. Natural phenolic compounds potentiate hypoglycemia via inhibition of Dipeptidyl peptidase IV. *Sci Rep.* 2019; 9(1): 1-11. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52088-7>
65. Singla RK, Kumar R, Khan S, Mohit Kumari K, Garg A. Natural Products: Potential source of DPP-IV inhibitors. *Curr Prot Pept Sci.* 2019; 20(12): 1218-25. doi: <https://doi.org/10.2174/138920372066190502154129>
66. Kalhotra P, Chittep VCSR, Osorio-Revilla G, Gallardo-Velazquez T. Phytochemicals in Garlic Extract Inhibit Therapeutic Enzyme DPP-4 and Induce Skeletal Muscle Cell Proliferation: A Possible Mechanism of Action to Benefit the Treatment of Diabetes Mellitus. *Biomolecules.* 2020; 10(2): 305. doi: <https://doi.org/10.3390/biom10020305>
67. Addepalli V, Suryavanshi SV. Catechin attenuates diabetic autonomic neuropathy in streptozotocin induced diabetic rats. *Biomed Pharmacother.* 2018; 108: 1517-23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.09.179>
68. Abhishek M, Somashekaraiah BV, Dharmesh SM. In vivo antidiabetic and antioxidant potential of *Psychotria dalzellii* in streptozotocin-induced diabetic rats. *S Afr J Bot.* 2019; 121: 494-99. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.12.006>
69. Igahodaro OM. Molecular pathways associated with oxidative stress in diabetes mellitus. *Biomed Pharmacother.* 2018; 108: 656-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.09.058>
70. Halim M, Halim A. The effects of inflammation, aging and oxidative stress on the pathogenesis of diabetes mellitus (type 2 diabetes). *Diabetes Metab Syndrome: Clin Res Rev.* 2019; 13(2): 1165-72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2019.01.040>
71. Lin D, Xiao M, Zhao J, Li Z, Xing B, Li X, et al. An Overview of Plant Phenolic Compounds and Their Importance in Human Nutrition and Management of Type 2 Diabetes. *Molecules.* 2016; 21(10): 1374. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules21101374>
72. Anis MA, Sreerama YN. Inhibition of protein glycation and advanced glycation end-product formation by barnyard millet (*Echinochloa frumentacea*) phenolics. *Food Chem.* 2020; 315: 126265. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126265>
73. Eze FN, Tola AJ. Protein glycation and oxidation inhibitory activity of *Centella asiatica* phenolics (CAP) in glucose-mediated bovine serum albumin glycation. *Food Chem.* 2020; 332: 127302. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127302>

74. Crascì L, Lauro MR, Puglisi G, Panico A. Natural antioxidant polyphenols on inflammation management: Anti-glycation activity vs metalloproteinases inhibition. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2018; 58(6): 893–904. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1229657>
75. Liao X, Brock AA, Jackson BT, Greenspan P, Pegg RB. The cellular antioxidant an anti-glycation capacities of phenolics from Georgia peaches. *Food Chem.* 2020; 316: 126234. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126234>
76. Perez Gutierrez RM, Velazquez EG. Glucopyranoside flavonoids isolated from leaves of *Spinacia oleracea* (spinach) inhibit the formation of advanced glycation end products (AGEs) and aldose reductase activity (RLAR). *Biomed Pharmacother.* 2020; 128: 110299. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110299>
77. Li D, Yang Y, Sun L, Fang Z, Chen L, Zhao P, et al. Effect of young apple (*Malus domestica* Borkh. cv. Red Fuji) polyphenols on alleviating insulin resistance. *Food Bioscience.* 2020; 36: 100637. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100637>
78. Luo G, Xiao L, Wang D, Wang N, Luo C, Yang X, et al. Resveratrol protects against ethanol-induced impairment of insulin secretion in INS-1 cells through SIRT1-UCP2 axis. *Toxicology in vitro.* 2020; 65: 104808. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2020.104808>
79. Saji N, Francis N, Schwarz LJ, Blanchard CL, Santhakumar AB. Rice Bran Phenolic Extracts Modulate Insulin Secretion and Gene Expression Associated with β -Cell Function. *Nutrients.* 2020; 12(6): 1889. doi: <https://doi.org/10.3390/nu12061889>
80. Johnson MH, de Mejia EG. Phenolic Compounds from Fermented Berry Beverages Modulated Gene and Protein Expression To Increase Insulin Secretion from Pancreatic β -Cells in Vitro. *J Agric Food Chem.* 2016; 64(12): 2569-81. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00239>
81. Berlanga-Acosta J, Iglesias-Marichal I, Rodríguez-Rodríguez N, Mendoza-Marí Y, García-Ojalvo A, Fernández-Mayola M, et al. Review: Insulin resistance and mitochondrial dysfunction following severe burn injury. *Peptides.* 2020; 126: 170269. doi: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2020.170269>
82. Jeon SM. Regulation and function of AMPK in physiology and diseases. *Exp Mol Med.* 2016; 48(7): e245. doi: <https://doi.org/10.1038/emm.2016.81>
83. Langmann F, Ibsen DB, Tjønneland A, Olsen A, Overvad K, Dahm CC. Adherence to the EAT-Lancet diet is associated with a lower risk of type 2 diabetes: The Danish Diet, Cancer and Health cohort. *Eur J Nutr.* 2023; 62(3): 1493-1502. doi: <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03090-3>
84. Zhang S, Stubbendorff A, Olsson K, Ericson U, Niu K, Qi L, et al. Adherence to the EAT-Lancet diet, genetic susceptibility, and risk of type 2 diabetes in Swedish adults. *Metabolism.* 2023; 141: 155401. doi: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2023.155401>
85. Xu C, Cao Z, Yang H, Hou Y, Wang X, Wang Y. Association Between the EAT-Lancet Diet Pattern and Risk of Type 2 Diabetes: A Prospective Cohort Study. *Front Nutr.* 2022; 8: 784018. doi: <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.784018>
86. Knuppel A, Papier K, Key TJ, Travis RC. EAT-Lancet score and major health outcomes: the EPIC-Oxford study. *Lancet.* 2019; 394(10194): 213-214. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31236-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31236-X)
87. López GE, Batis C, González C, Chávez M, Cortés-Valencia A, López-Ridaura R, et al. EAT-Lancet Healthy Reference Diet score and diabetes incidence in a cohort of Mexican women. *Eur J Clin Nutr.* 2023; 77(3): 348-55. doi: <https://doi.org/10.1038/s41430-022-01246-8>

88. Muszalska A, Wiecanowska J, Michałowska J, Pastusiak-Zgolińska KM, Polok I, Łompieś K, et al. The Role of the Planetary Diet in Managing Metabolic Syndrome and Cardiovascular Disease: A Narrative Review. *Nutrients*. 2025;17(5): 862. <https://doi.org/10.3390/nu17050862>
89. Hevia P. Educación en Diabetes. *Rev Med Clin Condes* 2016; 27(2): 271-276. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.04.016>
90. Secretaría de salud e inclusión social, Municipio de El Peñol. Análisis de Situación de Salud – ASIS. El Peñol: La Secretaría; 2019. Ene 115 p.
91. Gortzi O, Dimopoulou M, Androutsos O, Vraka A, Gousia H, Bargiota A. Effectiveness of a Nutrition Education Program for Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Appl Sci*. 2024; 14: 2114. doi: <https://doi.org/10.3390/app14052114>
92. de Araújo FF, Neri-Numa IA, de Paulo Farias D, da Cunha GRMC, Pastore GM. Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (Myrtaceae) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. *Food Res Int*. 2019; 121: 57-72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.018>
93. de Araújo FF, de Paulo Farias DP, Neri-Numa IA, Pastore GM. Polyphenols and their applications: an approach in food chemistry and innovation potential. *Food Chem*. 2021; 338: 127535. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127535>
94. Chen L, Gnanaraj C, Arulselvan P, El-Seedi H, Teng H. A review on advanced microencapsulation technology to enhance bioavailability of phenolic compounds: Based on its activity in the treatment of Type 2 Diabetes. *Trends Food Sci Technol*. 2019; 85: 149–62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.11.026>
95. Halim M, Halim A. The effects of inflammation, aging and oxidative stress on the pathogenesis of diabetes mellitus (type 2 diabetes). *Diabetes Metab Syndr*. 2019; 13(2): 1165-72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2019.01.040>
96. Igghodaro OM. Molecular pathways associated with oxidative stress in diabetes mellitus. *Biomed Pharmacother*. 2018; 108: 656-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.09.058>
97. Lee J, Ma K, Moulik M, Yechoor V. Untimely oxidative stress in β -cells leads to diabetes - Role of circadian clock in β -cell function. *Free Radic Biol Med*. 2018; 119: 69-74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.02.022>
98. Ghorbani A, Rashidi R, Shafiee-Nick R. Flavonoids for preserving pancreatic beta cell survival and function: A mechanistic review. *Biomed Pharmacother*. 2019; 111: 947–57. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.12.127>
99. Velasco M, Díaz-García CM, Larqué C, Hiriart M. Modulation of Ionic Channels and Insulin Secretion by Drugs and Hormones in Pancreatic Beta Cells. *Mol Pharmacol*. 2016; 90(3): 341-57. doi: <https://doi.org/10.1124/mol.116.103861>
100. Stumvoll M, Goldstein BJ, Van Haeften TW. Type 2 diabetes: Principles of pathogenesis and therapy. *Lancet*. 2005; 365(9467): 1333–46. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)61032-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)61032-X)
101. Coppins KD, White MF. Regulation of insulin sensitivity by serine/threonine phosphorylation of insulin receptor substrate proteins IRS1 and IRS2. *Diabetologia*. 2012; 55(10): 2565-82. doi: <https://doi.org/10.1007/s00125-012-2644-8>