



## “EL FRIJOL DALIA OBTENIDO BAJO RESTRICCIÓN HÍDRICA MEJORA LA RESISTENCIA A LA INSULINA EN RATAS OBESAS”

Mayra Denise Herrera <sup>a,b</sup>, Luis Roberto Reveles-Torres <sup>a</sup>, Claudia Araceli Reyes-Estrada <sup>c</sup>, Miguel Servín-Palestina <sup>a</sup> y Jesús Adrián López <sup>b</sup>.

<sup>a</sup> INIFAP-CEZAC, Carretera Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera, Zacatecas, México, C.P. 98500.

<sup>b</sup> Unidad Académica de ciencias Biológicas- UAZ. Zacatecas, Zacatecas, México, C.P. 98068. <sup>c</sup>

Unidad Académica de Ciencias Químicas, Zacatecas, Zacatecas, México. C.P. 98000. Correo de correspondencia: [jalopez@uaz.edu.mx](mailto:jalopez@uaz.edu.mx)

### Resumen

Se ha recomendado la ingesta de alimentos funcionales como el frijol, para el control de la obesidad, diabetes e hipertensión. Sin embargo, su efecto benéfico varía dependiendo de los factores agroclimáticos que actúan durante el desarrollo de la planta. El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad de semillas de frijol Dalia (FD) para mejorar la resistencia a la insulina en un modelo preclínico de obesidad. El material de frijol fue obtenido bajo restricción hídrica durante la etapa vegetativa o reproductiva del crecimiento de la planta (50/100 y 100/50 % de humedad del suelo en etapa vegetativa/reproductiva, respectivamente), durante todo el ciclo (50/50) y de plantas con riego completo (100/100). Se indujo obesidad en ratas macho Wistar con una dieta rica en grasas (DAG) durante 4 meses. Posteriormente, las ratas fueron alimentadas con DAG suplementada con 20% de FD cocido durante 3 meses. Durante el tratamiento, el FD obtenido bajo el tratamiento 100/50 mejoró los niveles de triglicéridos y glucosa en la sangre, y mejoraron la resistencia a la insulina (RI) temprana. Después del sacrificio, se comprobó que 100/50 fue el tratamiento sobresaliente sobre las mismas variables respuesta. Los resultados sugieren que el consumo de FD obtenido bajo restricción hídrica durante la etapa reproductiva (100/50) tiene un mayor efecto hipoglucemiante y reduce la resistencia a la insulina.

*Palabras clave:* Frijol, fitoquímicos, resistencia a la insulina, obesidad.



## **Abstract**

The intake of functional foods such as beans has been recommended for control of obesity, diabetes and hypertension. However, its beneficial effect varies depending on the agroclimatic factors acting during the development of the plant. The objective of this study was to evaluate the ability of Dalia bean seeds (DB) to improve insulin resistance in an obesity preclinical model. The bean material was obtained under water restriction during the vegetative or reproductive stage of plant growth (50/100 and 100/50 % soil moisture in the vegetative/reproductive stage, respectively), throughout the cycle (50/50) and plants with full irrigation (100/100). Obesity was induced in male Wistar rats with a high-fat diet (HFD) for 4 months. Subsequently, the rats were fed the HFD supplemented with 20% cooked FD for 3 months. During treatment, the DB obtained under the 100/50 treatment improved blood glucose and triglyceride levels, and improved early insulin resistance (IR). After sacrifice, it was found that 100/50 was the outstanding treatment on the same response variables. The results suggest that the consumption of DB obtained under water restriction during the reproductive stage (100/50) has a greater hypoglycemic effect and reduces insulin resistance.

*Keywords:* Bean, phytochemicals, insulin resistance, obesity.

## **1. Introducción**

La obesidad se está convirtiendo en una epidemia mundial, definida como una condición médica caracterizada por la acumulación de grasa corporal anormal o excesiva, y que desencadena riesgos de padecer otras enfermedades, en particular resistencia a la insulina, diabetes tipo 2, aterosclerosis y enfermedades cardiovasculares (Calderón-Guzmán et al., 2020; Mir et al., 2019; Wu & Ballantyne, 2020). La obesidad es también una de las principales causas de muerte prevenibles

más comunes en todo el mundo (Berenbaum et al., 2013). Se ha afirmado que la nutrición y el ejercicio juegan un papel clave en su prevención, sin embargo, según Nabavi et al. (2015), las estrategias terapéuticas para contrarrestar los efectos de la obesidad no solo se basan en la restricción de ciertos tipos de alimentos y el aumento de la actividad física, sino también en el aumento de la ingesta de alimentos de origen vegetal (Nabavi et al., 2015). Meta-análisis recientes indican que



el consumo de leguminosas, como el frijol común, se asocia con un mejor control del peso, en comparación con las poblaciones en las que el consumo de legumbres es bajo (Thompson et al., 2017). Sus beneficios se obtienen de una variedad de fitoquímicos sintetizados a partir del metabolismo primario y secundario, como proteínas bioactivas, fibra dietética, almidón resistente, polifenoles, saponinas y fitoesteroles, que aportan beneficios para la salud; por lo tanto, el consumo de frijol reduce el índice glucémico y mejora los trastornos del metabolismo de los lípidos (Ganesan & Xu, 2017). Por ejemplo, Gomes et al. (2020) encontraron una reducción del peso corporal y un perfil lipídico mejorado con hidrolizados de proteína de frijol común en ratones adultos BALB/c alimentados con una dieta aterogénica durante 9 semanas (Gomes et al., 2020). De Lima et al. (2019) encontraron una ganancia de peso corporal reducida en ratones adultos alimentados con un HFD tratado con harina de frijol Carioca rica en flavonoides. Además, se ha demostrado que las antocianinas de frijol negro pueden inhibir los objetivos moleculares de la diabetes tipo 2, como los transportadores de glucosa intestinal, la  $\alpha$ -

amilasa y la  $\alpha$ -glucosidasa (Mojica et al., 2017). Estos hallazgos se han asociado a los fitoquímicos del frijol común. No obstante, la concentración de fitoquímicos en las semillas depende del genotipo de la planta y de los factores ambientales que actúan durante el desarrollo de la semilla (Herrera et al., 2019). Previamente, se encontró que privar a las plantas de frijol común del riego óptimo mejora la concentración de varios fitoquímicos de semillas de frijol Pinto Durango, y mejora la calidad funcional de los granos cocidos de frijol Rarámuri y Pinto Saltillo. El riego restringido no disminuyó el rendimiento de semillas, ya que la restricción hídrica controlada durante el ciclo del cultivo evita los efectos negativos del estrés por sequía durante etapas fenológicas específicas sobre la partición de la biomasa entre los órganos reproductivos y vegetativos, lo que estabiliza o aumenta el número de órganos reproductivos y/o semillas (Herrera et al., 2019; Herrera et al., 2021). El objetivo del presente estudio fue explorar la capacidad antiobesogénica del cultivar Dalia Flor de Junio obtenida por restricción hídrica durante el crecimiento de la planta, específicamente



en el mejoramiento de la resistencia a la insulina.

## 2. Materiales y métodos

### **Germoplasma, lugar de ensayo y regímenes de riego durante el cultivo de semillas de frijol común.**

'Dalia' es un cultivar de frijol común tipo Flor de Junio de la raza Jalisco con un hábito de crecimiento tipo III indeterminado; sus granos tienen un fondo color crema con rayas rosas (Calderón-Guzmán et al., 2020). Durante el ciclo primavera-verano de 2016 se estableció una parcela experimental con Dalia en el Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CEZAC-INIFAP). El frijol se cultivó en cuatro condiciones de humedad del suelo durante el ciclo de crecimiento en un invernadero para protegerlo de la lluvia. El experimento se condujo en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental estuvo compuesta por cuatro surcos de 5 m de largo. Cada tratamiento se diferenció según el porcentaje de humedad del suelo

durante las etapas vegetativa y reproductiva del ciclo de desarrollo de la planta (Cuadro 1). El riego se realizó con un sistema de riego por goteo instalado mediante tubería de polietileno de ½ pulgada de diámetro, con goteros de 0,20 m cada uno y un caudal de agua de 0,94 L/h por emisor. Para programar el riego de cada tratamiento de riego, en cada una de las parcelas experimentales previamente calibradas se instaló un sensor de humedad Watermark®, modelo 200SS-5 de resistencia eléctrica. Con la ayuda de una barra de metal de ¾" de diámetro, se hizo un hueco en el centro de la parcela experimental donde se colocó el sensor a 30 cm de profundidad. Posteriormente, se utilizó el lector equipado con una pantalla LCD para observar las lecturas diarias en centibares/kilopascales y registrar el control de humedad. Las plantas con signos de síntomas de enfermedades aéreas o radiculares se retiraron del experimento.



### **Preparación de muestras de frijol común cocido.**

En la madurez fisiológica, las plantas de frijol común se cosecharon a mano quitando 0,5 m de cada extremo de la hilera. Después de la trilla, las muestras de cada tratamiento de riego fueron lavadas y cocidas (1:5, p/v a  $90 \pm 1$  °C), liofilizadas con agua de cocción y molidas con un molinillo doméstico (Krupps GX4100, México), y almacenadas en 4 °C hasta su uso en un modelo preclínico de obesidad en ratas Wistar.

### **Modelo de obesidad en ratas Wistar**

En el experimento se utilizaron ratas Wistar jóvenes con un peso corporal de 70-110 g (Universidad Autónoma de Zacatecas, Ciudad de México, México) (UAZ-2015-36851). Los experimentos se realizaron de acuerdo con las guías mexicanas (NOM-62-ZOO-1999) y las recomendaciones del Instituto Nacional de Salud (National Institutes of Health, 2002) para la investigación animal, previa autorización del protocolo por parte del Comité de la Universidad Autónoma de México. Zacatecas. Después de una semana de adaptación, las ratas Wistar se asignaron al azar en seis grupos (n = 10 por

grupo): un grupo de control sano recibió una dieta estándar de 3,39 calorías por gramo de alimento (12 % de humedad, 23 % de proteína, 3 % lípidos, 7% cenizas, 49% carbohidratos y 6% fibra total); y grupos obesos alimentados con una dieta alta en grasa (DAG). La DAG se preparó agregando un 32% de grasa magra a la dieta estándar, lo que resultó en una ingesta de 6,27 calorías por gramo de alimento. Después de cuatro meses de seguimiento, se asignaron los grupos de tratamiento: un control de obesos y cuatro grupos de tratamiento con frijol común cocido. Los grupos tratados fueron asignados de acuerdo a los regímenes de suplementación de agua durante la etapa vegetativa y reproductiva de producción de Dalia (100/100, 100/50, 50/50 y 50/100 etapa vegetativa/reproductiva), cada grupo fue suplementado con 20 % (p/p) de frijol cocido obtenido de las diferentes plantas de frijol Dalia. Se proporcionó alimento y agua *ad libitum*. Luego de tres meses de tratamiento, los animales fueron sacrificados bajo anestesia para obtener una muestra de sangre por punción cardíaca y obtener el suero que fue inmediatamente separado y almacenado a -80 °C hasta su análisis.



### **Evaluaciones bioquímicas durante el tratamiento con frijol común *Dalia cocido*.**

Las concentraciones de glucosa y triglicéridos en sangre se evaluaron mensualmente en ayunas (12 h) una vez establecido el modelo de obesidad en los grupos de estudio con dieta DAG suplementada con frijol cocidos. La primera evaluación se realizó quince días después de iniciado el tratamiento. Los niveles de glucosa se registraron con un glucómetro (Accucheck-Roche), mientras que para la determinación de triglicéridos se utilizó un dispositivo Accutrend Plus

### **3. Resultados y discusión**

Una vez que se incluyó el frijol cocido en el DAG, la concentración de glucosa en sangre se mantuvo similar entre los grupos obesos tratados con frijol (Fig. 1a). A partir del segundo mes, los resultados muestran que el grupo tratado 50/100 tuvo los niveles de glucosa más bajos con una disminución del 16 % en comparación con el control obeso ( $p = 0,0151$ ). Al final del experimento, todos los grupos tratados exhibieron niveles de glucosa en sangre

(Roche). El índice triglicéridos-glucosa (índice T-G) se calculó según Gamboa-Gómez et al. (2017) de la siguiente manera:

$$\text{Ln} [\text{triglicéridos en ayunas (mg dL)} \times \text{glucosa en ayunas (mg dL)} / 2].$$

### **Evaluaciones bioquímicas después del tratamiento con frijol común *Dalia cocido*.**

Después del sacrificio, se determinó glucosa y triglicéridos, a partir de muestras de suero en ayunas utilizando kits comerciales (Randox Laboratories Ltd. UK). El índice T-G se calculó como se describió anteriormente.

más bajos en comparación con el control obeso. Los alimentos con bajo índice glucémico provocan un ligero aumento en el nivel de glucosa en sangre, debido al índice glucémico agudo de los nutrientes contenidos que regulan la absorción de glucosa (Singh et al., 2021; Yalçın et al., 2017). Según la Asociación Canadiense de Diabetes, se considera que un índice glucémico bajo es de 55 o menos (Singh et al., 2021); el frijol común, que es una rica



fuelle de carbohidratos no digeribles como la fibra dietética y el almidón resistente, oscila entre 7 y 47 (Mecha et al., 2021).

Por otro lado, aunque el potencial del frijol común para mejorar los trastornos metabólicos causados por la obesidad, se destaca en la mayoría de los casos después del sacrificio de animales, el efecto de transición del consumo de frijoles puede evidenciar beneficios contra la dislipidemia metabólica desde el inicio del

tratamiento. Todos los tratamientos con la variedad de frijol Dalia, redujeron la concentración de triglicéridos sin diferencias entre ellos (Fig. 2a). Un efecto similar se observó en el 2do mes, sin embargo, en el 3er mes se registró la concentración más baja en 100/50 (33% inferior a la OC) ( $p < 0,0001$ ). Además, el tratamiento 100/50 fue estadísticamente diferente de los grupos tratados 100/100 ( $p = 0,0071$ ) y 50/50 ( $p = 0,0057$ ), pero no del HC ( $p > 0,999$ ) (Figura 1b).

Glucosa (mg/dL)

Triglicéridos (mg/dL)

Figura 1. Concentración de glucosa (a) y triglicéridos (b) en sangre de ratas obesas durante tratamiento con frijol Dalia obtenido bajo diferentes condiciones de humedad.

La relación entre los triglicéridos y la glucosa refleja un estado de resistencia a la insulina (Lee et al., 2018). En este trabajo se analizó el índice de triglicéridos-glucosa durante el consumo de frijol (Fig. 2). Los tratamientos con frijoles cocidos

pudieron mejorar la resistencia a la insulina sin dejar de consumir el DAG. Desde el 1er mes, la capacidad del frijol para mejorar el IR fue estadísticamente importante, con  $p = 0,0006$ ,  $< 0,0001$ ,  $0,0042$  y  $< 0,0001$  para 100/100, 100/50,



50/50 y 50/100, respectivamente, al compararlo con el control obeso, que presentó un índice T-G 6% mayor que el control sano ( $p < 0,0001$ ). A medida que avanzaba el tiempo, las semillas de frijol con el tratamiento 100/50 condujeron al índice T-G más bajo entre los grupos de

tratamientos. Las leguminosas como el frijol común promueven la salud, ya que tienen un alto contenido de fibra dietética, proteínas y carbohidratos de liberación lenta, que desempeñan un papel en la reducción de la resistencia a la insulina (Sun et al., 2019).

Índice T-G

Figura 2. Índice T-G de ratas obesas durante tratamiento con frijol Dalia obtenido bajo diferentes condiciones de humedad.

Después del sacrificio, los niveles de glucosa en suero de las ratas obesas fueron un 44 % superiores a los del control sano. A pesar de que la inclusión del frijol cocido se hizo después de la inducción de obesidad, el frijol obtenido por una privación de agua durante la etapa reproductiva o durante todo el ciclo de desarrollo de la planta, disminuye la glucosa sérica hasta 28 y 22% respectivamente, en comparación con el

control obeso. En cuanto al índice T-G, el grupo tratado 100/50 presentó un valor un 16% inferior al del control obeso (Tabla 1). Tan et al. (2021) informaron que la resistencia a la insulina mejoró en ratones macho C57BL/6 J, como lo demuestra una resistencia a la insulina 88 % más bajo para los ratones alimentados con un DAG que contenía un 20 % de frijol negro cocido. Interesantemente, informaron que los niveles de las proteínas circulantes GIP,



GLP-1, leptina y glucagón involucradas en la regulación del metabolismo de la glucosa se redujeron en un 23,4, 21,6, 43,2 y 52,1% respectivamente. Lo que demuestra que incluir frijol común en una dieta alta en grasas puede mejorar el metabolismo de la glucosa y mejorar la resistencia a la insulina (Tan et al., 2021). La ingesta de la variedad Dalia de frijol

obtenida a partir de una restricción hídrica puede prevenir la resistencia a la insulina, la dislipidemia y el riesgo cardiovascular; esto podría recomendarse a pacientes con problemas de obesidad como una alternativa a través de un régimen bien estructurado y planificado; sin embargo, se requieren más estudios en humanos.

Tabla 1. Efecto de frijol Dalia obtenido bajo diferentes condiciones de humedad, sobre glucosa, triglicéridos e índice T-G después del tratamiento.

	Tratamiento						DMS	p
	Ctrol sano	Ctrol obeso	100/100	100/50	50/50	50/100		
Glucosa <sup>1</sup>	72.4 ± 0.6 <sup>e</sup>	104.7 ± 3.1 <sup>a</sup>	81.5 ± 0.9 <sup>bc</sup>	75.1 ± 0.8 <sup>de</sup>	79.4 ± 1.7 <sup>cd</sup>	85.1 ± 1.8 <sup>b</sup>	23.6	0.000
Triglicéridos <sup>1</sup>	123.7 ± 3.1 <sup>d</sup>	314.1 ± 19.8 <sup>a</sup>	149.1 ± 5.7 <sup>cd</sup>	90.7 ± 2.7 <sup>e</sup>	219.8 ± 8.5 <sup>b</sup>	159.5 ± 6.2 <sup>c</sup>	49.9	0.000
Índice T-G <sup>2</sup>	8.4 ± 0.0 <sup>d</sup>	9.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	8.7 ± 0.0 <sup>c</sup>	8.1 ± 0.1 <sup>e</sup>	9.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	8.8 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.6	0.000

Los datos se presentan como la media ± EE. Los vales se expresan como <sup>1</sup>mg/dL and <sup>2</sup>unidades arbitrarias. Letras diferentes entre filas indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de Fisher.

#### 4. Conclusiones

Un riego restringido durante la etapa reproductiva (100/50) de desarrollo de las plantas de frijol común permitió cosechar grano con mayor potencial para mejorar la resistencia a la insulina. En general, el

cultivo de frijol obtenido bajo riego deficitario podría ser una herramienta agronómica para mejorar la calidad funcional de esta leguminosa.



## 5. Referencias bibliográficas

- Berenbaum, F., Eymard, F., & Houard, X. (2013). Osteoarthritis, inflammation and obesity. *Curr Opin Rheumatol*, 25(1), 114-118.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1097/BOR.0b013e32835a9414>
- Calderón-Guzmán, D., Juárez-Olguín, H., Veloz-Corona, Q., Ortiz-Herrera, M., Osnaya-Brizuela, N., & Barragán-Mejía, G. (2020). Consumption of cooked common beans or saponins could reduce the risk of diabetic complications. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 13, 3481.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.2147/DMSO.S270564>
- de Lima, S. L. S., Gomes, M. J. C., da Silva, B. P., Alves, N. E. G., Toledo, R. C. L., Theodoro, J. M. V., de Castro Moreira, M. E., Bento, J. A. C., Bassinello, P. Z., & da Matta, S. L. P. (2019). Whole flour and protein hydrolysate from common beans reduce the inflammation in BALB/c mice fed with high fat high cholesterol diet. *Int. Food Res. J.*, 122, 330-339.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.013>
- Gamboa-Gómez, C. I., Simental-Mendía, L. E., González-Laredo, R. F., Alcantar-Orozco, E. J., Monserrat-Juarez, V. H., Ramírez-España, J. C., Gallegos-Infante, J. A., Moreno-Jiménez, M. R., & Rocha-Guzmán, N. E. (2017). *In vitro* and *in vivo* assessment of anti-hyperglycemic and antioxidant effects of Oak leaves (*Quercus convallata* and *Quercus arizonica*) infusions and fermented beverages. *Int. Food Res. J.*, 102, 690-699.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.040>
- Ganesan, K., & Xu, B. (2017). Polyphenol-rich dry common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and their health benefits. *Int. J. Mol. Sci.*, 18(11), 2331.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijms18112331>
- Gomes, M. J., Lima, S. L., Alves, N. E., Assis, A., Moreira, M. E., Toledo, R. C., Rosa, C. O., Teixeira, O. R., Bassinello, P. Z., & De Mejía, E. G. (2020). Common bean protein hydrolysate modulates lipid metabolism and prevents endothelial dysfunction in BALB/c mice fed an atherogenic diet. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 30(1), 141-150.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.numecd.2019.07.020>
- Herrera, M. D., Acosta-Gallegos, J. A., Reynoso-Camacho, R., & Pérez-Ramírez, I. F. (2019). Common bean seeds from plants subjected to severe drought, restricted-and full-irrigation regimes show differential phytochemical fingerprint. *Food Chemistry*, 294, 368-377.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.076>
- Herrera, M. D., Reynoso-Camacho, R., Melero-Meraz, V., Guzmán-Maldonado, S. H., & Acosta-Gallegos, J. A. (2021). Impact of soil moisture on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) phytochemicals. *J Food Compost Anal*, 99, 103883.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103883>
- Lee, J.-W., Lim, N.-K., & Park, H.-Y. (2018). The product of fasting plasma glucose and triglycerides improves risk prediction of type 2 diabetes in middle-aged Koreans. *BMC Endocr. Disord.*, 18(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12902-018-0259-x>
- Mecha, E., Correia, V., Bento da Silva, A., Ferreira, A., Sepodes, B., Figueira, M. E., Vaz Patto, M. C., & Rosário Bronze, M. (2021). Improvement of wheat cookies' nutritional quality, by partial substitution with common bean and maize flours, sustained human glycemia and enhanced satiety perception. *Cereal Chem*, 98(5), 1123-1134.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cche.10460>
- Mir, S. A., Shah, M. A., Ganai, S. A., Ahmad, T., & Gani, M. (2019). Understanding the role of active components from plant sources in obesity management. *J. Saudi Soc. Agric. Sci*, 18(2), 168-176. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2017.04.003>



- Mojica, L., Gonzalez de Mejia, E., Granados-Silvestre, M. Á., & Menjivar, M. (2017). Evaluation of the hypoglycemic potential of a black bean hydrolyzed protein isolate and its pure peptides using in silico, in vitro and in vivo approaches. *J. Funct. Foods*, *31*, 274-286. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.006>
- Nabavi, S. F., Russo, G. L., Daglia, M., & Nabavi, S. M. (2015). Role of quercetin as an alternative for obesity treatment: you are what you eat! *Food Chem*, *179*, 305-310. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.006>
- Singh, M., Manickavasagan, A., Shobana, S., & Mohan, V. (2021). Glycemic index of pulses and pulse-based products: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, *61*(9), 1567-1588. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1762162>
- Sun, Y., Wang, Y., Song, P., Wang, H., Xu, N., Wang, Y., Zhang, Z., Yue, P., & Gao, X. (2019). Anti-obesity effects of instant fermented teas in vitro and in mice with high-fat-diet-induced obesity. *Food & Function*, *10*(6), 3502-3513. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.032>
- Tan, Y., Tam, C. C., Meng, S., Zhang, Y., Alves, P., & Yokoyama, W. (2021). Cooked Black Turtle Beans Ameliorate Insulin Resistance and Restore Gut Microbiota in C57BL/6J Mice on High-Fat Diets. *Foods*, *10*(8), 1691. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10081691>
- Thompson, H. J., McGinley, J. N., Neil, E. S., & Brick, M. A. (2017). Beneficial effects of common bean on adiposity and lipid metabolism. *Nutrients*, *9*(9), 998. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/nu9090998>
- Wu, H., & Ballantyne, C. M. (2020). Metabolic inflammation and insulin resistance in obesity. *Circ. Res*, *126*(11), 1549-1564. <https://doi.org/https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.119.315896>
- Yalçın, T., Al, A., & Rakıcioğlu, N. (2017). The effects of meal glycemic load on blood glucose levels of adults with different body mass indexes. *Indian J Endocrinol Metab* *21*(1), 71. <https://doi.org/https://doi.org/10.4103/2230-8210.195995>