

Formulación de una bebida de jamaica con potencial hipoglucemiante a partir de proteína hidrolizada de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Eduardo López-Ornelas¹, Jonhatan Contreras-Negrete², Luis Mojica² y Montserrat Alcázar-Valle^{2*}

¹Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), Ingeniería en Biotecnología, Tlaquepaque, Jalisco, México

²Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Unidad de Tecnología Alimentaria, Zapopan, Jalisco, México

*Autor de correspondencia: ealcazar@ciatej.mx

Resumen

Palabras clave:

diabetes, formulación, péptidos de frijol, prediabetes.

Se realizaron dos formulaciones de bebidas a partir de infusiones de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) con potencial hipoglucémico y de aporte nutrimental. Estas bebidas se prepararon con hidrolizado de proteína de frijol (HPF 1 y 2%), Inulina de agave (2%), goma de xantana (0.04%), pectina (0.1%) y sucralosa (0.01%), todos los ingredientes mostraron un efecto sinérgico para lograr inhibir las enzimas α -glucosidasa y α -amilasa hasta en un 86% y 90% respectivamente. Los resultados de las pruebas fisicoquímicas fueron acordes a los reportados para bebidas de jamaica, y se obtuvo una buena aceptación en las pruebas sensoriales, superado el nivel de agrado en la percepción de sabores respecto a la bebida control.

Introducción

La diabetes es una de las enfermedades crónicas que causa mayor número de muertes en todo el mundo cada año. Afecta a las personas, reduciendo significativamente su calidad de vida. Si no se controla adecuadamente, la diabetes puede acabar provocando complicaciones de salud graves y la muerte.

Las causas de esta enfermedad son multifactoriales, se debe principalmente a factores genéticos, ambientales o ambos (Tuomi, 2005). La diabetes tipo 2 se caracteriza por el desarrollo de resistencia a la insulina, llegando al punto que las células dejan de producir esta proteína (Goyal et al., 2023), dando como resultado un trastorno metabólico crónico caracterizado por hiperglucemia (glucosa alta en sangre) persistente, lo que posteriormente

Enfoques Transdisciplinarios:
Ciencia y Sociedad, 3(1), 49-62.
ISSN. 3061-709X. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14706599>

Recibido: 05 octubre 2024
Revisado: 27 de noviembre 2024
Aceptado: 08 de enero 2025
Publicado: 21 de enero 2025



Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia CC BY-NC-SA 4.0. Para ver una copia de esta licencia visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



puede causar mayor riesgo de infarto de miocardio, accidentes cerebrovasculares, amputación e insuficiencia renal (Shivashankar & Mani, 2011).

La diabetes tipo 2 es más frecuente en personas mayores de 45 años, aunque la obesidad, sedentarismo y dietas ricas en calorías han significado un aumento en este tipo de diabetes en niños y adolescentes (Goyal et al., 2023). Un estadio previo al desarrollo es la prediabetes en el cual las personas al desarrollar la resistencia a la insulina comienzan a tolerar e incrementar sus niveles de glucosa en sangre y la insulina no los normaliza. Si esta condición no se trata por medio de dietas o medicamentos que reduzcan la glucosa en sangre, provocará la diabetes tipo 2 en la persona (Shivashankar & Mani, 2011).

Una de las mejores maneras para controlar los estados hiperglucémicos es una dieta balanceada y actividad física (Barnes, 2011). En muchas ocasiones la glucosa en sangre en personas con prediabetes o diabetes tipo 2 puede tener un gran desbalance por una simple comida, lo que abre la necesidad de generar productos con propiedades bioactivas que permitan regular la cantidad de glucosa en sangre. Estudios previos han demostrado que los hidrolizados de proteína de frijol (HPF) común negro (*Phaseolus vulgaris* L.) tienen potencial hipoglucemiante. Estos hidrolizados mostraron buenos resultados en pruebas de inhibición enzimática en α -amilasa y α -glucosidasa (relacionadas en la liberación de glucosa en sangre), pruebas *in vitro*, *in vivo* y también en estudios clínicos, todos relacionados con la disminución de glucosa (Mojica & de Mejía, 2016; Mojica et al., 2017; Mojica et al., 2024).

Una posible presentación comercial para administrar HPF es por medio de una bebida sin calorías, ya que esta presentación preserva mejor a los péptidos y es más fácil de consumir. Además, hoy en día están tomando relevancia las bebidas con altos contenidos de proteína. Sin embargo, unas de las principales problemáticas de utilizar hidrolizados de proteína (HPF) en bebida son las propiedades sensoriales (olor, color, textura y/o sabor) desagradables, mala estabilidad y pérdida de bioactividad (Lee, 2011; Leksrisonpong et al., 2012; Goudarzi et al., 2015). El objetivo del presente estudio es formular una bebida funcional, del agrado del consumidor, con una buena estabilidad y con propiedades hipoglucemiantes.

Para poder enmascarar las propiedades sensoriales se busca utilizar una infusión de flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) concentrada, la cual aparte de aportar buen sabor, color y ser una de las bebidas más consumidas en México, también tiene muchas propiedades como: antocianinas, ácidos orgánicos, flavonoides, saponinas, fitoesteroles, fibra, minerales como calcio, hierro, magnesio y zinc, vitaminas B1, B2, C, D y E, además de contar con los aminoácidos esenciales, excepto el triptófano (Quiroz et al., 2022).



También se pueden adicionar componentes a la formulación como hidrocoloides. La pectina y goma de xantana son componentes que mejoran la solubilidad, alargan la vida de anaquel e incluso aportan buenas características sensoriales (Contreras-Lozano et al., 2019). Estos componentes son fuente de fibra, fungen como prebióticos e incluso reportan propiedades hipoglucémicas (en específico la pectina) (Chaturvedi et al., 2021; Muñoz-Almagro et al., 2021), incluso su combinación aporta a la estabilidad de péptidos (Garzón et al., 2024). Otro componente que se buscó adicionar es la inulina de agave que funge como prebiótico, en funciones inmunológicas, biodisponibilidad de minerales, mejoramiento de metabolismo de grasas y reducir respuestas glicémicas (Fuquene-Munar & Arenas, 2018).

Materiales y métodos

Formulación de bebidas por fases

Se realizó la infusión de flor de jamaica (*H. sabdariffa*), esta se obtuvo de comercios locales en Guadalajara, Jal. 70 g de flor seca se disolvieron en 700 mL de agua y se calentaron por 7 min. Se dejó reposar en un recipiente cerrado por 5 min, se filtró y se obtuvo un volumen final de 600 mL de infusión.

Posteriormente, se realizó una dilución 1:2 de la infusión concentrada y se agregó 0.01% de sucralosa (Ingredion®) para después ser combinada con las concentraciones de hidrocoloides y fibras.

Una vez obtenida la infusión, se enfrió y se adicionaron los hidrocoloides y fibras: goma de xantana (GX), pectina (P) e inulina de agave. Se determinó su consistencia y turbidez por medio de un turbidímetro (HI88703-01, Hanna Instruments, Woonsocket, EUA). Las concentraciones utilizadas se basaron en las reportadas en la literatura (Garzón et al., 2024).

Finalmente, se adicionó el HPF, se decidió usar 2% de los péptidos al haber demostrado buenos resultados en los estudios clínicos (Mojica et al., 2024). Además, se formuló una segunda bebida con una reducción de HPF al 1% para comparar la aceptación en las pruebas sensoriales (Tabla 1).

Tabla 1. Formulación bebida de jamaica con 1% y 2% de HPF

Ingrediente	Bebida 1	Bebida 2
HPF %	1	2
Inulina %	2	2
Goma X %	0.04	0.04
Pectina %	0.1	0.1
Sucralosa %	0.01	0.01

Fuente: propia



Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos que se realizaron en las bebidas 1 y 2 fueron: pH, turbidez, viscosidad, °Brix y color.

La medición de pH se realizó de acuerdo a lo establecido por la NMX-F-317-NORMEX-2013, utilizando un potenciómetro de bolcillo (pHep+® HI98108, Hanna Instruments, Woonsocket, EUA). Para el análisis de turbidez se utilizó un turbidímetro (HI88703-01, HANNA, Woonsocket, EUA). Para la viscosidad se utilizó un viscosímetro (ROTAVISC lo-vi Complete, IKA, Staufen, Alemania). La sonda que se utilizó fue SP-1, la temperatura fue de 25 °C y la velocidad de corte en ambas mediciones fue de 100 rpm. En este caso la recomendación de torque para buenas lecturas es a partir de 10%.

También se midieron los °Brix con un refractómetro-brixómetro (MASTER, ATAGO CO., Saitama, Japón), por último, se analizó el color de las dos muestras mediante un espectrofotómetro (CM-5, Konica Minolta Sensing Americas, Ramsey, EUA). Se ajustó el blanco con agua destilada, para después analizar por triplicado las muestras.

Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial de las bebidas 1 y 2 para determinar la aceptación y la intensidad de sabores que había en las dos muestras. La metodología que se siguió fue la reportada en la literatura (Inca, 2024; Lee, 2011) con algunas modificaciones, en donde se dieron escalas (1-10) para determinar la aceptabilidad de las personas (1 = disgusto y 10 = mayor aceptabilidad). Los parámetros considerados se dividieron en dos categorías.

La primera categoría fue la del nivel de agrado, la cual se compone de: aceptabilidad general, textura, color, probabilidad de compra. La segunda categoría se relacionó con el nivel de intensidad de sabores: dulzor, amargor y acidez.

El estudio sensorial se realizó con 21 personas, se les indicó que no consumieran nada de alimentos y bebidas al menos una hora antes de la prueba. Se pidió a todas las personas que probaran tres bebidas: el control (Be light de Jamaica ®), bebida 1 y bebida 2. Entre cada prueba se les pidió que enjuagaran su boca con agua natural para que el sabor residual no afectara la prueba.

Cuantificación de proteína de HPF

Para la cuantificación de proteína se utilizó el método de Lowry (Shen, 2023). Se realizó una curva de calibración con Albúmina de Suero Bovino (BSA) como estándar a concentraciones de 0 a 1500 µg/ml.

Inhibición de α -glucosidasa

Para determinar la bioactividad de los péptidos se cuantificó la inhibición de la enzima α -glucosidasa (Figura 1). Se utilizó el inhibidor Acarbosa como control positivo, el sustrato de la reacción fue p-Nitrofenil- α -Dglucopiranosido (p-NFGP).

Se preparó un tampón fosfato salino (PBS) 0.1 M a pH 6.9, la solución con α -glucosidasa 1 unidad/mL, la solución de p-NFGP se hizo a 5 mM y el control positivo Acarbosa a 1 mM.

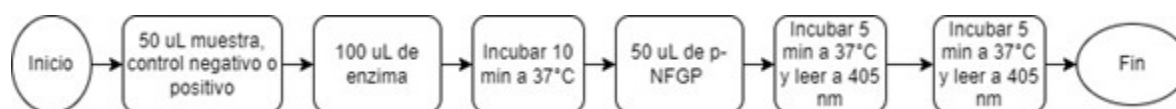


Figura 1. Proceso de reacción para determinar la inhibición de α -glucosidasa
Fuente: propia

Inhibición de α -amilasa

Para la prueba de inhibición de α -amilasa se utilizó como sustrato almidón, la acción de la enzima sobre el sustrato libera maltosa, glucosa y dextrinas (Qian et al., 2023). Los azúcares reductores liberados se midieron mediante 3,5-dinitrosalicílico (DNS). Además, se preparó una solución tampón fosfato salino (PBS) 0.02 M pH 6.9, se preparó la solución del ácido 3,5-dinitrosalicílico. La enzima α -amilasa se preparó a 13 unidades/mL, mientras que el sustrato (almidón) se preparó en una solución al 1%. Se preparó acarbosa a 1 mM como control positivo (Figura 2).



Figura 2. Proceso de adición de reactivos y muestras para la reacción DNS
Fuente: propia

Cuantificación de compuestos fenólicos

La cantidad de compuestos fenólicos se analizó mediante el método Folin-Ciocalteu (Mohd-Esa et al., 2010). La curva de calibración se realizó con ácido gálico como estándar (0 - 60 μ g/mL).



Resultados y discusión

Análisis fisicoquímicos

En la Tabla 2 se muestran los resultados fisicoquímicos que se obtuvieron al analizar la bebida 1 y bebida 2.

Tabla 2. Resultados fisicoquímicos para las dos muestras finales con HPF al 1% y 2%

Fisicoquímicos	Bebida 1	Bebida 2
PH	3.0	3.3
Turbidez (NTU)	1781 ± 15.5	3129 ± 26.8
Viscosidad (cP)	8.40	9.69
Sólidos suspendidos (°Brix)	4.10 ± 0.4	5.00 ± 0.7

Se muestran resultados promedio (n =2) ± indica la desviación estándar

Fuente: propia

Se estima que una bebida de jamaica natural ronda entre 2.11 – 3.66 de pH (Torres et al., 2019), por lo que las formulaciones realizadas se encuentran dentro de estos rangos. Sin embargo, los valores de turbidez obtenidos se encuentran por arriba de los reportados en la literatura de 150 a 1500 NTU para bebidas con pulpa o infusiones (Paquet et al., 2014). Paquet et al. (2014) reportan que, aunque las fibras e hidrocoloides ayudan a mantener las propiedades bioactivas y fisicoquímicas de las bebidas, también aportan a la turbidez en algunos casos.

En cuanto a la viscosidad, los valores obtenidos se encuentran dentro de lo reportado por la literatura de 1.39-15.90 cP (Quiroz et al., 2022), según el grado de adición de hidrocoloides. Respecto a los °Brix, se esperaba obtener valores más bajos al no tener azúcares añadidos en las bebidas, pero en la literatura se reporta que componentes como inulina (Valencia-Sandoval et al., 2020), hidrocoloides e hidrolizados (Inca, 2024) pueden incrementar este valor.

Los resultados de color se muestran en la tabla 3, en donde se muestran los valores promedio de L*, a*, y b*. Al aumentar el porcentaje de péptido se disminuyó la luminosidad (L*), la tendencia hacia el rojo (a*) y hacia el amarillo (b*), lo que hace que a medida que aumente la concentración de HPF se reste claridad y coloración rojiza. Los valores obtenidos en el presente estudio son muy similares a los reportados por Torres et al. (2019) al realizar infusiones de jamaica utilizando una sonda sonicadora.

Tabla 3. Valores de L* a* b* obtenidos en bebida 1 y 2, junto a una imagen del color dado por una calculadora CIELAB online

Color				
	L*	a*	b*	Imagen
Bebida 1	10.4 ± 0.452	41.9 ± 0.664	17.7 ± 0.763	
Bebida 2	4.11 ± 0.056	26.495 ± 0.289	6.76 ± 0.113	

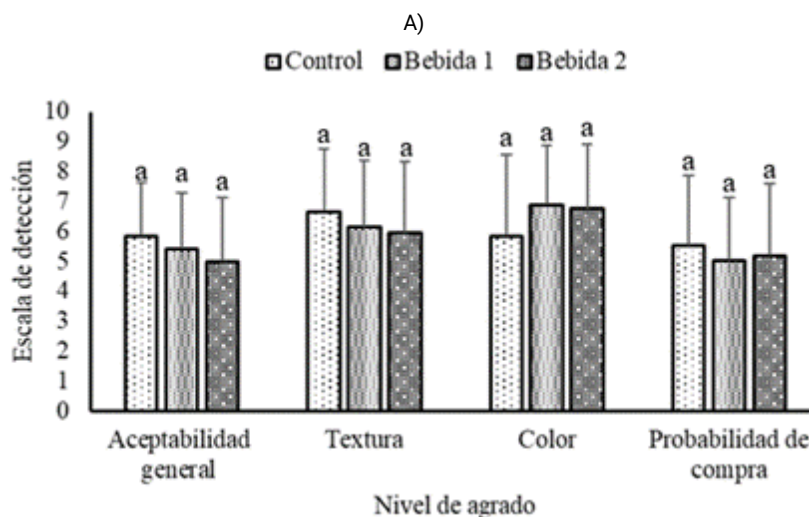
Se muestran los resultados promedio (n=3). ± indica la desviación estándar

Fuente: propia

Análisis sensorial

Como se puede observar en la figura 3(A), el control y las dos bebidas fueron estadísticamente similares en la aceptabilidad general. En la textura, color y probabilidad de compra no hubo diferencia significativa en la comparación de las tres bebidas probadas. Con esto se puede observar que la aceptación de las bebidas 1 y 2 es muy similar a una bebida que ya se encuentra en el mercado. En la figura 3(B) se puede observar que el control fue estadísticamente diferente en todos los parámetros relacionados con la percepción de sabores.

El amargor en una bebida a base de jamaica es indeseable, siendo la bebida control la que presentó una menor percepción. En términos de dulzor, las dos bebidas formuladas obtuvieron una mejor aceptación, al ir dirigido a personas con una menor tolerancia a productos dulces. Por último, la percepción de la acidez fue positiva para las bebidas realizadas en comparación al control, ya que se busca un toque de acidez en bebidas de jamaica naturales.



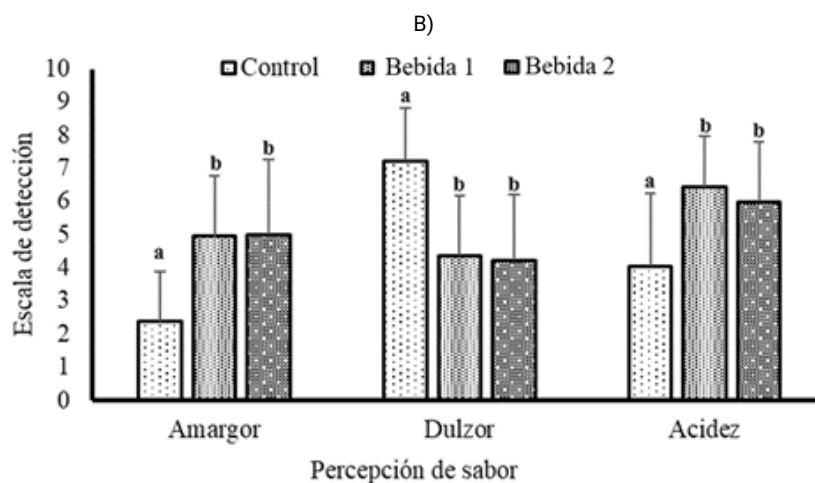


Figura 3. Valores promedio recibidos en el sensorial respecto a los criterios de nivel de agrado (A) y percepción de sabor (B). Valores promedio (n=21) \pm error estándar. Las letras minúsculas diferentes sobre las barras denotan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$)
Fuente: propia

De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba sensorial, un aspecto para mejorar es la percepción de amargor en comparación con el control. Se podrían explorar opciones como el uso de enmascaradores (Leksrisompong et al., 2012) o la optimización de otros atributos sensoriales mediante un proceso de carbonatación (Sontakke & Verma, 2017).

Cuantificación de proteína

Se realizó la cuantificación de proteína soluble en el hidrolizado de proteína al 1%, y las formulaciones de la bebida 1 y bebida 2 (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de porcentaje de proteína soluble contenida en muestras finales

Muestra	mg eq BSA/g muestra hum	mg eq BSA/g muestra seca	Porcentaje proteína
HPF 1%	626.5	639.3	63.92 \pm 1.94 ^a
Bebida 1	640.1	653.2	65.32 \pm 12.2 ^a
Bebida 2	904.7	923.2	92.32 \pm 0.09 ^b

Valores promedio (n=3) \pm error estándar. Las letras minúsculas diferentes denotan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Fuente: propia

El contenido proteico de HPF concuerda con estudios previos reportados para hidrolizados de proteína (Nwachukwu & Aluko, 2019; Thamnarathip et al., 2016), con porcentajes muy parecidos entre las dos muestras (63.9% y 65.3%) ya que hay 1% de HPF (tabla 4). En el caso de la bebida 2, el resultado es superior al 90% debido a que existe un mayor contenido de hidrolizado de proteína.

Inhibición de α -amilasa y α -glucosidasa

En la figura 4(A) se puede apreciar el resultado obtenido para α -glucosidasa, mientras que en la figura 4(B) se aprecia el resultado para α -amilasa. Como se puede observar en los porcentajes de inhibición para HPF 1 y 2% en α -glucosidasa, las muestras con mayor inhibición son aquellas que contienen extracto de jamaica, logrando porcentajes de inhibición 80.5, 86.1 y 95.6% para bebida 2, bebida 1, y el extracto diluido de jamaica (Jam 1;2), respectivamente. Esto concuerda con estudios previos en donde se demuestra que extractos de flor de jamaica lograban inhibir hasta 96% de la actividad de la enzima, siempre con una tendencia proporcional a la concentración de extracto (Krishnamurthy et al., 2020; Pai & Shenoy, 2021; Shadhan & Bohari, 2017; Zulfiqar et al., 2022).

Los resultados de inhibición de α -amilasa (figura 4-B) presentaron porcentajes esperados acordes a la literatura, como Acarbosa con 75% (Chelladurai & Chinnachamy, 2018). También los hidrolizados de proteína de frijol coincidieron con lo reportado (Mojica & de Mejía, 2016) cercano al 60%, siendo mayor para HPF 2% como se ha demostrado (a mayor concentración de hidrolizado, mayor inhibición). Respecto la inhibición de las bebidas realizadas, se puede apreciar el efecto sinérgico entre los componentes, ya que la bebida 1 fue una de las muestras que mayor porcentaje de inhibición.

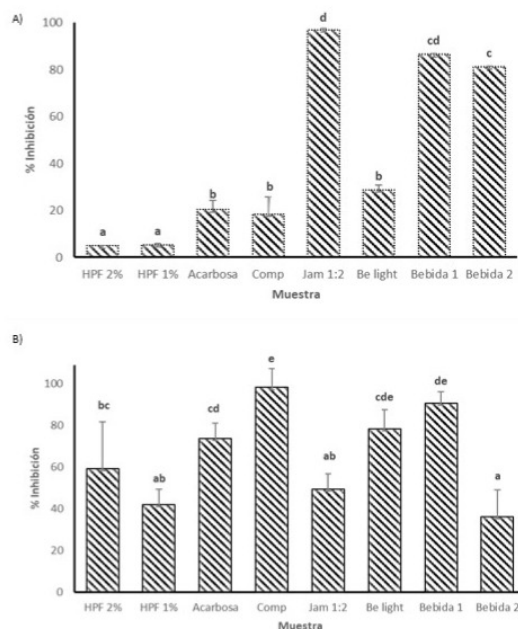


Figura 4. Inhibición de α -glucosidasa (A) y α -amilasa (B) en las formulaciones finales (en conjunto e ingredientes individuales)

Valores promedio (n=3) \pm error estándar. Las letras minúsculas diferentes sobre las barras denotan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Fuente: propia



Con estos resultados se puede confirmar que las formulaciones mostraron un porcentaje de inhibición a α -glucosidasa y α -amilasa significativo, también se puede comprobar que los componentes principales que ayudan a la inhibición de estas enzimas son HPF, jamaica, hidrocoloides y fibras. Cabe destacar que se vieron mejores resultados de inhibición en las bebidas con 1% de HPF, aunque en futuros trabajos sería oportuno realizar ensayos clínicos para asegurar qué formulación tiene mayores efectos hipoglucémicos, ya que ambas fueron bien recibidas en el análisis sensorial.

Es importante determinar por qué la Acarbosa y HPF no dieron los porcentajes de inhibición esperados en α -glucosidasa. Incluso al combinar las infusiones con HPF (bebida 1 y 2) se obtuvieron porcentajes menores al de Jam 1:2, lo que contrasta con otros trabajos (Zulfiqar et al., 2022), en donde Acarbosa y extractos de jamaica tuvieron efecto sinérgico en la inhibición de la enzima. Otro aspecto para analizar es por qué los hidrocoloides y fibras de manera aislada inhibieron más a α -amilasa que la bebida con todos los componentes, aunque la literatura sí muestra buena inhibición de esta enzima por parte de la pectina, goma de xantana e inulina (Chaturvedi et al., 2021; Fuquene-Munar & Arenas, 2018; Muñoz-Almagro et al., 2021).

Cuantificación de compuestos fenólicos

La concentración de fenoles totales de la bebida 1 y bebida 2, y del extracto de jamaica se muestra en la tabla 5. Se observa que existe una diferencia estadística significativa entre las bebidas formuladas y el extracto diluido de jamaica (Jam 1:2). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Mohd-Esa et al., (2010). El incremento de compuestos fenólicos proporcional al aumento de HPF en las muestras se puede deber a las interacciones sinérgicas (aumento de solubilidad y biodisponibilidad) que se pueden dar entre péptidos bioactivos y fenoles (Pérez-Gregorio et al., 2020).

Tabla 5. Concentración de compuestos fenólicos en nuestras muestras con jamaica

Muestra	[μ g eq ac galico/mL]
Bebida 2	1860 ^c
Bebida 1	1666 ^b
Jam (1:2)	1527 ^a

Valores promedio (n=6) \pm error estándar.

Las letras minúsculas diferentes denotan diferencias significativas según la prueba de Tukey (p < 0.05).

Fuente: propia

Conclusiones

En el presente trabajo se presentan dos formulaciones con características fisicoquímicas congruentes a lo reportado en la literatura para bebidas a base de infusión de



jamaica. Ambas bebidas obtuvieron una buena aceptación en las pruebas sensoriales sin diferencia significativa en todas las pruebas de aceptabilidad general, además de una buena percepción en cuanto al dulzor y acidez; aunque un aspecto a mejorar es el amargor, abriendo la posibilidad de aplicar un enmascarador o carbonatación a la bebida. Finalmente, se observó un efecto sinérgico de los componentes de la bebida para inhibir enzimas como α -glucosidasa y α -amilasa. Con esto se puede asegurar que se obtuvieron bebidas de aporte nutrimental, con buena aceptación por el consumidor y capaces de producir respuestas hipoglucémicas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de interés

Financiamiento

Fondo de Desarrollo Científico de Jalisco para Atender Retos Sociales (FODECI-JAL 10231-7022)

Referencias

- Barnes, A. S. (2011). The epidemic of obesity and diabetes: trends and treatments. *Texas Heart Institute Journal*, 38(2), 142-144. Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3066828/>
- Chaturvedi, S., Kulshrestha, S., Bhardwaj, K., & Jangir, R. (2021). A review on properties and applications of xanthan gum. En A. Vaishnav & D. Kumar Choudhary (eds.), *Microbial Polymers: Applications and Ecological Perspectives* (pp. 87-107). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-0045-6>
- Chelladurai, G. R. M. & Chinnachamy, C. (2018). Alpha amylase and Alpha glucosidase inhibitory effects of aqueous stem extract of *Salacia oblonga* and its GC-MS analysis. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 54(1), e17151. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902018000117151>
- Contreras-Lozano, K. P., Ciro-Velásquez, H. J., & Arango-Tobón, J. C. (2019). Hidrocoloides como estabilizantes en bebidas de maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata*) y gel de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), e1090. <http://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1090>
- Fuquene-Munar, J. P., & Arenas Portilla, N. (2018). *Desarrollo de una bebida fermentada y saborizada a base de soya con adición de inulina y de cultivos probióticos* [Tesis de grado, Universidad de La Salle]. Repositorio institucional Unisalle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/179



- Garzón, A. G., Pontoni, S. M., Mamone, G., Drago, S. R., & Cian, R. E. (2024). Xanthan gum and pectin as beverage stabilizers reduce the digestive enzyme hydrolysis of antioxidant and antihypertensive peptides obtained from a brewery byproduct. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 177, 113836. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113836>
- Goudarzi, M., Madadlou, A., Mousavi, M. E., & Emam-Djomeh, Z. (2015). Formulation of apple juice beverages containing whey protein isolate or whey protein hydrolysate based on sensory and physicochemical analysis. *International Journal of Dairy Technology*, 68(1), 70-78. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12155>
- Goyal, R., Singhal, M., & Jialal, I. (2023). *Type 2 diabetes*. StatPearls [Internet]. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513253/>.
- Inca, K. N. (2024). *Elaboración de una bebida funcional hipocalórica con colágeno hidrolizado* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio institucional UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12526>
- Krishnamurthy, Z., Khan, N. A., Ali, I. M., Dayoob M., & Hussein, S. (2020). Hibiscus sabdariffa extract as anti-aging supplement through its antioxidant and anti-obesity activities. *Biomedical Research and Therapy*, 7(1), 3572-3578. <https://doi.org/10.15419/bmrat.v7i1.584>
- Lee, J. (2011). *Soy protein hydrolysate; solubility, thermal stability, bioactivity, and sensory acceptability in a tea beverage* [Tesis de grado, University of Minnesota]. Repositorio institucional UM. <https://hdl.handle.net/11299/117047>.
- Leksrisonpong, P., Gerard, P., Lopetcharat, K., & Drake, M. (2012). Bitter taste inhibiting agents for whey protein hydrolysate and whey protein hydrolysate beverages. *Journal of food science*, 77(8), S282–S287. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02800.x>
- Mohd-Esa, N., Hern, F., S., Ismail, A., & Yee, C., L. 2010. Antioxidant activity in different parts of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extracts and potential exploitation of the seeds. *Food Chemistry*, 122(4), 1055-1060. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.074>
- Mojica, L., & de Mejía, E. G. (2016). Optimization of enzymatic production of anti-diabetic peptides from black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins, their characterization and biological potential. *Food & function*, 7(2), 713–727. <https://doi.org/10.1039/c5fo01204j>
- Mojica, L., de Mejía, E. G., 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. *Journal of Functional Foods*, 31, 274-286. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.006>



- Mojica, L., Ramos-Lopez, A. S., Sánchez-Velázquez, O. A., Gómez-Ojeda, A., & Luevano-Contreras, C. (2024). Black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein hydrolysates reduce acute postprandial glucose levels in adults with prediabetes and normal glucose tolerance. *Journal of Functional Foods*, *112*, 105927. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105927>
- Muñoz-Almagro, N., Montilla, A., & Villamiel, M. (2021). Role of pectin in the current trends towards low-glycaemic food consumption. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, *140*, 109851. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109851>
- Nwachukwu, I. D. & Aluko, R. E. (2019). A systematic evaluation of various methods for quantifying food protein hydrolysate peptides. *Food Chemistry*, *270*, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.054>
- Pai, A. & Shenoy, C. (2021). *In-vitro* antidiabetic activity of methanolic extract of leaves and fruits of *Pouteria campechiana* (Kunth) Baehni. *Biomedicine*, *41*(4), 756–762. <https://doi.org/10.51248/.v41i4.732>
- Paquet, É., Hussain, R., Bazinet, L., Makhlof, J., Lemieux, S., & Turgeon, S. L. (2014). Effect of processing treatments and storage conditions on stability of fruit juice based beverages enriched with dietary fibers alone and in mixture with xanthan gum. *LWT - Food Science and Technology*, *55*(1), 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.014>
- Pérez-Gregorio, R., Soares, S., Mateus, N., & de Freitas, V. (2020). Bioactive peptides and dietary polyphenols: Two sides of the same coin. *Molecules*, *25*(15), 3443. <https://doi.org/10.3390/molecules25153443>
- Qian, Y.-F., Yu, J.-Y., Xie, J. & Yang, S.-P. (2023). A mini-review on cold-adapted enzymes from psychrotrophic microorganisms in foods: benefits and challenges. *Current Research in Biotechnology*, *6*, 100162. <https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2023.100162>
- Quiroz, R., Rosas, J., & Aldapa, C. (2022). Producción, composición y usos de la jamaica. *Revista Universitarios Potosinos*, *263*, 20-25. <https://leka.uaslp.mx/index.php/universitarios-potosinos/article/view/153>
- Shadhan, R. & Bohari, S. (2017). Effects of *Hibiscus sabdariffa* Linn. fruit extracts on α -glucosidase enzyme, glucose diffusion and wound healing activities. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, *7*(5), 66–472. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.01.023>
- Shen, C. H. (2023). *Diagnostic Molecular Biology*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-01054-6>
- Shivashankar, M., & Mani, D. (2011). A brief overview of diabetes. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, *3*(4), 22-27. https://www.researchgate.net/publication/288113890_A_brief_overview_of_diabetes



- Sontakke, N. D. S. S., & Verma, S. (2017). Study on Effect of Carbonation on the Properties of Fruit Juices. *International Journal Of Current Microbiology And Applied Sciences*, 6(4), 2426-2432. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.283>
- Thamnarathip, P., Jangchud, K., Nitisinprasert, S. & Vardhanabhuti, B. (2016). Identification of peptide molecular weight from rice bran protein hydrolysate with high antioxidant activity. *Journal of Cereal Science*, 69, 329–335. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.04.011>
- Torres, N., Gélvez, V., & Ayala, M. (2019). Elaboración de una bebida de flor de jamaica con pretratamiento de sonicación (*Hibiscus sabdariffa*) endulzada con estevia (*Stevia rebaudiana* B.) y enriquecida con aloe vera. *Revista Infométrica serie Ingeniería, Básicas y Agrícolas*, 1(1), 13-21.
- Tuomi T. (2005). Type 1 and type 2 diabetes: what do they have in common? *Diabetes*, 54(Suppl 2), S40–S45. https://doi.org/10.2337/diabetes.54.suppl_2.s40
- Valencia-Sandoval, K., Rojas-Rojas, M. M., Alvarado-Lagunas, E., & Duana-Avila, D. (2020). Innovación agroindustrial del agave (*Agave tequilana* Weber var. azul): valoración financiera para la obtención de inulina. *Agro Productividad*, 13(3). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1632>
- Zulfiqar, S., Marshall, L. J., & Boesch, C. (2022). *Hibiscus sabdariffa* inhibits α -glucosidase activity *in vitro* and lowers postprandial blood glucose response in humans. *Human Nutrition & Metabolism*, 30, 200164. <https://doi.org/10.1016/j.hnm.2022.200164>