

Sensory and chemical characteristics of atomized cabuya (*Agave americana* L.) sweetener

Mulato Ismael, Ing.¹, Chuquilín-Goicochea, Roberto, Dr.², Miranda-Jara, Angélica, Mg.³, Arteaga-Llacza, Pedro, Mg.³, Quispe-Prado, Wilber, Dr.³, Quispe-Barrantes, Patricia, Mg.³ y Miranda-Chávez, Helí, Dr.⁴

¹ Universidad Nacional de Huancavelica, Perú, supertank973@gmail.com

² Universidad Privada del Norte, Perú, roberto.chuquilin@upn.edu.pe

³ Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, amiranda@unfv.edu.pe, parteaga@unfv.edu.pe, wquispe@unfv.edu.pe, pquispe@unfv.edu.pe

⁴ Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, hmirandch@gmail.com

Abstract– *The effect of pH and proportion of maltodextrin on the sensory characteristics and chemical composition of the atomized cabuya (Agave Americana L.) sweetener was evaluated. Cabuya honey was extracted by the traditional method, the honey was filtered and pasteurized. The honey had a pH of 4.30 and 15.6 °Brix and was concentrated to 30 °Brix at 80 °C. pH of 4.5, 6 and 7 and maltodextrin concentrations of 8%, 10% and 14% were used for atomization. For the sensory analysis, we worked with 10 trained panelists to evaluate the acceptability of the sweetener where the treatment had greater acceptance of color and flavor. The atomized sweetener had a yield of 14% and its chemical composition was: 97.5% carbohydrates; 2.5% protein; 5.3% ash, 363.2 kcal/100 g of total energy and 55.5 g/100 g of total reducing sugars.*

Keywords– *Cabuya, maltodextrin, reducing sugars, encapsulated, sweetener.*

Características sensoriales y químicas del edulcorante de cabuya (*Agave americana* L.) atomizado

Cutti Betty, Ing.¹, Chuquilín-Goicochea, Roberto, Dr.², Miranda-Jara, Angélica, Mg.³, Arteaga-Llacza, Pedro, Mg.³, Quispe-Prado, Wilber, Dr.³, Quispe-Barrantes, Patricia, Mg.³ y Miranda-Chávez, Helí, Dr.⁴

¹ Universidad Nacional de Huancavelica, Perú, bcutti19@gmail.com

² Universidad Privada del Norte, Perú, roberto.chuquilin@upn.edu.pe

³ Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, amiranda@unfv.edu.pe, parteaga@unfv.edu.pe, wquispe@unfv.edu.pe, pquispe@unfv.edu.pe

⁴ Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, hmirandch@gmail.com

Resumen– Se evaluó el efecto del pH y proporción de maltodextrina en las características sensoriales y composición química del edulcorante de cabuya (*Agave americana* L.) atomizado. Se extrajo la miel de cabuya por el método tradicional, la miel se filtró y pasteurizó. La miel tuvo un pH 4,30 y 15,6 °Brix y se concentró a 30 °Brix a 80 °C. Se usó pH de 4,5, 6 y 7 y concentraciones de maltodextrina 8%, 10% y 14% para la atomización. Para el análisis sensorial se trabajó con 10 panelistas entrenados para evaluar la aceptabilidad del edulcorante donde el tratamiento tuvo mayor aceptación del color y sabor. El edulcorante atomizado tuvo un rendimiento de 14% y su composición química fue: 97,5% de carbohidratos; 2,5% de proteínas; 5,3% de cenizas, 363,2 kcal/100 g de energía total y 55,5 g/100 g azúcares reductores totales.

Palabras clave– Cabuya, maltodextrina, azúcares reductores, encapsulado, endulzante.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas de salud pública crítico en los países de América Latina es la diabetes tipo 2. En el 2019, alrededor de 31,6 millones de personas vivían con diabetes en la región, y se proyecta a los 40,2 millones en 2030 y los 49,1 millones en 2045 [1]. Los edulcorantes no calóricos representan una buena alternativa para sustituir los sabores dulces sin la respuesta fisiológica que genera el consumo de azúcares [2], como la diabetes tipo 2. El aguamiel de cabuya (*Agave americana* L.) posee bajo índice glucémico [3], del cual podría obtenerse un edulcorante no calórico. La cabuya en Acobamba, Huancavelica, Perú, es una de las variadas especies de Agave que podrían ser fuentes para la producción de valiosos productos agroindustriales como edulcorantes hipocalóricos. Agave es un género que se distribuye en el área comprendida entre el sur de Norteamérica y el norte de Sudamérica, siendo México su centro geográfico de origen y diversidad. El 75% de las especies de este género crecen en México y 57% de ellas son endémicas [4, 5]. La planta madura de cabuya produce aguamiel que es la savia comestible recolectada del tallo. Es un líquido dulce y translúcido que se ha consumido desde tiempos precolombinos [6, 7]. El método de extracción del aguamiel de cabuya aún no se ha estandarizado, varía con el lugar, pero el más popular y el más usado en Acobamba, consiste en tomar las plantas de 5 a 10 años, y que haya emergido el eje de inflorescencia, luego se retiran las hojas fibrosas y a continuación se perfora el tallo.

En un envase limpio se recolecta las primeras 8 horas, un líquido gris y viscoso, de sabor amargo y dulce que se desecha, y luego durante 8 horas más se recolecta el aguamiel que se consumirá [8]. Los pobladores conservan el aguamiel mediante tecnologías tradicionales elaborando productos derivados tales como: chancaca, jalea, chicha y mermelada [9]. El aguamiel rápidamente sufre una fermentación por parte del microbiota endógeno para producir “chicha de cabuya” [10], siendo un producto poco estable si se desea usar como edulcorante de hipoglucémico. Sin embargo, si se utiliza la forma en edulcorante en polvo, no sólo reducirá el problema de la fermentación, sino que también reducirá el costo de transporte. El secado por atomización produce un polvo seco y condensado. La principal ventaja de este tipo de secado es el daño mínimo al producto y, además, la rentabilidad operativa y los tiempos cortos de secado. Sin embargo, el principal desafío en la pulverización de zumos son la pegajosidad y la fluidez de los polvos [11]. La maltodextrina, la goma arábiga y la gelatina se han utilizado ampliamente como vehículos de secado por atomización. Entre ellos, la maltodextrina ayuda a obtener polvos de azúcares de bajo peso molecular como glucosa y fructosa, como el caso del aguamiel de cabuya, con baja pegajosidad y buena fluidez [12]. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de dos parámetros cruciales de secado por atomización: la concentración de maltodextrina (MD) y el pH sobre las características sensoriales y químicas del edulcorante de cabuya atomizado.

II. METODOLOGÍA

A. Diseño experimental

El presente trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo, se usó un diseño factorial. El primer factor fue la concentración de maltodextrina (A) con 3 niveles (8, 10 y 14%) y el pH de la solución de aguamiel (B) con 3 niveles (4,5, 6 y 7).

B. Obtención del edulcorante de cabuya atomizado

La población fue la producción de cabuya del distrito de Pomacocha, provincia de Acobamba y departamento de Huancavelica (-12.8516 N, -74.5150 E). Se tomaron 30 plantas de cabuya como muestra, para obtener el aguamiel. El proceso de obtención fue el siguiente:

Selección de la planta: Se seleccionó al azar una planta de cabuya que cumpla con las características adecuadas tamaño y nivel de madurez, es decir 5 a 15 años y con centro de inflorescencia emergido.

Acondicionamiento de la Planta: Se aplicó las Buenas Prácticas de Manufactura en lo posible para no contaminar la extracción de la muestra en estudio; además en este proceso se cortaron las pencas fibrosas y se hizo orificio en el tallo.

Extracción del aguamiel: se extrajo después de cuatro días de acondicionar la planta, y se obtuvo un total de 60 L. El aguamiel tuvo 15 °Brix y pH 4.

Transporte: Una vez extraído el aguamiel se transportó a temperatura de refrigeración a la planta piloto de la Facultad de Industrias Alimentarias – UNALM.

Filtrado: Se realizó para eliminar algunas sustancias extrañas.

Concentrado: Se eliminó el agua presente en el aguamiel a una temperatura constante de 85°C en marmita abierta, hasta alcanzar 30°Brix.

Enfriado: el aguamiel concentrado se enfrió a 25 °C.

Homogenizado: el aguamiel concentrado se mezcló con maltodextrina y se reguló el pH con bicarbonato de sodio, para obtener los diferentes tratamientos según el diseño experimental.

Atomización: El aguamiel homogenizado se pulverizó en un atomizador A-80 con aire seco 182,5 ± 2,5 °C y a una presión de 5 psig, y se enfrió con el ciclón.

Envasado: El edulcorante de cabuya atomizado fue envasado en bolsas de polipropileno.

Caracterización: El edulcorante de cabuya atomizado y envasado fue caracterizado de acuerdo con la metodología establecida.

C. Evaluación sensorial

Los 9 tratamientos fueron evaluados mediante una prueba hedónica, con una escala de Likert (5 me gusta mucho y 1 me disgusta mucho), usando un panel de 30 jueces, quienes evaluaron dos características sensoriales: color y sabor. A cada juez se le dio 5 g de edulcorante en un plato plástico de color blanco.

D. Composición química proximal

La ceniza se determinó por calcinación directa (AOAC 900.02 Cap. 44, Pág. 3, 21th Ed. 2019). La proteína se determinó por método Kjeldahl (AOAC 920.176 Cap. 44, Pág. 3-4, 21th Ed. 2019). La grasa por método Soxhlet (AOAC 920.177 Cap. 44, Pág. 24, 21th Ed. 2019). La humedad se midió por gravimetría (AOAC 925.45 Cap. 44, Pág. 1, 21th Ed. 2019) [13]. Los carbohidratos se calcularon por diferencia [14]. Los azúcares reductores totales por método de la NTP 209.173:1989 (Revisado al 2014). La energía total se determinó por cálculo [14].

E. Análisis estadístico

Los datos recolectados de la evaluación sensorial fueron analizados mediante un análisis de varianza para un diseño factorial, con un nivel de significancia de 5%. Mediante el diagrama de efectos principales se interpretó el mejor tratamiento para su respectivo análisis químico.

III. RESULTADOS

A. Evaluación sensorial

Al evaluar el efecto de la proporción de maltodextrina (A) y del pH (B) en el color (ver Tabla I), se puede observar que el valor F y p. Estos valores permiten interpretar que el pH (factor B) y la interacción A x B tienen un efecto significativo ($p < 0,05$) en el color del edulcorante de cabuya atomizado. Esto implica que para que el consumidor acepte color del producto el pH del aguamiel a atomizar será determinante.

TABLA I
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

Fuente de variación	Valor F	Valor p
Color		
Factor A	1,66	0,197
Factor B	41,69	0,000*
Interacción A x B	5,42	0,001*
Sabor		
Factor A	2,19	0,118
Factor B	32,57	0,000*
Interacción A x B	7,43	0,000*

*Significativo a 0,05.

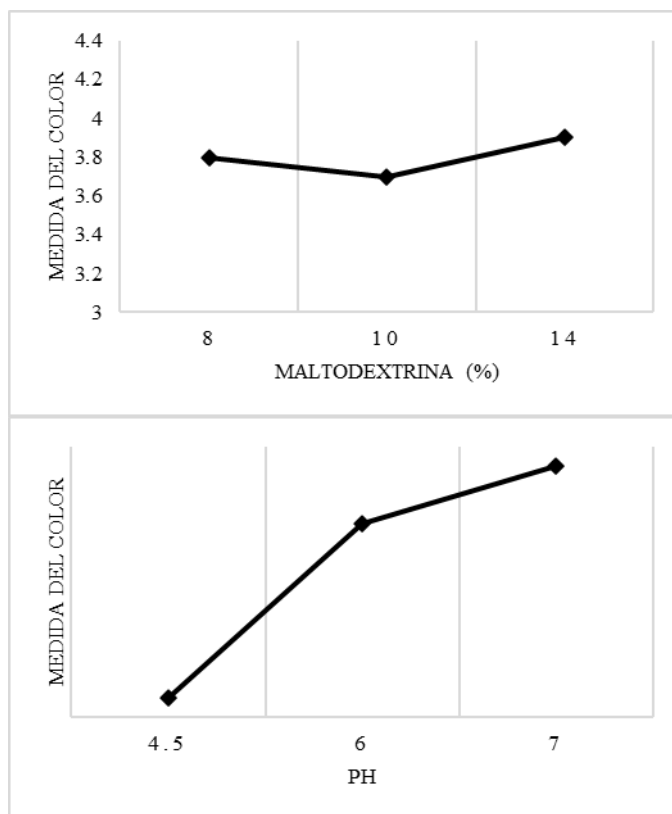


Fig. 1 Efectos principales para color.

Mientras más bajo sea el pH el color del edulcorante tendrá menos aceptación, pues el color se torna desagradable para el consumidor.

En el diagrama de efectos principales para el color se corrobora lo anteriormente hallado (Fig. 1). El pH puede influir en el color pues cuando es ácido, produce liberación de azúcares reductores de la maltodextrina, que participan en la reacción de Maillard, lo que da como resultado un color oscuro en el edulcorante atomizado [15]. Por esta razón sería recomendable usar un pH de 6 a 7, cuyo puntaje fue mayor a 4.

Por otro lado, al evaluar el efecto de la proporción de maltodextrina (A) y del pH (B) en el sabor (ver Tabla I), los resultados coinciden con el color, pues refleja también, un efecto significativo del pH (B) y la interacción de A x B en el sabor ($p < 0,05$).

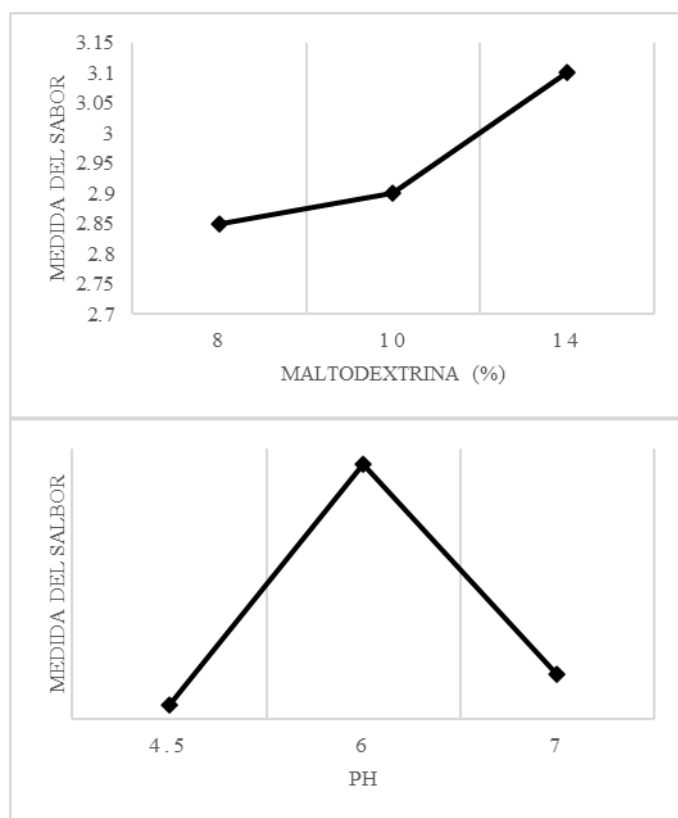


Fig. 2 Efectos principales para sabor.

En el diagrama de efectos principales para el sabor no solo se corroboran los resultados del análisis de varianza (Fig. 2), sino que se observa que, se obtiene un mayor sabor (3,45 puntos) a pH 6 y a una proporción de maltodextrina del 14% (3,05 puntos). Como se puede observar en la Fig. 1, las muestras secadas por atomización presentaron un gusto dulce significativamente alto e incluso cercano al límite máximo aceptable de puntuación 5. Los métodos y condiciones de encapsulación seleccionados pueden ayudar con éxito a

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

obtener el sabor agradable del edulcorante de cabuya atomizado y ampliar su utilización. El pH 6 mostró mayor aceptabilidad con respecto al sabor, otros edulcorantes como el aspartamo presenta estabilidad en líquidos ácidos e inestabilidad al calor y los álcalis; la sucralosa alcanza rápidamente el máximo dulzor y desarrolla un dulzor residual indeseable [16]. Por lo tanto, como estos valores están dentro del rango para color y sabor, el tratamiento 8 (proporción de maltodextrina al 14% y pH 6) se consideró con la mayor aceptabilidad por parte de los panelistas. Cabe mencionar que, el rendimiento de este tratamiento fue de 16,4%, calculado entre el aguamiel homogenizado que entra al secador y el polvo atomizado obtenido al final del proceso.

B. Composición química proximal

En la Tabla II se presentan los resultados de la composición química proximal del edulcorante de cabuya atomizado, se observa que, el contenido en carbohidratos fue predominante (88,5%), seguido de cenizas (5,3%) y humedad (3,9%). La cabuya de Huancavelica tiene en su aguamiel un alto contenido de carbohidratos (12,03%) [17], debido a ello, el producto atomizado, presentó la misma proporción elevada. Este contenido en carbohidratos es rico en inulina y fructosa (56,6 y 5,6 g/ 100 g de aguamiel, respectivamente) [18]. La inulina es un polisacárido de fructosa (fructanos), compuesta por cadenas mayores a 12 unidades, que se sintetiza la planta de cabuya como reserva energética [19]. Diversos estudios han demostrado que la inulina es una fibra que estimula el sistema inmunológico, reduce el estreñimiento y disminuye el riesgo de cáncer de colon [20, 21, 22]. En adición, disminuye el riesgo de osteoporosis, previene la aterosclerosis y reduce los niveles de glucosa en sangre [22]. Además, la inulina, como fibra dietética de bajo coste, tiene numerosas aplicaciones como agente de carga en la elaboración de productos sin azúcar [3]. En algunas investigaciones se ha demostrado que la inulina y la maltodextrina tienen una buena sinergia para encapsulación de jugos y edulcorantes de Stevia [23, 24].

TABLA II
 COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DEL EDULCORANTE DE CABUYA ATOMIZADO

Ensayo	Resultado (g/100g de muestra)
Cenizas	5,3
Proteínas	2,3
Carbohidratos	88,5
Grasa	0,0
Humedad	3,9
Azúcares reductores totales	55,5
Energía total (kcal/ 100 g)	363,2

En cuanto al contenido en cenizas del edulcorante, cabe señalar que, el aguamiel fresco contiene considerables cantidades de minerales importantes para alimentación humana, como potasio, calcio y magnesio (14,56, 9,72 y 8,60 mg/100 g, respectivamente) [25].

La humedad del edulcorante de cabuya atomizado (3.9%) fue menor que el edulcorante de Stevia encapsulado con

maltodextrina e inulina (6.89 -7.99 %) [24] y que el edulcorante de Stevia electroatomizado con maltodextrina e inulina (50:50) que tuvo 7,77% ± 0.59% de humedad [26]. El contenido de humedad y la actividad del agua son factores importantes para determinar la estabilidad del producto en términos de cambios microbiológicos y fisicoquímicos [27].

Los azúcares reductores totales en parte están relacionados con la maltodextrina utilizada, pero mayormente con el aguamiel de cabuya. La maltodextrina es un polímero de D-glucosa de longitud variable, con enlaces glicosídicos (α 1-4), y la cantidad reducida de azúcar reductor se multa con el valor equivalente de dextrosa (DE), que se calcula en base al peso seco y oscila entre 0 y 20 [28]. El aguamiel de cabuya contiene azúcares reductores en 11% [17].

La energía total del edulcorante de cabuya atomizado (363,2 kcal/100 g) es superior a otros edulcorantes comerciales como el xilitol, sorbitol, manitol y eritritol (240, 260, 160 y 20 kcal/100 g, respectivamente), pero menor que el azúcar (400 kcal/100 g) [29].

IV. CONCLUSIONES

En este estudio, para obtener el mejor tratamiento de atomización para edulcorante de cabuya en polvo, se mezcló con diferentes proporciones de maltodextrina a diferentes valores de pH. Parece que cuanto mayor es el pH, mayor es el nivel de color. Entre las tres proporciones de maltodextrina, la proporción 14% fue la mejor. Cuanto mayor sea la proporción de maltodextrina, mejor interactúa con el pH sobre las características sensoriales del edulcorante en polvo. El tratamiento con la proporción de 14% y el pH 6 fue la más favorecida por el panel. Las características químicas del mejor tratamiento indican que edulcorante tiene alta proporción de carbohidratos, bajo contenido calórico y que el valor reducido de humedad es adecuado para una estabilidad mejorada. En conclusión, el edulcorante producido puede usarse como ingrediente funcional para sistemas alimentarios, bajos en calorías.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria La Molina, por proporcionar el acceso a la Planta Piloto de Frutas y Hortalizas, así como a la Jefa encargada, Ing. Edith Galindo Quispe, por su gran apoyo.

REFERENCIAS

[1] M. L. Avilés-Santa, A. Monroig-Rivera, A. Soto-Soto, and N. M. Lindberg, "Current state of diabetes mellitus prevalence, awareness, treatment, and control in Latin America: challenges and innovative solutions to improve health outcomes across the continent," *Curr Diab Rep*, vol. 20, pp. 1–44, 2020.

[2] J. Aldrete-Velasco *et al.*, "Análisis de la evidencia disponible para el consumo de edulcorantes no calóricos. Documento de expertos," *Medicina interna de México*, vol. 33, no. 1, pp. 61–83, 2017.

[3] F. R. Escobar-Ledesma, V. E. Sánchez-Moreno, E. Vera, V. Ciobotă, P. V. Jentsch, and L. I. Jaramillo, "Extraction of Inulin from Andean Plants: An Approach to Non-Traditional Crops of Ecuador," *Molecules*, vol. 25, no. 21, p. 5067, 2020.

[4] D. Velásquez-Milla, A. Casas, J. Torres-Guevara, and A. Cruz-Soriano, "Ecological and socio-cultural factors influencing in situ conservation of crop diversity by traditional Andean households in Peru," *J Ethnobiol Ethnomed*, vol. 7, no. 1, pp. 1–20, 2011.

[5] G. D. Álvarez-Ríos, F. Pacheco-Torres, C. J. Figueredo-Urbina, and A. Casas, "Management, morphological and genetic diversity of domesticated agaves in Michoacán, México," *J Ethnobiol Ethnomed*, vol. 16, pp. 1–17, 2020.

[6] C. J. Figueredo-Urbina, G. D. Álvarez-Ríos, M. A. García-Montes, and P. Octavio-Aguilar, "Morphological and genetic diversity of traditional varieties of agave in Hidalgo State, Mexico," *PLoS One*, vol. 16, no. 7, p. e0254376, 2021.

[7] L. L. Muñoz-Camacho, E. Bello-Cervantes, E. Romano-Grande, and L. Trejo, "Diversity and traditional knowledge of pulque agave landraces in the community of San Pedro Tlalcuapan, Tlaxcala, Mexico," *Rev Mex Biodivers*, vol. 94, 2023.

[8] N. Bautista, "Estudio químico-bromatológico y elaboración de néctar de aguamiel de *Agave americana* L. (maguey) procedente de Ayacucho," Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2006.

[9] H. Ochoa, "Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de jalea a partir de la cabuya (*Agave americana* L.) en Ayacucho" Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023.

[10] L. Santos-Zea, J. A. Gutiérrez-Urbe, T. Requena, J. Álvarez-Chavez, M. Martínez Ávila, and A. K. Ramírez-Jiménez, "Bioactive Potential of a Traditional Hispanic Plant: Fermented and Non-fermented Agave Products," in *Hispanic Foods: Chemistry of Fermented Foods*, ACS Publications, 2022, pp. 159–174.

[11] J.-H. Kim, J. H. Kim, and J.-B. Eun, "Optimization of spray drying process of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) juice powder using nondigestible maltodextrin by response surface methodology (RSM)," *J Food Sci Technol*, vol. 60, no. 3, pp. 868–878, 2023.

[12] C. A. N. Sultan, F. Göğüş, and H. Bozkurt, "Optimization of Spray Drying Encapsulation of Bioactive Compounds from Organic Blueberry Extract," *Akademik Gıda*, vol. 20, no. 1, pp. 1–11, 2022.

[13] AOAC, *Official Methods of Analysis*, 21st ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 2019.

[14] C. Collazos *et al.*, "Tablas peruanas de composición de alimentos," Instituto Nacional de Salud, Lima (Peru); Centro Nacional de Alimentación y ..., 1996.

[15] A. Gomes *et al.*, "Strategies for the reduction of sugar in food products," in *Food structure engineering and design for improved nutrition, health and well-being*, Elsevier, 2023, pp. 219–241.

[16] Z. Wan, S. Khubber, M. Dwivedi, and N. N. Misra, "Strategies for lowering the added sugar in yogurts," *Food Chem*, vol. 344, p. 128573, 2021.

[17] P. Chagua Rodríguez, R. J. Malpartida Yapias, and A. Ruíz Rodríguez, "Tiempo de pasteurización y su respuesta en las características químicas y de capacidad antioxidante de aguamiel de *Agave americana* L.," *Revista de Investigaciones Altoandinas*, vol. 22, no. 1, pp. 45–57, 2020.

[18] M. A. L. Soto, R. R. Calderón, and J. A. Y. Dedios, "Análisis fisicoquímico de la cabuya azul," *Industrial data*, vol. 18, no. 1, pp. 98–100, 2015.

[19] R. Pedreschi, D. Campos, G. Noratto, R. Chirinos, and L. Cisneros-Zevallos, "Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics," *J Agric Food Chem*, vol. 51, no. 18, pp. 5278–5284, 2003.

[20] B. F. R. Caetano, N. A. De Moura, A. P. S. Almeida, M. C. Dias, K. Sivieri, and L. F. Barbisan, "Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) as a food supplement: Health-promoting benefits of fructooligosaccharides," *Nutrients*, vol. 8, no. 7, p. 436, 2016.

[21] M. Korbelik and P. D. Cooper, "Potentiation of photodynamic therapy of cancer by complement: the effect of γ -inulin," *Br J Cancer*, vol. 96, no. 1, pp. 67–72, 2007.

[22] N. Kaur and A. K. Gupta, "Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition," *J Biosci*, vol. 27, pp. 703–714, 2002.

[23] M. R. T. Zorzenon *et al.*, "Spray drying encapsulation of stevia extract with maltodextrin and evaluation of the physicochemical and functional

- properties of produced powders,” *J Food Sci*, vol. 85, no. 10, pp. 3590–3600, 2020.
- [24] C. Chranioti, S. Chanioti, and C. Tzia, “Microencapsulation of steviol glycosides (*Stevia rebaudiana* Bertoni) by a spray drying method—Evaluation of encapsulated products and prepared syrups,” *International Journal of food studies*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [25] N. Bautista and G. C. Arias, “Estudio químico bromatológico de aguamiel de *Agave americana* L.(Maguey),” *Cienc Invest*, vol. 11, no. 2, pp. 46–51, 2008.
- [26] V. Oikonomopoulou, M. Stramarkou, A. Plakida, and M. Krokida, “Optimization of encapsulation of stevia glycosides through electrospraying and spray drying,” *Food Hydrocoll*, vol. 131, p. 107854, 2022.
- [27] A. L. Bernardes, J. A. Moreira, M. das G. V. Tostes, N. M. B. Costa, P. I. Silva, and A. G. V. Costa, “In vitro bioaccessibility of microencapsulated phenolic compounds of jussara (*Euterpe edulis* Martius) fruit and application in gelatine model-system,” *Lwt*, vol. 102, pp. 173–180, 2019.
- [28] S. A. Hussain *et al.*, “Microencapsulation and the characterization of polyherbal formulation (PHF) rich in natural polyphenolic compounds,” *Nutrients*, vol. 10, no. 7, p. 843, 2018.
- [29] J. M. García-Almeida, G. M. Casado Fdez, and J. García Alemán, “Una visión global y actual de los edulcorantes: aspectos de regulación,” *Nutr Hosp*, vol. 28, pp. 17–31, 2013.