

Formulación de Yogurt Enriquecido con Subproductos Vinícolas y *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactic* como Estrategia de Valorización Agroindustrial

M. Á. Montes Rodríguez ^{#1}, H. D. J. Gómez Velázquez ^{#2}, C. S. Magaña Martínez ^{*3}, J. J. Barba Franco ^{*4}

[#] Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara, Enrique Díaz de León 1144, 47463, Lagos de Moreno, Jalisco, México.

^{*} Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Arandas, Av. José Guadalupe Tejeda 557, Arandas, Jalisco, México.

¹miguel.montes7424@alumnos.udg.mx, ²haiku.gomez@academicos.udg.mx

³cesar.magana@arandas.tecmm.edu.mx, ⁴joel.barba@arandas.tecmm.edu.mx

Resumen— El yogurt es un alimento funcional y una fuente importante de probióticos. Al ser un alimento fermentado lácteo permite incorporar cepas con propiedades benéficas como *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactic* (BPL1), las cuales han demostrado contribuir al control de la obesidad al disminuir los niveles de lípidos y triglicéridos en sangre. Se puede elaborar yogurt incorporando una fuente de fibra dietética como prebiótico, lo que puede promover el crecimiento de BPL1. En este sentido, la agavina y el orujo de uva, un subproducto de la industria vinícola, pudieran ser una alternativa como fuente de fibra. El objetivo del presente estudio fue evaluar diferentes formulaciones de yogurt enriquecidas con orujo de uva y agavina, con el fin de favorecer el desarrollo de BPL1 y caracterizar sus propiedades fisicoquímicas, así como su aceptabilidad sensorial. Se elaboraron cuatro formulaciones de yogurt, un control, una adicionada con orujo, y dos con la mezcla orujo- agavina. Las cuales fueron inoculadas con cultivo DANISCO y BPL1. La fermentación se realizó a $43 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 6 horas, con monitoreo de pH y acidez. El orujo fue incorporado posteriormente durante la etapa de enfriamiento, agitándose para evitar grumos, a 15°C para posteriormente ser envasadas. Los resultados preliminares indican que el orujo y agavina mejoran el valor nutricional y la viabilidad de BPL1 en el yogurt. Las formulaciones con agavina presentaron buena aceptación sensorial por los panelistas no entrenados, mientras que aquellas con orujo disminuyeron su aceptación.

Palabras clave— Probiotics, prebiotics, yogurt, co-products, *Bifidobacterium*.

Abstract— Yogurt is a functional food renowned for its probiotic content, particularly *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactic* (BPL1), which has been shown to have beneficial effects in reducing lipid levels and triglycerides, thereby aiding in the management of overweight. Dietary fiber serves as a prebiotic, fostering the growth of healthy microorganisms such as *Bifidobacterium*. In this context, grape pomace, a byproduct of the wine industry, is rich in fiber. The objective of the present study was to evaluate various yogurt formulations enriched with

grape pomace and agavin to promote the development of BPL1 and to characterize its physicochemical properties, as well as its sensory acceptability. Four yogurt formulations were prepared using commercial whole milk and inoculated with DANISCO and BPL1 cultures. Fermentation occurred at $43 \pm 2^\circ\text{C}$ for 6 hours, during which pH and acidity were monitored. The pomace was added during the subsequent cooling process, stirred to prevent lumps, and then cooled to 15°C before the samples were packaged. Preliminary results indicate that pomace and inulin enhance the nutritional value and viability of *B. lactis* in yogurt, although they may impact sensory acceptance. Inulin, in particular, has been shown to improve acceptance, underscoring its potential in the development of functional yogurts.

Keywords— Probiotics, prebiotics, yogurt, co-products, *Bifidobacterium*.

I. INTRODUCCIÓN

El yogurt es un producto lácteo fermentado ampliamente consumido por sus beneficios nutricionales y su contenido en probióticos. Debido a las características del yogurt puede ser incorporado probióticos con potencial benéfico para la salud como *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactic* (BPL1), el cual puede ser una estrategia innovadora y eficaz para combatir factores relacionados con la obesidad y el sobrepeso. Estudios han demostrado que el consumo de BPL1 puede reducir significativamente los niveles de lípidos totales ($40.5\% \pm 2.4$) y triglicéridos ($27.6\% \pm 0.5$), evidenciando su potencial efecto metabólico [1].

Los prebióticos, tal como la fibra dietética, han sido reconocidos por su capacidad para estimular el crecimiento de microorganismos benéficos en el intestino, especialmente del género *Bifidobacterium* [2]. Esta interacción sinérgica entre probióticos y prebióticos, conocida como simbiosis, favorece no solo la salud intestinal, sino también la regulación del apetito y la mejora del perfil metabólico, lo que puede traducirse en una reducción de peso corporal. En este contexto, los coproductos agroindustriales, como el

orujo de uva proveniente de la industria vinícola, representan una fuente potencialmente valiosa de fibra dietética y micronutrientes. El orujo contiene altas concentraciones de potasio (27.18 mg/g) y calcio (9.61 mg/g), así como cantidades moderadas de fósforo (15.61-31.57 mg/g), sodio, cloro, magnesio (1.68-6.44 mg/g) y azufre, lo cual podría contribuir al crecimiento y viabilidad de BPL1 durante la fermentación del yogurt [3]. La agavina en polvo es una fibra prebiótica formada por fructosa, la cual mejora la microbiota, nutrición vegetal y salud intestinal [3]. De esta forma, su incorporación en productos funcionales representa una alternativa sustentable con impacto positivo tanto en la salud humana como en el aprovechamiento de residuos agroindustriales.

Es de resaltar lo fundamental que es evaluar la formulación del producto para garantizar la compatibilidad entre los prebióticos propuestos y el BPL1, así como promover el crecimiento de este último. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar diferentes formulaciones de yogurt enriquecidas con orujo de uva y agavina, con el fin de favorecer el desarrollo de BPL1 y caracterizar sus propiedades fisicoquímicas, así como su aceptabilidad sensorial.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Obtención del orujo de uva

El orujo de uva fue obtenido de una empresa vinícola, ubicada en El Marqués, Querétaro, México.

Para poder procesar la muestra se homogeneizó en una licuadora y se pasó a través de un tamiz de 300 micras, posteriormente se colocó bajo luz ultravioleta durante 30 minutos para evitar contaminación cruzada.

B. Elaboración de yogurt

Se elaboraron cuatro formulaciones de yogurt a base de leche entera comercial, una con 4% de orujo, dos con 4% orujo y agavina (3% y 6%) y una sin prebióticos como control (Tabla I).

TABLA I
FORMULACIONES DE LAS MUESTRAS EVALUADAS EN ESTE ESTUDIO.

Ingrediente	YC	YO ₄	YI ₃ O ₄	YI ₆ O ₄
Leche (mL)	100	100	100	100
Leche polvo (g)	8	4	1	NA
Agavina (g)	NA	NA	3	6
Orujo (g)	NA	4	4	4
Azúcar (g)	2	2	2	NA

YC: yogurt control, YO₄: yogurt con orujo 4%, YI₃O₄: yogurt con agavina 3% y orujo 4%, YI₆O₄: yogurt con agavina 6% y orujo 4%.

Las bases lácteas fueron calentadas a 45 °C antes de añadir los ingredientes, con excepción del orujo, que fue incorporado durante el enfriamiento posterior a la fermentación.

La inoculación se realizó con 0.29 g/L del cultivo láctico DANISCO (compuesto por *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*), además de 90 mg (equivalente a 1×10^5 UFC) de BPL1. La fermentación se llevó a cabo a 43 ± 2 °C, con monitoreo del pH y la acidez titulable a las 3 y 6 horas. Al finalizar, la mezcla se agitó vigorosamente para evitar la formación de grumos, se enfrió hasta alcanzar los 15 °C y posteriormente se envasó.

C. Caracterización fisicoquímica del yogurt

Se determinó el contenido de grasa por el método Gerber, el contenido de proteínas por el método Sorensen Walker. Mientras que, el contenido de sólidos totales, humedad y cenizas se realizó gravimétricamente de acuerdo a lo establecido en la AOAC [4].

La acidez fue determinada mediante el método colorimétrico con el uso de fenoltaleína y el pH de manera potenciométrica [5]. Para ello se tomaron 20 mL de la muestra en un matraz y se agregaron 3 gotas de fenoltaleína y finalmente se realizó la titulación con NaOH 0.1 N hasta que la muestra alcanzó un pH de 8.3 [4].

El color fue medido con un colorímetro (CM-2600d, KONIKA MINOLTA, JAPÓN) y se reportaron las coordenadas en el sistema CIE Lab.

D. Caracterización del probiótico

El crecimiento del cultivo de BPL1 fue bajo condiciones de anaerobiosis. La incubación se realizó en una jarra de anaerobiosis a 35 °C durante 48 horas [6].

Adicionalmente 20 µL de cada yogurt fueron disueltos (1:2) con azul de tripano al 0.4% y se colocaron en una cámara de Neubauer para realizar el conteo celular en un contador celular (Cytosmart).

E. Evaluación sensorial de yogurt

La evaluación sensorial se llevó a cabo con 30 panelistas no entrenados. Se les proporcionaron muestras de yogurt, limpiando el paladar con agua entre cada muestra. Se evaluaron textura, color, sabor, olor, viscosidad y sinéresis al sexto día de almacenamiento, utilizando una escala hedónica de 9 puntos; (1= me disgusta extremadamente, 2= me disgusta mucho, 3= me disgusta moderadamente, 4= me disgusta un poco, 5= ni me gusta ni me disgusta, 6= me gusta ligeramente, 7= me gusta bastante, 8= me gusta mucho y 9= me gusta extremadamente).

F. Análisis estadístico

Todas las mediciones fueron realizadas por triplicado y los resultados se reportaron como la media $\pm$ la desviación estándar.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Elaboración del yogur

Después de 6 horas se logró un buen nivel de fermentación para las cuatro formulaciones de yogur, en las cuales se observó una clara tendencia en la disminución del pH y un aumento en la acidez comparada con los valores iniciales, siendo un claro indicador de fermentación por parte de las bacterias ácido-lácticas.

B. Caracterización fisicoquímica del yogur

No se observaron cambios significativos en el contenido de sólidos totales y proteína por efecto del enriquecimiento de los prebióticos en el yogur (Tabla II).

TABLA II
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS MUESTRAS DE YOGUR

Parámetro	YC	YO ₄	YI ₃ O ₄	YI ₆ O ₄
Sólidos totales %	24.5±0.1	28.7±4.6	27.4±0.1	28.1±4.1
Proteína %	5.8 ± 1.2	7.2 ± 0.2	5.4 ± 1.3	6.6 ± 0.2
Grasa %	4.6 ± 0.1	3.6 ± 0.1	3.1 ± 0.3	3.4 ± 0.3
Cenizas %	1.5 ± 0.5	2.7 ± 0.1	2.0 ± 0.4	1.6 ± 0.2
pH %	4.6 ± 0.1	4.2 ± 0.1	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0
Acidez g ac. láctico/L	12.4±1.0	15.1±0.8	15.4±0.5	14.8±0.3

El yogur control (YC) presentó un mayor contenido de grasa comparado las formulaciones enriquecidas con orujo y agavina (YO₄, YI₃O₄, YI₆O₄), las cuales presentaron una disminución del 26% y 33%, esto pudiera considerarse como una mejora del perfil nutricional de los productos enriquecidos.

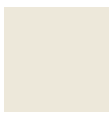
La que contenían orujo presentaron un mayor contenido de cenizas hasta un 80% en YO₄, sugiriendo un mayor aporte de minerales. Finalmente, el pH disminuyó y la acidez aumentó entre 19% y 24% para todas las muestras con orujo, lo que refleja una relación clara con el orujo ocasionando la tendencia acidificarse con la adición del co-producto.

La adición de orujo al yogur provocó una disminución de aproximadamente 40 % en la luminosidad (L*) respecto al control, evidenciando un oscurecimiento notable.

Los valores de a* aumentaron significativamente en YI₃O₄, YI₆O₄ y YO₄ indicando una mayor tendencia hacia tonos rojizos. Para el parámetro b*, YO₄ presentó el mayor aumento hacia el amarillo, mientras que las demás muestras con agavina presentaron un desplazamiento más bajo hacia al amarillo. Estos cambios reflejan la influencia del orujo en la modificación del perfil cromático de los yogures (Tabla III).

TABLA III

COORDENADAS DE COLOR CIE LAB DEL YOGURT CON ORUJO DE UVA E AGAVINA DE AGAVE CON BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS SUBSP. LACTIS.

Parametro	YC	YO ₄	YI ₃ O ₄	YI ₆ O ₄
L	92.14	53.79	54.82	53.34
A	-0.93	8.65	9.37	9.07
B	-0.93	-0.53	-0.79	-0.85
Color				

C. Caracterización sensorial del yogur

Las muestras enriquecidas con orujo y agavina mostraron menor aceptación sensorial que el yogurt control (YC), especialmente en sabor y textura. La formación de YO₄ mostró la aceptación más baja para en todos los atributos, mientras que YI₃O₄ fue el mejor para los atributos de sabor, olor y textura, indicando que la agavina mitiga el impacto negativo del orujo. Por otro lado, aunque la viscosidad fue ligeramente menor en las formulaciones enriquecidas, YI₃O₄ presentó valores cercanos al control, siendo la más aceptada entre las modificadas (Fig. 1).

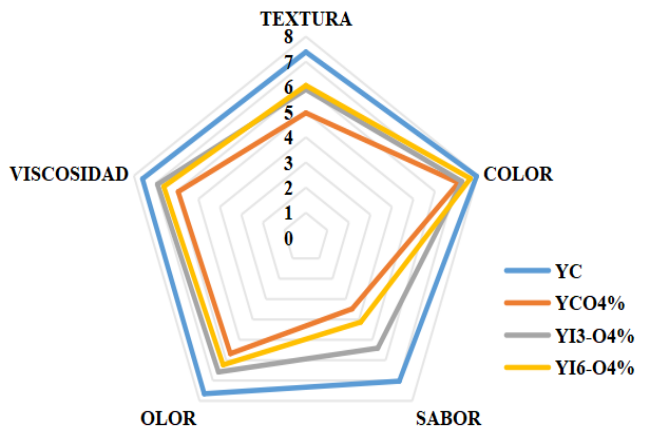


Fig 1. Resultados promedio del yogurt con orujo de uva e agavina de agave con *Bifidobacterium animalis subsp. Lactis*

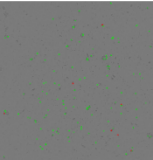
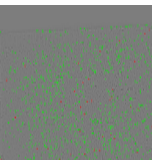
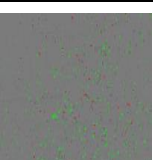
D. Caracterización del probiótico

Los resultados de la caracterización del probiótico se muestran en la Tabla IV.

Las muestras con agavina y orujo (YO₄, YI₃O₄ y YI₆O₄) mostraron un mejor desarrollo y crecimiento del BPL1 observado en el recuento celular total comparado con el yogurt control (YC), lo que sugiere que tanto el orujo como la agavina son prebióticos efectivos para la supervivencia del probiótico (Tabla IV). No obstante, todas las formaciones de yogures cumplieron con el contenido de bacterias ácido-

lácticas establecidas en la norma oficial mexicana NOM-181-SCFI-2010 [7].

TABLA IV
 CONTEO CELULAR DE MUESTRAS DE YOGURT
 ENRIQUECIDO CON ORUJO Y AGAVINA.

Muestra	Total de células	Viabilidad	Imagen
YC	3.95*10 ⁸ ± 7.12*10 ⁷ cells/mL	73.9% ± 4.05%	
YO ₄	5.12*10 ⁸ ± 2.63*10 ⁸ cells/mL	86.8% ± 4.81%	
YI ₃ O ₄	2.55*10 ⁸ ± 7.91*10 ⁷ cells/mL	85.6% ± 2.66%	
YI ₆ O ₄	4.46*10 ⁸ ± 4.11*10 ⁷ cells/mL	81.9% ± 4.86%	

IV. CONCLUSION

Estos resultados preliminares demostraron que la incorporación de orujo y agavina mejora el perfil nutricional y favorece la viabilidad de BPL1 en el yogur. Sin embargo, esta adición de prebióticos reduce la aceptación sensorial, principalmente en características de sabor y textura. No obstante, la agavina atenuó en parte estos efectos, Estos resultados posicionan a este yogurt funcional como una

estrategia de valorización agroindustrial prometedora, ofreciendo un doble beneficio: aprovechar sosteniblemente residuos vitivinícolas y desarrollar un producto lácteo con potenciales atributos saludables, manteniendo sus características básicas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Enríquez unidad académica Arandas, el apoyo otorgado con las instalaciones del laboratorio y con horas de investigación para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

[1] F. Yangilar and P. O. Yildiz, “Effects of using combined essential oils on quality parameters of bio-yogurt,” *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 42, no. 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13332>.

[2] L. Fontané, D. Benaiges, A. Goday, G. Llauradó, and J. Pedro-Botet, “Influence of the microbiota and probiotics in obesity,” *Clínica e Investigación En Arteriosclerosis*, vol. 30, no. 6, pp. 271–279, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arteri.2018.03.004>.

[3] Y. Martínez Meza, “Aplicación de descompresión instantánea controlada (DIC) para mejorar la biodisponibilidad de bioactivos de subproductos de mango y uva para el control de la obesidad y sus complicaciones,” Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México, 2023. [En línea]. Disponible en: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/3283>.

[4] AOAC International, *Official Methods of Analysis*, 17.^a ed. Gaithersburg, MD, EUA: AOAC International, 2000.

[5] R. M. Mex Álvarez, M. M. Guillen Morales y C. A. Ceh Ac, “Microtitulación para la determinación de la acidez titulable de tés (*Camellia sinensis*),” *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 12, no. 24. DOI: <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1138>.

[6] N. López Carreras, P. Martorell, E. Chenoll, S. Genovés, D. Ramón, and A. Aleixandre, “Anti-obesity properties of the strain *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* CECT 8145 in Zucker fatty rats,” *Beneficial Microbes*, vol. 9, no. 4, pp. 629–641. [En línea]. Disponible en: https://brill.com/view/journals/bm/9/4/article-p629_10.xml.

[7] SE y SAGARPA, “NOM-181-SCFI/SAGARPA-2018, Yogurt, Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba,” Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México, 2018. <https://sidof.segob.gob.mx/notas/5549317>.