

Formulación de un producto lácteo a partir de pitahaya amarilla y sus subproductos

M.P. Díaz-Trujillo*¹, D.S. Villa-Fonseca¹, O. Álvarez-Solano¹, I. Hernando², V. Larrea² y M. Hernández-Carrión¹
1 Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos, Grupo de Diseño de Productos y Procesos (GDPP), Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. **2** Research Group of Food Microstructure and Chemistry. Department of Food Technology. Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain. *mp.diazt@uniandes.edu.co

RESUMEN

La fruticultura se ha ido posicionando como una alternativa de crecimiento y reactivación agrícola en Colombia. En este sentido, la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) se ha constituido como una de las frutas claves para la dinamización económica en el territorio rural. En virtud de ello, el presente artículo da cuenta de la elaboración, análisis fisicoquímico y análisis sensorial de un producto lácteo (yogur) elaborado a partir de pitahaya amarilla y sus subproductos (semillas y cáscara), con el objetivo de ampliar las posibilidades de consumo de esta fruta en el país. La formulación de este nuevo alimento se realizó a partir de un diseño experimental variando el tipo de edulcorante (azúcar blanca o stevia) y la cantidad de jalea de pitahaya (15% p/p o 30% p/p) utilizados. Los resultados demostraron que estas variables tuvieron una influencia estadísticamente significativa en los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del yogur. Por último, se concluyó que la formulación 1 (yogur con azúcar y 15% p/p de jalea) permite la obtención de un producto más estable y agradable para los consumidores.

Palabras clave: Fruticultura, análisis sensorial, pitahaya amarilla, semillas, cáscara, yogur.

ABSTRACT

Fruit growing has been positioning itself as an alternative for agricultural growth and reactivation in Colombia. In this sense, the yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.) has become one of the key fruits for economic revitalization in rural areas. Therefore, this article reports on the preparation, physicochemical analysis and sensory analysis of a dairy product (yogurt) made from yellow pitahaya and its by-products (seeds and peel), intending to expand the possibilities of consumption of this fruit in the country. The formulation of this new food was based on an experimental design, varying the type of sweetener (white sugar or stevia) and the amount of pitahaya jelly (15% w/w or 30% w/w) used. The results showed that these variables had a statistically significant influence on the physicochemical and sensory parameters of the yogurt. Finally, it was concluded that formulation 1 (yogurt with sugar and 15% w/w of jelly) allows for obtaining a more stable and pleasant product for consumers.

Key words: Fruit growing, sensorial analysis, yellow pitahaya, seeds, shell, yogurt.

INTRODUCCIÓN

La transformación en el funcionamiento de los mercados rurales ha tomado gran relevancia, ya que ha permitido el retorno de la agricultura a la agenda mundial y le ha conferido a la misma un rol esencial en el desarrollo de los países. A pesar de las grandes oportunidades que ofrece la agricultura en países como Colombia, este sector económico se encuentra en riesgo principalmente por la alta pobreza (Perfetti *et al.*, 2013). Sumado a esto, la pérdida y desperdicio de alimentos han influido en la sostenibilidad de los sistemas alimentarios, tanto en el aspecto económico, ambiental y social, como en la seguridad alimentaria y nutricional (FAO, 2019). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en América Latina se pierden y desperdician alrededor de 220 millones de toneladas de alimentos al año (Muñoz Ureña, 2021). Colombia registra cerca de un 62% de las pérdidas y desperdicios anuales en la cadena de frutas y vegetales según datos del Departamento Nacional de Planeación (DNP). Por ello, la propuesta es la búsqueda de sistemas alimentarios sostenibles, que generen resultados y beneficios más equitativos en el sector (FAO, 2019). Bajo este panorama, la fruticultura en Colombia se ha ido posicionando como una alternativa de crecimiento y reactivación agrícola; la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.), por ejemplo, se ha constituido como una fruta clave para la dinamización económica en el territorio rural (ICA, 2019).

La pitahaya amarilla es una fruta exótica nativa de la región andina. Su pulpa es blanca, dulce, blanda, ligeramente fibrosa, con semillas negras, pequeñas y digeribles. Es moderadamente ácida, reconocida por su color, aroma, textura y valor nutricional. Tiene un alto contenido en compuestos fenólicos y ácido ascórbico, así como en β -caroteno, licopeno, vitamina E, hierro y calcio (Torres Grisales *et al.*, 2017). Puede considerarse como un alimento funcional al brindar propiedades beneficiosas en el organismo diferentes a las nutricionales. Entre los beneficios asociados a su consumo se ha reportado el control glucémico en la diabetes tipo 2, la prevención de cáncer y enfermedades cardiovasculares y el control del estreñimiento (Verona Ruiz *et al.*, 2020). Por otro lado, el yogur es uno de los productos funcionales más popular en el mercado; tiene alto contenido de riboflavina, vitamina B12, calcio, magnesio, potasio y proteínas de alta calidad, que lo han catalogado como un alimento imprescindible en la dieta de muchos consumidores (Freitas, 2017). En virtud de ello, el presente estudio aborda la formulación y análisis fisicoquímico y sensorial de un yogur elaborado a partir de pitahaya amarilla y sus subproductos (semillas y cáscara), con el objetivo de ampliar las posibilidades de consumo de esta fruta en el país, potenciando, a la vez, su cultivo en el territorio rural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Para la elaboración de yogur se utilizó pitahaya amarilla obtenida de supertiendas Olímpica, leche líquida entera Ultra-high temperature (UTH) Colanta®, leche entera en polvo Klim®, cultivo láctico liofilizado *Lactobacillus delbrueckii subspecies bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* (referencia CHOOZIT MY 800 LYO 5 DCU de Cimpa S.A.S.), azúcar blanco (Riopaila®) y stevia orgánica en polvo (Erba Dolce®) como edulcorantes, pectina cítrica rápida El Molino Verde®, carboximetilcelulosa (CMC) y benzoato de sodio adquiridos en Cimpa S.A.S.

Elaboración del yogur

Pretratamiento

En la fase inicial se realizó la limpieza de la fruta entera mediante un lavado por inmersión en una disolución de hipoclorito de sodio al 0.2% (v/v), y se extrajo la pulpa. La **pulpa** se introdujo en un despulpador automático (Micro-Epsilon) para retirar las semillas. La cantidad resultante se sometió a un proceso de precocción en una plancha de calentamiento durante 20 min hasta alcanzar los 35°C y se escaldó por 20 min hasta llegar a 90°C. Se dejó enfriar hasta los 70°C, se envasó en recipientes de vidrio

y se refrigeró a 4°C hasta su uso. Las **semillas** y las **cáscaras** se deshidrataron de forma independiente en un secador de bandejas (Armfield Ltd) a 50°C durante 24 h. El producto resultante se molió (4TZS HB 14 tazas modelo 80393 Hamilton Beach), se tamizó y se almacenó en bolsas tipo Ziploc en un desecador hasta su uso. La jalea se elaboró a partir de pulpa (90%, p/p), cáscara en polvo (5%, p/p) y semilla en polvo (5%, p/p) a 35°C y 300rpm. Se almacenó en recipientes de vidrio y se almacenó a 4°C hasta su uso.

Elaboración del yogur

Para la elaboración del yogur se siguió la metodología propuesta por Cueva-Castillo (2003). Se calentó la leche líquida UHT hasta 32°C por 10 min, se agregó la leche en polvo, se agitó la mezcla a 300 rpm y se incrementó la temperatura hasta 36°C para adicionar el edulcorante. Se añadió la pectina, la carboximetilcelulosa (CMC) y el benzoato de sodio y se calentó a 90°C durante 5 min. Se dejó enfriar hasta 45°C y se incorporó el cultivo liofilizado, se dejó incubar en un baño termostático a 42°C por 6 h, y se refrigeró a 4°C durante 24h. Se agregó la jalea y se almacenó en recipientes de vidrio en refrigeración hasta su análisis.

Diseño experimental

Se realizó un diseño experimental 2² evaluando el tipo de edulcorante (azúcar blanca y stevia) y la cantidad de jalea de pitahaya (15%p/p y 30%p/p) obteniendo así 4 yogures (Tabla I). La variación en la jalea se determinó a partir de la “Norma para las confituras, jaleas y mermeladas, Cxs 296-2009” (CODEX, 2020). La dosis de los aditivos se estableció de acuerdo con la norma general para los Aditivos alimentarios (CODEX, 2019) y se consideró la norma NTC 805 (ICONTEC, 2006) para identificar el porcentaje de leche entera a emplear. Con el fin de comparar los yogures formulados con un producto comercial, se escogió como muestra control el yogur Actigest pitahaya amarilla (Alquería). Todas las mediciones se hicieron por triplicado.

Tabla I. Diseño experimental efectuado

| Muestra | Tipo de edulcorante | %p/p Jalea en el yogur | %p/p edulcorante | %p/p Leche en polvo | %p/p Cultivo láctico | %p/p Pectina | %p/p CMC | %p/p Benzoato de sodio | %p/p Leche líquida |
|---------|---------------------|------------------------|------------------|---------------------|----------------------|--------------|----------|------------------------|--------------------|
| 1 | Azúcar | 15 | 8 | 5.4 | 1.00 | 0.25 | 0.08 | 0.03 | 70.24 |
| 2 | | 30 | 8 | 5.4 | 1.00 | 0.25 | 0.08 | 0.03 | 55.24 |
| 3 | Stevia | 15 | 0.03 | 5.4 | 1.00 | 0.25 | 0.08 | 0.03 | 78.21 |
| 4 | | 30 | 0.03 | 5.4 | 1.00 | 0.25 | 0.08 | 0.03 | 63.21 |

Caracterización fisicoquímica

Color: se utilizó un colorímetro CR-20 (Konica Minolta) con iluminante D65 y observador estándar 10° para la determinación de L* (luminosidad), a* (enrojecimiento), b* (amarillez) de acuerdo al espacio de color CIELAB (Santillán & Vélez, 2019). Las mediciones se hicieron a temperatura ambiente. Se calculó el tono y el croma y la diferencia global de color con respecto al control (Amaya Ortiz, 2016).

Acidez titulable: se determinó de acuerdo a la metodología 962.12/90 de la AOAC, 3 días después de elaborados los yogures y almacenados a 4°C (AOAC International, 1990). Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido láctico.

pH: se determinó de acuerdo a la metodología 945.27/90 de la AOAC, 3 días después de elaborados los yogures y almacenados a 4°C (AOAC International, 1990) utilizando un multiparámetro (Mettler Toledo).

Sólidos solubles (°Brix): se determinaron mediante un refractómetro digital (PAL-BX/R1, Atago) a 11°C.

Sinéresis: se determinó siguiendo la metodología de Charoenrein *et al.*, (2008) empleando un centrífuga (Thermo Scientific) a 4500 rpm y 11°C durante 15 min. El porcentaje de sinéresis se calculó a partir del peso del sobrenadante.

Textura: se utilizó la prueba Back extrusión en un texturómetro (TA.HD plusC Stable) para determinar la firmeza, consistencia, cohesividad e índice de viscosidad (Li *et al.*, 2021). Se utilizó un disco de 35mm de diámetro, velocidad de 2.0 mm/s y distancia de penetración de 25mm (Trujillo Daza, 2020).

Caracterización reológica: Se utilizó un reómetro rotacional (TA Instruments AGR2) con geometría de discos paralelos de 35 mm de diámetro, gap de 1mm y a 11°C (Trujillo Daza, 2020). El comportamiento al flujo se evaluó entre 0.1s⁻¹ y 100 s⁻¹. Los datos obtenidos se ajustaron a la Ley de Potencia (Ostwald-de Waele).

Análisis sensorial del yogur desarrollado

El análisis sensorial se realizó en las instalaciones de la Universidad de los Andes y fue aprobado por el comité de ética de la Facultad de Ingeniería. Los yogures se presentaron en copas blancas de 20 mL a 11°C identificadas con un código de 3 dígitos. Se presentaron de uno en uno aleatoriamente. Se entregó agua y galletas de soda entre muestras. Los participantes diligenciaron una encuesta anónima en Google Forms con preguntas enfocadas en la recolección de información sobre el grupo (Tabla II). La encuesta incluyó una prueba de aceptabilidad con escala hedónica de siete puntos (7: me gusta muchísimo, 1: me disgusta muchísimo) y preguntas tipo CATA (Check All That Apply) con 14 atributos. Para esta parte se dio la siguiente instrucción a los participantes: "¿Cuál de las siguientes características describe mejor esta muestra? Por favor, marque todas las que crea que aplican. Si lo desea, puede volver a probar la muestra". Los atributos fueron seleccionados a partir de revisión de literatura (Ares & Jaeger, 2015).

Tabla II. Características generales del panel y sus preferencias en cuanto al consumo de yogur.

| Sexo | | Frecuencia de consumo de yogur | | | | | Tipo de yogur consumido | | | |
|----------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|
| M ¹ | F ¹ | D ² | S ² | M ² | E ² | N ² | F ³ | G ³ | N ³ | L ³ |
| 33% | 67% | 9% | 51% | 16% | 22% | 2% | 47% | 49% | 33% | 33% |

¹Masculino, Femenino

²Diario, Semanal, Mensual, Esporádicamente, Nunca

³Frutas, Griego, Natural, Líquido

Análisis estadístico

-Propiedades fisicoquímicas y test de aceptabilidad: Se aplicó un análisis de la varianza (ANOVA) con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y el test de Fisher de comparación de medias en el programa Minitab 18.

-Preguntas tipo CATA: La prueba Chi-cuadrado (P<0.05) se empleó para determinar si existieron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras. Se implementó un análisis múltiple factorial (MFA) para discriminar cada atributo con cada una de las muestras estudiadas y la prueba Q de Cochran con el fin de determinar diferencias estadísticamente significativas en cada atributo evaluado, mediante la herramienta XLSTAT 2021.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características fisicoquímicas del yogur

Color

Los resultados muestran que en los yogures predominaron los colores blanco, rojo y amarillo (Tabla III). La cantidad de jalea produjo una disminución significativa del tono (h_{ab}) de los yogures. En comparación

con el control, los yogures tuvieron menor luminosidad, mayor enrojecimiento y mayor amarillez. Según los cambios netos de color (ΔE), la muestra 3 (M3) fue la más cercana al control. El tipo de endulzante no afectó el color de los yogures. Resultados similares obtuvieron Ruiz & Avella (2017) quienes encontraron que la adición de stevia en la elaboración de yogur no influyó significativamente el color.

Tabla III. Propiedades fisicoquímicas de los yogures evaluados y el control

| Muestra | Color | | | | | | Acidez Titulable (%) | pH | °Brix | Sinéresis (%) |
|---------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| | L* | a* | b* | ΔE | C _{ab} * | h _{ab} (°) | | | | |
| Control | 85.5 (0.4) | 1.1 (0.1) | 14.4 (0.3) | 0.0 (0.0) | 14.5 (0.3) | 85.5 (0.4) | 0.8 (0.01) | 4.4 (0.01) | 11.4 ^a (0.2) | 64.88 ^a (1.30) |
| 1 | 73.1 ^c (0.1) | 1.2 ^c (0.1) | 14.8 ^c (0.1) | 12.3 ^{ab} (0.3) | 14.8 ^c (0.1) | 85.2 ^a (0.2) | 0.6 ^a (0.01) | 4.4 ^d (0.02) | 27.8 ^b (0.1) | 71.59 ^c (1.25) |
| 2 | 72.1 ^d (0.1) | 2.7 ^b (0.2) | 15.6 ^b (0.3) | 13.5 ^a (0.3) | 15.8 ^b (0.3) | 80.1 ^c (0.6) | 0.6 ^a (0.03) | 5.4 ^a (0.01) | 33.6 ^c (1.6) | 80.32 ^b (0.78) |
| 3 | 80.0 ^a (0.1) | 0.8 ^d (0.0) | 13.7 ^d (0.1) | 6.2 ^c (1.7) | 13.8 ^d (0.1) | 86.7 ^b (0.02) | 0.7 ^a (0.14) | 5.2 ^b (0.01) | 24.5 ^d (1.3) | 72.98 ^c (0.15) |
| 4 | 74.5 ^b (0.5) | 3.0 ^a (0.1) | 18.1 ^a (0.1) | 10.1 ^b (2.3) | 18.4 ^a (0.1) | 80.5 ^c (0.2) | 0.6 ^a (0.01) | 4.6 ^c (0.01) | 22.6 ^e (0.3) | 80.55 ^b (0.94) |

Los valores dentro de una columna con letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0.05$) de acuerdo con el test de Fisher. Los valores entre paréntesis son las desviaciones estándar.

Acidez Titulable y pH

Los yogures presentaron un pH entre 4.4 y 5.4 y una acidez entre 0.6% y 0.7% (Tabla III). El análisis estadístico reveló que sí hubo diferencias significativas en el pH. Por otro lado, dado que la cantidad y el tipo de cultivo empleado fueron los mismos, la acidez fue similar para todos los yogures (Carranza Sierra, 2019). Por lo general, en productos lácteos fermentados, el proceso termina cuando se logra un pH entre 3.9 y 4.6 o cuando se alcanza un valor de alrededor de 0.75 y 1.2% de acidez, expresada como porcentaje de ácido láctico (Baglio, 2014). Sin embargo, la postacidificación se considera un proceso indeseable en yogures porque disminuye la vida útil y causa algunos defectos, como la acidez severa y la sinéresis.

Asimismo, se sabe que el pH del medio propicia el crecimiento de bacterias que no resultan beneficiosas en el cuerpo humano. Para garantizar la calidad del producto existen diferentes regulaciones, como la NTC 805 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) que establecen que el mínimo porcentaje de acidez titulable, expresado como ácido láctico, en las leches fermentadas debe ser 0.6 % independientemente del tipo de leche empleada. Los resultados muestran (Tabla III) que los yogures formulados cumplen con la legislación vigente.

Sólidos solubles totales (SST)

Los resultados muestran que los yogures elaborados con azúcar (M1 y M2) presentaron mayor cantidad de SST (Tabla III). Hernández & Salazar (2017) reportan SST de 17.78 °Brix y 17.89 °Brix para sus yogures con 16% y 18% de concentración de pitaya respectivamente, mientras que los yogures de la presente investigación oscilan entre 22.6 y 33.6°Brix. Dicho comportamiento podría estar relacionado con los subproductos utilizados en la elaboración de los yogures. Hernández & Salazar (2017) no usaron pectina; mientras que en el presente estudio se utilizó 0.25% p/p. Además, la adición de cáscara implica la presencia de más pectina, aumentando los SST.

Sinéresis

Los yogures M2 y M4 presentaron una sinéresis significativamente mayor ($P < 0.05$, Tabla III) indicando que la cantidad de jalea de pitahaya influyó en esta propiedad. Zainoldin & Baba (2009) establecen que un mayor porcentaje de fruta en la formulación del yogur ocasiona un porcentaje de sinéresis mayor debido a la cantidad de agua adicionada por la pulpa de fruta, lo cual puede disminuir la capacidad de retención de agua. Lo anterior podría explicar por qué estos presentaron una mayor sinéresis.

Textura

El análisis textural (Tabla IV), indicó que el yogur M4 presentó la mayor firmeza y consistencia; mientras que el yogur M3 tuvo la mayor cohesividad e índice de viscosidad. A partir del análisis estadístico se pudo determinar que sí hubo efecto significativo ($P < 0.05$) de los factores en los parámetros de textura sobre los yogures. Así, se evidenció mayor firmeza y consistencia en las formulaciones que contenían stevia y en las que presentaban 30% de jalea. Asimismo, otros parámetros como los sólidos solubles, el pH los espesantes y estabilizantes, pudieron afectar la textura adquirida en los mismos, teniendo en cuenta lo encontrado en diversos estudios (Trujillo Daza, 2020; Carranza Sierra, 2019; Gawai et al., 2017).

Tabla IV. Parámetros de textura de los yogures evaluados y el control

| Muestra | Firmeza (g) | Consistencia (g·seg) | Cohesividad (g) | Índice de viscosidad (g·seg) |
|---------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Control | 38.6 (<0.01) | 447.8 (<0.01) | -22.2 (<0.01) | -193.9 (<0.01) |
| 1 | 19.0 ^c (2.2) | 100.8 ^c (10.4) | -12.4 ^a (1.7) | -2.9 ^a (1.5) |
| 2 | 24.5 ^b (2.1) | 124.8 ^b (7.4) | -18.1 ^b (1.5) | -6.4 ^b (1.6) |
| 3 | 26.5 ^b (2.6) | 136.1 ^b (13.4) | -20.9 ^b (1.8) | -9.5 ^c (1.4) |
| 4 | 33.0 ^a (2.0) | 162.5 ^a (10.2) | -20.5 ^b (0.9) | -7.7 ^{bc} (1.5) |

Los valores dentro de una columna con letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0.05$) de acuerdo con la prueba de Fisher. Los valores entre paréntesis son las desviaciones estándar.

La pulpa y el polvo de semillas y cáscara incrementan los parámetros de textura principalmente por el contenido de pectina y el aporte de sólidos solubles. De acuerdo con lo reportado por Prajapati *et al.* (2016), el yogur con un aumento de los sólidos solubles tiene un mayor contenido de proteínas y esto provoca un aumento del número de interacciones entre ellas incrementando la firmeza. Asimismo, la disminución del contenido de proteínas en el yogur disminuye las interacciones caseína-caseína y caseína-suero, lo cual reduce su firmeza. Al comparar los resultados, se pudo establecer una acentuada diferencia entre los parámetros texturales de las muestras elaboradas con respecto al control, principalmente en el índice de viscosidad.

Reología

Los resultados para las propiedades de comportamiento al flujo (Tabla V) evidencian que todos los yogures elaborados fueron más viscosos que el control. Las muestras M1, M2 y M4 presentaron mayor viscosidad que M3 debido a que la concentración de azúcar disminuye la disponibilidad de agua libre el alimento, y con ello la posibilidad de formación de puentes de hidrógeno en su estructura interna causando mayor resistencia al flujo. El ajuste a la ley de la potencia muestra que todos los yogures presentaron índices de flujo menores a 1 característicos de un comportamiento pseudoplástico típico de este tipo de producto (Clark *et al.*, 2019). El índice de consistencia se vio afectado ($P < 0.05$) por la cantidad de jalea obteniéndose valores mayores en formulaciones con 30% jalea.

Tabla V. Análisis reológico y ajuste de parámetros al modelo de la Ley de Potencia (Ostwald-de Waele).

| Muestra | η [Pa·s] * | n | k [Pa·s ⁿ] | R ² ** |
|---------|-----------------|-------------|------------------------|-------------------|
| Control | 0.91 (0.04) | 0.95 (0.04) | 1.40 (0.13) | 0.924 (0.02) |
| 1 | 1.27 (0.06) | 0.78 (0.03) | 1.76 (0.10) | 0.746 (0.03) |
| 2 | 1.95 (0.08) | 0.74 (0.04) | 3.53 (0.22) | 0.822 (0.08) |
| 3 | 1.08 (0.03) | 0.80 (0.02) | 2.03 (0.12) | 0.866 (0.02) |
| 4 | 2.55 (0.05) | 0.61 (0.05) | 6.33 (0.77) | 0.763 (0.02) |

Los valores entre paréntesis son las desviaciones estándar.

* Los valores de viscosidad reportados se obtuvieron para una velocidad de cizalla igual a 10 s⁻¹.

** R² es el estadístico de la regresión lineal o coeficiente de correlación múltiple.

Análisis sensorial del yogur

Preguntas tipo CATA

Los primeros dos factores del mapa de atributos (Fig. 1) permitieron explicar el 81.56% de varianza presentada en los datos (55.43% y 26.13% respectivamente).

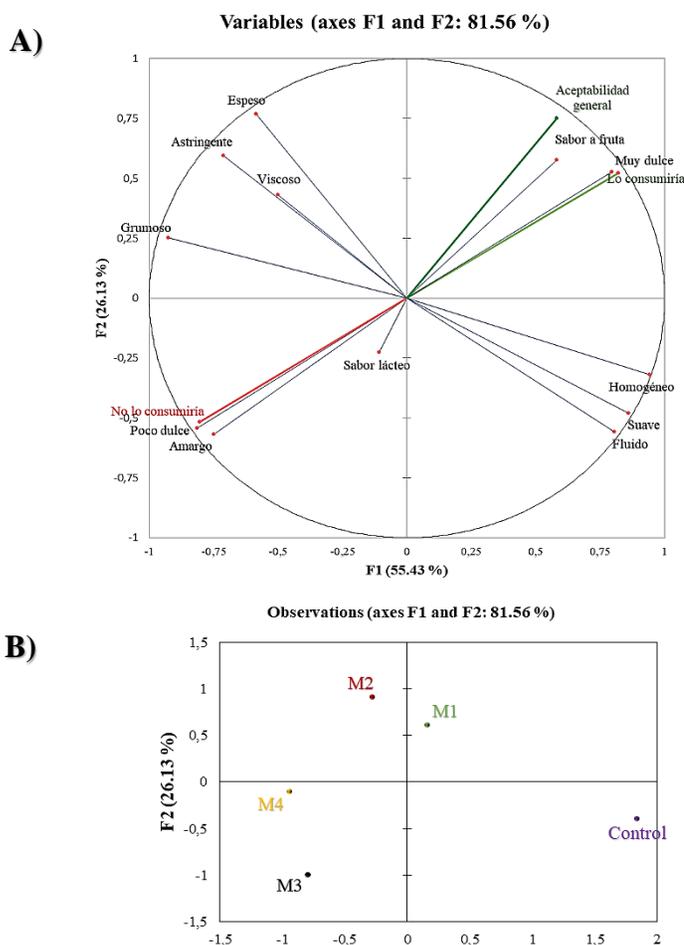


Figura 1. A) Mapa de atributos del cuestionario tipo CATA, y B) Representación de las 5 muestras de yogur, en las dos primeras dimensiones del Análisis Factorial Múltiple (AFM) de los recuentos CATA. M1 y M2: Yogures con azúcar común, con 15% y 30% de jalea, respectivamente; M3 y M4: Yogures con stevia, con 15% y 30% de jalea, respectivamente; Control: Muestra control.

La mayoría de los atributos estuvieron bien representados en el espacio perceptivo definido por los dos primeros factores del MFA. Asimismo, la prueba Chi-cuadrado indicó diferencias estadísticamente significativas entre los yogures ($P < 0.0001$). La Fig. 1A muestra que los atributos *sabor a fruta* y *muy dulce* estuvieron asociados con la Aceptabilidad general, mientras que los atributos *poco dulce* y *amargo* generaron rechazo en los consumidores (en línea con el atributo *no lo consumiría*). Los atributos *grumoso*, *astringente*, *espeso*, *viscoso*, *homogéneo*, *suave* y *fluido* no parecen ser un factor de decisión de rechazo o aceptación entre los consumidores.

El mapa de las muestras (Fig. 1B) establece que los yogures fueron bien discriminados basado en las preguntas tipo CATA. En esta representación se visualiza cómo los yogures se agruparon de acuerdo al tipo de edulcorante, (M1 y M2 endulzadas con azúcar, M3 y M4 endulzadas con stevia). El yogur control fue percibido como *homogéneo*, *suave* y *fluido*, lo cual puede atribuirse a que esta muestra no contiene semillas, ni cáscara. Los yogures M1 y M2 se asociaron con el atributo *muy dulce* debido a que se usó azúcar común en su formulación; mientras que las muestras M3 y M4 se asociaron con el atributo *amargo* debido a la adición de stevia. La muestra M4 se asoció con el atributo *grumoso*, lo cual se debe al mayor contenido de jalea (30% p/p).

La prueba Q de Cochran permitió identificar diferencias significativas para cada atributo evaluado en las preguntas tipo CATA. Los resultados (Tabla VI) muestran que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) para el término *astringente*, lo cual indica que las muestras fueron bien discriminadas para la mayoría de los atributos.

Tabla VI. Frecuencia de selección de los términos CATA y prueba Q de Cochran ($P < 0.05$) para los 5 yogures.

| Términos CATA | Control | M1 | M2 | M3 | M4 | Q |
|----------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| Sabor a fruta | 32 | 26 | 27 | 8 | 27 | 0.000 |
| Muy dulce | 49 | 29 | 39 | 0 | 12 | <0.0001 |
| Poco dulce | 4 | 21 | 12 | 49 | 40 | <0.0001 |
| Sabor lácteo | 45 | 35 | 47 | 44 | 46 | 0.016 |
| Astringente | 0 | 6 | 13 | 6 | 8 | 0.183 |
| Amargo | 0 | 0 | 4 | 11 | 6 | 0.003 |
| Suave | 51 | 22 | 17 | 29 | 13 | 0.017 |
| Viscoso | 3 | 20 | 31 | 23 | 0 | <0.0001 |
| Homogéneo | 41 | 12 | 0 | 7 | 2 | 0.000 |
| Espeso | 5 | 47 | 51 | 16 | 50 | <0.0001 |
| Fluido | 49 | 0 | 0 | 17 | 0 | <0.0001 |
| Grumoso | 0 | 30 | 37 | 31 | 53 | <0.0001 |
| Lo consumiría | 42 | 37 | 37 | 14 | 10 | <0.0001 |
| No lo consumiría | 12 | 17 | 18 | 41 | 45 | <0.0001 |

Los términos resaltados en negrilla corresponden a aquellos para los cuales se identificaron diferencias significativas entre las muestras, estos fueron identificados de acuerdo con la prueba Q de Cochran ($P < 0.05$).

Los resultados muestran que pese a que las muestras M1 y M3 contuvieron la misma cantidad de jalea de pitahaya (15% p/p), los consumidores percibieron más este atributo en el yogur M1, indicando que el azúcar potencia el sabor de la fruta. Por otro lado, las muestras M1, M2 y M4 fueron percibidas por los consumidores como espesas, debido a su bajo contenido de leche con respecto a la muestra M3. Las muestras M3 y M4 fueron percibidas como amargas debido al uso de stevia. Por otro lado, el atributo *suave* fue percibido en las muestras M1 y M3 debido a que estas se elaboraron con 15% p/p de jalea de pitahaya siendo la cantidad de pitahaya un factor decisivo en este atributo debido a los subproductos presentes en esta (polvo de semillas y cáscara). Los resultados sugieren que las muestras elaboradas usando azúcar común tuvieron una mejor aceptabilidad sensorial comparadas con las muestras con stevia. Además, las muestras M1 y M2 demostraron tener potencial para competir en el mercado, pues los encuestados indicaron que las consumirían casi en la misma medida en que lo harían con la muestra control (yogur comercial).

Prueba de aceptabilidad

Para los 5 yogures, la aceptabilidad global varió entre 3.8 y 5.4 (Tabla VII). La aceptabilidad en apariencia, color, aroma y consistencia estuvo directamente relacionada con la aceptabilidad global por lo que se infiere que las muestras que más gustaron de forma general también gustaron en el resto de categorías. No sucedió lo mismo con el sabor donde el yogur control fue el mejor calificado. No obstante, obtuvo el menor puntaje en el aroma indicando que los consumidores lo tienen muy en cuenta, incluso más que el sabor, para determinar qué tanto les gusta un alimento de forma global.

Tabla VII. Puntuaciones para aceptabilidad global, apariencia, color, aroma, consistencia y sabor de los yogures evaluados y el control

| | Aceptabilidad global | Apariencia | Color | Aroma | Consistencia | Sabor |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| Control | 5.0 ^b (1.2) | 6.2 ^c (0.9) | 5.6 ^b (1.1) | 4.9 ^d (1.4) | 4.2 ^a (1.2) | 5.0 ^c (1.2) |
| M1 | 5.4 ^a (0.9) | 5.8 ^{a,b} (1.2) | 6.3 ^a (1.1) | 6.4 ^a (0.9) | 4.5 ^a (1.4) | 4.2 ^a (1.2) |
| M2 | 5.2 ^{a,b} (0.8) | 6.0 ^{c,a} (1.2) | 6.0 ^a (0.9) | 6.1 ^{a,b} (1.1) | 4.5 ^a (1.0) | 4.5 ^a (1.1) |
| M3 | 3.8 ^c (1.0) | 5.5 ^b (0.7) | 5.0 ^c (1.1) | 5.8 ^{b,c} (1.1) | 2.6 ^b (1.1) | 3.2 ^b (1.5) |
| M4 | 3.8 ^c (1.0) | 6.0 ^{c,a} (0.9) | 5.3 ^{b,c} (0.9) | 5.6 ^c (0.8) | 2.8 ^b (1.2) | 3.5 ^b (1.5) |

Los valores dentro de una columna con diferentes letras son significativamente diferentes ($P < 0.05$) de acuerdo con la prueba de Fisher.

Valores entre paréntesis son la desviación estándar.

Los yogures M3 y M4 tuvieron el puntaje significativamente más bajo ($P < 0.05$) en su aceptabilidad global, su consistencia, su color y su sabor, indicando que estas muestras fueron las menos aceptadas por los consumidores a nivel general. Esto pudo deberse principalmente a que fueron asociadas con atributos como *poco dulces* (Tabla VI), estableciendo la tendencia de los consumidores hacia opciones más dulces, como M1 y M2.

CONCLUSIÓN

Los resultados evidenciaron que la proporción de jalea fue un factor estadísticamente significativo sobre los parámetros fisicoquímicos de los yogures. Paralelamente, se encontró que el tipo de edulcorante afectó principalmente en las propiedades sensoriales. Al respecto, se observó los yogures desarrollados presentaron gran aceptabilidad global, en especial las formulaciones 1 y 2 elaboradas con azúcar en cuanto a sabor y las formulaciones 1 y 3 en cuanto a textura. Así, el uso de menores cantidades de jalea y el uso de azúcar como edulcorante se constituyen como los ingredientes de mayor interés para la formulación de un producto aceptable sensorialmente para el consumidor.

BIBLIOGRAFÍA

- Amaya Ortiz, Á. M. (2016). *Elaboración de una bebida láctea fermentada enriquecida naturalmente con ácidos grasos esenciales* [Universidad Nacional de Colombia]. <http://www.bdigital.unal.edu.co/52991/1/angelamarlenamayaortiz.2016.pdf>
- AOAC International. (1990). AOAC: Official Methods of Analysis. *Chemical and Functional Properties of Food Saccharides*, 1 (Volume 1), 73–80. <https://doi.org/10.7312/seir17116-004>
- Ares, G., & Jaeger, S. R. (2015). 11-Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: Experimental considerations and impact on outcome. In *Rapid Sensory Profiling Techniques and Related Methods: Applications in New Product Development and Consumer Research* (pp. 227–245). Woodhead Publishing Series. <https://doi.org/10.1533/9781782422587.2.227>
- Baglio, E. (2014). The Modern Yoghurt: Introduction to Fermentative Processes. In *Chemistry and Technology of Yoghurt Fermentation* (pp. 1–23). https://doi.org/10.1007/978-3-319-07377-4_1
- Carranza Sierra, M. A. (2019). *Evaluación de la efectividad de diferentes cultivos de microorganismos para la reducción de lactosa en el yogur*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/45381>
- Charoenrein, S., Tatirat, O., & Muadklay, J. (2008). Use of centrifugation-filtration for determination of

- syneresis in freeze-thaw starch gels. *Carbohydrate Polymers*, 73, 143–147. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.11.012>
- Clark, S., Michael, M., & Schmidt, K. A. (2019). Rheological Properties of Yogurt: Effects of Ingredients, Processing and Handling. In *Rheology of Semisolid Foods* (pp. 203–229). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27134-3_7
- CODEX. (2019). *Codex Alimentarius. Norma General Para Los Aditivos Alimentarios Codex Stan 192-1995*. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-1995>
- CODEX. (2020). *Codex Alimentarius. Norma Para Las Confituras, Jaleas y Mermerladas CXS 296-2009*. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-2009>
- Cueva Castillo, O. A. (2003). *Elaboración de yogur firme sabor fresa*. Zamorano.
- FAO. (2019). *Alimentación: pasando de pérdidas a soluciones*. <http://www.fao.org/colombia/noticias/detail-events/en/c/1238132/>
- Freitas, M. (2017). The Benefits of Yogurt, Cultures, and Fermentation. In *The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology: Implications for Human Health, Prebiotics, Probiotics, and Dysbiosis*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804024-9.00024-0>
- Gawai, K. M., Mudgal, S. P., & Prajapati, J. B. (2017). Chapter 3. Stabilizers, colorants, and exopolysaccharides in yogurt. In *Yogurt in Health and Disease Prevention* (pp. 49–68). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805134-4.00003-1>
- Hernández, G. y, & Salazar, M. (2017). *Efecto de las betalainas y fenoles solubles totales de pitahaya (Hylocereus polyrhizus) como antioxidantes en yogur* [Universidad Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6060/1/AGI-2017-029.pdf>
- ICA. (2019). *Pitahaya amarilla colombiana, admitida en el mercado argentino*. <https://www.ica.gov.co/noticias/pitahaya-colombiana-admitida-argentina>
- ICONTEC. (2006). *NTC-805 Productos Lácteos. Leches Fermentadas*. file:///C:/Users/PROBOOK/Downloads/NORMA_TECNICA_NTC_COLOMBIANA_805.pdf
- Li, H., Liu, T., Zou, X., Yang, C., Li, H., Cui, W., & Yu, J. (2021). Utilization of thermal-denatured whey protein isolate-milk fat emulsion gel microparticles as stabilizers and fat replacers in low-fat yogurt. *Lwt-Food Science and Technology*, 150(112045). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112045>
- Muñoz Ureña, H. A. (2021). *Avances legislativos sobre prevención y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*. FAO Estudio Legislativo N° 116. Roma, FAO. <https://www.fao.org/3/cb2889es/cb2889es.pdf>
- Perfetti, J. J., Balcazar, Á., Hernández, A., & Leibovich, J. (2013). *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia* (1st ed.). Fedesarrollo, Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC). <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/61>
- Prajapati, M. D., Shrigod, M. N., Prajapati, J. R., & Pandit, D. P. (2016). Textural and Rheological Properties of Yoghurt : A Review. *Advances in Life Sciences*, 5(13), 5238–5354.
- Ruiz Güiza, J. P., & Heredia Avella, M. (2017). *Evaluación del efecto sobre la vida útil del uso de Stevia rebaudiana bertonii como edulcorante en una bebida a base de avena*. 1–81. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/80/
- Santillán, E., & Vélez, J. F. . (2019). Evaluación de propiedades fisicoquímicas y físicas de dos alimentos lácteos (yogur y queso) enriquecidos con nanopartículas de Ca , Fe y Zn Resumen Introducción. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales.*, 5(2), 108–115.
- Torres Grisales, Y., Melo Sabogal, D. V., Torres-Valenzuela, L. S., Serna-Jimé Nez, J. A., & Sanín Villarreal, A. (2017). Evaluation of bioactive compounds with functional interest from yellow pitahaya (Selenicereus megalanthus haw). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 70(3), 8311–8318. <https://doi.org/10.15446/rfna.v70n3.66330>
- Trujillo Daza, L. T. (2020). *Diseño de un producto lácteo (yogur) con disminución en la concentración de azúcar a partir de una aproximación multiescala*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/43796>
- Verona Ruiz, A., Urcia Cerna, J., & Paucar Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (Hylocereus spp.): Culture,

physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439–453. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>

Zainoldin, K.H, & Baba, A. S. (2009). The Effect Of *Hylocereus Polyrhizus* And *Hylocereus Undatus* On Physicochemical, Proteolysis, And Antioxidant Activity In Yogurt. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 60, 361–366.