

Efecto de la inclusión de hojas de amaranto (*Amaranthus dubius*) en las propiedades de un yogurt frutado

Effect of the inclusion of amaranth leaves (*Amaranthus dubius*) on the properties of a fruity yogurt

DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.25>

Artículo de Investigación Científica. Fecha de Recepción: 08/02/2021. Fecha de Aceptación: 05/03/2021.

Yair García Pacheco 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
ygarciapacheco@mail.uniatlantico.edu.co

Lourdes Isabel Meriño Stand 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
lourdesmerino@mail.uniatlantico.edu.co

Nuris Morales Pinto 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
nurismorales@mail.uniatlantico.edu.co

Maria Alicia Cassiani-Obeso 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
maco-122010@hotmail.com

Linda Margarita Alcalá-Botero 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
lindamargui@hotmail.com

Para citar este artículo:

Y. García Pacheco, L. Meriño Stand, N. Morales Pinto, M. Cassiani-Obeso & L. Alcalá-Botero, “Efecto de la inclusión de hojas de amaranto (*Amaranthus dubius*) en las propiedades de un yogurt frutado”, *INGECUC*, vol. 17. no. 1, pp. 340–350. DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.25>

Resumen

Introducción— El *Amaranthus dubius* es una planta herbácea de alto valor nutricional gracias a su alto tenido de proteína, vitaminas y minerales. Su aprovechamiento agroindustrial representa una alternativa alimenticia, para lo cual es necesario conocer los parámetros de proceso y las concentraciones de uso como materia prima para la elaboración de un yogurt.

Objetivo— Evaluar el efecto de la inclusión de harina de hojas de amaranto sobre las propiedades de un yogurt frutado con pulpa de guanábana (*Annona muricata* L.).

Metodología— Se diseñó el proceso productivo, incorporando el bledo en forma de harina. Se determinó el tiempo para la humedad en equilibrio a 65°C, se ajustó la curva al modelo de Page y se establecieron cuatro tratamientos (P, T1, T2, y T3), con concentraciones de bledo de 0%, 10%, 15% y 20% respectivamente. Se formuló un DCA (diseño completamente al azar). Para evaluar el efecto de la adición de harina, sobre las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales del yogurt frutado.

Resultados— Se alcanzó la humedad en equilibrio a las 3h, con constantes del modelo de page (C: 0.9585; K: 0.0133 y n: 2.2830). Se evidenció que el bledo mejoró el perfil proteico de las muestras de yogurt. Además, la formulación T3 presentó el contenido más alto de proteína (7.93%), así como la vitamina C (0.15%), acidez (0.84%) y pH (4.21%). Las formulaciones con adición de bledo presentaron una aceptación menor por parte del panel sensorial.

Conclusiones— La incorporación en el yogurt de 20% de harina de hojas de amaranto permitió incrementar en 6.21% el contenido de proteína, aunque deben mejorarse las propiedades sensoriales.

Palabras clave— Secado; bledo; harina; proteína; propiedades nutricionales; alimentos

Abstract

Introduction— The *Amaranthus dubius* is a herbaceous plant with high nutritional value thanks to its high content of protein, vitamins and minerals. Its agro-industrial use represents a food alternative, for which it is necessary to know the process parameters and the concentrations of use as raw material for the elaboration of a yogurt.

Objective— To evaluate the effect of the inclusion of amaranth leaf flour on the properties of a fruity yogurt with soursop pulp (*Annona muricata* L.).

Methodology— The production process was designed, incorporating the piglet in the form of flour. The time for humidity in equilibrium at 65°C was determined, the curve was adjusted to the Page model and four treatments were established (P, T1, T2, and T3), with piglet concentrations of 0%, 10%, 15% and 20% respectively. A DCA (completely randomized design) was formulated, to evaluate the effect of the addition of flour, on the physicochemical, nutritional and sensory properties of fruity yogurt.

Results— Equilibrium humidity was reached at 3h, with page model constants (C: 0.9585; K: 0.0133 and n: 2.2830). It was evidenced that pigtail improved the protein profile of the yogurt samples. In addition, the T3 formulation presented the highest protein content (7.93%), as well as vitamin C (0.15%), acidity (0.84%) and pH (4.21%). The formulations with the addition of milkweed showed a lower acceptance by the sensory panel.

Conclusions— The incorporation of 20% amaranth leaf flour into the yogurt made it possible to increase the protein content by 6.21%, although the sensory properties should be improved.

Keywords— Dried; blend; flour; protein; nutritional properties; food

I. INTRODUCCIÓN

Organismos internacionales como la FAO y el Programa Mundial de Alimentos, se encuentran realizando de forma constante investigaciones orientadas al desarrollo de nuevas fuentes alimenticias, de tal manera que representen alternativas ante problemas de escasez o poco acceso a los alimentos, que atraviesan una gran parte de la población mundial [1], [2]. Así mismo, destacándose los estudios de materias primas con altas propiedades nutricionales para la producción de alimentos de bajo costo, como el amaranto o bledo (*Amaranthus dubius* Mart. ex. Thell.). Esta es una planta herbácea de amplio crecimiento en regiones tropicales y subtropicales, que se encuentra distribuido en Europa, Asia, África, y Suramérica, donde usualmente es considerado como una maleza de cultivos de maíz, sorgo y legumbres, siendo controlado su crecimiento usando herbicidas o erradicación manual debido a la falta de conocimiento de la misma [1], [3].

Por otra parte, el bledo posee un alto valor nutricional teniendo en su composición aporte del 26,34% de proteína [3]. Además, cuenta con un óptimo equilibrio de aminoácidos incluyendo la lisina esencial para la salud humana. También, contiene una alta concentración de minerales como el hierro y calcio [4], [2], [5], [6]; así como compuestos bioactivos [7], que generan efectos positivos en la salud o disminuyen el riesgo de sufrir enfermedades específicas. Por lo cual, se considera al bledo un alimento funcional [8], [9]. Se debe agregar que, su utilización se ha valorizado en los últimos años, aprovechando las hojas y el grano para la alimentación humana y animal [5]. Así mismo, utilizaron la harina de amaranto cruda e integral en la elaboración de pastas alimenticias con muy buenos resultados en las características sensoriales y nutricionales. De igual modo, los estudios llevados a cabo por M. Tamsen [10], quienes utilizaron el bledo (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en la preparación de la masa, la pasta de pollo y las capas de nuggets de pollo. A. Chauhan [11], determinaron el efecto que tiene la elaboración de galletas con harina de amaranto cruda y germinada (*Amaranthus* spp.) encontrándose una alta calidad nutricional en los productos. Sin embargo, muy pocos estudios han investigado el potencial del bledo para complementar los productos lácteos fermentados.

El yogurt es uno de los productos lácteos fermentados más populares en todo el mundo [12]. Este alimento presenta gran aceptación por parte del consumidor debido a sus características sensoriales y por su alta densidad nutricional, siendo fuente de minerales, vitaminas y proteínas de alta calidad [13]. Además, se le atribuye ciertas propiedades funcionales como la disminución del colesterol, estabilización de la microflora, y reducción del riesgo de algunos tipos de cáncer [14], [13], [15], [16]. Por otro lado, el consumidor actual opta por alimentos cuya principal característica sea composición 100% natural, seguido de su aceptabilidad sensorial y física [7]. Entro de esta gran variedad de productos se destacan los yogures frutados, que además de producir efectos benéficos a la salud por ser probióticos, presentan las propiedades nutricionales de la fruta, como vitaminas y minerales. Así mismo, la guanábana (*Annona muricata* L.) es una fruta que posee una gran aceptación por la mayoría de los colombianos para el consumo de su pulpa en jugos, mermeladas y en fresco. Gracias a sus propiedades funcionales constituye una buena alternativa para el tratamiento del cáncer gástrico y gastrointestinal en muchos países del mundo [8].

Por lo anteriormente expuesto, es relevante el estudio de una alternativa de valorización del bledo (*Amaranthus dubius* Mart. ex. Thell.) y la guanábana, de manera que se establezcan la técnica y metodología para aprovechar su calidad nutricional, con el fin de obtener un producto destinado a la alimentación humana.

II. REVISIÓN LITERARIA

A. Bledo (*Amaranthus dubius* Mart. ex. Thell)

Es una planta perteneciente a la familia *Amarantaceae* del género *Amaranthus*, conocida también como bledo, amaranto o pira, la cual tiene más de 70 especies distribuidas en zonas tropicales. En Colombia, una de las especies de amaranto más abundante es el *Amaranthus dubius* Mart. ex. Thell. y aun con su abundante disponibilidad y valor nutricional que posee es considerada comúnmente como una maleza [1], [3].

El amaranto o bleo se conoce como pseudocereal, por producir semillas del tipo de los cereales, cuyo aprovechamiento puede ser integral; se consumen sus semillas como cereal y sus hojas y tallos como verduras. Las hojas usualmente se consumen como ensalada o hervidas, formando parte de sopas y otras preparaciones, son altamente nutritivas en cuanto al contenido de minerales, proteínas y fibra [4], [2].

B. Beneficios del yogurt.

Desde el punto de vista nutricional, el yogurt podría compararse con la leche. Sin embargo, las bacterias lácticas constituyentes del yogurt y los productos resultantes de su fermentación le otorgan una calidad nutricional que lo caracterizan. Este es rico en calcio, vitaminas, minerales y proporciona proteínas de alta calidad. Las características finales de este producto y su calidad nutricional dependen en gran medida del cultivo láctico empleado, la temperatura de incubación y la composición de la leche [6], [13].

El yogurt es considerado un alimento funcional debido a que proporciona múltiples beneficios para la salud humana, por un lado, la cantidad de ácido láctico que contiene favorece el crecimiento de la flora gastrointestinal benéfica e impide el desarrollo de las bacterias malignas en el mismo, también aumenta los movimientos peristálticos facilitando el tránsito intestinal [13], [14]. Además de que suministra nutrientes, energía y aporta una mejora fisiológica porque contribuye a la prevención de enfermedades. Actualmente, se están realizando varios estudios sobre el efecto protector del yogurt frente a determinados tipos de cáncer [15], [16].

C. Frutado en el yogurt

El yogurt tiene una gran popularidad y su consumo ha experimentado un incremento representativo en los últimos años. Esta tendencia precisa que la industria láctea desarrolle nuevas variedades de yogurt que cumpla con las necesidades y exigencias de los consumidores, como los adicionados con cereales y frutas, bajos en grasa, o los saborizados [16].

El uso de aditivos en la elaboración del yogurt tiene como finalidad incrementar su consumo al mejorar el sabor de esta bebida, los agregados más comunes encontrados son las mermeladas, café, avena, avellanas, almendras y chocolate. En particular, el frutado del yogurt permite mejorar las características sensoriales, el incremento de la viscosidad y consistencia gracias a la pectina y azúcar presente en la mermelada [13]. Las frutas más utilizadas en las industrias lácteas para dar sabor a los yogures son la fresa, mora y melocotón, por ser frutas con alta aceptación debido a su agradable sabor.

III. METODOLOGÍA

A. Producción de la harina de bleo

En la investigación se utilizaron las hojas de bleo (*Amaranthus dubius* Mart. ex. Thell.). Las cuales fueron recolectadas de una siembra experimental ubicada en la ciudad de Barranquilla, departamento del Atlántico, Colombia. Estas se seleccionaron según su tamaño, textura y color. Luego, se realizó la limpieza y desinfección de las hojas y se le removió el exceso de humedad, para posteriormente ser sometidas a un proceso de secado a 65°C en un deshidratador de bandejas por convección a una velocidad de entrada de aire fija de 10 m/s (modelo FD115, 150 kg de carga máxima o 30 kg por bandeja, 116 L de volumen interior. Binder, Alemania). Las hojas fueron pesadas antes y durante el proceso a intervalos fijos de 15 minutos con el objetivo de conocer la pérdida de humedad. Los datos obtenidos se simularon en una curva de secado para la cual se determinó la razón de humedad en base seca, adimensional (Ψ), de acuerdo con (1) [17].

$$\Psi = \frac{w - w_e}{w_o - w_e} \quad (1)$$

Dónde w : humedad determinada en el instante t (g/g); w_e : humedad de equilibrio (g/g), definida como la humedad a partir de la cual la desviación de peso de la muestra fue menor al 5%

y w_0 : humedad inicial (g/g), determinada por el método AOAC 967.19 [17]. Se empleó el modelo de Page (2):

$$\Psi = C_e^{-Kt^n} \quad (2)$$

Dónde C, K y n son parámetros del modelo.

Una vez las hojas estuvieron secas, fueron molidas y pasadas por un tamiz No. 80 con una malla de 180 μm hasta obtener un polvo fino. Finalmente, la harina fue empacada en bolsas de polietileno con cierre hermético y se almacenaron hasta el día de la prueba a temperatura ambiente y protegidas de la luz directa.

B. Obtención de la mermelada de guanábana.

Las guanábanas utilizadas en este estudio fueron adquiridas en estado de madurez de consumo en una cadena de supermercados de Barranquilla, Atlántico. Se verificó que estas no presentaran daños físicos (magulladuras, cortes) causados por plagas o patógenos. La mermelada se elaboró teniendo en cuenta el método descrito [18].

Las guanábanas previamente lavadas, se les extrajo las semillas y se licuó la pulpa durante 2 minutos a velocidad media de 2000 rpm. Posteriormente, el zumo obtenido se pasó por un colador con malla de 600 μm y se procedió al pesaje de ingredientes, siguiendo la formulación de la Tabla 1. A continuación, se agregó ácido cítrico al zumo hasta que alcanzó un pH de 3.5 teniendo en cuenta la NTC 285 y se realizó la cocción del zumo con el azúcar mezclado uniformemente con la pectina y el sórbato de potasio, hasta que la mezcla alcanzó los 65 grados Brix. Finalmente, se envaso el producto en frascos de vidrio previamente esterilizados y se almacenaron en refrigeración a 5°C hasta el día de la prueba [19].

TABLA 1. FORMULACIÓN DE LA MERMELADA DE GUANÁBANA.

Ingredientes	Proporción (%)
Zumo de guanábana	48.4
Azúcar blanca	50
Pectina de alto metóxilo	1
Ácido cítrico	0.55
Sorbato de potasio	0.05

Fuente: Autores.

C. Proceso para la elaboración del yogurt

Para la obtención del yogurt, se partió de leche entera comercial, adquirida en un supermercado local de la ciudad de Barranquilla, Atlántico. Se llevó a cabo el procedimiento que se describe a continuación [19].

- *Calentamiento.* Se elevó la temperatura de la leche hasta alcanzar 40°C - 45°C, la cual es óptima de crecimiento para las bacterias lácticas empleadas en este estudio [8].
- *Inoculación.* La leche se puso en contacto con un cultivo puro de *Streptococcus termophilus* y *Lactobacillus bulgáricus* (Cepas comerciales AMEREX® en concentración de 7,5 x 10⁷ ufc/ml) en iguales cantidades, en una proporción de 2%.
- *Incubación.* La leche se incubó a una temperatura entre 40°C - 45°C durante 4 horas y se depositó en recipientes.
- *Agitación lenta.* Se realizó cuando el yogurt tuvo una acidez de 0.85% y se observó que el coagulo se mantuviera firme.
- *Refrigeración.* El yogurt se enfrió rápidamente a 4°C-5°C, con el objetivo de detener la acidificación.

- *Mezclado.* Inicialmente se agregó la mermelada de guanábana al yogurt (muestra patrón). Luego se adicionó la dilución de la harina de bleo manteniendo la agitación constante hasta que se incorporó completamente en el yogurt. Siguiendo las formulaciones que se describen en la [Tabla 2](#).
- *Envase.* El yogurt se envasó inmediatamente después de la agitación en frascos de plástico con tapa.
- *Almacenamiento.* El producto obtenido se llevó a refrigeración manteniendo una temperatura de 4°C-5°C.

TABLA 2. FORMULACIÓN DE LOS YOGURES CON INCLUSIÓN DE HARINA DE BLEO Y MERMELADA DE GUANÁBANA (%).

Ingredientes	P Control Sin dilución	T1 En relación 10 bleo: 90 agua	T2 En relación 15 bleo: 85 agua	T3 En relación 20 bleo: 80 agua
Yogurt	80	70	70	70
Mermelada de guanábana	20	20	20	20
Harina diluida de bleo	0	10	10	10

Fuente: Autores.

D. Análisis físicoquímicos y bromatológicos.

Para determinar los sólidos solubles se utilizó un refractómetro de acuerdo con el método 932.12 de la A.O.A.C [20]. La humedad por el método A.O.A.C. 16.032 [20], la proteína por el método Kjeldahl de la AOAC 12.1.07 [20], la acidez según la NTC 4978 de 2001 [21], el pH tomando como base la NTC 1419 (2004) [21]. La vitamina C se determinó por el método yodométrico según la metodología propuesta por D. Harris, utilizando yodo como agente oxidante y almidón como indicador [22]. El % de vitamina C se determinó tal como se expresa en (3).

$$\% \text{ de vitamina C} = \frac{V_1 * N * mEq}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \quad (3)$$

E. Análisis sensorial

Se evaluó la preferencia y aceptación del yogurt frutado con la incorporación del bleo teniendo en cuenta las características cualitativas tales como sabor, textura, color y calidad global. Para esta última, el consumidor debía realizar un promedio de los criterios mencionados anteriormente.

Se aplicó una prueba a pequeños grupos de consumidores a un grupo de 30 panelistas no entrenados, estudiantes de la Universidad del Atlántico, con un rango de edad de 19 a 30 años y de ambos sexos. Se entregó a cada panelista cuatro muestras de yogurt codificadas aleatoriamente correspondientes a cada formulación y se suministró una encuesta con una escala hedónica de cinco puntos (1 = me disgusta mucho y 5 = me gusta mucho) [23], teniendo en cuenta las características mencionados anteriormente. Los resultados obtenidos de esta prueba se analizaron determinando el porcentaje de aceptación entre los panelistas.

F. Diseño de experimentos y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo unifactorial categórico con cuatro niveles correspondientes a los cuatro tratamientos: un yogurt patrón (P) y tres yogures con inclusión de bleo, 10% (T1), 15% (T2) y 30% (T3). Los datos obtenidos en este estudio se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de promedios utilizando la prueba de Tukey, con una confiabilidad del 95%. Estos valores se analizaron a través del software estadístico Statgraphics® Centurión XV.

Para la curva de secado del bledo, el cálculo de los parámetros de la ecuación 2 y sus respectivos valores de desviación estándar se hizo por ajuste de mínimos cuadrados no lineales utilizando el software Python 3.5.1 (Python Software Foundation, Wilmington, DE).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Curva de secado de las hojas de bledo

La cinética del secado de las hojas de bledo se vio influenciada por dos factores directamente proporcionales: la temperatura y el tiempo [17]. Este último se redujo notablemente debido al bajo contenido de agua libre de la hoja y al ser sometido a temperatura de 65°C se produjo una pérdida de humedad acelerada, disminuyendo el tiempo que se necesita para alcanzar el equilibrio. Es importante resaltar que la pérdida de humedad fue mayor al inicio del proceso siendo de 13.7 g en los primeros 15 minutos, luego disminuyó gradualmente hasta 0.85 g en 15 minutos. La [Tabla 3](#) presenta los valores correspondientes a los parámetros para el modelo de Page, con los cuales se modeló el secado del bledo calculado a 65°C. El modelo se ajustó a los datos experimentales, en la [Fig. 1](#) se muestra la simulación del secado a la temperatura establecida a través del modelo de Page, donde se incluyó una línea de tendencia directa, que muestra la pérdida de humedad rápida consecuyente con los tiempos que alcanzó la hoja para llegar a la humedad en equilibrio.

TABLA 3. PARÁMETROS DEL MODELO DE PAGE CALCULADOS PARA DATOS DE SECADO DE AMARANTHUS DUBIUS A 65 °C

Harina de bledo (Amaranthus dubius Mart. ex. Thell.)	Tratamiento	Parámetros del modelo de Page (Ec. 2)		
		C	K	n
	65° C	0.9551 ± 0.0237	0.4573 ± 0.0005	2.283 ± 0.1923

Fuente: Autores.

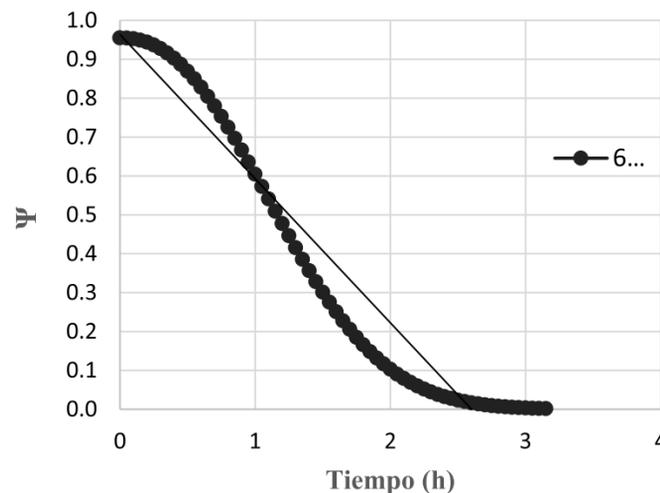


Fig. 1. Curvas de secado de las hojas de Amaranthus dubius Mart. ex. Thell.
Nota: los puntos corresponden a los datos experimentales y las líneas al modelo matemático.

Fuente: Autores.

B. Análisis proximal

Los resultados del análisis proximal de las muestras de yogurt evaluadas se presentan en la [Tabla 4](#). Los valores obtenidos para los grados Brix variaron en un rango de 20.5% ± 0.1% a 26.3% ± 0.2%, la muestra patrón presentó el valor más alto, no se presentaron diferencias significativas en los grados Brix entre las formulaciones de T1, T2 y T3. No obstante, la formulación P presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto a las otras tres formulaciones, mostrando el porcentaje de sólidos solubles más alto con 26.3% ± 0.2%. Esto se atribuye a que las muestras T1, T2 y T3 se les incorporó la harina diluida de bledo en agua lo que produjo la disminución de la concentración de los sólidos solubles de los yogures [24].

TABLA 4. ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS CUATRO FORMULACIONES DE YOGURES EVALUADOS.

Parámetro	Tratamientos			
	P	T1	T2	T3
Grados Brix (%)	26.3 ± 0.2a	20.7 ± 0.1bc	20.9 ± 0.05b	20.5 ± 0.1c
Humedad (%)	74.33 ± 0.07a	76.25 ± 0.08b	76.01 ± 0.03c	76.17 ± 0.02b
Acidez (%)	0.76 ± 0.01a	0.80 ± 0.01b	0.83 ± 0.01c	0.84 ± 0.01c
pH	4.04 ± 0.01a	4.13 ± 0.01b	4.18 ± 0.00c	4.21 ± 0.00d
Proteína (%)	1.72 ± 0.01a	3.86 ± 0.01b	5.34 ± 1.74b	7.93 ± 0.00c
Vitamina C (%)	0.11 ± 0.01a	0.10 ± 0.00a	0.07 ± 0b	0.15 ± 0.01c

Nota: Resultados reportados como media y desviación estándar para n = 3. Los valores con letras diferentes en la misma fila presentaron diferencias estadísticas (P < 0.05).

Fuente: Autores.

F. Santana et al., reportaron un equivalente de 14.49 grados Brix para un yogurt natural de leche de vaca [24], valor inferior a los encontrados en este estudio (20.5°Brix a 26.3°Brix), a razón de la adición de mermelada de guanábana en las muestras, la cual posee una concentración de sólidos solubles de 65°Brix. Lo que finalmente provocó que el resultado de grados Brix en los yogures resultara alto [25].

El contenido de humedad encontrada en los yogures fue de 74.33% ± 0.07%, para la muestra P y 76.25% ± 0.08%, 76.01. ± 0.03% y 76.17% ± 0.02%, para las muestras T1, T2 y T3 respectivamente, la muestra T3 presentó el valor más alto. De acuerdo a la National Nutrient Database for Standard Reference [26], el porcentaje de humedad del yogurt natural debe ser 87.90%. Sin embargo, los resultados encontrados en este estudio fueron inferiores, dado que las muestras analizadas de acuerdo a la formulación se les adicionaron otros componentes que provocaron el aumento del contenido de sólidos y por consiguiente la reducción del porcentaje de humedad [27].

F. Coskun y L. Karabulut [28] reportaron un contenido de humedad entre 77.4 y 82.6% para un yogurt suplementado con harina de quinua en 1, 3 y 5%. Asimismo, R. Parra, obtuvo valores correspondientes a 78.20% de humedad en un yogurt suplementado con concentrado de rubas (*Ullucus tuberosus*) [16]. En ambos estudios encontraron valores similares a los porcentajes de humedad determinadas en este.

La acidez presentó valores promedio para las muestras P, T1, T2 y T3 de 0.76% ± 0.01%, 0.80% ± 0.01%, 0.83% ± 0.01% y 0.84% ± 0.01% respectivamente. La prueba de comparaciones múltiples de Tukey denota que la formulación T3, la cual contenía la mayor proporción de harina de bleo (*Amaranthus dubius* Mart. ex. Thell) registró un porcentaje de acidez superior y que T1 presentó la media más baja en cuanto a este factor. Este test también evidenció que la muestra P presenta diferencias significativas en comparación con los tratamientos T1, T2 y T3. A estos últimos se le incrementó el pH conforme a la cantidad de bleo adicionado.

Se identificó que los valores de acidez son similares a los identificados en otra investigación [29], en donde se determinaron estas mismas propiedades en un yogurt incorporando varias especies de pulpa de Annona. La acidez presentó variaciones entre 0.80% hasta 1.10%, hallazgo similar a los encontrados en esta investigación, atribuyéndose este comportamiento a la fermentación residual continua en el almacenamiento refrigerado y a que las frutas proporcionan una disponibilidad mayor de fuentes de carbohidratos a la actividad metabólica de los cultivos iniciadores de yogur [29].

Para el pH se encontraron valores de 4.04 ± 0.01, 4.13 ± 0.01, 4.18 ± 0.00 y 4.21 ± 0.00 para las muestras P, T1, T2 y T3 respectivamente. El tratamiento 3 (T3) presentó un valor superior a las otras muestras, siendo el más cercano al punto isoeléctrico. Según Rodríguez y colaboradores [30], las moléculas de caseína pierden estabilidad en un rango de 5.3 y 5.2 de pH, pero su completa disminución ocurre entre 4.6 y 4.7 por efecto del punto isoeléctrico (alrededor de 1.0% de acidez expresada como porcentaje de ácido láctico), cifras de pH cercanas a las encontradas en el presente estudio.

En cuanto a los valores de proteína se obtuvo un comportamiento creciente en las diferentes formulaciones con adición de bleo (T1, T2 y T3), los cuales fueron de 3.86 ± 0.01%; 5.34 ± 1.74% y 7.93 ± 0.00% respectivamente. Esto se produce como consecuencia del aumento gradual de harina de bleo en las diferentes muestras de yogurt, que está directamente relacionado con las

propiedades nutricionales que aporta ésta planta. Los resultados encontrados coinciden con los reportados por C. Curti y colaboradores, en su estudio de suplementación de yogures con harina de quinua [31], donde se observa el mismo comportamiento, con valores entre 6.0% y 7.2% , es decir, a mayor concentración de harina, se obtiene mayor porcentaje de proteína.

Los resultados correspondientes a la vitamina C indican que la incorporación de la mermelada de guanábana en los yogures no incrementó el valor de la vitamina C, encontrándose medias comprendidas entre $0.07\% \pm 0.00\%$ hasta $0.15\% \pm 0.01\%$; estos valores tan bajos de vitamina C, se atribuyen a el efecto de la temperatura (aproximadamente 90°C) utilizadas para la preparación de la mermelada, ya que este nutriente es sensible a las altas temperaturas. De acuerdo a lo antes mencionado, se puede realizar una comparación con la investigación presentada por C. Investigadores de Perú [27], quienes elaboraron un producto a base de yogurt frutado con guayaba y enriquecido con hierro y vitamina C, para este último factor, el resultado fue de 0.34%, lo que se puede explicar teniendo en cuenta que en dicho estudio se agregó guayaba, una fruta que posee un contenido superior de vitamina C, que oscila entre 191.67 mg/100g y 214 mg/100g. Adicionalmente, la guayaba se adicionó recubierta con vitamina C en polvo y se sometió a deshidratación osmótica durante 5 horas a 30°C , temperatura inferior a la utilizada en el presente estudio, por lo cual las posibles pérdidas en los tratamientos térmicos fueron significativamente elevadas en el presente estudio [27].

En lo concerniente a la grasa se encontraron valores correspondientes para P, T1, T2 y T3, de $1.80\% \pm 0.1\%$, $1.63\% \pm 0.05\%$, $1.50 \pm 0.1\%$ y $1.43 \pm 0.05\%$ respectivamente. Al analizarse los valores de grasa, se encontró que no existen diferencias significativas en el contenido de grasa entre las formulaciones de T1 y T2 ni en T2 y T3. No obstante, la formulación de P si presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto a las otras tres formulaciones, arrojando el porcentaje de grasa más alto, mientras que la muestra T3 obtuvo la media más baja. Los valores de grasa hallados en esta investigación, se encuentran en el rango aceptable establecido por la NTC 805 [17]. Los resultados de la presente investigación fueron inferiores a los reportados [26] para un yogurt natural correspondiente al 3.25%. Por su parte al analizar el uso de β -glucano de la levadura de cerveza gastada como espesante en yogurt desnatado, se obtuvieron porcentajes de grasa inferior a 0.1 % para todas las formulaciones [8], la diferencia radica en que la investigación se utilizó leche de vaca desnatada en polvo como materia prima para elaborar el yogurt.

C. Análisis sensorial

Los atributos sensoriales de los yogures se muestran en la [Tabla 5](#). Para el sabor de los productos, las formulaciones T1, T2 y T3, obtuvieron un promedio de calificación, por parte del panel sensorial de 3.5 ± 0.90 , 2.86 ± 0.94 y 2.5 ± 1.04 respectivamente. Mientras que la muestra P alcanzó un promedio de 3.63 ± 0.81 de la opinión del panel, siendo esta la de mayor aceptación en cuanto al sabor. Se determinó así, que a medida que se aumentó la concentración de bledo en los yogures los panelistas apreciaban menos el sabor del producto; este hallazgo se puede atribuir al sabor herbal fuerte que le confiere la harina de bledo [32]. Con respecto a la consistencia, la muestra P posee la media más alta en la calificación de este parámetro con 3.23 ± 0.86 , mientras que el tratamiento T3 presentó la media más baja, correspondiente a 2.67 ± 0.92 . Los resultados son atribuibles a la proporción de harina de bledo incorporada, la cual presenta un comportamiento indirectamente proporcional con la aceptación de la consistencia de los yogures [32].

TABLA 5. ANÁLISIS DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES EVALUADOS A LAS FORMULACIONES DE YOGURT .

Características sensoriales	Tratamientos			
	P	T1	T2	T3
Sabor	$3.63 \pm 0.81a$	$3.5 \pm 0.90a$	$2.86 \pm 0.94b$	$2.5 \pm 1.04b$
Consistencia	$3.43 \pm 0.93a$	$3.23 \pm 0.86ab$	$3.03 \pm 0.89ab$	$2.67 \pm 0.92b$
Color	$4.20 \pm 0.76a$	$3.27 \pm 0.98b$	$2.93 \pm 0.91bc$	$2.53 \pm 0.86c$
Calidad Global	$3.80 \pm 0.61a$	$3.43 \pm 0.77ab$	$3.00 \pm 0.74bc$	$2.53 \pm 0.82c$

Nota: Resultados reportados como media y desviación estándar para $n = 3$. Los valores con letras diferentes en la misma fila presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Fuente: Autores.

En relación con el color, los valores obtenidos para cada una de las formulaciones fueron de 4.20 ± 0.76 , 3.27 ± 0.98 y 2.93 ± 0.91 y 2.53 ± 0.86 , la formulación P, fue la muestra de yogurt de mayor aceptación, al no contener harina, presentaba un color característico para yogurt natural. Los hallazgos permiten afirmar que cuanto mayor era la cantidad de harina de amaranto en las formulaciones, menores son los valores de aceptación para el color, ya que los yogures con adición de bleo fueron más oscuros que el control debido a los pigmentos verdes de la harina de hojas de bleo, lo cual produjo un efecto negativo sobre la aceptación del color [33].

Finalmente, para la calidad global, la calificación recibida a este atributo favoreció a la formulación patrón P, cuya valoración promedio fue de 3.80 ± 0.61 , superior a todas las muestras, por su parte las formulaciones T1 y T2 tuvieron valores 3.43 ± 0.77 y 3.00 ± 0.74 respectivamente y por último el tratamiento T3, el cual presentó una calificación promedio más baja de 2.53 ± 0.82 , al contener mayor proporción de harina incorporada [33].

V. CONCLUSIONES

El proceso de secado de las hojas de *Amaranthus dubius* a 65°C , siguen un comportamiento cinético similar al de los productos alimenticios de alto contenido de carbohidratos y poco esoso, ajustándose la curva al modelo de Page, consiguiendo la humedad en equilibrio a las 3h, con constantes del modelo de C : 0.9585; K : 0.0133 y n : 2.2830.

Los análisis fisicoquímicos y bromatológicos indican que el bleo (*Amaranthus dubius*) constituye una fuente de proteína vegetal alternativa de alto valor alimentario; debido a que esta generó un aporte significativo de 3.86%, 5.34% y 7.93% en cada una de las formulaciones de yogurt, resaltando el perfil proteico de la muestra T3, superior a los encontrados en los demás tratamientos, lo cual señala que, a mayor proporción de harina añadida, mejores porcentajes de proteína se obtienen. En cuanto al contenido de vitamina C, no se evidenciaron aportes significativos al yogurt, el resultado se atribuyó al efecto de las altas temperaturas utilizadas durante la preparación de la mermelada de guanábana (*Annona muricata* L). En lo que respecta a la acidez, humedad pH, y grasa se obtuvieron resultados esperados para un yogurt, a razón que los datos hallados cumplen con los lineamientos estipulados por la NTC 805 de 2005.

Las características organolépticas de las formulaciones mostraron una baja aceptación según la prueba sensorial realizada. Los resultados de esta prueba mostraron que los valores más altos de aceptabilidad en cuanto a preferencia de todos los atributos evaluados recayeron sobre los tratamientos P y T1. En contraste, la muestra T3 fue la menos apetecida por el panel.

REFERENCIAS

- [1] M. E. Tapia, *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*, 2 Ed. STGO, CH: FAO, 2000. Disponible en <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/3020>
- [2] I. Acevedo, O. Garcia, I. Acevedo & C. Perdomo, "Valor nutritivo del bleo (*Amaranthus* spp.) identificado en el municipio Morán, Estado Lara," *Agrollania*, vol. 4, pp. 77–94, 2019. Disponible en <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/agrollania/article/view/65>
- [3] L. Garcia-Parra, S. Ruiz, H. Mendoza & H. Pineda, "Utilización de *amaranthus dubius* (amaranthaceae) como alternativa alimentaria en cerdo criollo mestizado," *Recia*, vol. 2, no. 2, pp. 331–337, Jul. 2010. <https://doi.org/10.24188/recia.v2.n2.2010.312>
- [4] E. Olivares & E. Peña, "Bioconcentración de elementos minerales en *Amaranthus Dubius* (bleo, pira), creciendo silvestre en cultivos del Estado Miranda, Venezuela, y utilizado en alimentación," *Interciencia*, vol. 34, no. 9, pp. 604–611, 2009. Recuperado de <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/604-OLIVARES-8.pdf>
- [5] V. S. Vedia-Quispe, P. D. Gurak, S. K. Espinoza & J. A. Ruano-Ortiz, "Calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial de tallarines producidos con sustitución parcial de sémola de trigo por harina de amaranto," *renhyd*, vol. 20, no. 3, pp. 190–197, 2016. <https://doi.org/10.14306/renhyd.20.3.215>
- [6] O. X. Torres, A. F. Vallejos & J. M. Castañeda, "Productos a base de amaranto como alternativas nutricionales para la lonchera escolar y su importancia en el desarrollo infantil," *Holopraxis*, vol. 1, no. 2, pp. 117–139, Dec. 2017. Disponible en <https://revistaholopraxis.com/index.php/ojs/article/view/19>
- [7] K. Montero, E. Molina & A. Sánchez, "Composición química del *Amaranthus dubius*: una alternativa para la alimentación humana y animal Chemical composition of *Amaranthus dubius*: an alternative for human and animal feeding," *Rev Fac Agron*, vol. 28, no. 1, pp. 619–627, Nov. 2011. Disponible en <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27033>

- [8] V. D. Capriles And J. A. G. Arêas, “Avaliação da qualidade tecnológica de snacks obtidos por extrusão de grão integral de amaranto ou de farinha de amaranto desengordurada e suas misturas com fubá de milho,” *BJFT*, vol. 15, no. 1, pp. 21–29, 2012. Disponível em <http://bjft.ital.sp.gov.br/>
- [9] K. C. Montero-Quintero¹, R. Moreno-Rojas, E. A. Molina, M. S. Colina-Barriga & A. B. Sánchez-Urdaneta, “Efecto del consumo de panes integrales con amaranto (*Amaranthus dubius* Mart; ex Thell.) sobre la respuesta glicémica y parámetros bioquímicos en ratas Sprague dawley,” *Nutr Hosp*, vol. 31, no. 1, pp. 313–320, 2015. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7695>
- [10] M. Tamsen, H. Shekarchizadeh & N. Soltanzadeh, “Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties,” *LWT - Food Sci Technol*, vol. 91, pp. 580–587, May 2018. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.001>
- [11] A. Chauhan, D. C. Saxena & S. Singh, “Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour,” *LWT - Food Sci Technol*, vol. 63, no. 2, pp. 939–945, Oct. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115>
- [12] F. Zare, J. I. Boye, V. Orsat, C. Champagne & B. K. Simpson, “Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour,” *Food Res Int*, vol. 44, no. 8, pp. 2482–2488, Oct. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.002>
- [13] N. Babio, G. Mena-Sánchez & J. Salas-Salvadó, “Más allá del valor nutricional del yogur: ¿un indicador de la calidad de la dieta?,” *Nutr Hosp*, vol. 34, no. 4, pp. 26–30, 2017. Disponible en <https://www.nutricionhospitalaria.org/magazines/magazines>
- [14] R. A. Parra, “Yogur en la salud humana,” *Rev Lasallista Investig*, vol. 9, no. 2, pp. 162–177, 2012. Disponible en <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/969>
- [15] L. A. Moreno, P. Cervera, R. Ortega, J. Díaz, E. Baladia, J. Basulto, S. Bel, I. Iglesia, A. López-Sobaler, M. Manera, E. Rodríguez, A. Santaliestra, N. Babio & J. Salas-Salvadó, “Evidencia científica sobre el papel del yogur y otras leches fermentadas en la alimentación saludable de la población española,” *Nutr Hosp*, vol. 28, no. 6, pp. 2039–2089, 2013. Disponible en <https://www.nutricionhospitalaria.org/magazines/magazines>
- [16] R. Parra, “Utilization of Rubas (*Ullucus Tuberosus*) As an Alternative in the Preparation and Characterization of Yogurt,” *Temas Agrar*, vol. 20, no. 1, pp. 91–103, 2015. Disponible en <https://biblat.unam.mx/es/revista/temas-agrarios/articulo/uso-de-rubas-ullucus-tuberosus-en-la-elaboracion-y-caracterizacion-de-yogur>
- [17] Y. E. García-Pacheco, M. Prieto & C. Fuenmayor, “Cinética, modelación y pérdidas de carotenoides para el secado de ahuyama (*Cucurbita moschata*) en cubos,” *Agron Colomb*, vol. 34, no. 1, pp. S574–S576, 2016. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/issue/archive>
- [18] M. José & R. Muñoz, *Desarrollo de una jalea de guanábana (*Annona Muricata* L.) con polidextrosa*. UIO, PE: USFQ, 2012. Disponible en <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3638>
- [19] O. García G. & I. Ochoa, *Procesamiento de kumis y yogurt: Preparación de yogurt*, Cartilla No. 2. BO, CO: SENA, 2011. Disponible en <https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll22/id/397/>
- [20] AOAC, *Official Method of Analysis Association of Analytical Chemists*, 19 ed. WA, USA: AOAC, 2012.
- [21] *Métodos de Ensayo Productos Alimenticios*, ICONTEC, 2004. Disponible en <https://www.icontec.org/>
- [22] D. C. Harris, *Análisis químico cuantitativo*, 3 Ed. BAR, ES, 2003.
- [23] J. Lim, “Hedonic scaling: A review of methods and theory,” *Food Qual Prefer*, vol. 22, no. 8, pp. 733–747, Dec. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.05.008>
- [24] F. S. Vianna, A. C. V. da Cruz, B. Costa-Lima, A. P. Salim, C. Fasura, M. Pereira, P. Panzenhagen, R. Rachid, R. M. Franco, C. A. Conte-Junior & A. C. de Oliveira, “Milk from different species on physicochemical and microstructural yoghurt properties,” *Cienc Rural*, vol. 49, no. 6, pp. 1–15, 2019. <https://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180522>
- [25] L. A. Jiménez, L. Barrientos & E. Albarrán, “Desarrollo y evaluación de un yogurt bebible adicionado de extracto liofilizado de *Justicia spicigera* como colorante natural,” *e-CUCBA*, vol. 10, no. 9, pp. 25–34, Dec. 2018. <https://doi.org/10.32870/e-cucba.v0i9.101>
- [26] USDA, *Food Search*. [online]. Available: <https://www.usda.gov/>
- [27] C. Hidalgo, “Elaboración de un producto nutritivo a base de yogurt afrutado con psidium guajava (guayaba) enriquecidos con hierro y vitamina C,” *trabajo final licenciatura*, UNIAP, IQT, PE, 2017. Disponible en <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4714>
- [28] F. Coskun & L. Karabulut, “Effects of pine honey on the physicochemical, microbiological and sensory properties of probiotic yoghurt,” *Food Sci Technol*, vol. 39, S2, pp. 616–625, Dec. 2019. <https://doi.org/10.1590/fst.24818>
- [29] S. S. Senadeera, P. H. P. Prasanna, N. W. I. A. Jayawardana, D. C. S. Gunasekara, P. Senadeera & A. Chandrasekara, “Antioxidant, physicochemical, microbiological, and sensory properties of probiotic yoghurt incorporated with various *Annona* species pulp,” *Heliyon*, vol. 4, no. 11, pp. 1–18, Nov. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00955>
- [30] J. M. Rodríguez, J. A. Serna, M. Uribe & B. Klotz, “Aplicación de la metodología comercial de superficie de respuesta para evaluar el efecto de la concentración de azúcar y de cultivos iniciadores sobre la cinética de fermentación del yogurt,” *Rev Mex Ing Química*, vol. 13, no. 1, pp. 213–225, 2014. Disponible en <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/27275?locale-attribute=en>
- [31] C. A. Curti, P. M. Vidal, R. N. Curti & A. N. Ramón, “Chemical characterization, texture and consumer acceptability of yogurts supplemented with quinoa flour,” *Food Sci Technol*, vol. 37, no. 4, pp. 627–631, Oct. 2017. Disponible en <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/66826>

- [32] D. Beswa, N. R. Dlamini, M. Siwela, E. O. Amonsou & U. Kolanisi, "Effect of amaranth addition on the nutritional composition and consumer acceptability of extruded provitamin A-biofortified maize snacks," *Food Sci Technol*, vol. 36, no. 1, pp. 30–39, Jan. 2016. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6813>
- [33] A. dos R. Lemos, V. D. Capriles, M. E. M. Pinto e Silva & J. A. G. Arêas, "Efeito da incorporação de amaranto nas propriedades físicas e no valor nutritivo do pão de queijo," *Cienc Tecnol Aliment*, vol. 32, no. 3, pp. 427–431, Jul. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000079>

Yair García Pacheco. Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia). <https://orcid.org/0000-0003-0974-5650>

Lourdes Isabel Meriño Stand. Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-8142-319X>

Nuris Morales Pinto. Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia). <https://orcid.org/0000-0001-7627-521X>

Maria Alicia Cassiani-Obeso. Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia). <https://orcid.org/0000-0003-1385-0832>

Linda Margarita Alcala-Botero. Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-0124-0730>