

“OBTENCION DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE LA REMOLACHA (*Beta vulgaris*), GRANADA (*Punica granatum*) Y TOMATE DE ÁRBOL INJERTO (*Solanum betaceum cav.*) PARA USO ALIMENTICIO”

“EXTRACTION OF NATURAL COLORANTS FROM BEETROOT (*Beta vulgaris*), POMEGRANATE (*Punica granatum*), AND GRAFTED TREE TOMATO (*Solanum betaceum Cav.*) FOR FOOD USE”

Vallejo Abarca Sonia Mercedes¹

Torres Andrade María Gabriela²

1 Instituto Universitario Dr. Misael Acosta Solís, Riobamba, Ecuador

2 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

Email: svallejoeistmas.edu.ec

Este artículo fue publicado en julio de 2025

Resumen

La creciente preocupación por los efectos adversos de los colorantes sintéticos en la salud humana ha impulsado el desarrollo de alternativas naturales más seguras y funcionales. El presente estudio tuvo como objetivo obtener y caracterizar colorantes naturales a partir de remolacha (*Beta vulgaris*), granada (*Punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav.*), mediante métodos físico-químicos de extracción en base húmeda y seca, para su aplicación en alimentos. Se empleó etanol al 96,6 % como disolvente, y se utilizaron procesos de destilación al vacío, secado por atomización y análisis normativos conforme a la NOM-119-SSA1-1994. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos como pH, densidad, °Brix, índice de refracción, solubilidad, espectroscopía FTIR, y se realizó una validación sensorial en yogurt natural. Los resultados demostraron que el método en base húmeda presentó mayor rendimiento (hasta 31,6 %), mientras que la base seca ofreció una mayor concentración de pigmentos y sólidos solubles. Todos los colorantes fueron hidrosolubles, estables en pH, y mostraron señales funcionales características de pigmentos fenólicos. En la aplicación alimenticia, los colorantes conservaron su estabilidad durante tres semanas. El análisis sensorial evidenció una alta aceptación del colorante de tomate de árbol injerto en base seca, con 90 % de respuestas positivas a 12 mL/100 mL de yogurt. Se concluye que estos extractos naturales representan

alternativa viable y segura a los colorantes sintéticos, con potencial aplicación en productos alimentarios funcionales, alineados con las tendencias actuales de consumo saludable.

Palabras clave

Colorantes naturales, remolacha, granada, tomate de árbol, aplicación alimentaria.

Abstract

The growing concern about the adverse effects of synthetic dyes on human health has driven the development of safer and more functional natural alternatives. This study aimed to obtain and characterize natural colorants from beetroot (*Beta vulgaris*), pomegranate (*Punica granatum*), and grafted tree tomato (*Solanum betaceum Cav.*), using physicochemical extraction methods in both fresh and dried forms, for potential application in food products. Ethanol (96.6 %) was used as the solvent, and the process included vacuum distillation, spray drying, and quality control based on NOM-119-SSA1-1994 standards. Physicochemical parameters such as pH, density, °Brix, refractive index, solubility, and FTIR spectroscopy were assessed, and a sensory evaluation was conducted in natural yogurt. The results showed that the fresh (wet) extraction method yielded a higher recovery rate (up to 31.6 %), whereas the dry-based extracts exhibited greater pigment concentration and total soluble solids. All colorants were water-soluble, pH-stable, and presented functional groups consistent with phenolic pigments. In food application, the colorants maintained stability for up to three weeks. Sensory analysis revealed high consumer acceptance for the dry-based grafted tree tomato extract, with 90 % of positive responses at a concentration of 12 mL per 100 mL of yogurt. In conclusion, the studied natural extracts offer a viable and safe alternative to synthetic dyes, with potential use in the development of functional food products aligned with current health-oriented consumer trends.

Keywords

Natural colorants, beetroot, pomegranate, tree tomato, food application.

Introducción

La creciente preocupación por la toxicidad de los colorantes sintéticos utilizados en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos ha sido ampliamente documentada. Parra V (2004) señala que los colorantes Rojo No. 40 y No. 2 han sido restringidos en países como Japón, Austria, Suecia y Noruega, aunque el primero continúa bajo evaluación en Estados Unidos (1). Además, investigaciones como la de McCann et al. (2007) han asociado el consumo de ciertos colorantes sintéticos con alteraciones del comportamiento, especialmente hiperactividad en niños, lo que se considera una manifestación de disfunción neurológica aguda (2).

Estos antecedentes sustentan la necesidad de reducir el uso de colorantes artificiales y promover alternativas más seguras, como los colorantes naturales derivados de antocianinas (3). A diferencia de los compuestos sintéticos, los pigmentos naturales no solo ofrecen coloración, sino que también aportan compuestos bioactivos con beneficios para la salud. Se encuentran en frutas, cereales y hortalizas, y destacan por su contenido en antioxidantes, provitamina A y compuestos fenólicos, esenciales para la visión, el mantenimiento del epitelio, la secreción mucosa y la reproducción (4).

Actualmente, muchos de los colorantes autorizados pertenecen a la categoría de provitaminas, vitaminas y pigmentos naturales como los carotenos, la clorofila y el rojo de remolacha. Su inocuidad está ampliamente reconocida, al punto que sustancias como la riboflavina y el beta-caroteno pueden añadirse a los alimentos sin necesidad de declararlos. Incluso el caramelo artificial continúa siendo permitido en diversos productos sin restricciones específicas. No obstante, los colorantes de origen natural, obtenidos mediante procesos físicos o químicos de extracción, presentan una demanda creciente en la industria alimentaria, especialmente en sectores como la industria cárnica.

Materiales y metodología

Se desarrolló una investigación de tipo exploratoria y descriptiva, con enfoque cuantitativo experimental, orientada a la obtención y caracterización de colorantes naturales a partir de remolacha (*Beta vulgaris*), granada (*Punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav.*). El estudio se fundamentó en la aplicación de procesos físico-químicos estandarizados para la extracción, concentración y análisis de pigmentos de origen vegetal, en cumplimiento con los criterios establecidos en la normativa mexicana NOM-119-SSA1-1994, aplicable a productos destinados al consumo humano.

El diseño experimental incluyó dos modalidades de procesamiento de las materias primas: base húmeda y base seca, permitiendo comparar su rendimiento y estabilidad. A lo largo del procedimiento se evaluaron variables físico-químicas como pH, densidad, grados Brix, índice de refracción, y se realizaron ensayos de solubilidad y espectroscopía infrarroja para la identificación preliminar de grupos funcionales. Finalmente, se incorporaron los colorantes obtenidos en un producto alimenticio (yogurt natural), a fin de validar su estabilidad y aceptabilidad sensorial.

Materiales y Reactivos

Para el desarrollo del proceso de extracción de colorantes naturales se utilizaron tres frutos seleccionados por su potencial pigmentante: remolacha (*Beta vulgaris*), granada (*Punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav.*). Las muestras fueron adquiridas en el mercado "La Condamine" de la ciudad de Riobamba, asegurando condiciones adecuadas de frescura, madurez y sanidad.

Se emplearon reactivos de grado analítico y materiales adecuados para la preparación, extracción y análisis de los colorantes. A continuación, se detalla el listado de materiales y reactivos principales utilizados:

Tabla 1. Materiales y reactivos utilizados en el estudio

Categoría	Material / Reactivo	Aplicación principal
Materia prima	Remolacha, granada, tomate de árbol injerto	Fuente de pigmentos naturales
Solventes	Etanol al 96,6 %	Medio de extracción sólido-líquido
Agentes desinfectantes	Hipoclorito de sodio al 10 %	Desinfección de la materia prima
Agua destilada	-	Preparación, enjuague y dilución
Estándares de referencia	Soluciones de sacarosa, fructosa, lactosa	Ensayo de azúcares reductores y no reductores
Otros	HCl diluido (10 %), carbonato de sodio	Hidrólisis e identificación de azúcares no reductores

Equipos utilizados

Para la ejecución del proceso de extracción y análisis de colorantes naturales, se utilizaron equipos de laboratorio especializados que permitieron garantizar la precisión de los parámetros físico-químicos evaluados. A continuación, se detallan los equipos principales empleados en cada fase del estudio:

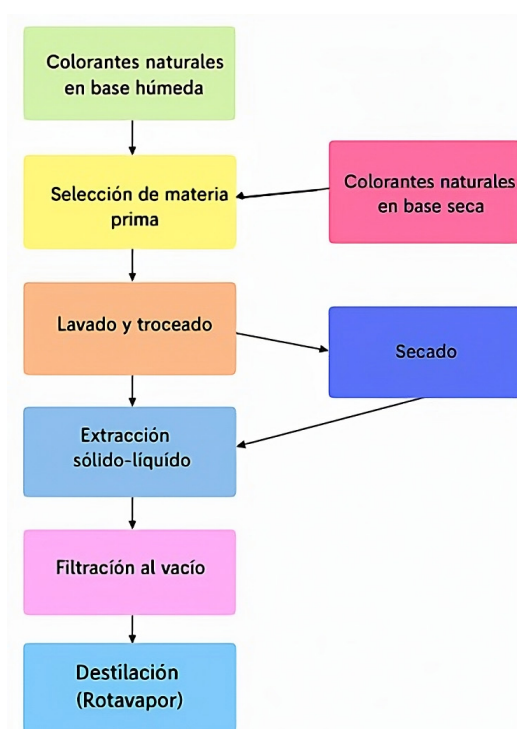
Tabla 2. Equipos utilizados en el estudio

Equipo	Aplicación
Rotavapor Büchi R-210	Destilación al vacío de extractos para recuperación del solvente
Spray Dryer (secador por atomización)	Obtención del colorante en polvo a partir de extractos líquidos
Balanza analítica ($\pm 0,0001$ g)	Determinación de masa para análisis de densidad, humedad y cenizas
pH-metro digital	Medición del potencial hidrógeno (pH) de los colorantes obtenidos
Refractómetro digital	Determinación de grados Brix e índice de refracción
Espectrofotómetro infrarrojo (FTIR)	Identificación preliminar de grupos funcionales en los extractos pigmentados
Mufla (500-550 °C)	Determinación de cenizas totales en las muestras
Picnómetro	Determinación de densidad de los extractos líquidos
Baño maría	Reacciones térmicas para pruebas de azúcares reductores y no reductores

Procedimiento experimental

El proceso de obtención de colorantes naturales se desarrolló en varias etapas sucesivas, tanto para muestras en base húmeda como en base seca. Las actividades fueron realizadas bajo condiciones controladas, siguiendo estándares de seguridad e higiene alimentaria. El procedimiento general se resume en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de obtención de colorantes naturales.



1. Selección y preparación de la materia prima

Las plantas fueron seleccionadas manualmente, privilegiando aquellas en óptimo estado de madurez, sin daños mecánicos ni signos de deterioro microbiológico. Posteriormente, se realizó el lavado con agua potable y desinfección con una solución de hipoclorito de sodio al 10 %, seguida del troceado en unidades homogéneas.

2. Secado (solo para muestras en base seca)

Las muestras destinadas a procesamiento en base seca fueron sometidas a secado por convección a temperatura controlada. El objetivo fue reducir el contenido de humedad para facilitar la concentración de pigmentos y evaluar diferencias en rendimiento frente a la base húmeda.

3. Extracción sólido-líquido

Se aplicó una extracción sólido-líquido empleando etanol al 96,6 % como solvente, en una proporción adecuada según el tipo de muestra (seca o húmeda). La mezcla se dejó en maceración durante un tiempo determinado, y posteriormente fue sometida a filtración al vacío para separar los sólidos residuales del extracto líquido.

4. Concentración por destilación al vacío

Los extractos fueron concentrados mediante destilación simple utilizando un rotavapor Büchi R-210, a una temperatura constante de 38 °C y una presión de vacío de 175 mbar. Este procedimiento permitió recuperar el solvente y obtener un extracto pigmentado más concentrado.

5. Secado por atomización

En el caso del colorante de remolacha, también se elaboró un pigmento en polvo mediante secado por atomización (spray dryer), con temperaturas de ingreso de aire entre 150 y 300 °C, evaluando su estabilidad cromática tras el proceso térmico (5).

6. Aplicación en producto alimenticio

Los colorantes obtenidos fueron incorporados en yogurt natural como matriz alimentaria de prueba, con el objetivo de evaluar su estabilidad durante el almacenamiento y su aceptabilidad sensorial por parte de un panel de jueces afectivos.

Variables de estudio y métodos de análisis

El diseño experimental contempló el análisis comparativo entre muestras procesadas en base húmeda y base seca. Se evaluaron diversas variables dependientes e independientes, tanto en la fase de extracción como en la caracterización del producto final, con el objetivo de establecer el rendimiento, calidad y estabilidad de los colorantes naturales obtenidos.

1. Variables independientes

- Tipo de muestra: base húmeda y base seca.
- Temperatura de secado y destilación: condiciones controladas en cada proceso.
- Cantidad de solvente recuperado: volumen en mililitros tras la destilación.

2. Variables dependientes

- Rendimiento (%): cantidad de colorante extraído en relación con la masa inicial de materia prima.
- pH: determinado con pH-metro digital, para evaluar la estabilidad ácido-base del colorante.
- Densidad (g/mL): medida con picnómetro según técnica gravimétrica.
- Grados Brix (°Bx): medidos con refractómetro digital, para estimar sólidos solubles totales.
- Índice de refracción: registrado con refractómetro, como parámetro complementario de concentración.
- Solubilidad: prueba cualitativa en agua para confirmar naturaleza hidrosoluble.
- Azúcares reductores y no reductores: evaluados mediante ensayos de Fehling y prueba de hidrólisis ácida.
- Espectroscopía infrarroja (FTIR): análisis estructural preliminar de grupos funcionales presentes en los pigmentos.
- Estabilidad en producto alimenticio: monitoreo del pH y apariencia visual durante cuatro semanas en yogurt natural.
- Aceptabilidad sensorial: evaluación afectiva realizada por un panel de 30 jueces no entrenados.

Normativas aplicadas

Los análisis físico-químicos y microbiológicos se ejecutaron conforme a la NOM-119-SSA1-1994, normativa mexicana que regula los criterios sanitarios para aditivos y colorantes de uso alimentario. En la validación sensorial se consideraron también principios de la Codex Stan 192-1995, relacionados con la estabilidad de aditivos en alimentos procesados.

Resultados y discusión

Análisis organolépticos de la materia prima

Se realizó una caracterización organoléptica inicial de las tres materias primas seleccionadas (remolacha, granada y tomate de árbol injerto), con el objetivo de confirmar su estado de madurez, frescura y calidad sensorial, elementos esenciales para asegurar un perfil pigmentario adecuado.

Los resultados obtenidos se detallan a continuación:

Remolacha (*Beta vulgaris*): presentó un olor característico (*sui generis*), color externo e interno morado intenso, sabor dulce y textura rugosa y firme, lo que sugiere una alta concentración de betalaínas.

Granada (*Punica granatum*): mostró un aroma característico, color externo escarlata con tonalidades carmesí, interior rubí brillante en los arilos, sabor acidulado y textura firme, consistente con un elevado contenido de antocianinas y compuestos fenólicos.

Tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav.*): presentó un olor característico, piel rojiza, pulpa anaranjada con semillas rojas, sabor agridulce y textura suave y homogénea, atributos que lo posicionan como una fuente potencial de carotenoides y flavonoides.

La evaluación sensorial permitió descartar frutos con signos de daño físico, fermentación o maduración excesiva, garantizando así una base uniforme para el proceso de extracción de pigmentos.

Análisis bromatológico proximal de la materia prima

El análisis bromatológico proximal reveló diferencias relevantes en el contenido de humedad y cenizas entre las tres materias primas estudiadas. En cuanto a la humedad, la granada presentó el valor más alto con 89,31 %, seguida por el tomate de árbol injerto con 86,41 %, y la remolacha con 82,35 %. Estos resultados son consistentes con la naturaleza altamente acuosa de estos frutos, especialmente en el caso de la granada, lo que favorece la extracción en base húmeda, pero puede representar un riesgo de inestabilidad si no se controla adecuadamente la conservación del extracto.

En relación con el contenido de cenizas, la remolacha mostró el valor más elevado, con un 3,78 %, superando al tomate de árbol injerto (0,76 %) y a la granada (0,50 %). Este alto por-

centaje en la remolacha podría estar relacionado con la presencia de compuestos minerales residuales o con una mayor carga inorgánica natural. La baja proporción de cenizas en las otras dos frutas indica una menor presencia de sólidos inorgánicos, lo cual favorece la obtención de colorantes más puros.

Los errores relativos entre los valores prácticos obtenidos en laboratorio y los valores teóricos esperados fueron inferiores al 6 % en todos los casos, lo cual respalda la fiabilidad de los procedimientos analíticos empleados.

Obtención de colorantes naturales en base húmeda y seca

Se evaluó la eficiencia de extracción de colorantes naturales a partir de remolacha (*Beta vulgaris*), granada (*Punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav.*) mediante dos modalidades de procesamiento: base húmeda y base seca. En ambos casos se empleó etanol al 96,6 % como solvente, y la recuperación del extracto se realizó mediante destilación al vacío utilizando rotavapor a 38 °C.

En la modalidad base húmeda, se trabajó con 500 g de materia prima por muestra. La remolacha presentó el mayor volumen promedio de colorante extraído ($166,3 \pm 10,0$ mL), seguida de la granada ($119,3 \pm 3,2$ mL) y el tomate de árbol injerto ($107,0 \pm 4,6$ mL). En términos de rendimiento, definido como el porcentaje de extracto obtenido respecto al peso inicial, la remolacha alcanzó un $31,63 \pm 1,26$ %, la granada un $29,79 \pm 1,25$ % y el tomate de árbol injerto un $25,62 \pm 1,78$ %.

En la base seca, utilizando 250 g de materia prima previamente deshidratada, los volúmenes de colorante fueron inferiores en todas las muestras. La remolacha nuevamente lideró con un promedio de $106,7 \pm 8,5$ mL, mientras que la granada y el tomate de árbol injerto alcanzaron $59,0 \pm 6,1$ mL y $51,0 \pm 2,5$ mL, respectivamente. El rendimiento promedio en esta modalidad fue de $21,70 \pm 0,31$ % para la remolacha, $17,07 \pm 2,71$ % para la granada y $15,40 \pm 1,96$ % para el tomate de árbol injerto.

De manera general, los resultados indican que el procesamiento en base húmeda permitió una mayor eficiencia extractiva tanto en volumen como en rendimiento. Sin embargo, se observó una coloración más intensa en los extractos obtenidos en base seca, lo cual sugiere una mayor concentración de pigmentos por efecto del secado. Esta diferencia podría influir en la elección del método según el uso final del colorante (líquido o en polvo, intensidad deseada, vida útil, entre otros factores).

Tabla 1. Volumen promedio y rendimiento de colorantes obtenidos en base húmeda y seca

Materia prima	Volumen promedio (mL) base húmeda	Rendimiento promedio (%) base húmeda	Volumen promedio (mL) base seca	Rendimiento promedio (%) base seca
Remolacha	$166,3 \pm 10,0$	$31,63 \pm 1,26$	$106,7 \pm 8,5$	$21,70 \pm 0,31$
Granada	$119,3 \pm 3,2$	$29,79 \pm 1,25$	$59,0 \pm 6,1$	$17,07 \pm 2,71$
Tomate de árbol injerto	$107,0 \pm 4,6$	$25,62 \pm 1,78$	$51,0 \pm 2,5$	$15,40 \pm 1,96$

Análisis físico-químico de los colorantes naturales

• pH

Los valores de pH en los colorantes en base húmeda se ubicaron entre 4,043 (granada) y 6,145 (remolacha), mientras que en base seca los valores oscilaron entre 3,914 (granada) y 5,800 (remolacha). Estos resultados indican que los pigmentos conservan un perfil ligeramente ácido, adecuado para aplicaciones alimentarias. Además, todos los valores se mantuvieron dentro del rango permitido por la normativa NOM-119-SSA1-1994 (pH 4-6), lo que respalda su seguridad y estabilidad en alimentos.

• Densidad

Los valores de densidad (ρ) para los extractos líquidos estuvieron comprendidos entre 1,009 y 1,157 g/mL. En general, los colorantes de base seca presentaron una mayor densidad, particularmente en el caso de la granada (1,157 g/mL), lo que sugiere una mayor concentración de sólidos disueltos tras la eliminación previa de agua durante el secado.

• °Brix

Los grados Brix, que reflejan el contenido de sólidos solubles totales, confirmaron esta tendencia. El tomate de árbol injerto en base seca alcanzó el valor más alto con 54,06°Bx, mientras que en base húmeda su valor fue de 15,24°Bx. La remolacha mostró un aumento de 16,61°Bx a 30,92°Bx al pasar de base húmeda a seca. Estos incrementos evidencian una mayor concentración de compuestos en los extractos secos, particularmente azúcares y pigmentos hidrosolubles.

• Índice de refracción

El índice de refracción aumentó ligeramente en las muestras procesadas en base seca, con valores que oscilaron entre 1,37 y 1,42, frente a un rango de 1,34 a 1,35 en base húmeda. Esta diferencia es coherente con una mayor densidad óptica del extracto concentrado.

• Ensayo de Fehling y solubilidad

Todos los extractos, en ambas condiciones, dieron positivo en el ensayo de Fehling, lo que indica la presencia de azúcares reductores. Además, mostraron solubilidad completa en agua, característica esencial para su aplicación en matrices alimenticias líquidas o semilíquidas.

Tabla 2. Análisis físico-químico comparativo de los colorantes naturales obtenidos en base húmeda y seca

Análisis	Base	Remolacha	Granada	Tomate de árbol injerto
pH	Húmeda	6,145	4,043	4,129
	Seca	5,800	3,914	4,026
Densidad (g/mL)	Húmeda	1,009	1,104	1,115
	Seca	1,017	1,157	1,135
°Brix	Húmeda	16,61	25,13	15,24
	Seca	30,92	52,84	54,06
Índice de refracción	Húmeda	1,34	1,36	1,35
	Seca	1,37	1,42	1,42

Ensayo de Fehling	Húmeda	Positivo	Positivo	Positivo
	Seca	Positivo	Positivo	Positivo
Solubilidad en agua	Húmeda	Hidrosoluble	Hidrosoluble	Hidrosoluble
	Seca	Hidrosoluble	Hidrosoluble	Hidrosoluble

Resultados de espectrofotometría infrarroja (FTIR)

Con el objetivo de identificar los grupos funcionales presentes en el colorante natural extraído del tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav.*), se realizó un análisis por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), utilizando un extracto líquido obtenido en base húmeda con una dilución 1:6 mL. El espectro resultante reveló diversas bandas de absorción características, que permiten inferir la presencia de compuestos funcionales clave en la estructura del pigmento.

Tabla 3. Asignación de bandas del espectro IR del colorante de tomate de árbol injerto

Número de onda (cm ⁻¹)	Grupo funcional identificado	Tipo de vibración / Interpretación técnica
3325,64	-OH	Estiramiento del grupo hidroxilo; presencia de alcoholes y fenoles
2982,41 - 2887,89	-CH ₂ , -CH ₃	Estiramientos C-H alifáticos; cadenas hidrocarbonadas
1643,05	C=O	Estiramiento de grupo carbonilo; posible presencia de ácidos o cetonas
1408,75	C-N	Vibración de enlaces nitrogenados; posible estructura de betalainas
1043,3	P-O-C	Enlace fosfato éster; posibles glicósidos fosforilados
687,05 - 600,71	Aromáticos sustituidos	Vibraciones fuera del plano; estructura de anillos aromáticos

Dado el predominio de señales de grupos -OH, C=O, C-N, P-O-C y bandas aromáticas, se sugiere que el espectro corresponde a un extracto rico en pigmentos fenólicos solubles en agua, particularmente betalainas (como la betacianina), presentes de forma natural en frutos como el tomate de árbol. Sin embargo, la identificación exacta del compuesto requiere técnicas complementarias como LC-MS o RMN.

Estabilidad de colorantes mediante su aplicación en un producto alimenticio

Con el propósito de evaluar la estabilidad del colorante natural en una matriz alimentaria, se incorporaron extractos de remolacha, granada y tomate de árbol injerto, tanto en base húmeda como seca, en yogurt natural sin aditivos, y se monitorearon el pH y el estado visual del color durante un período de tres semanas, bajo condiciones de refrigeración.

Resultados de pH

En la primera semana, los valores de pH oscilaron entre 4,043 y 5,111, manteniéndose dentro del rango aceptable para productos lácteos fermentados. Durante la segunda semana, se observaron mínimas variaciones, lo que sugiere una buena estabilidad química del medio.

En la tercera semana, los valores de pH disminuyeron levemente en todas las muestras, en especial en las bases secas. No obstante, todas se mantuvieron dentro de parámetros normales. En la cuarta semana, se identificó un descenso más pronunciado del pH en el colorante de granada base seca (3,903), coincidiendo con un cambio visual reportado como "malo", lo que indica una posible degradación del pigmento o inestabilidad del sistema coloidal.

En contraste, los colorantes de remolacha y tomate de árbol injerto, tanto en base húmeda como seca, conservaron estabilidad visual y pH aceptable, con ligeras variaciones esperadas por el proceso de fermentación natural del yogurt.

Comportamiento del color

Durante las primeras tres semanas, todos los tratamientos mantuvieron el color visual reportado como "normal", sin signos evidentes de degradación. Solo la muestra de granada base seca mostró alteración cromática visible en la cuarta semana, posiblemente asociada a oxidación de antocianinas o interacción con la matriz láctea ácida.

Tabla 4. Evolución del pH del yogurt con adición de colorantes naturales (base húmeda y seca)

Colorante aplicado	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Remolacha base húmeda	5,111	5,109	4,065	4,087
Remolacha base seca	5,010	4,083	4,093	4,094
Granada base húmeda	4,119	4,111	4,102	4,029
Granada base seca	4,098	4,062	4,045	3,903
Tomate de árbol injerto húmeda	4,605	4,319	4,319	4,043
Tomate de árbol injerto seca	4,108	4,056	4,012	4,001

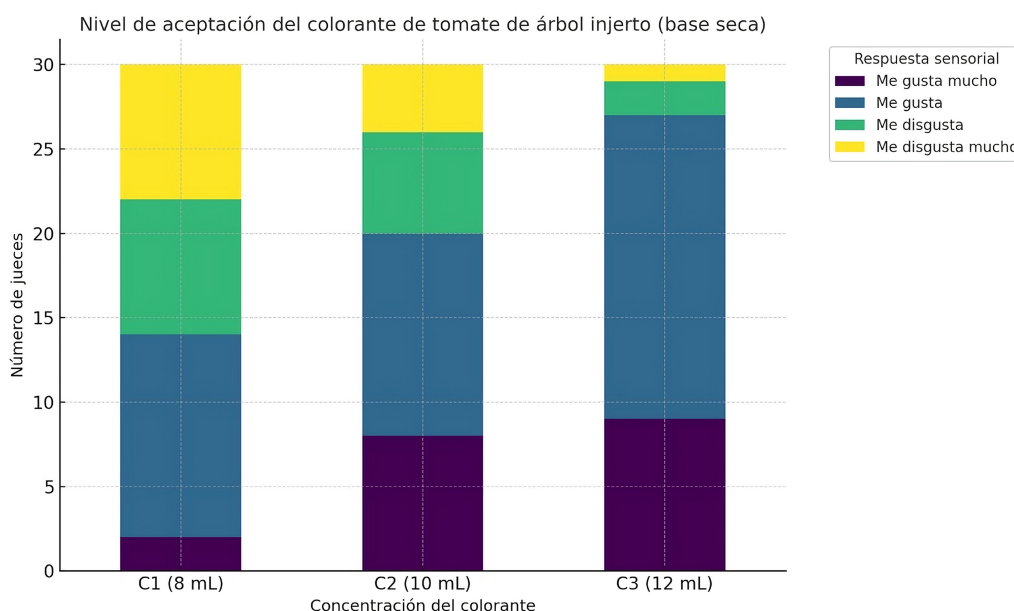
Análisis sensorial: aceptación del colorante de tomate de árbol injerto en base seca

Se realizó un análisis sensorial afectivo con la participación de 30 jueces consumidores no entrenados, a quienes se les presentó yogurt natural teñido con colorante de tomate de árbol injerto (base seca) en tres concentraciones diferentes: C1 (8 mL), C2 (10 mL) y C3 (12 mL) por cada 100 mL de producto. Se evaluó exclusivamente el parámetro "color" utilizando una escala hedónica de 4 niveles: Me gusta mucho, Me gusta, Me disgusta y Me disgusta mucho.

Los resultados evidencian una clara preferencia por la concentración C3 (12 mL), la cual obtuvo 9 respuestas de "me gusta mucho" y 18 de "me gusta", lo que representa un 90 % de aceptación positiva. Le sigue la concentración C2 (10 mL) con un 66,7 % de aceptación, mientras que C1 (8 mL) mostró un nivel más bajo, con un 46,7 % de respuestas positivas y un 53,3 % de rechazo.

Este patrón sugiere que a mayor concentración del colorante, mejora la percepción visual del

producto por parte del consumidor, sin generar un efecto negativo en el nivel de aceptación sensorial.



Discusión:

La presente investigación evidenció el potencial de tres especies vegetales —remolacha (*Beta vulgaris*), granada (*Punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum Cav.*)— como fuentes viables de colorantes naturales aplicables en la industria alimentaria. A través de un enfoque experimental riguroso, se compararon dos modalidades de extracción (base húmeda y base seca), evaluando su rendimiento, calidad fisicoquímica, estabilidad en matriz alimenticia y aceptación sensorial.

Uno de los hallazgos más relevantes fue que el rendimiento de los colorantes resultó significativamente superior en las muestras tratadas en base húmeda, con un promedio de 29 % frente al 18 % obtenido en base seca. Este resultado coincide con lo reportado por Georgiev et al, quienes destacan que los compuestos hidrosolubles como las betalaínas (remolacha) y antocianinas (granada) presentan mayor extractabilidad cuando se preserva la humedad celular, ya que esta favorece la liberación de pigmentos sin degradación térmica previa ⁽⁶⁾. En efecto, el secado puede inducir oxidaciones o reordenamientos estructurales que afectan la recuperación de pigmentos, como lo advirtieron Delgado-Vargas et al. en sus estudios sobre estabilidad térmica de pigmentos naturales ⁽⁴⁾.

A pesar del menor rendimiento en base seca, los extractos obtenidos mediante esta modalidad presentaron una mayor concentración de sólidos solubles totales (°Brix), densidad e índice de refracción, especialmente en el caso del tomate de árbol injerto (54,06 °Bx). Esto indica que los extractos secos concentran más materia colorante por unidad de volumen, lo cual se traduce en una coloración más intensa. Esta característica es deseable en aplicaciones donde se busca una tonalidad marcada sin añadir grandes volúmenes de colorante, tal como se promueve en la industria de bebidas y productos lácteos ⁽⁷⁾.

En términos fisicoquímicos, todos los colorantes —independientemente del tipo de fruto o método de procesamiento— mantuvieron un pH dentro del rango establecido por la NOM-119-SSA1-1994 (entre 4,0 y 6,1), lo que garantiza su seguridad para uso alimentario. El análisis de densidad mostró que los extractos de granada en base seca presentaron los valores más altos, superando 1,15 g/mL, lo que podría estar asociado al alto contenido de azúcares solubles y polifenoles, en concordancia con lo señalado por López-Mejía et al, quienes describen a la granada como una fuente rica en compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes y pigmentantes ⁽⁸⁾.

La espectroscopía infrarroja (FTIR) del colorante de tomate de árbol injerto en base húmeda confirmó la presencia de grupos funcionales característicos de compuestos bioactivos como flavonoides, betalainas y glicósidos. Se observaron bandas atribuidas a grupos -OH, C=O y P-O-C, consistentes con la estructura química de pigmentos hidrosolubles. Según Preciado-Llúiga y Bárcenas-Pozos, el tomate de árbol contiene una mezcla de carotenoides, flavonoides y azúcares reducidos que contribuyen a su coloración anaranjada y a su solubilidad en medios acuosos, lo cual fue corroborado también mediante el resultado positivo en la prueba de Fehling para azúcares reductores (9).

Respecto a la estabilidad en producto alimenticio, todos los colorantes conservaron su pH y color hasta la tercera semana de almacenamiento en yogurt natural, con una ligera disminución en la cuarta semana, más notoria en el colorante de granada en base seca. Este comportamiento podría explicarse por la baja estabilidad de las antocianinas frente a medios ácidos y oxidación, fenómeno ampliamente documentado por Castañeda-Sánchez y Guerrero-Beltrán, quienes advierten que este tipo de pigmento sufre degradación acelerada en condiciones de luz, oxígeno y pH bajo (10). En contraste, las betalainas y carotenoides mostraron mayor persistencia, en especial los pigmentos del tomate de árbol injerto.

El análisis sensorial, centrado en la evaluación del color, reveló una clara preferencia de los jueces por la concentración de 12 mL del colorante de tomate de árbol injerto en base seca, alcanzando un 90 % de aceptación positiva. Esto indica que la intensidad visual del color juega un papel determinante en la percepción del consumidor, tal como han señalado estudios previos sobre la relación entre color y preferencia en alimentos funcionales. Aunque otras concentraciones también fueron aceptadas, el nivel de agrado aumentó proporcionalmente con la concentración del colorante, lo que sugiere que este extracto puede dosificarse con flexibilidad sin generar rechazo sensorial.

Finalmente, es importante resaltar que el uso de etanol como solvente permitió una extracción eficiente y segura, ya que se trata de un disolvente permitido en la industria alimentaria y fácilmente recuperable mediante destilación al vacío. La metodología empleada, incluyendo el uso de rotavapor, spray dryer y análisis normativos, garantiza un proceso reproducible y técnicamente viable para su aplicación en sistemas alimentarios.

En conjunto, los resultados permiten concluir que los colorantes naturales obtenidos en este estudio representan una alternativa funcional, segura y sensorialmente aceptada frente a los colorantes sintéticos. Su aplicación podría extenderse más allá del yogurt, hacia otros productos como jugos, helados, confitería o suplementos nutricionales, respondiendo a la creciente

demanda por productos naturales, limpios y saludables en el mercado alimentario actual.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la remolacha (*Beta vulgaris*), la granada (*Punica granatum*) y el tomate de árbol injerto (*Solanum betaceum* Cav.) constituyen fuentes efectivas de colorantes naturales, capaces de sustituir parcial o totalmente a los colorantes sintéticos utilizados en la industria alimentaria. La comparación entre los métodos de extracción en base húmeda y base seca evidenció que, si bien la base húmeda ofreció un mayor rendimiento en volumen, los extractos en base seca presentaron una mayor concentración de sólidos solubles, aportando una coloración más intensa. Los análisis fisicoquímicos mostraron que todos los colorantes cumplen con los parámetros establecidos por la normativa NOM-119-SSA1-1994, destacando su estabilidad, solubilidad en agua y acidez compatible con productos lácteos fermentados. Además, los ensayos de espectroscopía infrarroja confirmaron la presencia de grupos funcionales característicos de pigmentos fenólicos y glicósidos, especialmente en el extracto de tomate de árbol injerto. La aplicación práctica de los colorantes en yogurt natural evidenció una adecuada estabilidad del pH y del color durante tres semanas de almacenamiento refrigerado, con buena aceptación sensorial por parte de los jueces, especialmente para la muestra de tomate de árbol injerto en base seca a una concentración de 12 mL, que obtuvo la mayor puntuación en preferencia visual. Estos hallazgos respaldan la viabilidad tecnológica y sensorial del uso de pigmentos naturales extraídos de frutas como alternativa limpia, segura y funcional en la elaboración de productos alimenticios, alineados con las demandas actuales de los consumidores por ingredientes naturales y saludables.

Referencias Bibliográficas:

1. Parra V. Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico. Valdivia: Universidad Austral de Chile; 2004. p. 15.
2. McCann D, Barrett A, Cooper A, Crumpler D, Dalen L, Grimshaw K, et al. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet* [Internet]. 2007;370(9598):1560-7. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17825405>
3. Lock O. Colorantes naturales [Internet]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial; 1997. Disponible en: https://books.google.es/books?id=LjmH_3qjaEIC
4. Delgado-Vargas F, Jiménez AR, Paredes-López O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains—characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2000;40(3):173-289. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10850526>
5. Siccha A, Loe O. Secado por atomización (spray dryer). *Rev Quím*. 1995;9(2):39-48.
6. Georgiev VG, Weber J, Kneschke E, Denev PN, Bley T, Pavlov AI. Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta vulgaris* cv. Detroit Dark Red. *Plant Foods Hum Nutr* [Internet]. 2010;65(2):105-11. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11130-010-0156-6>

7. Döhler. Colorantes naturales para la industria de alimentos y bebidas - DÖHLER [Internet]. Disponible en: <https://www.doehler.com/es/nuestro-portafolio/ingredientes-naturales/colorantes-naturales.html>
8. López-Mejía OA, Medina-Torres L, González-Laredo RF, Sánchez-Machado DI, López-Cervantes J, Rodríguez-Ramírez J. La granada (*Punica granatum* L.): una fuente de antioxidantes de interés actual. 2010.
9. Preciado-Iñiga G, Bárcenas-Pozos ME. El tamarillo (*Cypomandra betacea*) y su importancia como fuente de compuestos antioxidantes. Temas Sel Ing Alim [Internet]. 2014;8(1):48-53. Disponible en: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-81-Preciado-Iniga-et-al-2014.pdf>
10. Castañeda-Sánchez A, Guerrero-Beltrán J. Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas. Temas Sel Ing Alim. 2015;9(1):25-33.

ISSN: 2953-6650



Visita nuestra Revista Virtual:
www.istmas.edu.ec

Dirección: Loja 31 - 15 y Buenos Aires
Correo: recimas@istmas.edu.ec
Teléfono móvil: 032 961 680 - 098 818 3081

RIOBAMBA - ECUADOR