

**Desarrollo de una Bebida Funcional a partir de Uva Isabella (*Vitis Labrusca*) y Cáscara
Deshidratada de Papa Nativa (*Solanum Tuberosum*) Cultivadas en Cundinamarca**

Rafael Ricardo Becerra Rojas

Yamile Lopez Serna

Director (a)

MSc. Ruth Mary Benavides Guevara

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Programa Ingeniería de Alimentos

2026

Dedicatoria

Este trabajo de investigación se dedica, en primer lugar, a nuestras familias, quienes han sido nuestra mayor fuente de fortaleza, amor y motivación. A nuestros padres, por enseñarnos el valor del esfuerzo, la disciplina y la perseverancia; por su apoyo incondicional y por creer en nosotros incluso en los momentos más desafiantes.

Dedicamos también este logro a todas aquellas personas que, con sus palabras de aliento, su compañía y comprensión, hicieron posible que avanzáramos con firmeza en este camino académico.

A cada docente que contribuyó a nuestra formación y nos inspiró a seguir creciendo profesional y personalmente.

Y finalmente, nos lo dedicamos a nosotros mismos, por la capacidad de superar obstáculos, por la constancia, por no rendirnos y por hacer de este proyecto una realidad que refleja nuestro compromiso con la sostenibilidad, la innovación y el desarrollo del sector alimentario..

Agradecimientos

A Dios, por brindarnos sabiduría, fortaleza y salud durante el desarrollo de este proyecto.

A nuestros familiares, quienes, con su apoyo incondicional, paciencia y motivación nos acompañaron a lo largo de cada etapa de este proceso académico.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, por permitirnos avanzar en nuestra formación profesional y por proporcionarnos las herramientas necesarias para el desarrollo de esta investigación.

A la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI) y al programa de Ingeniería de Alimentos, por su compromiso con la formación integral y por fomentar proyectos que aportan a la sostenibilidad y a la innovación alimentaria.

A nuestra directora de proyecto, MSc. Ruth Mary Benavides Guevara, por su guía, dedicación, acompañamientos constantes y valiosos aportes técnicos y académicos que enriquecieron este trabajo.

Al semillero CITECAL, por el acompañamiento metodológico y por promover espacios de investigación que fortalecen nuestras capacidades científicas.

A la empresa Tesoros Nativos, por su colaboración en la provisión de la cáscara de papa nativa y por su disposición para apoyar iniciativas que integran la academia con el desarrollo territorial.

Finalmente, agradecemos a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la construcción y avance de este proyecto de investigación.

Resumen

La papa nativa (*Solanum tuberosum*) es un cultivo de alto valor nutricional y gran diversidad genética, reconocido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). En este sentido, la cáscara constituye una fuente importante de fibra dietaria, compuestos fenólicos y antioxidantes. En este contexto, este estudio evaluó el desarrollo de una bebida funcional prebiótica a base de uva Isabella y cáscara deshidratada de papa nativa variedad Quincha, cultivada en Cundinamarca. Se secó la cáscara para obtener la harina, se realizó un extracto y evaluaron tres niveles de inclusión 2 %, 5 % y 10 %, para comparar con la muestra control de la bebida. Asimismo, se incorporó inulina 2.74 % como ingrediente prebiótico.

Se evaluó análisis microbiológicos, caracterización fisicoquímica, determinación de color y evaluación sensorial con pruebas afectivas. Se estudió la estabilidad durante 60 días a 4°C, evaluando las características fisicoquímicas de acuerdo con la Resolución 3929 de 2013. Se encontró que es viable incorporar extracto de cáscara de papa nativa en la bebida. Desde el punto de vista microbiológico, cumplieron con los límites establecidos por la normativa. Asimismo, las bebidas presentaron buena aceptación por parte de los consumidores para las formulaciones con 2 % y 5 % de extracto registraron la mayor aceptación sensorial. Los resultados fisicoquímicos mostraron que los sólidos solubles, acidez, pH y color mostraron diferencias significativas entre algunos tratamientos. En cuanto a la estabilidad durante el almacenamiento, la bebida mostró variaciones graduales en los parámetros fisicoquímicos y de color, manteniéndose dentro de rangos aceptables y sin evidenciar cambios abruptos que comprometieran la estabilidad del producto a lo largo del periodo evaluado. Finalmente, este trabajo evidencia el potencial de innovación en el desarrollo de bebidas funcionales a partir de ingredientes locales y subutilizados en los territorios.

Palabras clave: Prebiótico, sostenibilidad, residuos agroindustriales, estabilidad.

Abstract

Native potato (*Solanum tuberosum*) is a crop of high nutritional value and great genetic diversity, recognized by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). In this context, the peel represents an important source of dietary fiber, phenolic compounds, and antioxidants. Accordingly, this study evaluated the development of a functional prebiotic beverage based on Isabella grape juice and dehydrated native potato peel (Quincha variety) cultivated in Cundinamarca. The peel was dried to obtain flour, from which an extract was prepared, and three inclusion levels (2%, 5%, and 10%) were evaluated and compared with a control beverage. Additionally, inulin (2.74%) was incorporated as a prebiotic ingredient.

Microbiological analysis, physicochemical characterization, color determination, and sensory evaluation through affective tests were conducted. Stability was assessed over 60 days at 4°C, evaluating physicochemical characteristics in accordance with Resolution 3929 of 2013. The results demonstrated that the incorporation of native potato peel extract into the beverage is feasible. From a microbiological standpoint, all samples complied with the limits established by current regulations. Furthermore, the beverages showed good consumer acceptance, with formulations containing 2% and 5% extract achieving the highest sensory acceptance. Physicochemical results indicated that soluble solids, acidity, pH, and color showed significant differences among some treatments. Regarding storage stability, the beverage exhibited gradual variations in physicochemical and color parameters, remaining within acceptable ranges and without showing abrupt changes that could compromise product stability throughout the evaluated period. Finally, this study highlights the innovation potential in the development of functional beverages using local and underutilized ingredients.

Keywords: Prebiotic, Sustainability, Agro-industrial waste, Stability.

Tabla de Contenido

Introducción	11
Justificación	15
Objetivos.....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos	16
Marco Referencial.....	17
Generalidades de la Papa (<i>Solanum Tuberosum</i>)	17
Producción de Papa en Colombia.....	17
Pérdidas y Desperdicios de la Cáscara de Papa.....	18
Valor Nutricional de la Cáscara de Papa	18
Antioxidantes en las Papas Nativas.....	20
Fibra de la Papa Nativa	20
Antecedentes Aprovechamiento de la Cáscara de Papa en Bebidas.....	20
Bebidas Funcionales	21
Uso de Prebióticos en Bebidas	22
Estabilidad de las Bebidas	23
Materiales y Metodología	24
Ubicación y Contexto	24
Materias Primas	24
Elaboración de Polvo de Cáscara de Papa Nativa	25
Obtención del Extracto de Cáscara de Papa Nativa	26
Elaboración Pulpa de Uva	26

Diseño Experimental de las Bebidas	27
Balance de Materia de la Bebida	28
Formulación de las Bebidas: Néctar	30
Elaboración de la Bebida Funcional	31
Determinar Propiedades Fisicoquímicas de las Bebidas	31
Determinación de las Propiedades Microbiológicas	32
Evaluación Sensorial de las Bebidas	32
Análisis Estadístico de la Evaluación Sensorial	33
Evaluación de la Estabilidad de las Bebidas	33
Resultados y Discusión	34
Análisis de los Parámetros Fisicoquímicos de las Bebidas	34
Análisis del Color de las Bebidas	36
Análisis Microbiológicos de las Bebidas.....	38
Evaluacion Sensorial de las Bebidas con Inclusión de Cáscara de Papa Nativa	40
Estabilidad de las Bebidas a través del Tiempo	43
Análisis del pH de las Bebidas Durante el Almacenamiento	43
Análisis de los Sólidos Solubles de las Bebidas Durante el Almacenamiento.....	44
Análisis de Acidez de las Bebidas Durante el Almacenamiento.....	47
Análisis del Color de las Bebidas Durante el Almacenamiento	48
Conclusiones	51
Recomendaciones	53
Referencias Bibliográficas	55
Apéndices.....	67

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Diseño Experimental de las Bebidas</i>	28
Tabla 2 <i>Formulación de Bebidas con Inclusión de Cáscara de Papa Nativa</i>	30
Tabla 3 <i>Requisitos Fisicoquímicos del Néctar</i>	32
Tabla 4 <i>Requisitos Microbiológicos del Néctar</i>	32
Tabla 5 <i>Características Fisicoquímicas de las Bebidas</i>	34
Tabla 6 <i>Parámetros de Color de las Bebidas</i>	36
Tabla 7 <i>Resultados Microbiológicos de las Bebidas Néctar</i>	39
Tabla 8 <i>Análisis del pH de las Bebidas Durante el Almacenamiento</i>	44
Tabla 9 <i>Sólidos Solubles Durante el Almacenamiento (°Brix)</i>	45
Tabla 10 <i>Acidez de las Bebidas a través del Tiempo (%)</i>	47
Tabla 11 <i>Análisis del Color Durante el Almacenamiento</i>	49

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Diagrama de Elaboración de la Harina de Cáscara de Papa Nativa</i>	25
Figura 2 <i>Diagrama de Obtención de la Pulpa</i>	27
Figura 3 <i>Balance de Materia</i>	29
Figura 4 <i>Diagrama de Proceso de Elaboración de la Bebida Funcional</i>	31
Figura 5 <i>Evaluación Sensorial de Aceptación, n=60, Valores Presentados como Mediana</i>	41

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Ficha Técnica</i>	67
Apéndice B <i>Evaluaciones Estadísticas de Resultados</i>	71

Introducción

En Colombia, la papa constituye uno de los cultivos alimentarios más relevantes, con una producción anual aproximada de 9,7 millones de toneladas, consolidándose como un pilar fundamental de la seguridad alimentaria nacional (Agronet, 2025). Además de su aporte energético como fuente de carbohidratos, sin embargo, las papas nativas también confieren otros nutrientes como minerales y compuestos bioactivos de gran interés (Andre et al., 2014). Por otro lado, la intensificación de la producción de la papa tradicional ha generado impactos ambientales significativos, principalmente asociados al uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas. Se estima que solo cerca del 50 % del nitrógeno aplicado es absorbido por el cultivo, mientras que el excedente se pierde por lixiviación o volatilización, afectando la contaminación de suelos y cuerpos de agua, así como a procesos de eutrofización y degradación de ecosistemas acuáticos (Jiménez Aguilar, 2022; López Orona et al., 2013). De igual manera, el uso de plaguicidas en el cultivo puede alcanzar hasta 42.6 kg de ingrediente activo por hectárea por ciclo productivo, lo que incrementa los riesgos ambientales y para la salud humana (Zamora et al., 2010).

En la región de Cundinamarca, la producción de papa nativa ha recobrado importancia debido a su diversidad genética, valor nutricional y adaptabilidad a distintos ecosistemas (Andre et al., 2014 & Ruiz de Galarreta et al., 2018). Estas variedades se caracterizan por una menor dependencia de insumos agroquímicos, mayor resistencia a plagas y enfermedades y un aporte significativo a la sostenibilidad de los sistemas productivos, lo que las convierte en cultivos estratégicos para la seguridad y soberanía alimentaria, tal como lo reconoce la FAO (Ruiz de Galarreta et al., 2018). No obstante, los procesos de transformación agroindustrial continúan generando grandes volúmenes de residuos, especialmente cáscaras de papa, que son descartadas sin aprovechamiento, representando una pérdida de recursos con alto valor nutricional y

funcional, además de impactos ambientales negativos asociados a la contaminación de suelos y fuentes hídricas (Ruiz de Galarreta et al., 2018; Jiménez Aguilar, 2022).

La cáscara de papa nativa presenta un contenido relevante de fibra dietaria, compuestos fenólicos y antioxidantes, lo que la posiciona como un insumo promisorio para la formulación de alimentos funcionales (Andre et al., 2014). Sin embargo, en Colombia existe una limitada disponibilidad de estudios orientados a la valorización tecnológica de este subproducto, especialmente en el desarrollo de bebidas funcionales a partir de ingredientes locales subutilizados. Esta situación se ve agravada por las restricciones que enfrentan los pequeños productores en el acceso a conocimiento técnico, herramientas tecnológicas y procesos de innovación, lo que limita la diversificación de su oferta y la generación de valor agregado en la cadena productiva.

Por otra parte, la uva Isabella, cultivada en departamentos como Cundinamarca, presenta elevadas pérdidas poscosecha debido a su alta perecibilidad y a las limitadas alternativas de transformación agroindustrial. No obstante, esta variedad se caracteriza por su contenido significativo de compuestos fenólicos con actividad antioxidante, lo que le confiere un alto potencial para el desarrollo de productos funcionales y nutraceuticos con valor agregado (Pedraza Roncancio, 2001; Sánchez & Pérez, 2023). En este contexto, la valorización de productos agrícolas y subproductos agroindustriales mediante su incorporación en formulaciones alimentarias innovadoras se presenta como una estrategia clave para fortalecer la sostenibilidad del sector agroalimentario.

De manera paralela, el consumo elevado de bebidas azucaradas y productos ultra procesados se ha consolidado como un problema de salud pública a nivel global, asociándose con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles, como obesidad,

diabetes mellitus tipo 2 y enfermedades cardiovasculares (Hu, 2013; Zheng et al., 2015). Estudios recientes indican que este patrón de consumo tiene un impacto particularmente significativo en regiones como América Latina y el Caribe, donde los cambios hacia dietas más industrializadas han sido acelerados (Granato et al., 2020; Ministerio de Salud y Protección Social, 2013; ONU, 2021). A nivel mundial, se estima que en 2020 se registraron aproximadamente 2.2 millones de nuevos casos de diabetes tipo 2 y 1,2 millones de eventos cardiovasculares asociados al consumo excesivo de bebidas azucaradas, siendo factores determinantes variables sociodemográficas como el género, el nivel educativo y el contexto rural o urbano (Singh et al., 2023). La reformulación de bebidas con menor contenido de azúcares añadidos representa un desafío tecnológico importante, ya que la reducción del dulzor puede afectar negativamente la aceptación sensorial si no se controlan adecuadamente atributos como el sabor, el cuerpo y la textura (Hoppert et al., 2012; Lima Filho et al., 2015). En este sentido, la incorporación de ingredientes funcionales como la inulina, un prebiótico natural con ligero efecto edulcorante y capacidad de mejorar la textura, se ha propuesto como una alternativa viable para reducir el contenido de azúcar sin comprometer la aceptabilidad del consumidor (Siro et al., 2008; Granato et al., 2010).

El presente proyecto tuvo como objetivo desarrollar una bebida funcional con efecto prebiótico a partir de cáscara de papa nativa y pulpa de uva Isabella, como una alternativa innovadora para la valorización de subproductos agroindustriales. Esta propuesta busca aprovechar la cáscara de papa, comúnmente considerada un residuo, con el propósito de reducir el contenido de azúcares añadidos, al contribuir la economía circular, fomentar la innovación en el desarrollo de alimentos funcionales y promover el aprovechamiento de ingredientes locales que actualmente se encuentran subutilizados en el sector agroalimentario.

Justificación

La elección de este tema responde a la necesidad de abordar la problemática del aprovechamiento de subproductos agroindustriales, en particular la cáscara de papa nativa (*Solanum tuberosum*) y la pulpa de uva Isabella, que actualmente se descartan sin generar valor agregado, pese a su alto contenido de fibra, compuestos fenólicos y antioxidantes. Esta situación tiene un impacto tanto económico como ambiental, al contribuir a pérdidas de recursos y contaminación de suelos y cuerpos de agua, y plantea un desafío para la sostenibilidad del sector agroalimentario en Colombia.

El estudio de la incorporación de estos subproductos en la formulación de bebidas funcionales con efecto prebiótico no solo representa un reto académico, sino que también ofrece oportunidades prácticas para mejorar la salud del consumidor, mediante alternativas con menor contenido de azúcar y beneficios para la microbiota intestinal, alineadas con tendencias de alimentación saludable y sostenible.

Además, existe una limitada cantidad de investigaciones locales que integren la valorización tecnológica de cáscaras de papa nativa y pulpa de uva en bebidas funcionales, generando vacíos de conocimiento y restringiendo el desarrollo de estrategias innovadoras para productores locales y pequeñas empresas agroalimentarias.

Este proyecto aporta evidencia empírica y reflexión crítica sobre la viabilidad tecnológica y sensorial de estas formulaciones, ofreciendo un marco para futuras investigaciones y fomentando la toma de decisiones informadas. Su desarrollo tiene un impacto potencial en el ámbito académico y profesional, contribuyendo al diseño de nuevas líneas de estudio, al fortalecimiento de la economía circular y al establecimiento de políticas y programas que promuevan la innovación y la sostenibilidad en la industria alimentaria local.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de una bebida prebiótica a partir de uva Isabella (*Vitis labrusca*) y cáscara deshidratada de papa nativa (*Solanum tuberosum*) cultivadas en Cundinamarca, con el fin de desarrollar un producto innovador y sostenible que contribuya al aprovechamiento de subproductos agroindustriales en la región.

Objetivos Específicos

Estudiar formulaciones de una bebida con prebiótico a base de uva Isabella e inclusión de cáscara deshidratada de papa nativa para promover un producto innovador y saludable en la región.

Determinar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la bebida funcional, con el fin de evaluar su calidad y cumplir la normatividad vigente

Analizar la estabilidad de la bebida funcional a través del tiempo, mediante un seguimiento periódico de las propiedades fisicoquímicas durante su almacenamiento

Marco Referencial

Generalidades de la Papa (*Solanum Tuberosum*)

La papa (*Solanum tuberosum*) es uno de los cultivos alimentarios más importantes a nivel mundial y constituye la cuarta fuente de alimento después del arroz, el trigo y el maíz (Spooner et al., 2013). Se trata de un tubérculo con una amplia diversidad genética, lo que le permite adaptarse a diferentes condiciones agroclimáticas y sistemas productivos (Sampaio et al., 2021). Esta diversidad se refleja en la existencia de aproximadamente 5.000 variedades registradas, las cuales presentan variaciones en el color de la pulpa y la piel, así como en sus características nutricionales y funcionales (Sampaio et al., 2021).

Desde el punto de vista agronómico y nutricional, la papa es altamente eficiente en la producción de materia seca, proteínas y minerales por unidad de área cultivada, lo que la convierte en un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria (Spooner et al., 2013). Aunque es reconocida principalmente por su alto contenido de almidón, diversos estudios han demostrado que la papa también aporta micronutrientes esenciales y compuestos bioactivos con efectos benéficos para la salud, como polifenoles, vitaminas y antioxidantes naturales (Andre et al., 2007). Debido a estas características, su consumo se ha incrementado progresivamente, especialmente en países en desarrollo, donde constituye un alimento básico para aproximadamente 1.300 millones de personas (Sampaio et al., 2021).

Producción de Papa en Colombia

En Colombia, la papa representa uno de los principales cultivos del sistema productivo de clima frío y es un alimento de alto consumo en la dieta nacional (Cerón-Lasso et al., 2018). Para el año 2014, la superficie cultivada alcanzó aproximadamente 142.108 hectáreas, con una producción estimada de 2.157.568 toneladas. De este total, una proporción significativa

correspondió a variedades tradicionales y nativas cultivadas principalmente en zonas de altura (Cerón-Lasso et al., 2018).

Las principales regiones productoras de papa en el país son Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia, departamentos que concentran tanto la producción a gran escala como la agricultura campesina y familiar (Cerón-Lasso et al., 2018). En este contexto, las papas nativas han adquirido especial relevancia debido a su adaptación a condiciones locales, menor dependencia de insumos agroquímicos y su valor cultural, nutricional y económico.

Paralelamente, el Departamento Nacional de Planeación ha establecido como meta el aprovechamiento de al menos el 20 % de los residuos sólidos generados, con el fin de reducir su disposición en rellenos sanitarios e incentivar procesos de reciclaje y valorización. Sin embargo, los niveles de aprovechamiento no han superado el 17 %, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la articulación entre el sector productivo y la investigación científica y tecnológica, particularmente en el aprovechamiento de residuos agroindustriales como los generados en la transformación de la papa (Peñaranda González et al., 2017).

Pérdidas y Desperdicios de la Cáscara de Papa

Durante los procesos de pelado y transformación industrial de la papa se generan grandes volúmenes de cáscara, los cuales suelen ser descartados sin un aprovechamiento adecuado. Esta práctica genera pérdidas económicas y ambientales, ya que estos residuos poseen compuestos de alto valor nutricional y funcional que podrían reincorporarse a la cadena productiva (Peñaranda González et al., 2017).

Valor Nutricional de la Cáscara de Papa

La industria agroalimentaria enfrenta actualmente el desafío de reducir los elevados costos económicos y ambientales asociados a la disposición final de residuos orgánicos, entre los

cuales se encuentran los subproductos generados durante el procesamiento de la papa, especialmente la cáscara (Peñaranda González et al., 2017). En respuesta a esta problemática, se ha intensificado el interés por el desarrollo de procesos productivos más eficientes y sostenibles, orientados al aprovechamiento integral de la materia prima, la reducción del impacto ambiental y la implementación de estrategias alineadas con los principios de la economía circular.

La cáscara de papa, tradicionalmente considerada un residuo agroindustrial, ha sido identificada como una fuente relevante de compuestos de alto valor nutricional y funcional. Diversos estudios reportan que este subproducto contiene cantidades significativas de fibra dietaria, compuestos fenólicos y antioxidantes, los cuales contribuyen a la prevención del estrés oxidativo y al mantenimiento de la salud humana (André et al., 2007). Su aprovechamiento no solo permite disminuir la explotación de recursos naturales, sino que también reduce la contaminación y la degradación de los ecosistemas asociadas a prácticas inadecuadas de disposición final, tales como la quema, el vertimiento en fuentes hídricas o el depósito en rellenos sanitarios (Peñaranda González et al., 2017).

La fibra dietaria presente en la cáscara de papa favorece la regulación del tránsito intestinal y puede actuar como sustrato para el crecimiento del microbiota intestinal beneficiosa, lo que le confiere un potencial efecto prebiótico. Por su parte, los compuestos fenólicos, incluyendo ácidos fenólicos y flavonoides, presentan propiedades antioxidantes (André et al., 2007), antiinflamatorias y antimicrobianas. En el caso de las papas nativas, estas características funcionales pueden verse potenciadas debido a su amplia diversidad genética y a la presencia de pigmentos naturales, los cuales se asocian con una mayor capacidad antioxidante y un mayor valor funcional del subproducto.

Antioxidantes en las Papas Nativas

Las papas, en especial las variedades nativas y pigmentadas, contienen compuestos antioxidantes como polifenoles, flavonoides y antocianinas, los cuales desempeñan un papel importante en la neutralización de radicales libres y la prevención del estrés oxidativo (Benavides et al., 2026, Giusti et al., 2014; Sampaio et al., 2021). Estos compuestos se concentran principalmente en la cáscara del tubérculo según el estudio de Benavides et al., (2026), y que puede favorecer como ingrediente funcional en el desarrollo de alimentos.

Los antioxidantes presentes en la cáscara de papa han sido asociados con efectos benéficos para la salud, incluyendo la reducción del riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles, lo que ha impulsado su estudio como fuente natural de compuestos bioactivos en la industria alimentaria (Giusti et al., 2014).

Fibra de la Papa Nativa

La cáscara de papa nativa presenta un contenido significativo de fibra dietaria, la cual cumple funciones fisiológicas importantes como la regulación del tránsito intestinal y la modulación del microbiota gastrointestinal. El aprovechamiento de esta fibra en matrices alimentarias contribuye al desarrollo de productos funcionales con potencial efecto prebiótico, alineados con las tendencias actuales de alimentación saludable y sostenible (Peñaranda González et al., 2017; Ruiz de Galarreta et al., 2018).

Antecedentes Aprovechamiento de la Cáscara de Papa en Bebidas

Diversos estudios han demostrado la viabilidad técnica del aprovechamiento de la cáscara de papa como ingrediente funcional en la industria alimentaria, destacando su uso en la formulación de alimentos funcionales, la obtención de extractos antioxidantes y el desarrollo de matrices alimentarias innovadoras. Estos antecedentes evidencian que su valorización no solo es

posible desde el punto de vista tecnológico, sino que también constituye una estrategia sostenible para reducir los residuos agroindustriales y generar valor agregado en cadenas productivas, en concordancia con los principios de la economía circular.

En este contexto, se ha reportado que la cáscara de papa posee un alto contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, lo que permite su aplicación como ingrediente funcional en alimentos y bebidas. Por ejemplo, (Kanatt et al. 2005) demostraron que los extractos de cáscara de papa presentan un alto contenido de compuestos fenólicos y pueden emplearse como antioxidantes naturales en sistemas alimentarios. Asimismo, (Singh y Rajini 2008) evidenciaron que los extractos de cáscara de papa poseen una elevada actividad antioxidante asociada a su contenido de ácidos fenólicos. De manera similar, (Silva-Beltrán et al. 2017) identificaron diversos compuestos fenólicos en la cáscara de papa con actividad antioxidante y potencial aplicación en alimentos funcionales. Finalmente, (Mohdaly et al. 2010) determinaron que los extractos de cáscara de papa presentan una alta capacidad antioxidante y pueden utilizarse como ingredientes naturales en productos alimentarios.

En conjunto, estos estudios evidencian el potencial de la cáscara de papa como fuente de compuestos bioactivos para el desarrollo de bebidas funcionales, destacando su capacidad antioxidante y su posible aplicación como ingrediente natural en matrices alimentarias líquidas.

Bebidas Funcionales

Las bebidas funcionales han ganado relevancia en el mercado debido a su capacidad de proporcionar beneficios para la salud más allá de la nutrición básica (Jayani et al., 2021). Estas bebidas contienen compuestos bioactivos de orígenes naturales o adicionados, los cuales contribuyen a la prevención de enfermedades y al mejoramiento del bienestar general.

Se reporta que la inclusión de extracto metanólico de cáscara de papa, utilizado a una concentración de 200 ppm, presenta un efecto antimicrobiano superior al de conservantes tradicionales como el ácido cítrico, al reducir el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos responsables del deterioro del producto. Aunque las características sensoriales tienden a disminuir con el tiempo de almacenamiento, las bebidas formuladas con este extracto mantienen mejores valores de calidad sensorial en comparación con las bebidas estándar de limón (Kebary et al., 2020).

Uso de Prebióticos en Bebidas

Los prebióticos se definen como ingredientes selectivamente fermentados que inducen cambios específicos en la composición y actividad del microbiota gastrointestinal, confiriendo beneficios para la salud del huésped. Su efecto se basa en la utilización selectiva por parte de microorganismos beneficiosos, por lo que su evaluación requiere métodos que analicen de manera integral la diversidad y funcionalidad del ecosistema microbiano intestinal (Gibson et al., 2017). En el contexto, la inclusión de fibras dietarias y prebióticos, como fructanos y galactanos, puede influir positivamente en el microbiota intestinal, promoviendo la producción de ácidos grasos de cadena corta y contribuyendo al equilibrio del ecosistema intestinal, así como a la salud digestiva y metabólica (Gibson et al., 2017). Ingredientes como la inulina, además de su efecto prebiótico, presentan un ligero poder edulcorante y capacidad para mejorar la textura, lo que los convierte en una alternativa tecnológica viable para la reducción del contenido de azúcares añadidos sin comprometer la aceptabilidad sensorial de las bebidas (Franck, 2002; Meyer et al., 2011).

Estabilidad de las Bebidas

La estabilidad fisicoquímica y sensorial constituye un aspecto fundamental en el desarrollo de bebidas funcionales, ya que determina su calidad, seguridad y aceptación por parte del consumidor. Esta estabilidad depende de variables como el pH, la acidez, los sólidos solubles, el color, la composición del producto, el tipo de compuestos bioactivos incorporados y las condiciones de almacenamiento. El control adecuado de estos parámetros permite mantener las propiedades sensoriales, nutricionales y funcionales de las bebidas a lo largo de su vida útil, garantizando su viabilidad tecnológica y el cumplimiento de la normatividad vigente (Ashurst, 2016; Fellows, 2017).

La evaluación periódica de estos indicadores durante el almacenamiento resulta esencial para asegurar la estabilidad del producto, prevenir alteraciones indeseables y respaldar la funcionalidad de las bebidas desarrolladas, contribuyendo así a su aceptación en el mercado y a la confianza del consumidor.

Materiales y Metodología

El presente proyecto se desarrolló bajo un enfoque experimental, empleando un diseño completamente aleatorizado, orientado al desarrollo y evaluación de una bebida funcional con efecto prebiótico elaborada a partir de cáscara de papa nativa y pulpa de uva Isabella. Este tipo de diseño permite evaluar el efecto de uno o más factores bajo condiciones controladas, garantizando la validez y reproducibilidad de los resultados (Montgomery, 2017). El estudio se estructuró en tres fases metodológicas que responden a los objetivos específicos planteados, permitiendo un proceso sistemático, controlado y verificable (Fellows, 2017).

Las fases del estudio comprendieron: (1) la formulación de la bebida funcional, (2) el procesamiento y elaboración del producto, y (3) el análisis fisicoquímico y la evaluación sensorial. Cada una de estas etapas incluyó actividades técnicas específicas, análisis de laboratorio y pruebas sensoriales orientadas al consumidor, con el fin de garantizar la calidad del producto, la confiabilidad de los resultados y la adecuada validación del proceso experimental (Lawless & Heymann, 2010).

Ubicación y Contexto

Las etapas de formulación, procesamiento y análisis fisicoquímico se realizaron en el laboratorio del programa de Ingeniería de Alimentos de la UNAD. La materia prima será obtenida de productores locales de Cundinamarca y de la empresa aliada Tesoros Nativos (Ventaquemada, Boyacá), asegurando calidad, trazabilidad y sostenibilidad de los insumos.

Materias Primas

Se trabajó con papa nativa (*Solanum tuberosum*) variedad Quincha suministrada por la empresa Tesoros nativos S.A.S, se seleccionaron las estén libres de daños mecánicos o enfermedades. Se empleó la cáscara como ingrediente principal. La uva Isabella (*Vitis labrusca*)

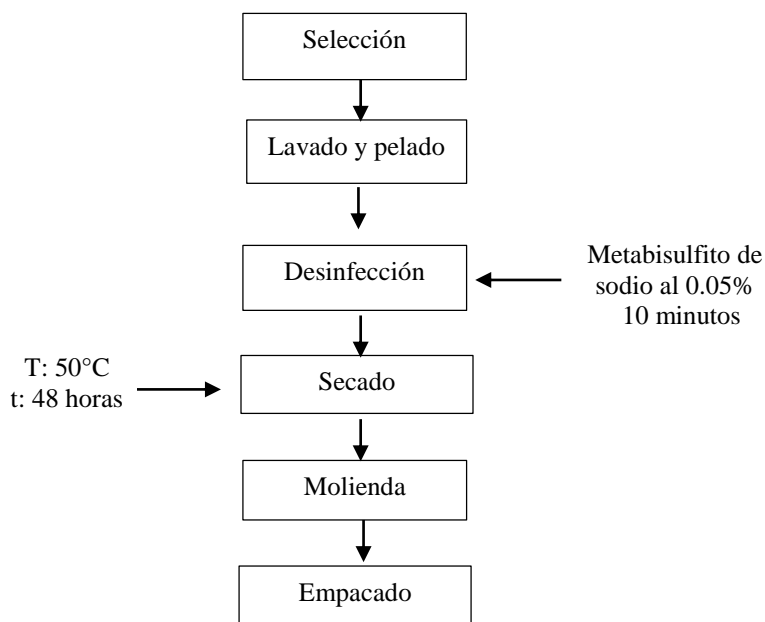
fue adquirida en las tiendas locales de la región. La inulina fue adquirida en CIMPA ver Apendice 1. Las demás materias primas como el agua potable y el azúcar se adquieren en tiendas locales.

Elaboración de Polvo de Cáscara de Papa Nativa

Se seleccionaron tubérculos de papa, se lavaron, pelaron y desinfectaron las cáscaras de papas con una solución de Metabisulfito de sodio al 0.05%. Luego, las rodajas se secaron utilizando un secador Thermo Scientific a 50 °C durante 48 horas. Las cáscaras secas se molieron finamente hasta obtener harina usando una licuadora. La harina resultante se tamizó a través de un colador, se empacó en bolsas transparentes de polietileno y almacenó a temperatura ambiente hasta su uso (Benavides et al., 2026). El proceso de elaboración de la harina de cáscara de papa nativa se presenta en la Figura 1.

Figura1

Diagrama de Elaboración de la Harina de Cáscara de Papa Nativa



Nota: *T: Temperatura, t: Tiempo. *Fuente:* Autoría propia.

Obtención del Extracto de Cáscara de Papa Nativa

La harina obtenida se utilizó como sustrato para la preparación de extractos acuosos. La obtención del extracto se realizó con base en metodologías de extracción sólido-líquido aplicadas en matrices vegetales, considerando el efecto de variables como la temperatura, el tiempo y la relación sólido: líquido sobre los compuestos extraídos (Acar et al., 2022). Para ello, se pesaron 50 g de polvo de cáscara de papa seca, los cuales se mezclaron con agua destilada a 100 °C durante 3 minutos, empleando diferentes relaciones cáscara: agua (50 g:20 mL, 50 g:50 mL y 50 g:100 mL). La extracción se llevó a cabo con agitación constante para favorecer la transferencia de compuestos solubles. Posteriormente, los extractos se enfriaron a temperatura ambiente y se filtraron para su posterior análisis.

Elaboración Pulpa de Uva

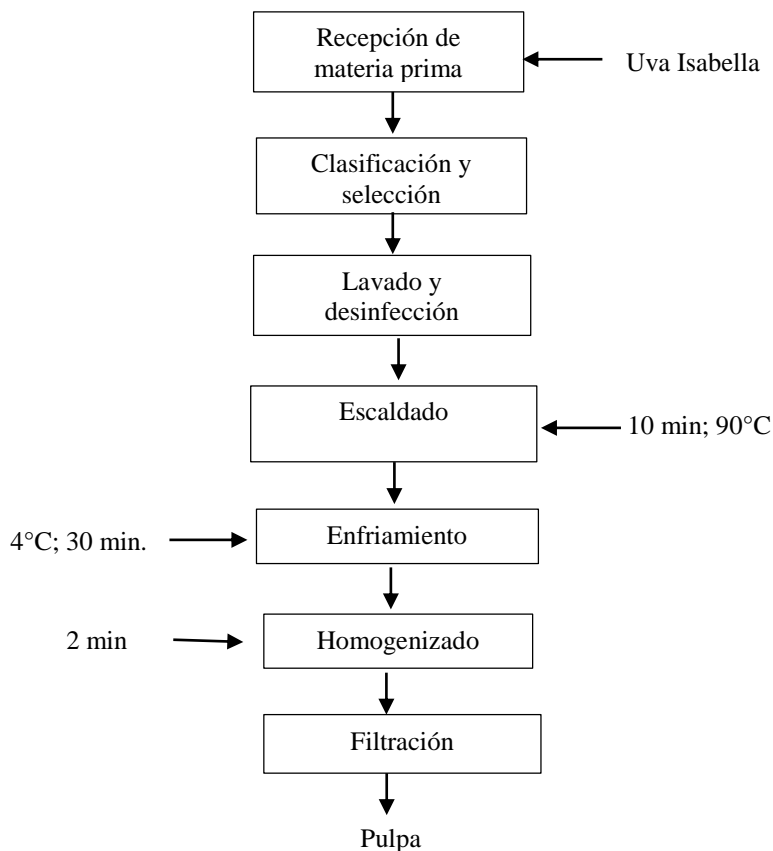
La obtención de la pulpa de uva se realizó con base en metodologías de procesamiento de frutas reportadas en la literatura para la elaboración de pulpas y jugos (Fellows, 2017; Jayani et al., 2021). Inicialmente, las uvas fueron clasificadas y seleccionadas, eliminando aquellas con daños físicos o signos de deterioro. Posteriormente, se realizó el lavado y desinfección con el fin de reducir la carga microbiana superficial.

A continuación, se sometieron a un proceso de escaldado mediante inmersión en agua a 90 °C durante 10 minutos, con el objetivo de inactivar enzimas y facilitar la extracción de compuestos. Luego, se aplicó un enfriamiento rápido mediante choque térmico con agua a 4 °C, seguido de reposo a temperatura ambiente durante 30 minutos.

Una vez enfriadas, las uvas fueron sometidas a licuado para la obtención de la pulpa, la cual fue posteriormente filtrada para separar semillas y material sólido (pieles), obteniendo así una pulpa homogénea. El diagrama del proceso de obtención de la pulpa se presenta en la Figura 2.

Figura 2

Diagrama de Obtención de la Pulpa



Nota: *T: Temperatura. *Fuente:* Autoría Propia.

Diseño Experimental de las Bebidas

A continuación, se presenta el diseño experimental de las bebidas en la Tabla 1, completamente aleatorizado, con un solo factor, inclusión de extracto de cáscara (ECPN). Se establecieron tres inclusiones del extracto y se propone cuatro tratamientos (Romero-Pari y Bezada Castañeda Pastor, 2014): T0 (0 %), T1 (2 %), T2 (5 %) y T3 (10 %). Las variables de respuesta evaluadas fueron pH, acidez titulable, sólidos solubles (°Brix), color, análisis

microbiológicos y evaluación sensorial. Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, utilizando el software STATGRAPHICS Centurion versión 19.1.2. El diseño experimental se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1

Diseño Experimental de las Bebidas

Tratamiento	Factor (ECPN)	Sólidos solubles total (°Brix)	Acidez	pH	Color	Análisis sensorial	Microbiológicos
T0	0	S1	A1	B1	U1	P1	M1
T1	2%	S2	A2	B2	U2	P2	M2
T2	5%	S3	A3	B3	U3	P3	M3
T3	10%	S4	A4	B4	U4	P4	M4

Nota: ECPN: Extracto de cáscara de papa nativa. *Fuente:* Autoría propia

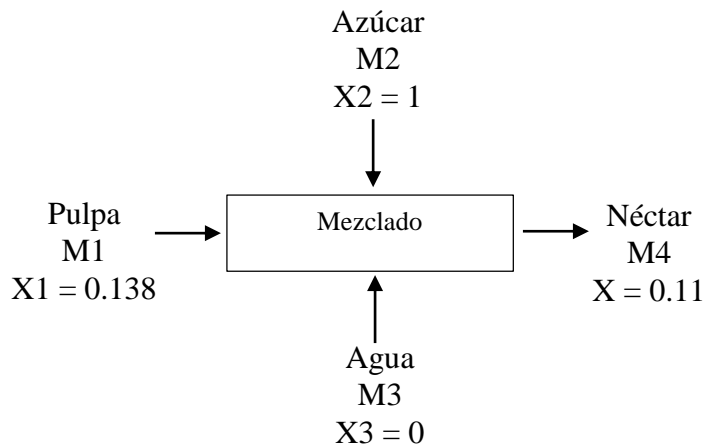
Balance de Materia de la Bebida

Para el desarrollo del balance de materia de la bebida funcional se considera la operación unitaria mezclado según la Figura 4, se tomó como base la Resolución 3929 de 2013, la cual establece los requisitos fisicoquímicos y contenido de pulpa para la bebida tipo néctar, igual se considera la inclusión del extracto de cáscara de papa nativa según el diseño experimental presentado en la Tabla 1. Según esta resolución en Colombia, el producto debe cumplir los siguientes parámetros mínimos como contenido de pulpa de fruta, sólidos solubles, acidez y pH. Los parámetros considerados para la formulación fueron: contenido mínimo de pulpa o fruta: $\geq 20\%$ m/m, sólidos solubles: ≥ 10 °Brix, acidez titulable: $\geq 0,2\%$, pH: 2.5 – 4.6. El balance de materia se realizó tomando como base una producción 1000 g de la bebida, y se supera el porcentaje de pulpa según la restricción de la resolución usando 40% m/m pulpa de uva.,

A continuación, se presenta el balance de materia en la figura 3.

Figura 3

Balance de Materia



Fuente: Autoría Propia.

Balance Global

$$\text{Ecuación 1. } M1 + M2 + M3 = M4$$

Restricción = 40% de pulpa

$$M1 = 0,40 \times 1000g = 40g(\text{pulpa})$$

Balance por componentes sólidos solubles

$$\text{Ecuación 2. } M1X1 + M2X2 + M3X3 = M4X4$$

$$40g(0,138) + M2(1) + 0 = 1000g(0,11)$$

$$5,52g + M2 = 110g$$

$$M2 = 110g - 5,52g$$

$$M2 = 104,48g (\text{azúcar})$$

Despeja Ecuación 1

$$M1 + M2 + M3 = M4$$

$$40g + 104,48g + M3 = 1000g$$

$$M3 = 1000g - 45,48g$$

$$M3 = 855,52g \text{ (agua)}$$

Formulación de las Bebidas: Néctar

Se evalúan cuatro formulaciones con diferentes inclusiones de extracto de cáscara de papa: 0 %, 2 %, 5 % y 10 %, considerado el estudio de Romero-Pari y Bezada Castañeda Pastor, (2014) con modificaciones en las inclusiones. En las formulaciones se incluyeron pulpa de uva Isabella, extracto de cáscara, agua, azúcar e inulina. Las formulaciones desarrolladas se presentan en la Tabla 2 y se considera el balance de materia para el desarrollo del néctar.

Tabla 2

Formulación de los Néctares con Inclusión de Cáscara de Papa Nativa

Ingredientes	Formulación			
	F0	F1	F2	F3
Pulpa de Uva Isabella (%)	40	40	40	40
ECPN (%)	0	2	5	10
Agua (%)	54.52	52.52	49.52	44.52
Azúcar (%)	2.74	2.74	2.74	2.74
Inulina (%)	2.74	2.74	2.74	2.74

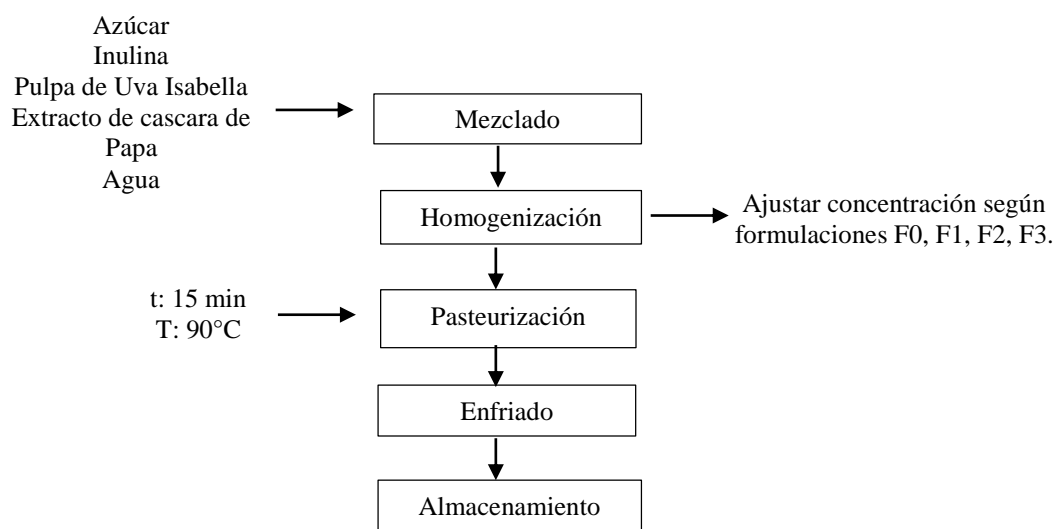
Nota: ECPN: Extracto de cáscara de papa nativa. *Fuente:* Autoría propia

Elaboración de la Bebida Funcional

El proceso de elaboración de la bebida funcional se realiza según el estudio de Braga, H. F., & Conti-Silva, A. C. (2015), con algunas modificaciones en la formulación. En la Figura 4, se presenta el diagrama de bloques del proceso de elaboración de las bebidas.

Figura 4

Diagrama de Proceso de Elaboración de la Bebida Funcional



Nota: *T: Temperatura, t: Tiempo, % m/m: % masa/masa. *Fuente:* Autoría propia.

Determinar Propiedades Físicoquímicas de las Bebidas

En los análisis físicoquímicos se determinó pH, acidez titulable, sólidos solubles según la norma NTC 3929 de 2013 y color mediante el sistema CIE Lab*. Los requisitos físicoquímicos del néctar se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3*Requisitos Fisicoquímicos del Néctar.*

Requisitos	Resolución 3929(2013)	Codex Alimentarius (CODEX STAN 247-2005)
Solidos solubles (°Brix)	≥ 10	16
Acidez Total (%) (Ácido cítrico)	≥ 0.2	No especificado
pH	2.5 – 4.6	No especificado

Fuente: Autoría propia**Determinación de las Propiedades Microbiológicas**

Los análisis microbiológicos se realizaron conforme a la Resolución 3929 de 2013, se realizó la caracterización microbiológica, la metodología de análisis de estos parámetros se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4*Requisitos Microbiológicos del Néctar.*

Requisitos	Parámetro
Mesofilos (UFC/g o mL)	500-800
<i>E-coli</i> (UFC/g o mL)	<10
Mohos y levaduras (UFC/g o mL)	100-200

Fuente: Autoría propia**Evaluación Sensorial de las Bebidas**

La evaluación sensorial de las bebidas se realizó sometiendo las muestras codificadas con una numeración aleatoria ante 62 jueces no entrenados, este panel de consumidores fue integrado

por hombres y mujeres en un rango de edad entre 20 y 60 años. Los panelistas evaluaron los siguientes atributos de las bebidas: sabor, color, dulzura, acidez, aroma, y aceptación general, para ello se empleó como herramienta para medir el grado de aceptación la escala hedónica no estructurada de 9 puntos (1 me disgusta mucho a 9 me gusta mucho) para determinar la aceptación de diferentes atributos según el estudio de Valero-Cases, E., & Frutos, M. J. (2017).

Análisis Estadístico de la Evaluación Sensorial

El análisis estadístico de la evaluación sensorial de los tratamientos realizados se utilizó análisis de varianza no paramétrica, utilizando el software de análisis estadístico STATGRAPHICS Centurion Versión 19.1.2, realizando comparación entre los tratamientos con el test de Friedman ($p < 0,05$). Se evaluó el nivel de significancia, este se obtuvo en la tabla estadística de niveles de probabilidad, a 2 colas, probabilidad 0,05% (Espinosa, 2007).

Evaluación de la Estabilidad de las Bebidas

Se evaluó la estabilidad de la bebida funcional durante 60 días, tomando como referencia el estudio de Valero-Cases y Frutos (2017). Se realizaron mediciones en los tiempos 0, 15, 30, 45 y 60 días, evaluando pH, acidez titulable, sólidos solubles y color, con el fin de evaluar características fisicoquímicas durante el almacenamiento.

Resultados y Discusión

Análisis de los Parámetros Físicoquímicos de las Bebidas

Las propiedades físicoquímicas de las bebidas se encuentran descritas en la Tabla 5, donde los tratamientos evaluados cumplieron con los requisitos establecidos por la resolución 3929 de 2013, evidenciando consistencia en los parámetros físicoquímicos analizados. La incorporación del extracto de cáscara de papa nativa generó variaciones moderadas en los sólidos solubles, la acidez y el pH, sin comprometer la calidad ni la estabilidad del producto. Se evalúan las diferencias entre tratamientos mediante análisis de varianza (ANOVA), ver Anexo 2.

Tabla 5

Características Físicoquímicas de las Bebidas

Tratamientos	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez (%)	pH
T0	9.45 ± 0.15 ^a	0.79 ± 0.03 ^a	2.93 ± 0.01 ^a
T1	9.70 ± 0.00 ^b	0.83 ± 0.02 ^b	2.88 ± 0.04 ^b
T2	9.80 ± 0.00 ^b	0.79 ± 0.03 ^{ab}	2.93 ± 0.01 ^a
T3	10.05 ± 0.05 ^c	0.75 ± 0.04 ^{ab}	2.95 ± 0.01 ^a
*Resolución 3929 de 2013	>10	>0.2	2.5 a 4.6

* Resolución 3929 de 2013. Ministerio de Salud y Protección Social

Nota: Valores medios ± Desvest de las propiedades físicoquímicas de cada Tratamiento. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas. *Fuente:* Autoría propia.

En la Tabla 5 se evidencia un leve incremento en los sólidos solubles de las bebidas al incluir el extracto de papa, observándose que el tratamiento T0 presentó un valor de 9.45 °Brix, mientras que el tratamiento T3 alcanzó 10.05 °Brix. Al comparar estos resultados con otros estudios, se observa que se encuentra dentro del rango de 10°Brix reportado para néctares con zanahoria, naranja con diferentes inclusiones de inulina (Valero-Cases, E., & Frutos, M. J., 2017). Sin embargo, estos resultados no son coherentes, frente a otro estudio (Munar Torres, R., 2021) sobre bebidas con inclusión de edulcorantes y sustitución de sacarosa, debido a que estos valores

resultan superiores, pero estos resultados están dentro los mínimos exigidos por la normatividad. A diferencia del pH y la acidez, en el análisis estadístico se evidenció diferencias significativas, con ligeras oscilaciones entre tratamientos. Este comportamiento indica que la inclusión del extracto de cáscara de papa nativa modificó de forma moderada la acidez en un rango de 0.64 a 0.70 y el pH 2.88 a 2.95, manteniéndose los parámetros fisicoquímicos de las bebidas dentro del rango normativo establecido por la Resolución 3929 de 2013. Sin embargo, la acidez titulable de las bebidas varía dependiendo de la materia prima (Porcar, M. 2016). Se evidencia que estos resultados fueron mayores en comparación con otro estudio de néctar que obtuvo 0.59 de acidez (Munar Torres, R., 2021). Al comparar los resultados obtenidos de pH con otros estudios se encuentra que los valores obtenidos fueron un poco más bajos entre los valores reportados para bebidas de fruta de forma general (Ashurst, P. 2016). De hecho, se considera que dichos valores pueden llegar a variar según la matriz vegetal debido a que estos resultados de pH fueron inferiores al compararlos con un estudio de néctar de yacón, mango y gulupa (Munar Torres, R., 2021). Sin embargo, estos resultados pueden ser favorables debido a que un pH menor 4.0, es una condición que disminuye el riesgo de crecimiento de bacterias patógenas (Ashurst, 2016).

Al comparar estos resultados con estudios sobre la incorporación de subproductos vegetales en bebidas, se ha reportado que la adición de cáscaras o sus extractos puede modificar las propiedades fisicoquímicas, especialmente los sólidos solubles y el pH, debido principalmente al aporte de azúcares solubles y ácidos orgánicos presentes en estos materiales (Fellows, 2017; Ashurst, 2016). En este sentido, los cambios en °Brix se asocian con la concentración de sólidos solubles totales, mientras que las variaciones en pH y acidez dependen del contenido de ácidos orgánicos de la materia prima.

Asimismo, se ha documentado que los subproductos vegetales, como las cáscaras, contienen compuestos bioactivos, entre ellos compuestos fenólicos, que aportan valor funcional a las matrices alimentarias, aunque su efecto sobre parámetros como pH y sólidos solubles es secundario frente al de los azúcares y ácidos presentes (Schieber et al., 2019).

En comparación con estos antecedentes, los resultados obtenidos en este estudio evidencian que la adición de extracto de cáscara de papa nativa no generó cambios significativos en los parámetros fisicoquímicos evaluados, lo cual representa una ventaja tecnológica, ya que permite la incorporación de compuestos bioactivos sin afectar las características de calidad del producto.

Análisis del Color de las Bebidas

El color de las bebidas fue determinado mediante el sistema CIELab (L^* , a^* , b^*), evaluando las diferencias entre tratamientos mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación múltiple ($p \leq 0,05$). En la Tabla 6 se presenta los parámetros de color de las bebidas.

Tabla 6

Parámetros de Color de las Bebidas

Tratamiento	L^* (media \pm DE)	a^* (media \pm DE)	b^* (media \pm DE)
T0	17.68 \pm 1.41 ^a	17.70 \pm 0.72 ^a	6.87 \pm 0.26 ^a
T1	12.30 \pm 1.71 ^b	16.22 \pm 2.22 ^{ab}	4.77 \pm 0.62 ^b
T2	10.82 \pm 2.38 ^c	14.15 \pm 1.41 ^b	4.26 \pm 0.52 ^b
T3	13.80 \pm 1.66 ^b	11.23 \pm 1.03 ^c	3.62 \pm 0.24 ^c

Nota: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$).

Fuente: Autoría propia.

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos para los tres parámetros de color evaluados (ver Anexo 2). En el caso de la luminosidad (L^*), el

tratamiento T0 presentó el valor significativamente más alto, indicando una bebida más clara en comparación con los demás tratamientos, mientras que el tratamiento T2 mostró el valor más bajo, reflejando una coloración más oscura. T1 y T3 no presentaron diferencias significativas entre sí, pero sí difirieron respecto a T0 y T2.

Estas variaciones pueden estar asociadas a la presencia de compuestos fenólicos y pigmentos naturales en las materias primas utilizadas, especialmente aquellos presentes en la cáscara de papa, como ácidos fenólicos y compuestos tipo antocianinas, los cuales han sido reportados como responsables de influir en las características de color en matrices alimentarias (Akyol et al., 2016; Ru et al., 2019). Asimismo, se ha documentado que la cáscara de papa presenta una alta concentración de estos compuestos bioactivos, lo que puede contribuir a las variaciones observadas en la tonalidad y luminosidad de las bebidas (Silva-Beltrán et al., 2017). Para la coordenada a^* (tendencia rojo-verde), todos los tratamientos presentaron valores positivos, confirmando una tonalidad rojiza característica del jugo de uva. El tratamiento T0 mostró la mayor intensidad de rojo, sin diferir estadísticamente de T1; sin embargo, fue significativamente superior a T2 y T3. El tratamiento T3 presentó el valor más bajo, evidenciando una menor intensidad del color rojo. Estas diferencias pueden atribuirse a variaciones en la concentración y estabilidad de antocianinas.

En cuanto a la coordenada b^* (tendencia amarillo-azul), se observaron diferencias significativas entre tratamientos. T0 presentó el valor más alto, indicando mayor componente amarillo, mientras que T3 mostró el valor significativamente más bajo. T1 y T2 no presentaron diferencias significativas entre sí, pero sí respecto a T0 y T3. La disminución del parámetro b^* podría relacionarse con interacciones entre pigmentos y otros compuestos presentes en la matriz de la bebida. En este sentido, se ha reportado que la cáscara de papa contiene compuestos

fenólicos, incluyendo antocianinas, los cuales actúan como pigmentos naturales y pueden influir en las características de color en matrices alimentarias (Akyol et al., 2016; Ru et al., 2019).

Asimismo, diversos estudios han evidenciado que la incorporación de subproductos vegetales ricos en compuestos fenólicos puede modificar los parámetros de color debido a la presencia de pigmentos naturales y a sus interacciones con otros componentes del alimento (Silva-Beltrán et al., 2017; Schieber et al., 2019).

En este contexto, las variaciones observadas en el parámetro b^* pueden atribuirse a la interacción de estos compuestos con otros componentes de la bebida, lo que influye en la intensidad y tonalidad del color final. En conjunto, los resultados demuestran que la formulación influyó significativamente en las características cromáticas iniciales de las bebidas, evidenciando que las variaciones en la composición afectan la luminosidad y la intensidad de los tonos rojo y amarillo.

Análisis Microbiológicos de las Bebidas

El análisis microbiológico realizado a las cuatro formulaciones (T0, T1, T2 y T3) de las bebidas, se evidencian en la Tabla 7 encontrando que todas las muestras cumplieron con los parámetros establecidos para néctar según la Resolución 3929 de 2013 (Ministerio de salud y de la protección social., 2013).

Tabla 7*Resultados Microbiológicos de las Bebidas Néctar*

Tratamientos	Coliformes totales (UFC/ mL)	Recuento <i>E. Coli</i> (UFC/mL) <i>P</i>	Mesófilos aerobios (UFC/ mL)	Hongos y levaduras (UFC/mL)
T0	<1	Ausencia	<1	<1
T1	<1	Ausencia	<1	<1
T2	<1	Ausencia	<1	<1
T3	<1	Ausencia	<1	<1
*Resolución 3929 de 2013	500	<10	500	100
Valor máximo permitido				

* Resolución 3929 de 2013. Ministerio de Salud y Protección Social. *Fuente:* Autoría propia.

Los resultados microbiológicos obtenidos en las cuatro formulaciones (T0, T1, T2 y T3) evidenciaron ausencia de *Escherichia coli* y recuentos inferiores a 1 UFC/mL para coliformes totales, mesófilos aerobios, hongos y levaduras, cumpliendo con los límites establecidos en la Resolución 3929 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social.

Estos resultados pueden compararse con investigaciones en bebidas que incorporan cáscaras de subproductos agrícolas. Por ejemplo, en bebidas elaboradas con cáscara de granada, se ha reportado que el tratamiento térmico adecuado permite reducir significativamente la carga microbiana inicial, obteniéndose recuentos inferiores a 10^2 UFC/mL para mesófilos aerobios y ausencia de *E. coli* (Santos et al., 2019). De manera similar, estudios en bebidas funcionales formuladas con cáscara de mango han mostrado que, tras pasteurización a 85–90 °C por 10–15 minutos, los recuentos de mohos y levaduras se mantienen por debajo de los límites normativos, garantizando la inocuidad del producto (Ajila et al., 2010).

La cáscara de frutas es conocida por presentar mayor carga microbiana superficial en comparación con la pulpa, debido a su exposición al ambiente durante el crecimiento, cosecha y transporte. Sin embargo, diversos autores coinciden en que la aplicación de tratamientos térmicos adecuados asegura la estabilidad microbiológica del producto final (Raybaudi-Massilia et al., 2009).

En este contexto, los resultados obtenidos en el presente estudio indican que el proceso de secado de la cáscara y pasteurización aplicado (90 °C por 15 minutos) fue efectivo para garantizar la inocuidad de las bebidas, incluso con la inclusión de cáscara, demostrando que la formulación desarrollada es microbiológicamente segura y apta para el consumo humano.

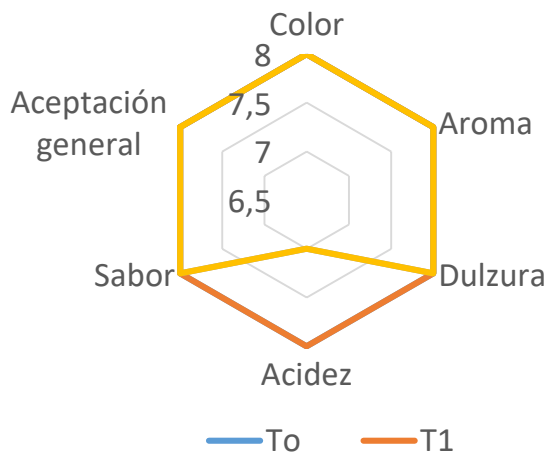
Evaluación Sensorial de las Bebidas con Inclusión de Cáscara de Papa Nativa

La evaluación sensorial de las bebidas evidenció un perfil organoléptico aceptable y homogéneo entre los tratamientos, con medianas de aceptación ubicadas entre 7 y 8 en la escala hedónica de 9 puntos para los atributos de color, aroma, dulzura y sabor. La superposición de estos atributos indica que la inclusión del extracto de papa no alteró significativamente la palatabilidad frente al tratamiento control. Aunque la acidez presentó una ligera variación en los tratamientos T2 y T3, esta diferencia no afectó la aceptación global del producto por parte de los consumidores, lo que demuestra que la incorporación del subproducto vegetal fue sensorialmente viable.

En la Figura 5, se presenta la evaluación sensorial de las bebidas.

Figura 5

Evaluación Sensorial de Aceptación, n=62, Valores Presentados como Mediana.



Fuente: Autoría propia.

Estos resultados son consistentes con estudios previos en bebidas que incorporan cáscaras o subproductos agroindustriales (Intriago Flor et al., 2025). Se reporta la elaboración de una bebida funcional a base de cascarilla de *Theobroma cacao*, niveles altos de aceptabilidad general, con puntuaciones promedio superiores a 7 en escala hedónica de 9 puntos, destacándose aroma y sabor como atributos bien valorados por los panelistas (Intriago Flor et al., 2025). De manera similar, en el desarrollo de una bebida isotónica a partir de la cáscara de *Myrciaria dubia*, los autores encontraron que, tras optimizar la dilución del extracto, las puntuaciones sensoriales se mantuvieron dentro de rangos de aceptación superiores a 6, demostrando que la inclusión de cáscaras no necesariamente compromete la calidad sensorial cuando la formulación es adecuada (García Saavedra et al., 2015). Asimismo, en una bebida formulada con pulpa tostada de café y

cáscara de *Citrus sinensis*, se observó que las formulaciones con menor proporción de cáscara alcanzaron mayores niveles de aceptación sensorial, con valores cercanos a 7 en aceptabilidad global, lo que sugiere que el equilibrio en la concentración del subproducto es determinante para mantener características organolépticas agradables (Callupe Loayza et al., 2025). Por tanto, la evidencia científica indica que, aunque las cáscaras contienen compuestos fenólicos y fibra dietaria que pueden modificar atributos como la acidez o la astringencia, su incorporación en bebidas puede resultar en productos sensorialmente aceptables siempre que exista una adecuada estandarización del proceso y balance en la formulación. Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman que la adición del extracto de cáscara no afectó negativamente la aceptación del consumidor y se comporta de manera similar a otras bebidas funcionales desarrolladas a partir de subproductos vegetales reportadas en la literatura científica. Igual, se evidencia que se puede reemplazar el azúcar por inulina sin afectar las propiedades sensoriales de las bebidas, estos resultados son favorables debido a que, en el estudio de Braga, H. F., & Conti-Silva, A. C. (2015), reportan que altas concentraciones de inulina u oligofructosa pueden interferir negativamente con el gusto de las bebidas, ya sea por su bajo o alto dulzor, sin embargo, en este estudio los consumidores no encontraron presencia de un sabor residual en la garganta.

El análisis estadístico no evidenció diferencias significativas entre tratamientos para ninguno de los atributos evaluados, lo que indica que la adición de extracto de cáscara de papa nativa en niveles de hasta 10 % no compromete la aceptabilidad sensorial de la bebida. En conjunto, estos resultados confirman que la formulación propuesta mantiene características organolépticas homogéneas y satisfactorias para el consumidor, validando la viabilidad comercial del producto.

Estabilidad de las Bebidas a través del Tiempo

Se realizó análisis de las propiedades fisicoquímicas y color de las bebidas evaluadas cada 15 días durante 60 días de almacenamiento, con el fin de analizar si la inclusión del extracto de cáscara de papa nativa puede comprometer la estabilidad fisicoquímica de las bebidas. A continuación, se presenta un análisis detallado de parámetros evaluados a través del tiempo.

Análisis del pH de las Bebidas Durante el Almacenamiento

El comportamiento del pH durante los 60 días de almacenamiento evidenció variaciones en todos los tratamientos, iniciando con valores cercanos a 2.90, seguido de un descenso hacia el día 30 y un incremento progresivo hasta alcanzar valores entre 3.16 y 3.23 al final del periodo. Este comportamiento indica una tendencia oscilatoria del pH durante el almacenamiento.

De acuerdo con el análisis de comparación múltiple mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre algunos tiempos de almacenamiento dentro de cada tratamiento, lo cual se refleja en la asignación de diferentes grupos homogéneos (letras). Sin embargo, al comparar los tratamientos entre sí en un mismo tiempo de muestreo, se observa que en la mayoría de los casos comparten grupos homogéneos, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Estos resultados sugieren que las variaciones del pH están asociadas principalmente al efecto del tiempo de almacenamiento más que a la concentración del extracto de cáscara de papa, lo cual indica que la incorporación de este ingrediente no altera significativamente la acidez de la bebida en comparación con el tratamiento control. Los resultados se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8*Análisis del pH de las Bebidas Durante el Almacenamiento*

Tratamiento	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60
T0	2.930 ± 0.016 ^a	3.095 ± 0.016 ^b	2.900 ± 0.016 ^a	3.133 ± 0.016 ^b	3.163 ± 0.016 ^b
T1	2.875 ± 0.012 ^a	3.090 ± 0.012 ^b	2.843 ± 0.012 ^a	3.203 ± 0.012 ^c	3.183 ± 0.012 ^c
T2	2.925 ± 0.004 ^a	3.113 ± 0.004 ^b	2.793 ± 0.004 ^c	3.157 ± 0.004 ^d	3.230 ± 0.004 ^e
T3	2.950 ± 0.006 ^a	3.133 ± 0.006 ^b	2.790 ± 0.065 ^c	3.210 ± 0.065 ^d	3.210 ± 0.065 ^d

Fuente: Autoría propia.

Nota: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$).

Análisis de los Sólidos Solubles de las Bebidas Durante el Almacenamiento

El análisis de los sólidos solubles totales durante el almacenamiento evidenció variaciones a lo largo del tiempo, observándose inicialmente un incremento en algunos tratamientos hacia el día 15, seguido de una disminución progresiva. Esta disminución fue más pronunciada hacia el día 60, donde los valores oscilaron entre 7.50 y 8.00 °Brix, como se muestra en la Tabla 9.

En cuanto a las diferencias entre tratamientos, se identificaron variaciones significativas ($p < 0,05$) en los distintos tiempos de evaluación, reflejadas en los superíndices literales. En general, todos los tratamientos presentaron una tendencia similar de disminución de los sólidos solubles al final del periodo de almacenamiento, siendo T2 el que mantuvo el valor más alto (8.00 °Brix) en el día 60, mientras que los tratamientos T0, T1 y T3 alcanzaron valores de 7.50 °Brix.

Tabla 9.*Sólidos Solubles Durante el Almacenamiento (°Brix)*

Tratamiento	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60
T0	9.45 ± 0.09 ^a	10.20 ± 0.09 ^b	9.55 ± 0.09 ^a	9.45 ± 0.09 ^a	7.50 ± 0.09 ^c
T1	9.70 ± 0.06 ^a	10.10 ± 0.06 ^b	9.35 ± 0.06 ^b	9.50 ± 0.06 ^{ab}	7.50 ± 0.06 ^c
T2	9.80 ± 0.07 ^a	10.30 ± 0.07 ^b	9.45 ± 0.07 ^c	9.33 ± 0.07 ^c	8.00 ± 0.07 ^d
T3	10.05 ± 0.06 ^a	9.70 ± 0.06 ^b	8.90 ± 0.06 ^c	9.30 ± 0.06 ^d	7.50 ± 0.06 ^e

Fuente: Autoría propia.

Nota: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$).

La disminución de los sólidos solubles durante el almacenamiento puede atribuirse a diversos fenómenos fisicoquímicos que ocurren en bebidas pasteurizadas, especialmente en aquellas elaboradas a partir de matrices vegetales complejas. Una posible explicación corresponde a la transformación de azúcares y otros compuestos solubles, así como a interacciones entre los diferentes componentes del sistema. Durante el almacenamiento pueden presentarse reacciones de oxidación, hidrólisis y pardeamiento no enzimático, las cuales modifican la composición de los sólidos solubles medibles por refractometría (Damodaran et al., 2017).

Adicionalmente, es importante considerar que la medición de °Brix refleja únicamente los sólidos solubles disueltos en la fase líquida. En este sentido, la disminución observada puede estar asociada a fenómenos de precipitación, sedimentación o formación de agregados, especialmente en bebidas que contienen compuestos estructurales como fibra dietaria proveniente de la cáscara de papa. Estos procesos pueden reducir la fracción de sólidos en solución sin implicar necesariamente una pérdida real de materia (Kasapis et al., 2014).

Estos resultados son consistentes con estudios en jugos de fruta almacenados, donde se han reportado variaciones en los sólidos solubles y en los azúcares totales a lo largo del tiempo, asociadas a cambios en la composición química de la bebida durante el almacenamiento

(Rehman et al., 2014). Asimismo, investigaciones en bebidas funcionales elaboradas con subproductos vegetales han evidenciado comportamientos similares. En productos enriquecidos con cáscara de *Citrus sinensis* se observó una reducción gradual de los sólidos solubles atribuida a fenómenos de precipitación y cambios en el equilibrio de azúcares (Igual et al., 2014). De manera similar, en bebidas con extractos de *Mangifera indica* se han reportado ligeras disminuciones durante el almacenamiento, relacionadas con reacciones químicas lentas y reorganización estructural de los componentes solubles (Ajila et al., 2010).

Por otra parte, aunque el tratamiento térmico aplicado contribuye a la estabilidad microbiológica del producto, podrían presentarse reacciones enzimáticas residuales en caso de una inactivación incompleta, lo cual también podría influir en la estabilidad de los sólidos solubles (Fellows, 2017). No obstante, dado que los valores se mantuvieron dentro de un rango relativamente estable y no se observaron cambios drásticos, el descenso registrado puede considerarse un comportamiento normal asociado al almacenamiento de bebidas vegetales pasteurizadas.

En este contexto, la disminución de los sólidos solubles a los 60 días no necesariamente indica deterioro del producto, sino ajustes fisicoquímicos propios de la matriz alimentaria, los cuales han sido reportados en productos similares desarrollados a partir de subproductos agrícolas. Sin embargo, es recomendable complementar estos resultados con análisis de pH, acidez titulable y color, como se realizó en este estudio, con el fin de evaluar de manera integral la estabilidad del producto durante el almacenamiento.

Análisis de Acidez de las Bebidas Durante el Almacenamiento

A continuación, en la Tabla 10 se presenta la acidez titulable de las bebidas durante el almacenamiento. Se evidencian diferencias significativas a lo largo del tiempo para cada tratamiento, como lo indican los superíndices literales.

Tabla 10

Acidez (%) de las Bebidas a través del Tiempo

Tratamiento	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60
T0	0.79 ± 0.04 ^a	0.85 ± 0.04 ^a	0.77 ± 0.06 ^{ab}	0.67 ± 0.03 ^{bc}	0.64 ± 0.00 ^c
T1	0.83 ± 0.07 ^a	0.83 ± 0.17 ^a	0.74 ± 0.16 ^b	0.70 ± 0.16 ^{bc}	0.64 ± 0.08 ^c
T2	0.79 ± 0.04 ^{ab}	0.71 ± 0.11 ^{ab}	0.74 ± 0.03 ^{ab}	0.64 ± 0.00 ^a	0.80 ± 0.03 ^b
T3	0.75 ± 0.00 ^a	0.69 ± 0.11 ^a	0.80 ± 0.03 ^a	0.77 ± 0.06 ^a	0.74 ± 0.03 ^a

Fuente: Autoría propia.

Nota: Valores presentados como media ± la desviación estándar ($n = 3$)

En la mayoría de los tratamientos presentó una acidez con leves fluctuaciones a través del tiempo, sin embargo, T3 fue el tratamiento más estable. De igual forma, en otros estudios de bebidas tipo néctar se ha observado que la acidez puede incrementarse o disminuir dependiendo de la composición del producto y de las condiciones de almacenamiento, lo que refleja la ocurrencia de reacciones fisicoquímicas en la matriz alimentaria. Por ejemplo, en néctar de carambola se reportó un incremento de la acidez durante el almacenamiento, pasando de 0.30% a 0.38% en 45 días (Hussain, 2003). De manera similar, en néctar de guayaba rosada se evidenció una disminución de la acidez titulable durante el almacenamiento, atribuida a transformaciones de los compuestos orgánicos presentes en la bebida (Ordóñez-Santos & Vázquez-Riascos, 2010).

Estos antecedentes demuestran que la acidez en bebidas tipo néctar no presenta un comportamiento único durante el almacenamiento, sino que depende de la matriz y de las reacciones que ocurren en el sistema.

Análisis del Color de las Bebidas Durante el Almacenamiento

La Tabla 11 presenta los resultados del análisis de color (L^* , a^* y b^*) de las bebidas durante el almacenamiento. En términos generales, no se evidencian diferencias significativas entre los tratamientos para cada uno de los parámetros de color ($p > 0,05$), de acuerdo con los superíndices literales. Sin embargo, se observa una disminución progresiva en los valores de L^* , a^* y b^* a lo largo del tiempo, lo que indica una pérdida gradual de luminosidad y de la intensidad de los tonos rojo y amarillo, respectivamente, siendo el día 60 el que registró los menores valores medios en todos los tratamientos.

En cuanto a la comparación entre tratamientos, T0 presentó consistentemente los valores más altos en los tres parámetros de color, lo que sugiere una mayor luminosidad y saturación, mientras que T3 registró los valores más bajos, especialmente en a^* y b^* , indicando una menor intensidad de los tonos rojo y amarillo. Por su parte, los tratamientos T1 y T2 mostraron valores intermedios, manteniendo una tendencia similar de disminución durante el almacenamiento.

Estos resultados evidencian que, aunque la inclusión del extracto de cáscara de papa nativa no generó diferencias significativas en el color entre tratamientos, sí se presenta una tendencia general de degradación de los pigmentos con el tiempo, posiblemente asociada a procesos de oxidación y pardeamiento no enzimático que afectan la estabilidad del color en bebidas de origen vegetal.

Tabla 11*Análisis del Color Durante el Almacenamiento*

Color (L) media ± DE					
Tratamiento	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60
T0	17.68 ± 0.51 ^a	17.31 ± 0.51 ^a	17.03 ± 0.51 ^a	16.82 ± 0.51 ^a	16.65 ± 0.51 ^a
T1	12.30 ± 0.63 ^a	12.10 ± 0.63 ^a	11.93 ± 0.63 ^a	11.79 ± 0.63 ^a	11.68 ± 0.63 ^a
T2	10.81 ± 0.87 ^a	10.62 ± 0.87 ^a	10.45 ± 0.87 ^a	10.30 ± 0.87 ^a	10.16 ± 0.87 ^a
T3	13.80 ± 0.61 ^a	13.61 ± 0.61 ^a	13.44 ± 0.61 ^a	13.26 ± 0.61 ^a	13.11 ± 0.61 ^a

Color (a*) media ± DE					
Tratamiento	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60
T0	17.70 ± 0.24 ^c	17.42 ± 0.24 ^{bc}	17.13 ± 0.24 ^{abc}	16.90 ± 0.24 ^{ab}	16.71 ± 0.24 ^a
T1	16.21 ± 0.81 ^a	16.00 ± 0.81 ^a	15.77 ± 0.81 ^a	15.59 ± 0.81 ^a	15.41 ± 0.81 ^a
T2	14.14 ± 0.52 ^a	13.96 ± 0.52 ^a	13.78 ± 0.52 ^a	13.61 ± 0.52 ^a	13.46 ± 0.52 ^a
T3	11.23 ± 0.37 ^a	11.07 ± 0.37 ^a	10.92 ± 0.37 ^a	10.76 ± 0.37 ^a	10.61 ± 0.37 ^a

Color (b*) media ± DE					
Tratamiento	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60
T0	6.87 ± 0.08 ^c	6.73 ± 0.08 ^{bc}	6.59 ± 0.08 ^{ab}	6.52 ± 0.08 ^{ab}	6.41 ± 0.08 ^a
T1	4.77 ± 0.23 ^a	4.66 ± 0.23 ^a	4.55 ± 0.23 ^a	4.46 ± 0.23 ^a	4.36 ± 0.23 ^a
T2	4.26 ± 0.19 ^a	4.13 ± 0.19 ^a	4.03 ± 0.19 ^a	3.93 ± 0.19 ^a	3.83 ± 0.19 ^a
T3	3.62 ± 0.09 ^c	3.50 ± 0.09 ^{bc}	3.39 ± 0.09 ^{abc}	3.29 ± 0.09 ^{ab}	3.19 ± 0.09 ^a

Nota: Valores medios ± DE de color durante el estudio por tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas. Tukey (p < 0,05). *Fuente:* Autoría propia.

En general, los valores de pH y sólidos solubles (°Brix) presentaron variaciones significativas a lo largo del tiempo y entre tratamientos, evidenciando cambios en la dinámica fisicoquímica de las bebidas durante el almacenamiento (Tablas 8 y 9). En el caso de la acidez titulable, aunque no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en todos los tiempos evaluados, sí se evidenciaron variaciones significativas a lo largo del tiempo dentro de cada tratamiento, particularmente hacia el día 30 y 60, lo que indica una evolución controlada pero dinámica de este parámetro (Tabla 10).

Por otra parte, el análisis sensorial no mostró diferencias significativas entre los evaluadores para ninguna de las características analizadas, lo cual sugiere una baja variabilidad en las respuestas y una percepción homogénea de los atributos sensoriales. Esto indica que,

desde el punto de vista del consumidor, los tratamientos presentan características similares y una aceptabilidad comparable.

Durante la prueba de estabilidad (Figura 5), todos los tratamientos mostraron variaciones graduales en los parámetros fisicoquímicos a lo largo del tiempo, sin cambios abruptos que indicaran inestabilidad del producto. En general, los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) presentaron un incremento inicial (hasta el día 15), seguido de una disminución progresiva hacia el día 60. El pH se mantuvo relativamente estable en todos los tratamientos, con ligeras variaciones hacia el final del periodo de almacenamiento, mientras que la acidez titulable mostró fluctuaciones moderadas dentro de un rango estrecho, compatibles con la estabilidad del producto.

Adicionalmente, el análisis de color evidenció una disminución progresiva en los parámetros L^* , a^* y b^* , indicando una pérdida gradual de luminosidad e intensidad de los pigmentos a lo largo del almacenamiento, sin diferencias significativas entre tratamientos. Este comportamiento sugiere procesos de degradación de pigmentos asociados al tiempo de almacenamiento, sin afectar de manera diferenciada las formulaciones.

Comparativamente, los tratamientos T1 y T3 presentaron un comportamiento más estable en términos generales, con menores oscilaciones en pH y acidez durante el almacenamiento. El tratamiento T2 evidenció una mayor variabilidad, particularmente en la acidez hacia el final del ensayo, mientras que T0 mostró una mayor reducción en los sólidos solubles. En conjunto, los resultados indican que todos los tratamientos conservaron condiciones fisicoquímicas adecuadas durante el periodo evaluado, destacándose T3 por mantener un comportamiento más equilibrado entre los diferentes parámetros analizados.

Conclusiones

La inclusión de extracto de cáscara de papa nativa se realizó entre 2 %, 5 % y 10 % al generar ligeras variaciones en los parámetros fisicoquímicos de las bebidas, particularmente en pH, acidez titulable y sólidos solubles, observándose diferencias significativas entre algunos tratamientos. Sin embargo, estas modificaciones no comprometieron la calidad del producto, ya que los parámetros evaluados se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por la normativa vigente. Asimismo, las bebidas presentaron una adecuada calidad microbiológica, evidenciada por la ausencia de *Escherichia coli* y recuentos inferiores a 1 UFC/mL para coliformes totales, mesófilos aerobios, hongos y levaduras. Estos resultados demuestran que todas las formulaciones cumplieron con los requisitos establecidos en la Resolución 3929 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social.

En la evaluación sensorial afectiva se encontró que todas las formulaciones con inclusión de extracto de cáscara de papa nativa fueron aceptadas por los consumidores, alcanzando medianas entre 7 y 8 en la escala hedónica de 9 puntos, valores que corresponden a categorías de agrado moderado y agrado alto. Aunque las formulaciones con inclusiones del 5 % y 10 % presentaron ligeras variaciones en la acidez, estas no afectaron la percepción global del producto.

Los resultados de estabilidad de las bebidas elaboradas con extracto de cáscara de papa nativa durante 60 días de almacenamiento en refrigeración evidenciaron cambios graduales en los parámetros fisicoquímicos evaluados, incluyendo pH, sólidos solubles, acidez titulable y color. Sin embargo, dichas variaciones se mantuvieron dentro de rangos compatibles con la estabilidad esperada para bebidas vegetales pasteurizadas, sin presentar alteraciones que comprometieran la calidad del producto. En términos comparativos, el tratamiento T3 mostró el comportamiento más estable a lo largo del almacenamiento, registrando menores fluctuaciones

en pH y acidez titulable, así como un desempeño equilibrado en los demás parámetros analizados. Estos resultados indican que la incorporación de extracto de cáscara de papa nativa no afecta negativamente la estabilidad fisicoquímica de la bebida.

Los resultados demuestran que la incorporación de extracto de cáscara de papa nativa en bebidas funcionales representa una alternativa sostenible para la valorización de subproductos agroindustriales, promoviendo la economía circular y la innovación en el sector alimentario. Demostrando la viabilidad tecnológica del aprovechamiento de este subproducto agroindustrial en el desarrollo de alimentos funcionales

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda evaluar mayores inclusiones y considerar la concentración óptima del extracto de cáscara de papa nativa con el fin de fortalecer las propiedades funcionales de la bebida sin comprometer su aceptabilidad sensorial. Asimismo, se sugiere evaluar el comportamiento de la bebida bajo diferentes condiciones de almacenamiento y perfiles de temperatura, lo cual permitiría estimar con mayor exactitud su vida útil y su estabilidad en escenarios más exigentes a nivel industrial.

De igual manera, se recomienda realizar estudios de aceptación sensorial con poblaciones más amplias y segmentadas por edad, preferencias de consumo y hábitos alimentarios, con el fin de identificar grupos de consumidores con mayor afinidad hacia productos funcionales elaborados a partir de subproductos agroindustriales. Complementariamente, resultaría beneficioso llevar a cabo pruebas de mercado y estimaciones de intención de compra para determinar la viabilidad comercial del producto y orientar futuras estrategias de posicionamiento.

Desde el punto de vista tecnológico, se aconseja explorar ajustes en el proceso de pasteurización, formulación y envasado que permitan preservar aún más los compuestos fenólicos y antioxidantes propios de la uva Isabella, evitando pérdidas relacionadas con el tratamiento térmico. Igualmente, se recomienda evaluar otros tipos de envases y materiales de barrera que prolonguen la estabilidad del color y la calidad sensorial durante el almacenamiento.

Finalmente, se sugiere considerar la aplicación de este tipo de extractos prebióticos en otras matrices alimentarias, como néctares, bebidas mixtas, yogures o productos fermentados, con el propósito de diversificar su valor funcional y promover el uso sostenible de la cáscara de papa nativa en diferentes líneas de alimentos. La continuidad de este tipo de investigaciones

podría contribuir significativamente a la innovación agroalimentaria y al aprovechamiento responsable de subproductos agrícolas.

Referencias Bibliográficas

- Acar, A., Aydın, M., & Arslan, D. (2022). Development of infusion tea formulations with food wastes: Evaluation of temperature and time effects on quality parameters. *Applied Food Research*, 2(1), 100087. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100087>
- Agronet. (2023). *Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia, representan 90% de la producción de papa*. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Cundinamarca%2C-Boyac%C3%A1%2C-Nari%C3%B1o-y-Antioquia%2C-representan-90-de-la-producci%C3%B3n-de-papa.aspx>
- Agrosavia. (s. f.). *Cultivo de papa nativa*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/39325>
- Ajila, C. M., Aalami, M., Leelavathi, K., & Rao, U. P. (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 219–224.
- Akyol, H., Riciputi, Y., Capanoglu, E., Caboni, M. F., & Verardo, V. (2016). Phenolic compounds in the potato and its byproducts: An overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), 835. <https://doi.org/10.3390/ijms17060835>
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2018). *ASTM D2196: Standard Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials*.
- André, C. M., Oufir, M., Guignard, C., Hoffmann, L., Hausman, J. F., Larondelle, Y., & Evers, D. (2007). Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(2), 366–378. <https://doi.org/10.1021/jf062740i>

- Argenpapa. (2023). *¿Para qué sirve la cáscara de papa? Los mejores usos y beneficios*.
<https://www.argenpapa.com.ar/noticia/9472-generalidades-iquest-para-que-sirve-la-cascara-de-papa-los-mejores-usos-y-beneficios>
- Ashurst, P. R. (2016). *Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices* (3rd ed.).
http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/8153/1/Philip%20R.%20Ashurst_2016.pdf
- Ashurst, P. (2016). The stability and shelf life of fruit juices and soft drinks. *In The Stability and Shelf Life of Food* (pp. 347–374). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100435-7.00012-5>
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2016). *Official Methods of Analysis: Fibra dietética (Método 991.43)* (20^a).
- Benavides, R. M. G., Rodríguez, I., & Perpiñán, Y. O. (2026). Technofunctional and bioactive properties of flours obtained from six native potato varieties (*Solanum tuberosum*) from the Cundiboyacense region. *Vitae*, 33(1).
<https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v33n1a362612>
- Biotech Spain. (2023). *El poder de las semillas de uva*. <https://biotech-spain.com/es/articles/el-poder-de-las-semillas-de-uva/>
- Braga, H. F., & Conti-Silva, A. C. (2015). Papaya nectar formulated with prebiotics: Chemical characterization and sensory acceptability. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 854-860. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.064>
- Callupe Loayza, J. A., Ramírez Trujillo, Y. J., Condori Rondan, V. E., & Ramírez Ascheri, D. P. (2025). Evaluación sensorial de una nueva bebida elaborada con pulpa tostada de café (*Coffea spp.*) y cáscara de naranja Valencia (*Citrus sinensis*).

- Cerón-Lasso, M. S. (2018). Composición fisicoquímica y propiedades antioxidantes de genotipos nativos de papa criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja). *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)*. <https://scite.ai/reports/composicion-fisicoquimica-y-propiedades-antioxidantes-D1WL91Y>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2016). *Documento CONPES 3874: Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*.
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2017). *Fennema's Food Chemistry (5th ed.)*. CRC Press.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia* [Informe digital].
- El Campesino. (2017). *Este es el panorama del cultivo de uva isabella en Colombia*. <https://elcampesino.co/este-es-el-panorama-del-cultivo-de-uva-isabella-en-colombia/>
- El país. (2025). *La inseguridad alimentaria en Colombia prevalece en las áreas rurales y cae en las zonas urbanas*.
- Ellen MacArthur Foundation. (2021). *The Circular Economy in Food: Case Studies and Applications*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/the-circular-economy-in-food>
- Espinosa, J. (2007). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Editorial Universitaria. <https://s47003acac0f1f7a3.jimcontent.com/download/version/1463707242/module/8586131883/name/LIBRO%20ANALISIS%20SENSORIAL-1%20MANFUGAS.pdf>
- Fellows, P. J. (2017). *Food Processing Technology: Principles and Practice (4th ed.)*. Woodhead Publishing.

<https://www.sciencedirect.com/book/monograph/9780081019078/food-processing-technology>

Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). *Guidelines on Food Fortification for Nutritional Improvement* (FAO).

Franck, A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87(S2), S287–S291. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12088531/>

Frezno, F., Angel, P., Arias, R., & Muñoz, A. (2014). *Grado de acidez y potencial erosivo de las bebidas energizantes disponibles en Chile*. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-01072014000100001&script=sci_arttext

García Saavedra, E., Laguna, L., & Sulca Tanta, O. H. (2015). Elaboración de una bebida isotónica a partir del extracto del desecho agroindustrial (cáscara) del Camu camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh H.B.K.). *Universidad Nacional de Ucayali*.

Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., Scott, K., Stanton, C., Swanson, K. S., Cani, P. D., Verbeke, K., & Reid, G. (2017). *The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics*. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 14(8), 491–502. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>

Giusti, M. M., Polit, M. F., Ayvaz, H., Tay, D., & Manrique, I. (2014). Characterization and quantitation of anthocyanins and other phenolics in native Andean potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://cipotato.org/genebankcip/wp-content/uploads/sites/3/2017/05/2014-Giusti-et-al-Characterization-and-Quantitation-of-Anthocyanins-and-Other.pdf>

- Gómez, M., & Zapata, K. (2021). *Propiedades antioxidantes de la cáscara de papa (Solanum tuberosum) en matrices alimentarias*. 86(4), 1120-1130.
- Granato, D. (2020). *Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety*. 11, 93-118.
- Granato, D., Branco, G. F., Nazarro, F., Cruz, A. G., & Faria, J. A. F. (2010). *Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts, and products*. 9, 292-302.
- Holscher, H. D. (2017). *Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota* (pp. 172-184).
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19490976.2017.1290756#abstract>
- Hoppert, K., Zahn, S., Puschmann, A., Ullmann, I., & Rohm, H. (2012). *Quantification of sensory difference thresholds for fat and sweetness in dairy-based emulsions*. 26, 52-57.
- Hu, F. B. (2013). *Resolved: There is sufficient scientific evidence that decreasing sugar-sweetened beverage consumption will reduce the prevalence of obesity and obesity-related diseases*. 14, 606-619.
- Hussain, I. (2003). *Changes in physicochemical properties of carambola nectar during storage*.
https://refcal.euleam.edu.ec/index.php/refcale/article/download/4101/2696/10388?utm_source
- Igual, M., García-Martínez, E., Camacho, M. M., & Martínez-Navarrete, N. (2014). Changes in flavonoid content and antioxidant activity of grapefruit juice caused by thermal treatment and storage. *Food Chemistry*, 154, 21–28.
- Ilaria Chiocchio, Manuela Mandrone, Paola Tomasi, Lorenzo Marincich, & Ferruccio Poli. (2021). *Plant Secondary Metabolites: An Opportunity for Circular*

- Economy* (Vol. 26, p. 495). <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/c/qcagk4/viewer/html/q7xunz2nuf>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020). *Normas técnicas para la producción y comercialización de derivados agrícolas*.
- Intriago Flor, F. G., Rodríguez Carranza, A. J., Alvarado Vásquez, K. E., & Sánchez Macías, E. I. (2025). Evaluación sensorial y aceptabilidad de una bebida funcional elaborada a partir de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agrosilvicultura y Medioambiente*, 3(1), 16–28.
- ISO 13299:2016. *Análisis sensorial: Metodología para pruebas hedónicas con consumidores*. (2016).
- Jayani, N. I. E., Salawane, Bill. L., Pelopolin, Hendro. Y., & Rani, K. C. (2021). *Formulation and Evaluation of Two Types of Functional Beverage Granules Made of Extracts of Guava Leaves, Purple Sweet Potato and Cinnamon* (pp. 1024-1029). <https://www.tjnpr.org/index.php/home/article/view/565/892>
- Jiménez Aguilar, C. (2022). *Uso de agroquímicos en el cultivo de papa y la contaminación del suelo agrícola en el distrito de Chinchero, Cusco, Perú*.
- Jimenez-Champi, D., Romero-Orejon, F. L., Moran-Reyes, A., Muñoz, A. M., & Ramos-Escudero, F. (2023). Bioactive compounds in potato peels, extraction methods, and their applications in the food industry: A review. *CYTA–Journal of Food*, 21(1), 418–432. <https://doi.org/10.1080/19476337.2023.2213746>
- Jiménez-Cucaita, L. E. (2017). *Escalamiento de bebidas funcionales a partir de subproductos agrícolas*. 8(2), 45-60.

- Kanatt, S. R., Chander, R., & Sharma, A. (2005). Potato peel extract-a natural antioxidant for retarding lipid peroxidation in radiation processed lamb meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1499–1504
- Kasapis, S., et al. (2014). Consistency of UHT beverages enriched with insoluble fibre during storage. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 4(1), 84–92.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212619814000370>
- Kebary, Kh. M. K., Hussein, S. A., & Badaw, R. M. (2020). Utilization of potato processing waste as natural antioxidants source in beverages. *Menoufia Journal of Food and Dairy Sciences*, 5(7), 95–96.
- Kumar, M., Nibhoria, A., Pooja, & Buswal, M. (2021). Standardization of juice concentration for preparation of phalsa nectar and changes during storage. *Indian Journal of Arid Horticulture*
https://www.researchgate.net/publication/383848437_Standardization_of_juice_concentration_for_preparation_of_phalsa_nectar_and_changes_during_storage
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices* (2nd ed.). Springer.
https://elhacker.info/manuales/springer/2010_SensoryEvaluationOfFood.pdf
- Lima Filho, T., Minim, V. P. R., Silva, R. C. S. N., Della Lucia, S. M., & Minim, L. A. (2015). *Methodology for determination of two new sensory thresholds: Compromised acceptance threshold and rejection threshold*. 76, 561-566.
- López Orona, C. A., Peñuelas Rivas, C. G., Arteaga Reyes, T. T., & Martínez Campos, A. R. (2013). *Análisis del costo de remoción de fungicidas utilizados en el control del tizón*

- tardío (Phytophthora infestans) del cultivo de papa (Solanum tuberosum)*. 29(4), 205-301.
- Margareth Santander, M., Oswaldo Osorio, M., & Mejia, D. (2017). *Evaluación de propiedades antioxidantes y fisicoquímicas de una bebida mixta durante almacenamiento refrigerado*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-01352017000100007&script=sci_arttext
- Martínez, R., & Vargas, S. (2019). *Innovación en bebidas funcionales: Aprovechamiento de subproductos agrícolas* (Editorial Universidad Nacional).
- Meyer, D., Bayarri, S., Tárrega, A., & Costell, E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1881–1890.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X1100124X>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). *Resolución 3929 de 2013: Por la cual se reglamentan los requisitos sanitarios para bebidas no alcohólicas*.
- Mohdaly, A. A. A., Sarhan, M. A., Smetanska, I., & Mahmoud, A. (2010). Antioxidant properties of various solvent extracts of potato peel. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(2), 218–226.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9th ed.). Wiley.
https://www.academia.edu/65675640/The_Design_and_Analysis_of_Experiments
- Munar Torres, R. (2021). *Elaboración de néctar reducido en azúcar a base de especies vegetales tropicales (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia)*.
- Nirwana, F. M., Putri, S. H., & Suparno, D. N. (2025). Physicochemical characteristics of pineapple peel extract. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*.
- Ordóñez-Santos, L. E., & Vázquez-Riascos, A. (2010). Efecto del procesamiento y tiempo de almacenamiento en el contenido de vitamina C y licopeno en néctar de guayaba rosada

- (*Psidium guajava* L.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60(3), 280–284
<https://www.alanrevista.org/ediciones/2010/3/art-10/>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Ovchinnikova, A., Anna, E., Gavrilenko, T., Smekalova, T., Smekalova, T., Zhuk, M., Knapp, S., & Spooner, d. M. (2011). *Taxonomy of cultivated potatoes (Solanum section Petota: Solanaceae)*. (Vol. 165, pp. 107-155). <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/c/qcagk4/viewer/pdf/wfzgsogmj>
- Pedraza Roncancio, J. M. (2001). *Uva Vitis vinifera: Su cosecha y poscosecha en la cadena agroindustrial*.
- Peñaranda González, L. V., Montenegro Gómez, S. P., & Giraldo Abad, P. A. (2017). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 141–150. <https://doi.org/10.22490/21456453.2040>
- Porcar, M. (2016). *Estudios de vida útil de zumos de fruta envasados. [Universidad Politecnica de Valencia]*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69202/PORCAR - Estudios de vida útil de zumos de fruta envasados..pdf?sequence=1>
- Raybaudi-Massilia, R. M., Mosqueda-Melgar, J., & Martín-Belloso, O. (2009). Antimicrobial activity of essential oils on Salmonella Enteritidis, Escherichia coli, and Listeria innocua in fruit juices. *Journal of Food Protection*, 72(9), 1780–1786.
- Rehman, M. A., Khan, M. R., Sharif, M. K., Ahmad, S., & Shah, F. U. H. (2014). Study on the storage stability of fruit juice concentrates. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 24(1), 101–107.

https://www.researchgate.net/publication/345972957_Study_on_the_storage_stability_of_fruit_juice_concentrates

Rodríguez-Martínez, B., Gullón, B., & Yáñez, R. (2021). *Identification and recovery of valuable bioactive compounds from potato peels: A comprehensive review*. *Antioxidants*, 10(10), 1630. <https://doi.org/10.3390/antiox10101630>

Rodríguez, P. (2020). *Caracterización fisicoquímica de la uva Isabella (Vitis labrusca) cultivada en Cundinamarca*. 18(1), 78-89.

Romero Pari, F. d., & Bezada Castañeda Pastor, W. (2014). *Estudio para la obtención de polvo base a partir de la cáscara de clones de papa (solanum tuberosum L.) con genes ppRRAcAc para la elaboración de bebidas hidratantes*. Universidad Nacional del Centro del Perú.

RPP Noticias. (2020). *Cuatro beneficios que aporta la papa nativa peruana al sistema inmune*. <https://rpp.pe/vital/comer-bien/cuatro-beneficios-que-aporta-la-papa-nativa-peruana-al-sistema-inmune-noticia-1307212>

Ru, W., Pang, Y., Gan, Y., Liu, Q., & Bao, J. (2019). Phenolic compounds and antioxidant activities of potato cultivars with white, yellow, red and purple flesh. *Food Chemistry*, 295, 283–291. <https://www.mdpi.com/2076-3921/8/10/419>

Ruiz de Galarreta, J. I., López-Pardo, R., Tierno, R., Alor, N., Barandalla, L., Haase, N. U., & Ritter, E. (2018). *Resistencia a enfermedades y propiedades nutricionales de especies nativas tubérculos de papa y antiguos cultivares españoles*.

Sampaio, S. L., et al. (2021). Potato biodiversity: A linear discriminant analysis on the nutritional and physicochemical composition of fifty genotypes. *Food Chemistry*, 345, 128855. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127151>

- Sánchez Mandon, K. T., & Pérez Escorcía, M. J. (2023). *Revisión sistemática de las propiedades antioxidantes de la uva Isabella (Vitis labrusca L.) y sus bondades para la salud*. Universidad del Atlántico.
- Santos, D. T., Viganó, J., & Martínez, J. (2019). Valorization of pomegranate by-products: Extraction of bioactive compounds and microbiological stability in beverages. *Food Research International*, 116, 1203–1210.
- Schieber, A., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2019). Potato peel as a sustainable resource of natural antioxidants for the food industry. *Potato Research*.
- Silva-Beltrán, N. P., et al. (2017). Phenolic compounds of potato peel extracts: Their antioxidant activity and protection against human enteric viruses. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(2), 234–241.
- Singh, N., & Rajini, P. S. (2008). Antioxidant-mediated protective effect of potato peel extract in erythrocytes against oxidative damage. *Chemico-Biological Interactions*, 173(2), 97–104.
- Siro, I., Kapolna, E., Kapolna, B., & Lugasi, A. (2008). *Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – a review*. 51, 456-467.
- Spooner, D. M., Ghislain, M., Simon, R., Jansky, S. H., & Gavrilenko, T. (2014). *Systematics, Diversity, Genetics, and Evolution of Wild and Cultivated Potatoes* (pp. 283-383). <https://research-ebsco-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/c/qcagk4/viewer/pdf/xqtpsps03z>
- Spooner, D. M. (2013). *Solanum tuberosum* (Potatoes). *En Brenner's Encyclopedia of Genetics* (2^a ed., Vol. 6, pp. 481-483). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374984-0.01442-X>
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. (2023). *Plan de Desarrollo Docenal 2023–2034*.

https://informacion.unad.edu.co/images/2023/PLAN_DE_DESARROLLO_2023-2034.pdf

- Valero-Cases, E., & Frutos, M. J. (2017). Development of prebiotic nectars and juices as potential substrates for *Lactobacillus acidophilus*: Special reference to physicochemical characterization and consumer acceptability during storage. *LWT – Food Science and Technology*, 81, 136–143.
- Vescovo, D., Manetti, C., Ruggieri, R., Spizzirri, U. G., Aiello, F., Martuscelli, M., & Restuccia, D. (2025). The valorization of potato peels as a functional ingredient in the food industry: *A comprehensive review*. *Foods*, 14(8), 1333. <https://doi.org/10.3390/foods14081333>
- Villa Huaman, Y. K. (2022). *Formulación de una bebida a base de la pulpa de lúcuma y papas nativas* [Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]. <https://repositorio.une.edu.pe/entities/publication/19d1ded7-70e2-48aa-a054-ad7bc9db5dbd>
- Vita Vid. (s. f.). *Propiedades de la Uva Isabella*. <https://vitavid.com/beneficios.html>
- Zamora, M. L., Guzman, E., & Herrera, E. (2010). *Efecto residual de agroquímicos utilizados en el cultivo de papa en Centroamérica*. 21(2), 273-284.
- Zheng, M., Rangan, A., Olsen, N. J., Andersen, L. B., Wedderkopp, N., Kristensen, P., & Heitmann, B. L. (2015). *Substituting sugar-sweetened beverages with water or milk is inversely associated with body fatness development from childhood to adolescence*. 31, 38-44.

Apéndices

Apéndice A

Ficha Técnica

Product Sheet

DOC.A4-20/007, Orafiti®Synergy1, 1/4



Orafiti®Synergy1

- Description**
- Orafiti®Synergy1 is a food ingredient (powder) consisting of a unique combination of chicory inulin fractions with selected chain lengths. In Orafiti®Synergy1 shorter chain inulin (oligofructose) is combined with longer chain inulin in essentially equal amounts.
 - Inulin consists of oligo- and polysaccharides composed of fructose units linked together by β -(2,1)-linkages. Almost every fructose chain is terminated by a glucose unit. The number of fructose and glucose units in inulin (Degree of Polymerization = DP) ranges mainly between 2 and 60.
 - Shorter chain inulin (oligofructose) consists of oligosaccharides obtained by partial enzymatic hydrolysis from inulin. Part of shorter chain inulin is terminated by a glucose unit. The degree of polymerization is less than 10.
 - Longer chain inulin consists of inulin of which shorter fractions were removed. Almost every molecule is terminated by a glucose unit and has a DP of 10 or higher.

Specifications

Physical and Chemical Parameters

Parameter	Limit	Unit	Reference method ¹	Frequency
Inulin	92 ± 2	g/100 g d.m.	AOAC 997.08	Each batch ²
Glucose + fructose + sucrose	8 ± 2	g/100 g d.m.	AOAC 997.08	Each batch ²
Dry matter (d.m.)	97 ± 2	g/100 g	Vacuum (<35 mbar, 70 °C, 20 h)	Each batch
pH (10 g/100 g)	6 ± 1		Potentiometric (20 °C)	Each batch
Conductivity (15 g/100 g)	max 250	μ S/cm	ICUMSA GS2/3/9-17, adapted	Each batch
Ash (sulphated)	max 0.2	g/100 g d.m.	ICUMSA GS3/4/7/8-11, adapted	Monitoring
Arsenic (total)	max 0.03	mg/kg	ICP-MS	Monitoring
Lead	max 0.02	mg/kg	ICP-MS	Monitoring
Mercury	max 0.01	mg/kg	AAS	Monitoring
Cadmium	max 0.01	mg/kg	ICP-MS	Monitoring

¹ or validated equivalent

² CoA: % carbohydrates (HPLC)

Product Sheet

DOC.A4-20/007, Orafit®Synergy1, 2/4



Microbiological Parameters

Parameter	Limit	Unit	Method ¹	Frequency
Total mesophilic bacteria (aerobes)	max 1 000	cfu/g	ICUMSA GS2/3-41	Each batch
Yeasts	max 20	cfu/g	ICUMSA GS2-47	Each batch
Moulds	max 20	cfu/g	ICUMSA GS2-47	Each batch
Thermophilic aerobic spores	max 1 000	cfu/g	ICUMSA GS2/3-49	Each batch
Enterobacteriaceae (incl. coliforms, E. coli)	< 1	cfu/g	ISO 21528-2	Each batch
Clostridia (incl. C. perfringens)	< 1	cfu/g	ISO 15213	Monitoring
Bacillus cereus	max 10	cfu/0.1 g	ISO 7932	Monitoring
Coagulase-positive staphylococci	Not detected	/g	ISO 6888	Monitoring
Salmonella	Not detected	/375 g	ISO 6579	Monitoring
Listeria monocytogenes	Not detected	/25 g	ISO 11290	Monitoring

¹ or acknowledged and validated equivalent

Product Sheet

DOC.A4-20/007, Orafti®Synergy1, 3/4



Additional Information

Carbohydrates	Min. 99.5 g/100 g d.m. (calculated as dry matter minus ash minus protein minus fat)
DP	shorter chain inulin: DP 3-9, (50±10)% (HPAEC) longer chain inulin: DP≥10, (50±10)% (HPAEC)
Appearance*	Fine, white to slightly yellow powder
Behaviour*	Hygroscopic
Taste*	Slightly sweet
Solubility in water*	approx. 50 g/L at 25°C
Bulk density*	620 g/L ± 50 g/L
Proposed labelling (EU) (other countries)	“Oligofructose enriched inulin” or “inulin, oligofructose” Information available upon request
Packaging	Paper bags, Big Bags; both on pallets
Recommended storage conditions	Temperature < 25 °C, Relative humidity below 60%
Minimum durability	5 years in bags from date of production under recommended storage conditions in its original unopened packaging 3 years in Big Bags from date of production under recommended storage conditions in its original unopened packaging
Safety precautions	Orafti®Synergy1 is a fine powder and can cause dust explosions when mixed with air (typical for powder).
Certification and Compliance	Kosher (certificate available upon request) Halal (certificate available upon request) Suitable for vegetarians & vegans Suitable for gluten-free products: gluten ≤ 10 mg/kg Orafti®Synergy1 is not produced from ingredients or using processing aids that would require allergen labelling as laid down in Regulation (EU) No 1169/2011. Orafti®Synergy1 is produced in Belgium or Chile in compliance with applicable Belgian, Chilean and European Food Law (e.g. Regulation (EC) No 178/2002, Regulation (EC) No 852/2004) and a GFSI-recognized food safety standard.

Product Sheet

DOC.A4-20/007, Orafiti®Synergy1, 4/4



Information relevant for Nutrition Declaration

Nutritional information provided in the table shall enable food manufacturers to calculate the contribution of Orafiti®Synergy1 in their food products in compliance with the applicable EU/US regulations. More detailed information is available upon request.

Any nutritional claim made using Orafiti®Synergy1 is based on an appropriate use level (grams/serving) of commercial product. Please consult your local BENE0 contact with any questions.

Nutrient	Unit per 100 g	Typical Value	
		EU	US
Energy/calories ¹	kJ/kcal	866/214	Not applicable/214
Total Fat ²	g	Negligible ³	
Saturates	g	Negligible ³	
Total carbohydrate ⁴	g	Not applicable	97
Carbohydrate ⁵	g	10	Not applicable
(Total) sugars	g	10	10
Added sugars	g	Not applicable	Not applicable ⁶
Dietary fibre ⁷ (AOAC 997.08)	g	87	87
Protein	g	Negligible ³	
Salt (sodium)	g	Negligible ³	
Vitamins, minerals	g	Negligible ³	

¹ Applying the energy conversion factor of 8 kJ/g or 2 kcal/g as laid down for all fibres in the EU and for all soluble non-digestible carbohydrates in the US

² Applicable to US: trans fats and cholesterol also negligible

³ Negligible means "0" according to applicable rounding rules

⁴ Applicable to US: Total carbohydrate includes dietary fibre

⁵ Applicable to EU: Carbohydrate does not include dietary fibre

⁶ Further information available upon request

⁷ EU/US dietary fibre definition: non-digestible carbohydrate oligo- or polymers with three or more monomeric units (DP ≥ 3); excludes inulobiose

Document Code	Version	Valid from
Synergy1 A4-20	007	01-01-2023

Disclaimer

To the best of our knowledge, the information in this sheet is reliable. BENE0-Orafiti S.A. warrants all parameters; those marked with an asterisk (*) cannot be subject of complaints.

Apéndice B

Evaluaciones Estadísticas de Resultados

Pruebas de Múltiple Rangos para brix por Tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	9.45	X
1	3	9.7	X
2	3	9.8	X
3	3	10.05	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-0.25	0.206637
0 - 2	*	-0.35	0.206637
0 - 3	*	-0.6	0.206637
1 - 2		-0.1	0.206637
1 - 3	*	-0.35	0.206637
2 - 3	*	-0.25	0.206637

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para Acidez por Tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	3	0.64	X
2	3	0.672	XX
0	3	0.672	XX
1	3	0.704	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		-0.032	0.059143
0 - 2		0	0.059143
0 - 3		0.032	0.059143
1 - 2		0.032	0.059143
1 - 3	*	0.064	0.059143
2 - 3		0.032	0.059143

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	3	2.875	X
2	3	2.925	X
0	3	2.93	X
3	3	2.95	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	0.055	0.0462055
0 - 2		0.005	0.0462055
0 - 3		-0.02	0.0462055
1 - 2	*	-0.05	0.0462055
1 - 3	*	-0.075	0.0462055
2 - 3		-0.025	0.0462055

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para L por Tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	7	10.8186	X
1	7	12.3043	XX
3	7	13.8043	X
0	7	17.6843	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	5.38	2.69202
0 - 2	*	6.86571	2.69202
0 - 3	*	3.88	2.69202
1 - 2		1.48571	2.69202
1 - 3		-1.5	2.69202
2 - 3	*	-2.98571	2.69202

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para a* por Tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	7	11.23	X
2	7	14.1457	X
1	7	16.2157	XX
0	7	17.7014	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		1.48571	2.14874
0 - 2	*	3.55571	2.14874
0 - 3	*	6.47143	2.14874
1 - 2		2.07	2.14874
1 - 3	*	4.98571	2.14874
2 - 3	*	2.91571	2.14874

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para b* por Tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	7	3.61571	X
2	7	4.26429	XX
1	7	4.77286	X
0	7	6.87429	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	2.10143	0.655332
0 - 2	*	2.61	0.655332
0 - 3	*	3.25857	0.655332
1 - 2		0.508571	0.655332
1 - 3	*	1.15714	0.655332
2 - 3		0.648571	0.655332

* indica una diferencia significativa.